

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Renovace historického motocyklu

Diplomová práce

Bc. Ondřej Lukeš

Silniční a městská automobilová doprava

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Lukeš

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Renovace historického motocyklu

Název anglicky

Renovation of historical motorcycle

Cíle práce

Cílem diplomové práce je na základě popisu renovačních metod poškozených strojních součástí renovovat historický motocykl Indian Scout 750 z roku 1927. po jeho renovaci budou následovat provozní zkoušky.

Metodika

Vlastní práce bude obsahovat realizaci renovace vybraných dílů historického motocyklu. Po jeho komplekci budou následovat provozní jízdní zkoušky během nichž budou sledovány vybrané provozní ukazatele.

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu (analýza renovačních metod, popis současného stavu motocyklu)
3. Cíl práce
4. Metodika práce
5. Výsledky (renovace spalovacího motoru, renovace motocyklu, montáž a seřízení, testování motocyklu)
6. Závěr

Doporučený rozsah práce

50-60

Klíčová slova

renovace, oprava, spalovací motor, motocykl

Doporučené zdroje informací

BAYER, R G. *Mechanical wear fundamentals and testing*. New York: M. Dekker, 2004. ISBN 0824746201.

BEZZI, O. – RAPELLI, A. *Motocykly : 40 legendárních modelů*. [Praha]: Slovart, 2013. ISBN 978-80-7391-718-0.

ČERNOVOL, M I. – HAVLÍČEK, J. – POŠTA, J. *Renovace strojních součástí*. Praha: SVÚM, 1998. ISBN 80-902015-6-3.

LEGÁT, V. *Management a inženýrství údržby*. [Praha]: Kamil Mařík – Professional Publishing, 2016. ISBN 978-80-7431-163-5.

Předpisy, periodika a firemní literatura

VOKÁLEK, J. – WILSON, H. *Údržba a opravy motocyklů a skútrů*. České Budějovice: KOPP, 1998. ISBN 80-7232-022-.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 28. 11. 2019

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 09. 07. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Renovace historického motocyklu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.5.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Martinovi Pexovi, Ph.D., vedoucímu mojí diplomové práce, za jeho odborné vedení, vstřícnost, konzultace, průběžné hodnocení práce, a především čas, který mi věnoval při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za jejich velkou podporu během celého studia. Samotné poděkování patří otci za předávání jeho zkušeností z letité praxe s tímto tématem. Děkuji také přítelkyni za její trpělivost se mnou během vypracovávání této práce a její podporu. Poděkování taktéž patří panu Zdeňkovi Šimákovi z Indian Moto Veteran Klub Jižní Čechy za cenné rady a zkušenosti při renovaci stroje.

Renovace historického motocyklu

Souhrn

Diplomová práce se zabývá problematikou renovačních metod strojních součástí, společně s renovací historického motocyklu. Na základě analýzy renovačních metod, zpracovaných formou literárních rešerší v teoretické části práce, je v praktické části renovován historický motocykl renomované značky Indian z modelové řady Scout 750 ccm z roku 1927. Díky oblibě tehdejších zákazníků a vysoké spolehlivosti se jednalo o mimořádně úspěšný model této značky, který firma začala vyrábět již v roce 1920.

V praktické části práce je navržena celková renovace čtyřtakového spalovacího motoru zmíněného motocyklu spolu s jeho předchozí demontáží. U jednotlivých součástí spalovacího motoru je popsán postup renovace a opravy tak, aby byla zaručena vysoká kvalita opravy a nehrozilo další poškození. Krom toho je popsána renovace podvozku motocyklu a vybraných součástí ze skupiny dílčího příslušenství. Po renovaci všech součástí následuje popis fyzické kompletace motocyklu a jeho seřizovacích operací. V závěrečné fázi práce jsou realizovány doplňkové provozní zkoušky, při nichž je provedeno experimentální měření výfukových částic a plynných složek ve zvolených režimech, které proběhlo v prostorách Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. Na základě provedení experimentu se zpracovávají a v případě měření plynných složek se porovnávají naměřené hodnoty jednotlivých režimů s výsledky měření moderního motocyklu.

Klíčová slova: renovace, oprava, spalovací motor, motocykl

Renovation of historical motorcycle

Summary

The thesis deals with the issue of renovation methods of machine parts and the renovation of a historic motorcycle. Based on an analysis of renovation methods, processed in the form of literature researches in the theoretical part of the work, a historic Indian motorcycle Scout 750 cc from the 1927 is being renovated in the practical part. Thanks to the popularity among customers at the time and its high reliability, it was an extremely successful model of this brand, which the company started producing in 1920.

The practical part of the work proposes a total renovation of the four-stroke internal combustion engine of the motorcycle, together with its previous dismantling. For individual combustion engine components, the renovation and repair process is described to guarantee a high quality of repair and no risk of further damage. In addition, the renovation of the motorcycle chassis and selected components from the sub-accessories group is described. After renovation of all components follows the description of the completion of the motorcycle and of the adjustment operations. In the final phase of the work, additional operational tests are carried out, where experimental measurements of exhaust particles and gaseous components in selected modes are carried out on the premises of the Faculty of Engineering at the Czech University of Life Sciences Prague. Based on the conducted experiment, the measured values of the individual modes are processed and compared with the measurement results of a modern motorcycle.

Keywords: renovation, repair, combustion engine, motorcycle

Obsah

1	Úvod.....	1
2	TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1	Obecná definice renovace	2
2.2	Základní pojmy	2
2.3	Renovace strojních součástí	3
2.3.1	Proč a jak se součásti poškozují.....	3
2.3.2	Opotřebení součástí.....	3
2.4	Analýza renovačních technologií.....	4
2.4.1	Renovace opotřebovaných součástí opracováním na opravné rozměry	5
2.4.2	Renovace opotřebovaných součástí na původní rozměry	6
2.4.3	Renovace navařováním	6
2.4.3.1	Navařování plamenem	7
2.4.3.2	Navařování elektrickým obloukem	8
2.4.3.3	Navařování plazmou	9
2.4.3.4	Navařování laserem.....	10
2.4.3.5	Navařování v ochranných atmosférách 131, 135	11
2.4.4	Renovace termickými žárovými nástřiky	12
2.4.4.1	Nástřík plamenem.....	14
2.4.4.2	Vysoko rychlostní nástřík plamenem.....	15
2.4.4.3	Nástřík elektrickým obloukem.....	16
2.4.4.4	Nástřík plazmou.....	16
2.4.5	Renovace součástí galvanizací.....	17
2.4.5.1	Chromování součástí.....	18
2.4.5.2	Galvanické niklování	19
2.4.6	Renovace deformovaných součástí.....	19
2.4.6.1	Rovnění ohybem za studena.....	20
2.4.6.2	Rovnění ohybem za tepla	20
2.4.6.3	Rovnění místním povrchovým ohřevem	21
2.4.6.4	Rovnění povrchovým náklepem.....	21
2.4.7	Renovace součástí s trhlinami a lomy.....	22
2.4.7.1	Svařování litinových součástí	22
2.4.7.2	Svařování součástí z hliníkových slitin	23
2.4.7.3	Metoda Metallock.....	24
2.5	Popis současného stavu motocyklu	26
2.5.1	Historie značky Indian	26
2.5.2	Výchozí stav motocyklu a jeho identifikace	28
3	CÍL PRÁCE	31
4	METODIKA PRÁCE	32
5	Výsledky	36
5.1	Výsledky – Demontáž spalovacího motoru a jeho renovace	36
5.1.1	Postup demontáže	36
5.1.2	Renovace hlav motoru	39

5.1.3	Renovace válců motoru a ventilového ústrojí.....	40
5.1.4	Renovace klikového hřídele a ojníc	43
5.1.5	Renovace pístní skupiny	44
5.1.6	Renovace rozvodu motoru a jeho uložení.....	46
5.1.6.1	Ozubená kola a vačky	46
5.1.6.2	Vahadla zdvihátek	47
5.1.6.3	Zdvihátka ventilů	48
5.1.7	Renovace primárního převodu	49
5.1.8	Renovace skříně motoru	51
5.2	Výsledek – renovace podvozku a dílčích příslušenství motocyklu	51
5.2.1	Renovace nosného rámu a přední vidlice	52
5.2.2	Renovace vybraných dílčích příslušenství.....	54
5.2.2.1	Tlumící jednotka.....	55
5.2.2.2	Přední a zadní blatník.....	55
5.2.2.3	Brzdové ústrojí.....	57
5.3	Výsledek – Sestavení motocyklu a seřízení.....	58
5.3.1	Seřízení motocyklu	60
5.4	Výsledky jízdních zkoušek a měření provozních parametrů	62
5.4.1	Výsledky měření výfukových částic	63
5.4.2	Výsledky měření množství složek ve výfukových plynech.....	66
6	Závěr	70
7	Literatura	73
	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	77
	Seznam použitých obrázků	78
	Seznam použitých tabulek	79
	Seznam použitých grafů.....	79
	Samostatné přílohy	80

1 Úvod

S neustále se zvyšujícími nároky na objem výroby dochází v současné době k vývoji výrobních technologií a inovací zařízení. Díky tomu rostou potřeby jak dodavatelů, tak koncových zákazníků, kteří mají vysoké požadavky na rychlost dodávek, kvalitu výrobků a přesnost. Z toho důvodu jsou výrobní stroje téměř neustále vystaveny nepřetržitému provozu a dochází tak k jejich opotřebení. I mimo výrobní stroje dochází při dlouhodobém provozu jakéhokoliv stroje ke zhoršení jeho technických vlastností. To má za následek někdy i kritické poškození funkčních částí stroje, které vyžadují zásah odborného autorizovaného servisu nebo servisní firmy. Toto nelze vyvrátit ani v souvislosti s neustále se vyvíjející moderní technikou. Mnohem horší je ovšem fakt, že dané zařízení není po dobu servisního zásahu v provozu a v případě výrobního stroje může firma v důsledku odstávky stroje přijít o zakázku, kterou není schopna dokončit. Krom výrobních strojů nelze tento fakt vyvrátit ani v případě vozidel, včetně automobilů nebo motocyklů, jejichž životnost je ovlivněna dobou provozu, počtem najetých kilometrů a dalšími hledisky. Dosažení limitů stanovených výrobcem však nemusí znamenat konec životnosti vozidla a tím jeho vyřazení z provozu.

Během provozu strojů má kladný vliv na poruchovost dobrý technický stav stroje a zařízení. Dobrým technickým stavem lze významným způsobem ovlivnit hospodárnost, energetickou náročnost, a hlavně životnost stroje. S dobrým technickým stavem souvisí správně prováděná údržba, která je žádoucí a užitečná. Bohužel i ta nejpečlivěji prováděná údržba ve stanovených intervalech výrobce stroje a obezřetné zacházení nezaručí bezporuchový technický život stroje. Z tohoto důvodu je otázkou času, kdy dojde u daného stroje na některé z jeho částí k poruše.

Spolu s údržbou je spojena i renovace poškozených strojních součástí, která svým správným technickým provedením vede k přímým i nepřímým úsporám energie, materiálu a je bezprostřední součástí systému recyklace a zpracování vyřazených strojních součástí. Renovace poškozených strojních součástí zajišťuje jak podporu obchodních podniků, tak autorizovaných servisů a servisních firem. Mimo tato odvětví je také samostatnou činností prováděnou firmami jako jejich hlavní činnost.

Podstata renovačních technologií vychází z technologií výrobních, přičemž není doposud ustálená terminologie a není vytvořena všeobecně uznávaná klasifikace renovačních technologií a jejich způsobů. Z tohoto důvodu lze usoudit, že není komplexně zpracována teorie renovace, a proto je potřeba ke každé součásti předurčené k renovaci přistupovat individuálně. O volbě renovační technologie rozhoduje především velikost dané součásti, její složitost, druh materiálu, tepelné zpracování, pracovní podmínky, druh a velikost detekovaného opotřebení, požadovaná délka technického života a v neposlední řadě finanční prostředky.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Obecná definice renovace

S pojmem renovace je možno se v technické praxi setkat relativně často. Mimo technickou praxi se s ním lze setkat v propagovaných reklamách či médiích. V tomto případě je význam tohoto pojmu obvykle chápán jako obnova či vylepšení určitého objektu, například domu nebo bytu. V technické praxi se účelem tohoto pojmu rozumí oprava strojní součásti, tzn. obnovení funkčních schopností poškozené strojní součásti. Za samozřejmost lze považovat fakt, že kvalita renovované součásti odpovídá kvalitě úplně nové součásti. Ve skutečnosti však může být kvalita renovované součásti na nižší či vyšší úrovni. [1]

„Renovace součásti je soubor činností, prováděných s cílem obnovení provozuschopného nebo bezvadného stavu součásti a jejího technického života.“

(Pošta, 1998, s. 7)

Renovace lze považovat za výhodné, protože jimi lze:

- získat úspory materiálu,
- prodloužit technický život renovovaného dílu,
- opatřit obtížně sehnatelnou náhradní součást,
- dosáhnout snížení spotřeby práce,
- snížit náklady vynaložené na renovaci součásti proti koupi drahého náhradního dílu. [2]

2.2 Základní pojmy

Bezporuchovost – schopnost objektu plnit neustále požadované funkce po určenou dobu za stanovených podmínek. Z hlediska hodnocení bezporuchovosti je možné součásti rozdělit do dvou skupin podle jejich charakteru poškození:

- součásti, u nichž poškození stále narůstá v závislosti na době provozu,
- součásti, u nichž poškození proběhne náhle bez závislosti na době provozu (většinou se jedná o lomy a trhliny nebo o následky jiných poruch).

Bezpečnost – vlastnost vyznačující se plněním veškerých požadovaných funkcí objektu současně bez ohrožení bezpečnosti osob.

Mezní stav součásti – jedná se o stav, ve kterém je další použití riskantní nebo neúčelné.

Opravitelnost – vlastnost informující o vhodnosti odstraňování vzniklých poruch součástí. Podle poškození je možno rozdělit součásti na:

- opravitelné – po vzniku poruchy následuje renovace,
- neopravitelné – vyřadí se.

Porucha – stav vyznačující se ukončením provozuschopnosti stroje.

Spolehlivost – je obecná souhrnná vlastnost, jejíž smysl spočívá ve schopnosti plnit požadované funkce při určitých stanovených provozních parametrech v daných mezích a časovém intervalu podle technických podmínek.

Sešrotování součástí – úplné vyřazení součásti z provozu vlivem dosažení mezního stavu nebo v důsledku morálního opotřebení stroje nebo motoru, který danou součást obsahuje.

Technický život součástí – celková doba provozu od jejího začátku provozu až do vzniku mezního stavu.

Technologičnost – stav znázorňující vhodnost a složitost renovace.

Závada – jedná se o jev, který se vyznačuje poškozením součástí, jenž však neznamená ztrátu provozuschopnosti.

Životnost – schopnost součásti plnit požadované funkce až do doby, kdy dosáhne součást mezního stavu. [2]

2.3 Renovace strojních součástí

Názory na renovaci poškozených strojních součástí se leckdy výrazným způsobem liší, od jasně kladných až po zcela negativní. Mezi hlavními důvody, proč se rozhodnout pro renovaci, je zpravidla uváděna nižší cena renovované součásti oproti originální součásti dodané výrobcem a energie na renovaci oproti výrobě nové součásti. V technické praxi jsou uváděny argumenty proti renovaci takové, že renovované součásti jsou pouhou náhražkou a kvalita renovovaných dílů je horší než nově vyrobený originální díl. [1]

2.3.1 Proč a jak se součásti poškozuji

Poruchy a s ním spojené narušení provozu strojů jsou ve většině případech způsobovány velkým množstvím vlivů a procesů, které probíhají přímo ve strojích a jsou příčinou různých poškození strojních součástí. Soubor těchto vlivů a procesů se nazývá mechanismus poškození.

Během provozu strojů a zařízení na sebe vzájemně působí součásti mechanickými silami, tepelně, chemicky a elektricky. Na součásti také působí síly a rázy vyvolané vlivem zvýšení provozního zatížení, změny vnitřních napětí, okolní prostředí, olejová náplň, mazivo a v neposlední řadě také nečistoty a látky na povrchu. Všechny výše zmíněné vlivy se mění se změnami provozních podmínek, některé jsou závislé na čase. Vlivem působení všech těchto vlivů se mění vlastnosti materiálu součástí na úrovni jejich atomární struktury i makrostruktury. [3]

Druhy poškození funkčních ploch strojních součástí:

- opotřebení,
- koroze,
- otlačení,
- deformace,
- trhliny a lomy,
- ostatní poškození (stárnutí materiálu, tepelná degradace materiálu). [4]

2.3.2 Opotřebení součástí

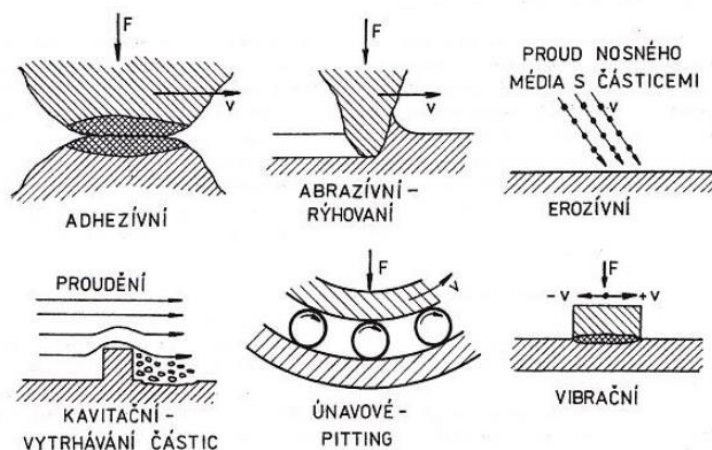
Jedná se o fyzikální jev, jehož přítomnost vede k úbytku, deformaci či jiné změně materiálu. Projevuje se trvalou nežádoucí změnou povrchu nebo rozměru tuhých těles způsobenou vzájemným působením funkčních povrchů nebo funkčního povrchu spolu s přidavným médiem, které opotřebení vyvolává. Dále se projevuje přemísťováním nebo

odstraňováním částic hmoty z funkčního povrchu mechanickými účinky, eventuálně doprovázenými i dalšími vlivy. [3]

Druhy opotřebení:

- adhezivní,
- vibrační,
- abrazivní,
- erozivní,
- únavové,
- kavitační.

Tyto druhy opotřebení představují jen základní případy. V reálném provozu se tyto druhy opotřebení kombinují, a to tak, že jeden druh opotřebení přechází v jiný, spolupůsobí další vlivy např. koroze, teplo, chemické vlivy a tudíž vzniká řada variant. Schéma základních druhů opotřebení je znázorněno (viz obr. 1).



Obrázek 1 Základní druhy opotřebení [5]

2.4 Analýza renovačních technologií

Obnovení provozuschopnosti strojní součásti může proběhnout jak v provozu jejího používání, tak mimo provoz. V prvním případě, kdy je provozuschopnost součásti obnovena za provozu, může jít například o vymezení vůle třecí dvojice bez její demontáže použitím přísad do oleje, které vytváří na povrchu třecích ploch povlak. Tomuto způsobu nebude v této studii věnována pozornost. Druhým případem je obnovení provozuschopnosti součásti, mimo proces provozního využívání součásti, tedy s dlouhodobějším přerušením provozu stroje nebo zařízení. [2]

Podle poškození, které je během renovace odstraňováno, se rozdělují renovační metody na tyto druhy:

- renovace opotřebovaných součástí opracováním na opravné rozměry,
- renovace opotřebovaných součástí na původní rozměry,
- renovace deformovaných součástí,
- renovace součástí s trhlinami a lomy,
- renovace jinak poškozených součástí. [3]

2.4.1 Renovace opotřebených součástí opracováním na opravné rozměry

Při použití renovační technologie na opravné rozměry se funkční plocha poškozené strojní součástí opracuje tak, aby byl obnoven její geometrický tvar, drsnost povrchu, poloha plochy vůči ose součásti a ostatním důležitým funkčním plochám, a to i za cenu změny rozměru opracované plochy. Z důvodu zachování potřebného uložení mezi součástmi musí být upraveny také rozměry sdružené součásti. To se provádí úplnou výměnou sdružené součásti kus za kus, která je vyrobena již s příslušným opravným rozměrem. Další možnosti jsou úpravy sdružené součásti, a to například navařením, pokovením a nanesením vrstvy plastu, které umožní přizpůsobení rozměru. Proto se při aplikaci této metody postupuje tak, že se na opravný rozměr opracuje ta součást, která je významější tzn., že je náročná na výrobu a dražší. Je-li sdružená součást v tomto případě jednoduchá a finančně nenáročná na výrobu, tak se vyrobí nová. Pokud je sdružená součást podobně náročná na výrobu a je drahá, přizpůsobuje se opravnému rozměru. Z toho důvodu, uvažuje-li se o konkrétním postupu renovace, je potřeba jej zohlednit i ekonomicky. [3]

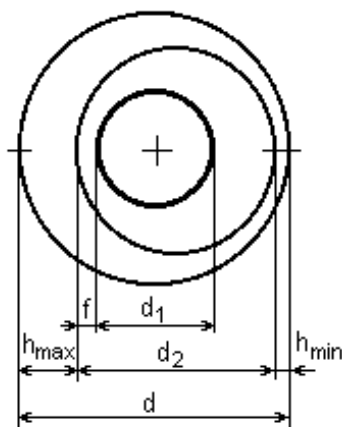
Výhoda této metody je v její jednoduché obtížnosti v porovnání s výrobou nové totožné součásti. Při výrobě nové součásti je potřeba vykonat celou řadu operací, kdežto u renovace se provádí očista součásti, kontrola a vlastní opracování. Další výhodou je, že původní součásti zůstanou na svých původních místech a nemusí docházet k jejich záměně. Z toho vyplývá nevýhoda zaměnitelnosti součástí, která je narušena. Zvyšují se nároky na distribuci a skladování většího množství součástí. [3]

Postup renovace:

- Kontrola předurčených součástí na opracování na opravný rozměr na výskyt povrchových trhlin nebo jiných poškození, jež zamezují možnosti renovace.
- U vybraných součástí musí dojít k proměření a určení opravného rozměru.
- Je-li k dispozici sdružená součást s normalizovaným opravným rozměrem, zvolí se nejbližší použitelný normalizovaný rozměr podle ní. [3]

Určení opravného rozměru:

- Nalezne se místo největšího opotřebení strojní součásti a v této poloze se změří házivost součásti.
- Nalezne se poloha největšího házení součásti a v tomto místě se změří opotřebení.
- Podle vybraného způsobu opracování se zvolí přírůstek na opracování.
- Určí se nejbližší možný opravný rozměr v místě největšího opotřebení i pro místo největšího házení, což se provede podle schématu (viz obr. 2).
- Jedná-li se o opracování vnějších povrchů součásti, z vypočítaných opravných rozměrů se vybere ten menší, v případě opracování vnitřních povrchů se vybere ten větší. Takto objevený rozměr je nejbližší možný, na který je danou součást možné opracovat.
- Jestliže je k dispozici pro danou součást sdružená součást s normalizovaným opravným rozměrem, zvolí se nejbližší možný normalizovaný opravný rozměr. [3]



Obrázek 2 Určení opravného rozměru [3]

Platí:

$$d_1 = d - 2 \cdot h_{max} - 2f \quad (1)$$

$$d = d_2 + h_{max} + h_{min} \quad (2)$$

$$\Delta h = h_{max} - h_{min} \quad (3)$$

Hledaný rozměr:

pro čep $d_1 = d_2 - \Delta h - 2 \cdot f \quad (4)$

pro díru $d_1 = d_2 + \Delta h + 2 \cdot f \quad (5)$

Je změřeno (zvoleno, známo): $d_2, h_{min}, h_{max}, f, d$

2.4.2 Renovace opotřebených součástí na původní rozměry

V současné době technické praxe se při renovaci strojních součástí používá široké množství technologií, které se zabývají vznikem či úpravou povrchové vrstvy a jsou na ně mnohdy kladeny vysoké nároky. Principem této renovační metody je přidání materiálu na opotřebené plochy tak, aby po většinou třískovém obrábění mohla součást získat původní tvar i rozměry. Výhodou této technologie je, že se nenarušuje princip zaměnitelnosti součástí a součásti mají stejné nebo mnohdy lepší vlastnosti. Nevýhodou je především technologická náročnost a komplikovaný postup. Používá se například pro renovaci hřídelů, čepů, přídatných příslušenství zemních strojů, kolejnic a další. [3]

2.4.3 Renovace navařováním

Navařováním se rozumí nanášení vrstvy kovu na upravovaný povrch základního materiálu. Vzniklé vrstvě kovu se říká návar. Způsoby, které se při této technologii používají jsou podobné metodám jako při svařování. V případě navařování princip této metody spočívá v roztavení a přilnutí přídatného materiálu na povrch opotřebené součásti. Při svařování vznikají nerozebíratelná spojení dvou či více součástí.

Jedná se o nejpoužívanější technologii při opravě mechanicky opotřebovaných součástí. Po finálním obrobení získají opotřebené součásti původní rozměr, tvar, ale i funkční vlastnosti. Kromě běžných vrstev lze navařovat i speciální vrstvy, které jsou odolné vůči erozi, abrazi, kavitaci, teplotě atd. [6]

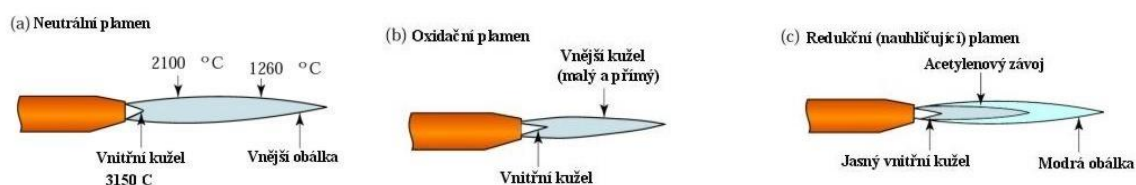
Technologické způsoby navařování:

- plamenem,
- elektrickým obloukem,
- ruční obalenou elektrodou,
- v ochranných plynech MIG/MAG, WIG,
- pod tavidlem drátovou nebo páskovou elektrodou,
- plazmou a mikro plazmou,
- laserem,
- hybridní – použití laseru a obloukového svařování MIG/MAG,
- elektro vibrační navařování,
- elektro kontaktní navařování. [6]

2.4.3.1 Navařování plamenem

Tato metoda se řadí mezi nejrozšířenější technologie navařování, která není finančně náročná a je snadno proveditelná v méně vybavených prostorech. Nejčastěji používanými návarovými kovy jsou u této technologie slitiny kovů s vysokou tvrdostí, které lze rozlišovat podle množství a druhu legujících prvků. Lze je rozdělit do těchto skupin: slitiny s obsahem neželezných prvků menším než 20 %, slitiny s obsahem legujících prvků více než 20 %, neželezné návarové slitiny a karbidy. Jedná se o slitiny Fe, Ni a Co. Dále mohou být použity trubičky plněné WC-Co, Hastelloy, Nimonic a Stellite. Při samotném procesu navařování dochází k působení tepla, které má za následek objemové změny a tvarové deformace materiálu. Z toho důvodu je tento proces prováděn ihned po ohrubování dané součásti. Funkční plochy, na kterých bude prováděn návar, musí být dokonale čisté a hladké. Hrubý povrch je nevhodný, z důvodu zbytečného lokálního tavení základního materiálu do tavné lázně návarového kovu, jenž by zhoršoval počáteční podmínky navařování. [7]; [8]; [9]

Nejčastěji je v této technologii využíváno kyslíko-acetylenového plamene. Jednotlivé druhy plamenů podle poměru $C_2H_2O_2$ a jejich teploty jsou vyobrazeny (viz obr. 3). K docílení správného provedení návaru je potřeba svařovací nástavec, který má nízkou výstupní rychlost plynu a schopnost udržet stejně jakostní plamen. Při delším a častějším navařování může být použito měřky či jiného srovnávacího zařízení ke kontrole správného nastavení plamene související s jeho délkou a jakostí. Pro navařování plamenem je vhodné využít měkký redukční plamen, jenž zajišťuje rovnoměrné přehřátí základního materiálu, jelikož přehřívání pásma je mnohem větší než při použití oxidačního plamene. Teplota redukčního plamene může dosahovat až 3040 °C a obsahuje přebytek acetyleny, který obklopuje odtavovaný konec tyčinky návarového kovu. Atmosféra chrání tavnou lázeň a zabraňuje interakci s kyslíkem. V případě použití ostrého oxidačního plamene je přívod tepla soustředěn především na malou plochu a může tak docházet k lokálnímu natavení základního materiálu. Lokální natavení základního materiálu je nežádoucí, neboť ředí návarový kov a působí chemické a mechanické změny vlastností návaru.



Obrázek 3 Typy plamenů [11]

Plochy, na které má být nanesen návarový kov, se doporučují přehřát, a to z důvodu teplotního rozdílu, který vzniká mezi základním materiálem a návarovým kovem. Přehřátí tak do určité míry redukuje vznik trhlin v základním materiálu a v návarovém kovu. U malých součástí je dostačující přehřev měkkým redukčním plamenem na teplotu 400 °C, u větších součástí je doporučeno 600 až 650 °C.

Během navařování dochází k odkapávání návarového kovu z tyčinky a dochází ke vzniku lázně návarového kovu. Vzniklá lázeň je udržovaná ve formě taveniny, a to až do doby, dokud nevyplavou všechny nečistoty na hladinu. S následným odtavováním návarového kovu z tyčinky dochází k vytvoření návarové housenky. Návarová housenka nabírá na délce vlivem přibývajících množství návarového kovu a vzniká tak ucelená vrstva návarového kovu. Šířka housenky je ovlivněna tvarem a velikostí plochy navařované součásti. Například při použití tyčinky o průměru 8 mm v kombinaci s vhodným nastavcem hořáku s příslušným průtokovým otvorem lze nanášet housenku o šířce až 30 mm. [7]; [10]

2.4.3.2 Navařování elektrickým obloukem

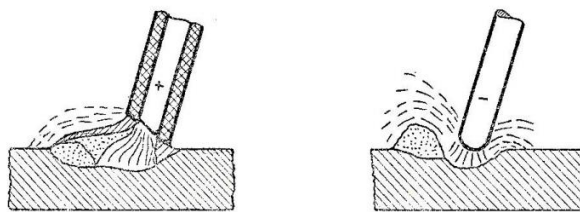
Navařování elektrickým obloukem může být prováděno buď odtavující nebo neodtavující se elektrodou. Je určeno především k navařování rozměrných ploch s různorodě opotřebovaným povrchem, k navařování tvrdých slitin na rozměrné součásti a součásti, u nichž nejsou vyžadovány vysoké drsnosti povrchu. Ve srovnání s plamenným navařováním je tento způsob produktivnější a rychlejší. Nevýhodou je však značné zředění kovu základního materiálu návarovým kovem. Tento nedostatek lze potlačit postupným nanášením návarových vrstev. V první řadě je nanesena tenká vrstva návarového kovu, na kterou je následovně nanášena finální vrstva odpovídající tloušťky. Kvůli bodovému tepelnému zatížení, jemuž je renovovaná součást vystavena, je zde pravděpodobnost vzniku trhlin, což je jedním z důvodů, proč se provádí přehřev. Přehřev způsobuje snížení ochlazovací rychlosti, vnitřní pnutí a tvrdost v teplem ovlivněné oblasti. První vrstva návaru se vyznačuje zředěním cca 50 %, které vede k poklesu tvrdosti. [7]; [8]; [12]

Při využití metody navařování elektrickým obloukem s neodtavující se elektrodou, znázorněnou (viz obr. 4), dochází ke značnému rozstříku materiálu. Tento způsob se v současné době téměř nevyužívá. Ve druhém případě, kdy se použije odtavující se elektroda dojde pouze k minimálnímu rozstříku materiálu. To je způsobeno navařováním bez ochranné strusky, kde je návarový kov chráněn atmosférou ochranného plynu před interakcí se vzdušným kyslíkem a náhlým ochlazením. Při tomto způsobu navařování je potřeba dbát na dodržování pracovních postupů a správné skladovatelnosti elektrod, aby nedošlo například k jejich navlhnutí. Při použití takto poškozených elektrod dochází k neúmyslnému narušení technologických vlastností této metody. [10]; [13]

Navařování elektrickým obloukem lze provádět stejnosměrným ale i střídavým proudem. V technické praxi se ovšem používá spíše stejnosměrného proudu, který se

vyznačuje hladším povrchem a nízkým výskytem pórů oproti použití střídavého proudu. Během procesu navařování je nevhodnějším způsobem nejprve klást návarové housenky v podobě první tenké vrstvy návarového kovu těsně vedle sebe, aby se mezi vzniklými housenkami netvořily mezery, ve kterých by se usazovala přebytečná struska. Po nanesení první tenké vrstvy se nanáší druhá silnější vrstva, při které je nutné dbát na odstranění návarové strusky, která chladne na první tenké návarové vrstvě. Nejlepším způsobem je první návar po jeho aplikaci očistit například ocelovým kartáčem. [10]; [13]

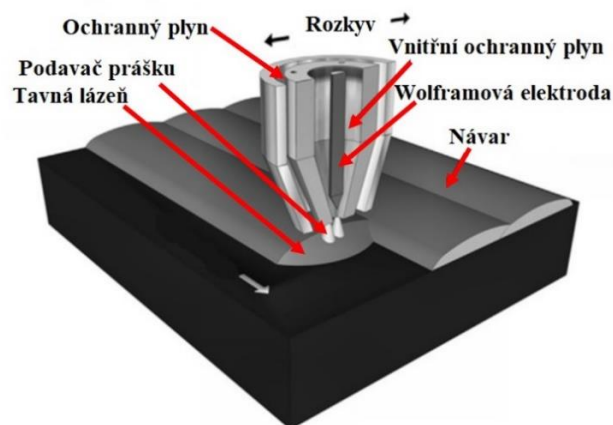
Po dokončení samotného procesu navařování je doporučeno navařované součásti vyžít, a to buď v plynové nebo elektrické peci. Následným pomalým ochlazením se zabráňuje popraskání návaru nebo základního materiálu, což je nežádoucí. Ochlazování je závislé na materiálu základního kovu a jeho prokalitelnosti. Žíhání je prováděno v časovém intervalu 30 až 180 minut a teploty nepřekračují 700 °C. Po ochlazení součásti je možné návar obrábět pro dosažení požadovaného rozměru. [10]; [13]



Obrázek 4 Navařování odtavující a neodtavující se elektrodou [10]

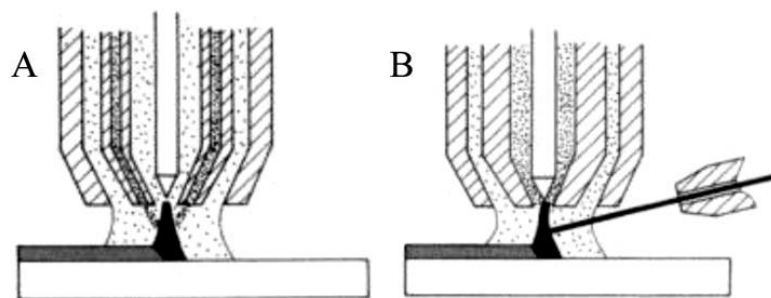
2.4.3.3 Navařování plazmou

Technologie navařování plazmatem je v technické praxi ve světě značně rozšířená. Jedná se o velmi moderní a vysoce produktivní metodu obloukového navařování v atmosféře ochranného plynu. Tento způsob se vyznačuje především vysokou pracovní teplotou a vysokou koncentrací plazmového plynu a využívá se pro navařování přídavného materiálu, který je ve formě prášků nebo drátů. Plazmatický oblouk vzniká mezi wolframovou elektrodou a navařovanou součástí. Okolo wolframové elektrody proudí plyn, jenž se vlivem působení tepla oblouku rychlým způsobem rozšiřuje. Poté dochází k jeho změně v plazma, který proudí velmi vysokou rychlostí vstupním otvorem. Je využíváno sekundárního (inertního) plynu, jehož funkcí je ochrana tavné lázně. Schéma procesu navařování plazmou s práškem (viz obr. 5).



Obrázek 5 Schéma procesu navařování plazmou s práškem [19]

V praxi se nejčastěji využívá argon nebo směs argonu s vodíkem. Technologie spočívá ve využití vysoce koncentrovaného proudu plazmy, vlivem kterého dochází k tavení návarového kovu. Během navařování lze nezávisle na sobě regulovat množství přiváděného tepla a přídavného materiálu. Díky tomu lze optimalizovat podmínky a dosáhnout přijatelného tepelného režimu. Vzniklý návar je tzv. penízkovitého vzhledu s vysokou čistotou a hladkostí. Dále jsou návary bez větších pórů, bublin a ředin s metalurgickým spojením se základním materiálem. Přídavné materiály se většinou používají ve formě prášku, drátu nebo trubičky. V dnešní době jsou jako přídavné materiály používány slitiny na bázi kobaltu, niklu a vysokolegovaných ocelí s vysokou tvrdostí a tepelnou odolností. Schéma procesu navařování plazmatem s práškem a drátem je znázorněno (viz obr. 6). [7]; [13]; [14]



Obrázek 6 Navařování plazmou (A – práškem, B – drátem, plněná elektroda)

Zdrojem tepla je velice úzký svazek plazmy vycházející z plazmové trysky nadzvukovou rychlostí o teplotě dosahující 15000 °C až 20000 °C. Mezi nejdůležitější ochranné plyny patří argon nebo směs argonu a 30 % helia. Směsí argonu a helia lze dosáhnout zvýšení životnosti hořáku a wolframové elektrody. Co se týče svařovacích rychlostí při použití argonu a jeho směsi spolu s heliem, tak jsou velmi podobné a jejich hodnoty se pohybují v intervalu od 21 do 25 cm za minutu.

Konečný výsledek navařování plazmatem ovlivňuje řada dalších faktorů a technologických parametrů. Patří sem například složení plazmy, rychlost posuvů, konstrukce hořáku, čistota navařovaných materiálů a další. [7];[13];[15]

2.4.3.4 Navařování laserem

Laserový paprsek našel mimo jiné uplatnění v technické praxi i v oboru navařování. Jedná se o nejnovější a v současné době i nejdokonalejší technologii navařování. Tento proces navařování začal postupem času nahrazovat některé méně využívané a starší způsoby. Při této technologii navařování dochází k tavení přídavného materiálu, který je dodáván na povrch renovované součásti, bez většího tepelného namáhání kovu základního materiálu. Tím nedochází prakticky ke vzniku vnitřních pnutí, praskání, změně tvrdosti a jiným nežádoucím změnám, které z větší části ovlivňují strukturu materiálu. Je zde využíváno difuzního nebo metalurgického spojení se základním materiálem. Na povrchu renovované plochy lze vytvořit návary o vrstvě tloušťky až 1 mm. Přídavných materiálů se používá velké množství. Nejčastěji se jedná o slitiny na bázi kobaltu či niklu, karbidů wolframu a molybdenu, dále niobu a titanu s nejvyšší tvrdostí.

Díky velmi malému tepelnému ovlivění základního materiálu lze navařovat jemné detaily a velmi drobné součásti, bez jejich výrazné deformace. Teplota v bodě návaru je cca 36 °C, která nezasahuje u kovů s vysokou tepelnou vodivostí dále než 1,5 mm od místa, kde byl proveden návar. Z tohoto důvodu je tato metoda výhodná oproti ostatním a umožňuje navařování na těžko přístupných a vzdálených místech. Vzniklé návary se vyznačují vysokou precizností, jejichž přesnost je na desetiny milimetru. Touto technologií lze provádět velmi rychlé opravy forem pro odlévání a nástrojů při opotřebením vyvolaném velkým tlakem, teplotou, mechanickým zatěžováním, dále pak opravy zlomenných nástrojů a jejich modifikace. Na obrázku (viz obr. 7) je znázorněn proces navařování laserem v technické praxi.



Obrázek 7 Aplikace navařování laserem [21]

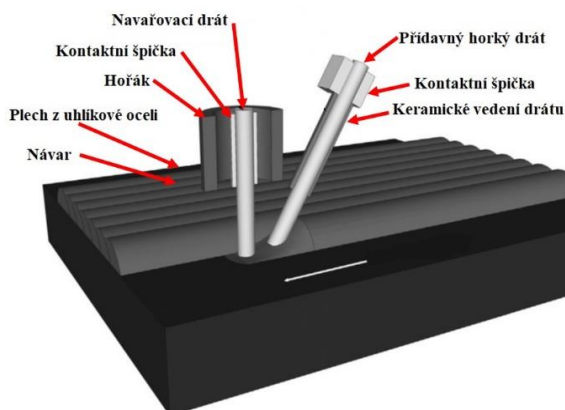
Laserové navařovací přístroje fungují na principu vybuzení laserového paprsku přes zábleskovou výbojku, pomocí speciálního krystalu označovaného Nd:YAG. Dráha laserového paprsku je vedena přes soustavu optických čoček a zrcátek až k povrchu navařované součásti. Vedení systému je uloženo v robustním krytu, který svojí konstrukcí pohlcuje tepelné výkyvy a mechanické vlivy. V uzavřených laserech je možné navařovat součásti nepřesahující hmotnost 350 kg. U laserových přístrojů s otevřenou kabinou lze navařovat součásti o vyšší hmotnosti. Pomocí regulace optiky vytvářející laserový paprsek lze vytvářet plynulé přechodové návary na strmých plochách, v koutech, na hranách a dalších místech bez nutnosti změny polohy součásti. [7]; [17]; [18]; [19]; [20]

2.4.3.5 Navařování v ochranných atmosférách 131, 135

Při aplikaci návarů prováděných v ochranných atmosférách 131 a 135 je využíváno speciálních plněných drátů, které mají různou podobu. Řezy jednotlivých plněných elektrod jsou zobrazeny na následujícím obrázku (viz obr. 8). Náplně těchto elektrod jsou tvořeny legujícími prvky, různorodými karbidy a v neposlední řadě struskotvornými přísadami. Tato technologie umožňuje provedení návarů jak s ochranou atmosférou, tak bez ní a je relativně jednoduchá. Ochranné atmosféry jsou většinou tvořeny směsí argonu s oxidem uhličitým nebo argonem s dusíkem. Pokud je navařování prováděno bez ochranné atmosféry, je atmosféra vytvářena pomocí tavení plniva v trubičkovém drátě. Schéma navařovacího procesu s použitím tavící se elektrody v ochranné atmosféře je zobrazeno (viz obr. 9). [19]; [23]



Obrázek 8 Různé průřezy a druhy plněných elektrod



Obrázek 9 Schéma navařování s použitím tavicí se elektrody v ochranné atmosféře inertního plynu [31]

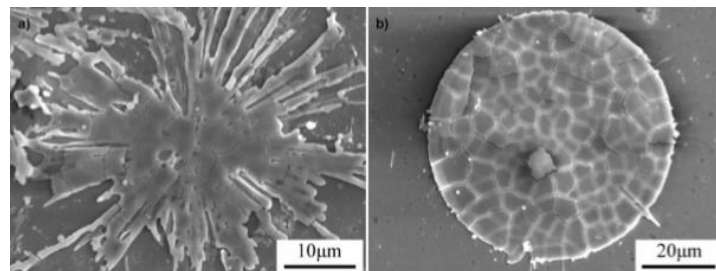
2.4.4 Renovace termickými žárovými nástřiky

Termický žárový nástřík, označovaný také jako metalizace je známý od počátku 20. století. Mimo odvětví renovace strojních součástí se dále používá v oboru ochrany ocelových konstrukcí a v oblasti odolnosti vůči různým druhům opotřebení. Jedná se o proces povrchové úpravy poškozené strojní součásti, jehož postup spočívá v nanášení kovových, keramických, kovokeramických, ale dokonce i polymerních vrstev neboli povlaků. Principem metody žárového stříkání je především roztavení nebo částečné natavení přídavného materiálu, jenž vytvoří povlak na součásti. Přídavné materiály mohou být ve formě prášku nebo drátu. Jinak řečeno jde o nanesení kapiček materiálu v roztaveném skupenství, které jsou unášeny proudem plynu na povrch základního materiálu v proudu spalin, u kterých dojde po jejich nanesení k opětovnému zatuhnutí. Princip žárového stříkání (viz obr. 10).



Obrázek 10 Princip žárového nástřiku [28]

Stříkané povlaky jsou tvořeny částicemi přídavného materiálu, které jsou znovu zatuhnutelné a po dopadu na povrch součásti se zdeformují na velmi tenkou vrstvu, vyznačující se kruhovým tvarem tzv. splat. Tvary splatů jsou ovlivněny především teplotou mezi natavenou kapkou a povrchem základního materiálu. U povrchů, které nejsou přehřáté, mají splaty pravidelný kruhový tvar, na rozdíl od přehříváných substrátů s nepravidelným tvarem (viz obr. 11). Vzniklá výsledná struktura povlaku je vícevrstvá a jednotlivé vrstvy tvoří splaty. [3]; [24]; [25]

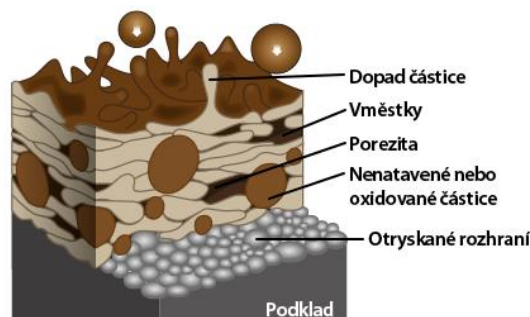


Obrázek 11 a) aplikovaný splat na přehřátém substrátu, b) aplikovaný splat na nepřehříváném povrchu [25]

Kromě výše uvedeného splatu se v aplikovaném povlaku dále vyskytují zoxídované částice, vady struktury tzv. vměstky, póry a nenatavené částice (viz obr. 12). Vměstky vznikají interakcí letící horké částice s kyslíkem z okolní atmosféry nebo na povrchu povlaku, což je způsobeno vlivem vysoké teploty. Pórovitost ovlivňuje především dopadová rychlost a úhel dopadu částic. Pokud je u protikorozních povlaků obsah pórů více jak 10 %, mohou vznikat průchozí kanály, které vlivem průniku kyslíku a vlhkosti způsobují oxidaci základního materiálu. Další a nejdůležitější vlastností je přilnavost povlaku k součásti, tj. základní materiál. Ta se pohybuje od 10 MPa do 90 MPa dle použité technologie nástřiku a použitého materiálu. Množství nenatavených částic a množství pórů, ale i trhlin je ovlivněno zvolenou konkrétní metodou termického žárového nástřiku. Z hlediska formy, kterou má přídavný materiál, a nosiče energie existuje velké množství způsobů nástřiků. [24]; [26]; [27]

Těmi nejzákladnějšími metodami jsou:

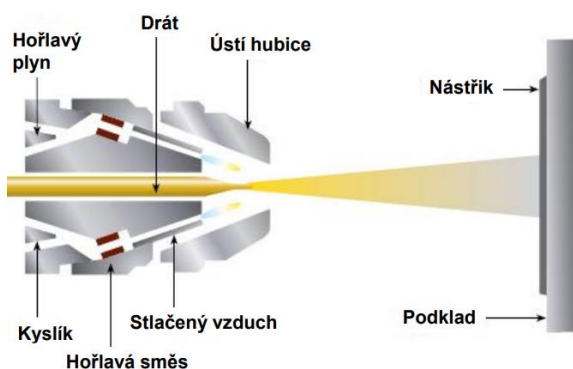
- nástřik plamenem (drát),
- vysokorychlostní nástřik plamenem (prášek),
- nástřik elektrickým obloukem,
- plazmatické nástřiky,
- nástřik cold spray.



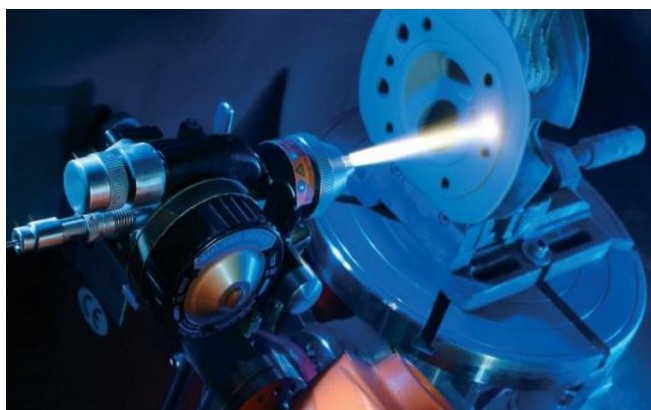
Obrázek 12 Schéma řezu žárově nástřikané vrstvy [29]

2.4.4.1 Nástřik plamenem

Metoda nástřiku plamenem je nejstarší technologií žárových nástřiků. Plamen vzniká vlivem hoření směsi kyslíku a acetyleny, popř. jiných plynů. Do plamene je přiváděn přídatný materiál, který je ve formě prášku nebo drátu (viz obr. 13). Zde dochází k natavení nanášeného materiálu, který je v kombinaci s čistým stlačeným vzduchem urychleně dopravován na povrch renovované součásti ve formě roztavených částic. Bez použití čistého a stlačeného vzduchu neumožňuje rychlost a energie plamene na výstupu dosahovat požadovaných dopadových rychlostí, které ovlivňují vlastnost povrchu a přilnavost. Z hlediska nízkých dopadových rychlostí částic (cca 40–100 m/s) je adheze částic k povrchu opravované součásti malá a z toho důvodu se tato metoda nástřiku nehodí pro náročnější aplikace. Podle zvolené atmosféry (redukční, oxidační) se teplota plamene pohybuje v rozpětí 2700–3100 °C. Nižší teplota plamene umožňuje nástřik pouze nízko tavitelných kovů jako je např. Al, Zn, Cu a jejich slitiny. Kovy s vyšší teplotou tání je do plamene nutné přivádět ve formě prášku. Typickými práškovými materiály jsou slitiny na bázi železa nebo niklu. Dále pak keramika a cermety. Mimo přídatné materiály ve formě prášku nebo drátu se méně často používají tyčinky nebo plněné trubičky z plastů. Dráty mají většinou průměr 2 mm; 2,5 mm; 3,15 mm a více. Ukázka aplikace nástřiku plamenem s drátem v technické praxi (viz obr. 14).



Obrázek 13 Schéma nástřiku plamenem [27]



Obrázek 14 Nástřik hlavy motoru motocyklu plamenem z drátu [27]

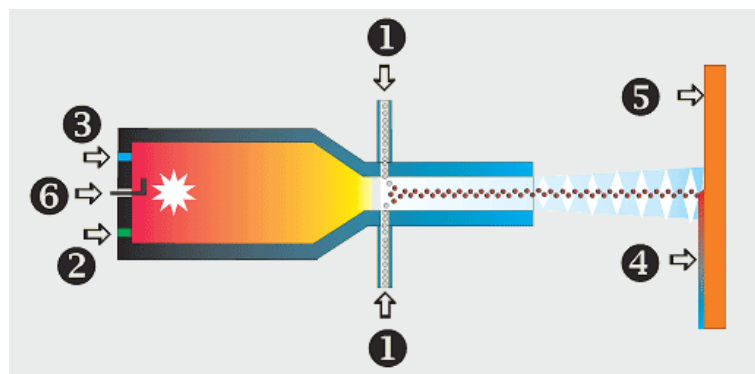
Teplota roztavených částic dosahuje až 2500 °C s rychlostí v rozmezí 50–80 m/s. Vzniklé povrchy touto metodou se vyznačují přilnavostí o hodnotě cca 15 MPa a pórovitostí v rozmezí 10–18 %. Vlastnost vzniklé vrstvy velkým způsobem ovlivňuje

množství kyslíku s hořlavým plynem, tlak čistého vzduchu, vzdálenost hubice a podkladu, množství použitého přídavného materiálu a jeho forma. Lze vytvářet tenké vrstvy od 0,2 mm po silné vrstvy o tloušťce několika mm. [27]; [30]; [31], [32]

2.4.4.2 Vysoko rychlostní nástřik plamenem

Způsob vysokorychlostního nástřiku plamenem neboli HVOF (z ang. H - high, V - velocity, O - oxygen, F - fuel) využívá pro hoření směs kyslíku s palivem kapalného nebo plynného skupenství. Jedná se např. o kerosin, propan, propylen, acetylen, vodík a další. Spalovací komora je plněna kontinuálně, a i samotné hoření plynů probíhá kontinuálně. Vlivem konvergentního tvaru divergentní trysky dochází k urychlení produktů hoření dosahující nadzvukové hodnoty. Schéma vysoko rychlostního nástřiku plamenem HVOF (viz obr. 15).

Tlak ve spalovací komoře je monitorován za účelem dosažení stabilních podmínek hoření a reprodukovatelnosti procesu. Hořák je ochlazován proudící vodou v meziplášti. Přídavný materiál ve formě prášku je pomocí nosného plynu (dusíku) zaveden do plamene, kde dojde k jeho natavení a následného urychlení směrem k povrchu základního materiálu renovované součásti. Dopadová rychlost v tomto případě dosahuje hodnot kolem 400 až 1000 m/s. Vzniklé povlaky mají pórovitost 0,5–3 % a přilnavost cca 40–90 MPa. Práškový přídavný materiál je rovnoměrně zahříván a teplota plamene se liší podle druhu použitého paliva. Plynná paliva zajišťují teplotu v rozmezí 1900–1950 °C, kdežto paliva kapalného skupenství teploty v rozmezí 2700–3100 °C. Vlivem nízké teploty není tato technologie nástřiku vhodná pro nanášení keramických povrchů, a to z důvodu nedostatečného natavení materiálu. V případě použití kovokeramických materiálů, které jsou vhodnější pro tuto metodu, se používají Wc-CoCr, Ce₂C₂-NiCr. Při použití kovových materiálů se nejčastěji využívají materiály na bázi niklu, kobaltu, železa, ale i Stellite, Inconel, Triballoy a karbidy W, Cr a cermety. Aplikací vysoko rychlostního nástřiku lze dosáhnout obnovy rozměrů, odolnosti proti opotřebení, chemické odolnosti a další. Výhodou této technologie je vysoká produktivita, vyšší hustota nástřiku, široký výběr materiálů a nízká teplota podkladu základního materiálu (150 °C). Nevýhodou je částečné omezení pro nástřik vnitřních ploch součástí, vysoká hlučnost procesu (až 130 dB), nemožnost nanášení keramických vrstev a náročnost technologického vybavení. [32]; [33]; [34]; [35]



Obrázek 15 Schéma vysoko rychlostního nástřiku HVOF

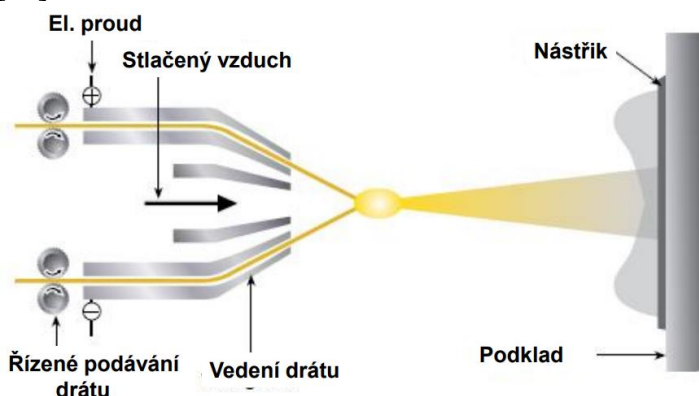
1. přídavný materiál, 2. přívod kerosinu, 3. přívod kyslíku, 4. nástřik, 5. povrch součásti, 6. zapalovací svíčka

2.4.4.3 Nástřik elektrickým obloukem

Tento způsob je nejmodernější technologií v oblasti žárových nástřiků. Princip této metody spočívá v roztavení přídavného materiálu, který má podobu dvojice vodivých drátů přiváděných do stříkací hubice, na jejímž konci hoří elektrický oblouk znázorněný (viz obr. 16).

Dráty mohou být stejného nebo rozdílného složení. Vlivem hoření elektrického oblouku dochází k tavení drátů a natavený materiál je urychlován k povrchu základního materiálu stlačeným plynem, obvykle vzduchem. Přídavný materiál ve formě vodivých drátů lze nahradit plněnými tyčinkami, které umožňují tímto způsobem nanášet i nevodivé cermety. Teplota elektrického oblouku se pohybuje v rozmezí od 3800 °C do 4000 °C. Teplota se ovšem na povrch renovované součásti přenáší pouze nataveným materiálem, tudíž není tepelné ovlivnění základního materiálu vysoké. Důležitým faktorem je zachování stability hoření elektrického oblouku, který má velký význam na kvalitu povlaku. Z tohoto hlediska je doporučeno neustále kontrolovat stabilitu zdroje elektrického proudu a podávání drátů, které musí být plynulé.

Dopadová rychlost natavovaných částic je mezi 100–240 m/s. Částice mají různorodou velikost a výsledný nanášený povlak má tak vysokou drsnost a porozitu v porovnání s povlaky, které jsou nanášeny pomocí práškových materiálů. [30]; [31]; [34]; [35]



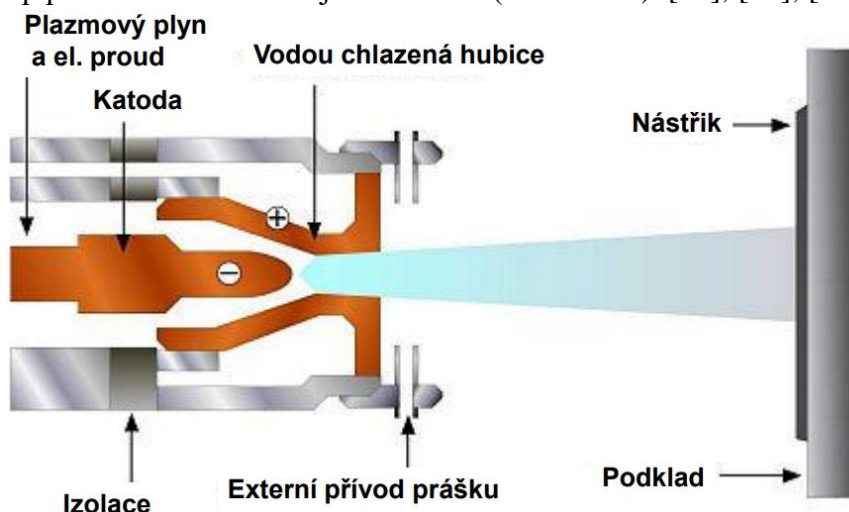
Obrázek 16 Schéma principu nástřiku elektrickým obloukem [27]

2.4.4.4 Nástřik plazmou

Vlivem dosažení vysokých teplot v plazmatu patří tato technologie k nejvšestranějším metodám. Hořák je tvořen měděnou anodou a wolframovou katodou. Elektrický oblouk hoří mezi elektrodami, do nějž je přiváděn plyn vytvářející plazmu (argon, dusík, vodík). Vzniklá plazma dosahuje teplot 7000 až 25 000 K. Nosný plyn vnáší středem nebo vnější stranou katody přídavný materiál přímo do plazmatu, kde dochází k jeho natavení. Natavené částice dále procházejí výstupní tryskou, kterou zároveň tvoří anoda a jsou urychlovány pomocí proudu plynu. Natavované částice mají dopadovou rychlost mezi 40-600 m/s. Díky vysokým dopadovým rychlostem mají plazmatické povlaky dobrou adhezi vůči podkladu. Lze vytvářet povlaky o tloušťce až několik mm.

Z hlediska vysokých teplot, které jsou dosahovány v plazmatu, umožňuje tato metoda nanášet povlaky z materiálu vyznačující se vysokými teplotami tání. Těmi jsou např. keramika, cermety a žáruvzdorné slitiny. Lze ovšem použít široké množství

materiálů, jejichž rozdíl mezi teplotou tání a teplotou rozkladu (jinak varu) je zhruba 30 °C. Materiály se schopností snadné oxidace je možné nanášet ve vakuu nebo za sníženého tlaku. Princip plazmového nástřiku je znázorněn (viz obr. 17). [35]; [36]; [37]



Obrázek 17 Princip plazmového nástřiku [27]

2.4.5 Renovace součástí galvanizací

Renovace galvanizací představuje proces, ve kterém se vytváří vrstva na součásti umístěné v elektrolytu, kterým prochází elektrický proud z vnějšího zdroje. Používá se stejnosměrný proud. Kationty dané látky se na katodě redukují z roztoku a potahují vodivou součást tenkou vrstvou materiálu. Galvanicky vytvořené povlaky mají určité vlastnosti, které ovlivňují možnosti jejich použití.

Charakteristické vlastnosti:

- Dosažitelná tloušťka povlaku z hlediska kvality je omezená, její hodnota se pohybuje v rozmezí setin až desetin mm.
- Vlivem volby parametrů vylučování kovu lze dosáhnout rozdílných fyzikálně-mechanických vlastností daného povlaku.
- Při vylučování povlaku je součást vystavena nepatrnému tepelnému namáhání.
- Technologické vybavení je finančně náročné, provozně drahé a provoz je ekologicky nebezpečný.

Před samotnou galvanizací se používají různé přípravné procesy. Ty se provádějí za účelem úpravy povrchu předmětu do vhodného stavu pro kvalitní pokovení. Většinou se jedná o čištění (odmašťování) a moření. Při renovaci galvanizací je omezený výběr druhu kovového povlaku. Nejčastěji se používají povlaky chromu nebo železa a při volbě jejich použití je potřeba zohlednit následující pravidla:

- U součástí mající vysokou povrchovou tvrdost a malé opotřebení je nutné použít tvrdé chromování.
- U součásti vyrobené z materiálu s vysokými mechanickými vlastnostmi, s malým opotřebením a kluzným uložením se musí použít tvrdé chromování.
- U cementovaných součástí majících větší opotřebení je nutné použít železení a znovu cementovat.
- U součástí, které jsou vystavené mechanickému namáhání a jsou pevně uloženy je potřeba použít železení. [2]; [38]

2.4.5.1 Chromování součástí

Galvanické chromování je nejrozšířenější galvanizační technologií. Používá se z hlediska dekorativní funkce nebo antikorozi úpravy. Dále je proces chromování aplikován z důvodu zlepšení vlastností vyráběných součástí. Vyloučené chromové povlaky se vyznačují vyjíměčnými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Sem patří velká odolnost vůči korozi bez ohledu na normální či do určité míry zvýšenou teplotu. Dále značná tvrdost vyznačující se malým součinitelem tření, odolnost proti mechanickému opotřebení a odrazivost světla. Pomocí tvrdých speciálních povlaků lze zlepšit odolnost proti opotřebení různých ocelových a litinových součástí nebo lze pomocí povlaků zvětšit rozměry dílců a součástí, jejichž parametry jsou vlivem opotřebení již mimo toleranci. Povlaky lze dále nanášet na mosaz, měď nebo některé druhy nerezových ocelí.

Samotný proces galvanického chromování je prováděn pomocí ponoru do lázni, jejichž složení je rozdílné z hlediska vlastností požadovaného povlaku. Vyloučený chrom je dodáván ve formě aniontů z elektrolytu tvořeného kyselinou chromovou a anoda není rozpustná. Oxid chromitý, který je nositelem kovu je uvolňován z kyseliny chromité.

Lázeň obsahuje kyselinu sírovou s vyšší stálostí a menší agresivitou. Oproti tomu lázně obsahující fluorokřemičitany a fluoridy jsou prospěšnější vlivem vyššího proudového výtěžku. Konečné vlastnosti chromového povlaku jsou negativním způsobem ovlivněny vznikem vodíku, jenž vzniká vylučováním chromu na katodě. Vlivem reakce chromu a vodíku vznikají tzv. labilní hydridy (např. CrH_2 , CrH_3 a další). Z důvodu následného rozkladu vzniká vodík, který vstupuje do vyloučeného chromového povlaku a určitým způsobem zvyšuje jeho tvrdost a křehkost. Chromový povlak obsahující vodík vyvolává objemové změny, které způsobují vnitřní pnutí doprovázené vznikem většího či menšího množství trhlin. Narušení povlaku z důvodu vzniku trhlin je možné zamezit pomocí speciálních přísad nebo splňováním specifických podmínek. [8]; [39]

Galvanické chromování lze rozdělit na dvě základní skupiny:

- ozdobné chromování,
- tvrdé chromování.

V případě galvanického chromování týkající se úpravy povrchů funkčních součástí spalovacích motorů je používáno tvrdé chromování. Díky vysoké dosahované tvrdosti povlaků pohybující se v rozmezí od 900 do 1200 HV se používá hlavně pro snížení

opotřebení a zvýšení životnosti součástí, ale i nástrojů nebo měřidel. Používá se pro chromování funkčních ploch odolných proti opotřebení a korozi (např. válce spalovacích motorů, hydraulické válce stavební techniky, hřídele, vačky a lisovací formy). Lze chromovat na přesný rozměr nebo s přídavkem na následné broušení. Tloušťka vrstvy je od 2 μm do 1 mm. Povrchy součástí, na které je nanesena vrstva tvrdochromu, se musí následně opracovávat pro docílení požadovaných rozměrů a kvality. Obecně u válců spalovacích motorů se provádí honování a u vnějších ploch se provádí broušení (čepy, dřívky ventilů, pístní kroužky). [8]; [40]

2.4.5.2 Galvanické niklování

Galvanické niklování bez mezivrstvy je prováděno za účelem zvýšení odolnosti proti opotřebení. Ve druhém případě se niklování provádí s mezivrstvou, zde se jedná o dekorativní a ochranné povlaky. Nanášené niklové povlaky se v průmyslu používají pro pokovování všech významnějších základních materiálů (měď, mosaz, ocel, zinek, litina), a to buď za účelem antikorozi ochrany nebo pro dekorativní účely. Jedná se o elektrochemický proces, za kterého probíhá vylučování kovů na základním materiálu za pomoci elektrického proudu, který vznikl vlivem rozdílných elektrochemických potenciálů mezi pokovovaným materiálem a roztokem solí vylučovaného kovu.

Povlaky vytvořené v běžných niklovacích lázních mají matnou až pololesklou strukturu. Nedávno byl nově vyvinut nový způsob lázni pro tzv. lesklé niklování, po jehož aplikaci není třeba upravovat povrchy dodatečným leštěním. K vytvoření niklové vrstvy se nejčastěji používá systému Cu-Ni-Cr. Na povrchu niklované součásti je velmi tenká vrstva chromu, jenž chrání niklovou vrstvu před korozi. Před zahájením samotného procesu niklování se používá kombinace hrubého, katodického a anodického odmaštění. Tloušťka niklové vrstvy v systému Cu-Ni-Cr je závislá na agresivitě prostředí, jemuž bude součást vystavena. Tloušťka vrstvy se převážně pohybuje v rozmezí 4 až 15 μm s chromovým povlakem o tloušťce 0,5 μm. [8]; [41]

Při galvanickém niklování se používá několik druhů elektrolitů:

- síranové lázně,
- chloridové lázně,
- fluoroboritanové lázně,
- lázně pro speciální účely.

V případě použití síranové lázně se pracuje s proudovou hustotou 2 až 5 A/dm² při teplotě 50 až 70 °C. Výsledkem použití této lázně jsou povlaky s matnou strukturou s malým vnitřním pnutím. Samotný proces vylučování se provádí z niklových lázní, do nichž se přimíchává prášek karbidu v poměru 20 až 50 g/l. Při niklování musí být lázeň neustále promíchávána. [41]

2.4.6 Renovace deformovaných součástí

K deformaci strojních součástí neboli změně geometrického tvaru dochází v následujících případech:

- přetížení součástí větší silou natolik, že napětí v části jejího průřezu překročí mez kluzu materiálu,
- změna rozložení vnitřních pnutí v součásti.

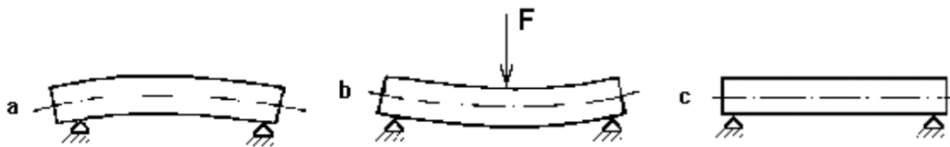
Proces rovnání je možné definovat jako deformaci součásti do požadovaného tvaru. V technické praxi existuje několik způsobů rovnání, které mohou být navzájem kombinovány. [3]

Jedná se o následující způsoby [3]:

- rovnání ohybem za studena,
- rovnání ohybem za tepla,
- rovnání místním povrchoвым ohřevem,
- rovnání povrchoвым náklepem.

2.4.6.1 Rovnání ohybem za studena

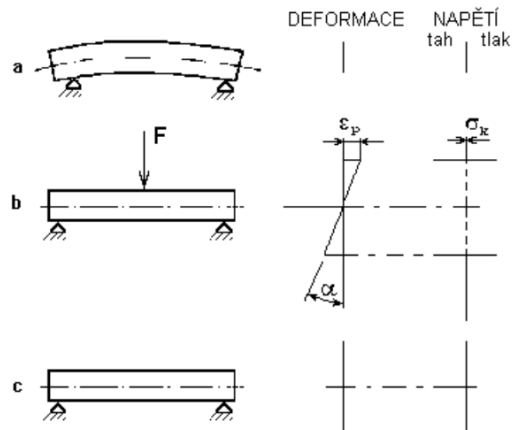
Rovnáni deformovaných součástí za studena je vhodné pro strojní součásti, které jsou málo členité a vyrobené z tažného materiálu. Méně doporučený až nevhodný je pro strojní součásti, u nichž proběhlo tepelné zpracování na vysokou pevnost. Dále je tento způsob nevhodný pro součásti tvářené za studena, povrchově zušlechťené, tvarově složitější a s různými průřezy. Princip vyžaduje rovnací sílu, která následně vyvolává ohybový moment, jenž mění tvar součásti. Schéma principu rovnání ohybem za studena je znázorněno (viz obr. 18). Materiál součásti je na spodní straně tažen tzn. dochází k jeho prodloužení, na horní straně dochází k tlačení materiálu neboli jeho zkrácení. Výhodou tohoto způsobu je jednoduchost provedení a absence složitého zařízení. Během rovnání nedochází k tepelnému ovlivnění materiálu. Nevýhodou je však nízká přesnost rovnání, ke které je nutné vyvolat velké síly. [3]; [42]



Obrázek 18 Schéma principu rovnání ohybem za studena [42]

2.4.6.2 Rovnání ohybem za tepla

Při rovnání deformovaných součástí ohybem za tepla je buď ohřívána celá součást nebo jen oblast okolí deformace. Vlastní rovnání je způsobeno ohybovým momentem vyvolaným vnější silou, stejně tak jako u rovnání ohybem za studena. V části průřezu součásti dochází k prodloužení a v části ke zkrácení (napěchování). Výhodou je menší potřebná síla k rovnání, žádné nebo nízké zbytkové napětí v materiálu z důvodu prohřátí. Nevýhodou je možné znehodnocení případné tepelné úpravy a povrchu součásti. Schéma principu rovnání ohybem za tepla spolu s průběhem deformace a napětí během rovnání (viz obr. 19). [3]; [42]



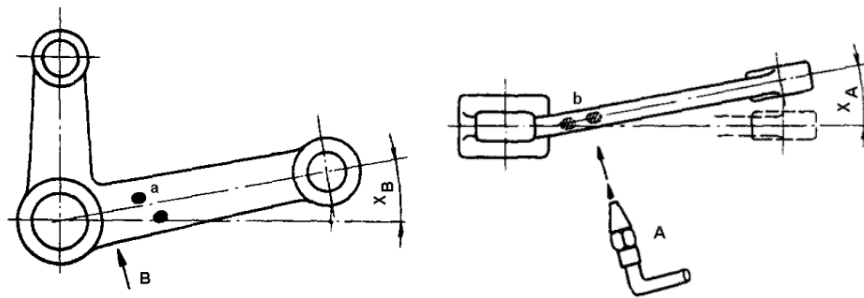
Obrázek 19 Schéma principu rovnání ohybem za tepla [42]

2.4.6.3 Rovnání místním povrchovým ohřevem

Vlivem působení místního ohřevu dochází ke změně rozložení vnitřních napětí v materiálu. Ohříváný materiál dilataje a okolní chladný materiál dilataci zabraňuje. Díky tomu dochází ke vzniku tlaku ohříváného materiálu na okolí. U součástí, které nejsou dostatečně tuhé a okolní chladný materiál nedokáže vyvolat velký tlak na ohříváný materiál se rovnací účinek zvyšuje pomocí upnutí nebo předpětím dané součásti. Výhodou je především jednoduchost provedení s možností velmi přesného vyrovnání. Nehodí se pro rovnání příliš deformovaných součástí, jelikož může zanechat vnitřní tahové napětí v materiálu. [3]; [42]

Podle provádění povrchového ohřevu lze tento způsob rozdělit na tři varianty [42]:

- rovnání místním povrchovým bodovým ohřevem, aplikace (viz obr. 20),
- rovnání pásovým ohřevem,
- rovnání klínovým ohřevem.



Obrázek 20 Aplikace místního bodového ohřevu u součásti [42]

2.4.6.4 Rovnání povrchovým náklepem

Vlivem náklepu se v povrchové vrstvě vytvoří vnitřní (tlakové) napětí, které má za následek příslušnou změnu tvaru součástí. Pozice působení povrchového náklepu se volí mimo místa koncentrace napětí vyvolané provozním zatížením součástí. Povrch součásti je v místě náklepu deformován, proto nelze provádět náklep součásti na funkčních plochách. Tento způsob nelze použít v případě, jestliže bude místo náklepu vystaveno v provozu opotřebení nebo zvýšeným teplotám. Výhodou této metody je stejně tak jako u rovnání s místním povrchovým ohřevem jednoduchost provedení s možností velmi přesného

vyrovnání deformace. Nevýhodou je možnost odstraňování pouhých malých deformací např. u vačkových a klikových hřídelů. [3]; [42]

2.4.7 Renovace součástí s trhlinami a lomy

Kromě nevhodně zvolené konstrukce je příčinou vzniku trhlin a lomů u strojních součástí nevhodně zvolená technologie výroby a nevhodný provoz. Tyto faktory vedou k nadměrnému namáhání součástí vlivem působení vnějších sil a tepla. U součástí vyrobených z houževnatých materiálů se za působení těchto podmínek projevuje vznikem deformace. Naopak u součásti s nízkou tažností dochází ke vzniku lomů. Může se jednat o lom křehký nebo únavový. Křehký lom (statický) vzniká při překročení meze pevnosti materiálu. Únavový vzniká při překročení meze únavy materiálu (namáhání v čase je proměnlivé). V případě vzniku únavového lomu se součást většinou vyměňuje. Renovace takto poškozené součásti není vhodná, protože poškození je důsledkem opakovaného cyklického namáhání. [3]

Nejpoužívanějšími způsoby pro renovaci součástí s trhlinami a lomy jsou [3]:

- svařování,
- Metallock,
- metoda Masterlock,
- záplaty.

2.4.7.1 Svařování litinových součástí

Většina strojů a zařízení se skládá ze součástí, které jsou z velké části litinové odlitky. V případě opravy a s tím spojené renovace je znalost svařování těchto součástí hlavním předpokladem pro úspěšnou a kvalitní opravu. Svařování oceli a litin je velice odlišné, a proto každá oprava bývá v podstatě individuální. Litinové součásti mohou být vyrobeny ze šedé litiny, popř. z litiny temperované nebo tvárné. Problematika svařování těchto druhů je více méně podobná, ovšem nejvíce problematickou je šedá litina, které bude věnována následující část. [2]

Šedou litinu je možné svařovat základními metodami svařování včetně pájení plamenem. Tou nejběžnější technologií pro svařování litiny je použití obalované elektrody. Před zahájením procesu svařování je nutné brát v potaz základní faktory, které jistým způsobem určují svařitelnost litiny. Mezi tyto faktory patří chemické složení dané litiny, forma uhlíku v litině, mechanické vlastnosti, korozní napadení a prosycení tuky a oleji. [43]

V současné době existují tři základní principy svařování šedé litiny:

a) svařování šedé litiny s vysokým předežhřátím

Při svařování šedé litiny tímto způsobem se opravovaný odlitek předežhřeje na teplotu 600 až 700 °C, přičemž rychlost ohřevu by se měla pohybovat mezi 30 až 70 °C/hod. Z hlediska vysokého tepelného ovlivnění není tento způsob vhodný pro součásti, u nichž jsou na čisto opracovány funkční plochy. Je spíše vhodný pro opravy surových odlitků nebo součástí, které mohou být opětovně opracovány. Interpass neboli maximální teplota předchozí vrstvy při více vrstevném svařování by neměla klesnout pod 450 °C. Po sváření se provádí dohřev v peci v časovém rozmezí 1-2 hodiny. Následně

ochlazování by mělo probíhat taktéž v peci až do dosažení teploty 150 °C. Jako přídavné materiály se používají elektrody, které jsou na bázi litiny. [2]; [43]

b) svařování s mírným předehřevem

Tento způsob nachází své uplatnění tam, kde není možné použití vysokého předehřevu. Předehřívací teplota nesmí v tomto případě překročit 450 °C. Stejně tak jako u předcházejícího způsobu svařování je nutno dodržovat interpass teplotu a tepelný režim. I v tomto případě se používají přídavné materiály elektrody, jejichž složení na bázi litiny. [43]

c) svařování bez předehřevu

Při použití tohoto způsobu svařování šedé litiny se předehřev nepoužívá. Vyjímkou jsou masivní odlitky, u kterých se doporučuje předehřev v rozmezí 50 až 100 °C. Důležitá je příprava svarových ploch, u kterých se doporučuje větší rozevření úkosu než u běžných ocelí. Šedá litina se bez předehřevu svařuje výhradně elektrickým obloukem, za použití speciálních elektrod pro tento účel. [43]

Postup je následující:

- Odstranění trhliny a zabránění jejímu šíření vyvrtáním otvorů přiměřeného průměru na obou koncích nebo krátkými příčnými housenkami za koncem každé trhliny (vhodné je před započítím procesu svařování provést penetrační zkoušku).
- Příprava svarové plochy např. sekáním, obráběním nebo drážkováním drážkovací elektrodou a zaoblení svarové plochy, a to zejména v kořeni.
- Rozdělení sváru na krátké úseky (o délce max = 1,5násobek tloušťky materiálu).
- Provedení první svarové housenky v prvním úseku za použití elektrody, jenž je předem vyzkoušena na vzorku stejné litiny.
- Nastavení proudu na nejmenší hodnotu a udržování krátkého oblouku.
- Po položení svarové housenky její důkladné prokování ke snížení pnutí ve svarovém spoji.
- Pokles teploty svařovaného kusu pod 50 °C.
- Po vychladnutí pokládání druhé housenky, která zasahuje jednou třetinou na předcházející, poté opětovné prokování ke snížení pnutí. [2]; [43]

Metody svařování litin:

- svařování plamenem,
- svařování el. obloukem (přídavný materiál obalená elektroda nebo litá tyčinka),
- svařování uhlíkovou elektrodou a litou tyčinkou,
- svařování metodou WIG. [44]

2.4.7.2 Svařování součástí z hliníkových slitin

Hliník je unikátní a poměrně mladý materiál, který patří k nejrozšířenějším neželezným kovům. Svařitelnost tohoto materiálu je ovlivněna několika podstatnými činiteli, které vychází ze specifických vlastností tohoto materiálu. Z toho důvodu vyžaduje svařování hliníku odlišný přístup oproti svařování konstrukčních ocelí. Hlavní vlastností tohoto materiálu ovlivňující možnost svařování je bod tání. Ten se u hliníku a jeho slitin

pohybuje v rozmezí od 580 do 650 °C. Další vlastností ovlivňující svařitelnost je součinitel tepelné roztažnosti, který je více než dvakrát větší než u oceli. Tepelná vodivost je téměř čtyřikrát větší než u oceli. Z toho vyplývá, že šířka tepelně ovlivněného pásma kolem svaru je podstatně větší a také pnutí v okolí svarů vyvolané tepelnou dilatací je větší. Dalším činitelem je velká citlivost některých hliníkových slitin na ohřev, což vede v tepelně ovlivněné oblasti ke vzniku precipitačních procesů, které mají za následek snížení mechanické vlastnosti a odolnosti proti korozi. Na povrchu hliníku i jeho slitin se tak vytváří vrstva oxidu, která má teplotu tání více než 2000 °C. Z důvodu výše uvedených vlastností hliníku a jeho slitin si tento materiál vyžaduje odlišné technologické postupy při jejich svařování než oceli. [2]; [45]

Hliník a hliníkové slitiny je možné svařovat následujícími způsoby [2]; [46]:

- kyslíkoacetylenovým nebo kyslíkovodíkovým plamenem,
- elektrickým obloukem s uhlíkovou elektrodou,
- elektrickým obloukem kovovou obalenou elektrodou,
- svařování tavící se elektrodou MIG,
- svařování netavící se elektrodou TIG,
- metoda WIG,
- odporové svařování (bodové, švové),
- tlakem za studena.

2.4.7.3 Metoda Metallock

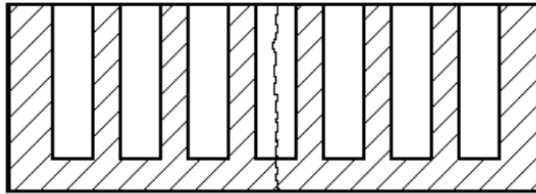
Metoda Metallock je mechanický způsob renovace prasklých nebo ulomených částí za studena a pomocí ocelových zámků ze speciální vysokopevnostní oceli. Mechanická únosnost je obnovena pomocí svorek Metallock a požadované těsnosti se dosáhne zakolíčkováním trhliny mezi jednotlivými svorkami. [2]

Opravy pomocí technologie Metallock lze provádět u součástí o síle jejich stěny minimálně 4 mm a lze ji aplikovat na řadu materiálů jako je litina, litá ocel, hliník či bronz. S vysokým úspěchem tak lze opravovat poškozené bloky spalovacích motorů, tělesa turbín, kompresorů, ventilátorů, čerpadel, lože obráběcích strojů a další. Technologii nelze použít v případech, kdy byl u prasklin proveden pokus o opravu svařováním. [47]

Technologický postup této metody je následující [2]; [48]:

- Zjištění rozsahu poškození a označení všech větví trhlín.
- Zjištění tloušťky stěny součásti v místě trhliny, eventuálně změny této tloušťky v celém rozsahu délky poškození.
- Stanovení velikosti svorek neboli zámků Metallock, které se použijí pro opravu.
- Stanovení počtu a délky dílčích stehů.
- Trhlina se rozměří a rozvrhnou se pozice jednotlivých stehů. Stehy se z důvodu šíření napětí v základním materiálu vyrábí v různých délkách, čímž je možno napětí rozložit do větší plochy.
- Na libovolné pozici dříve vyznačeného stehu se v trhlíně vyvrtá díra odpovídajícího průměru do 3/4 tloušťky stěny.

- Pomocí kolíčku správného průměru se na předem vyvrtanou díru přichytí vrtací šablona, která zajistí kolmost dalších vrtaných děr a tím i kolmost budoucího stehu vůči trhlině.
- Jedním z dalších otvorů v šabloně se vyvrtá do stejné hloubky další díra, která se zafixuje druhým kolíčkem a celá šablona je tak zafixována vůči pootočení.
- Vyvrtání zbylých děr dle šablony, opět do stejné hloubky.
- Srovnání roviny dna všech děr pomocí kolmo zbroušeného vrtáku opakovaně ve stejné hloubce (viz obr. 21).

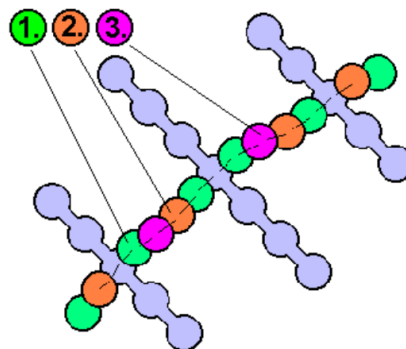


Obrázek 21 Schéma průřezu po vyvrtání otvorů pro aplikaci svorek [48]

- Speciálně upraveným křížovým sekáčem se odsekají vytvořené můstky mezi jednotlivými dírami, čímž vznikne tvarová dutina zvolené svorky.
- Dutina se pečlivě vyčistí stlačeným vzduchem.
- Do dutiny se vloží svorka a rázy se zaklepe až na dno vytvořené dutiny.
- Přiměřeně velkými údery se svorka v dutině pečlivě roztemuje.
- Do dutiny se vkládají a zatemují další svorky, až je dutina zcela zaplněna a poslední svorka vyčnívá z části nad povrch.

Pokud je spoj požadován jako těsný, je potřeba vyplnit trhliny mezi stehy pomocí kolíčků (viz obr. 22). V tomto okamžiku platí následující technologický postup [2]:

- Vyvrtání díry stejného průměru a hloubky, jako při vytváření dutiny pro svorku Metallock tak, aby z části zasahovala do svorky, ale nedošlo k jejímu přerušení.
- V daných roztečích se po celé délce praskliny mezi dvojící svorek vyvrtají díry.
- Vyřezání závitů příslušného průměru do děr.
- Vyčištění děr se závity pomocí stlačeného vzduchu.
- Zašroubování svorníků po celé délce původní trhliny mezi svorky.
- Vyvrtání děr mezi svorníky – díry se spolu se svorníky z části překrývají.
- Opět vyříznutí závitů v dírách a zašroubování dalších svorníků.
- Finální zarovnání povrchu.



Obrázek 22 Vyplnění trhliny mezi stehy pomocí kolíčků [48]

Metoda Metallock patří k licencovaným metodám a vlastníkem je anglická firma, která vznikla v šedesátých letech. V České republice a na Slovensku je držitelem licence společnost Strojírny a stavby Třinec, a.s. [47]

2.5 Popis současného stavu motocyklu

2.5.1 Historie značky Indian

Během první světové války představovala firma Indian absolutní špičku světového motocyklového průmyslu. Své významné umístění si udržovala nadále i ve 20. letech. Firma se výrobou motocyklů podílela na motorizaci amerického, australského, asijského, afrického, ale i evropského kontinentu. V době před první světovou válkou patřila továrna Indian Motorcycle, Hendee Manufacturing Company, Springfield, Massachusetts k výrobcům, jenž byli konstrukčním provedením motocyklů na špičce technického vývoje tamnější doby. Stroje byly vzorem pro ostatní motocyklové firmy. [49]; [50]

Dějiny strojů Indian se odvíjejí, podobně jako řada dalších značek, od roku 1899. V tomto roce postavil Carl Oscar Hedstrom svůj první speciální motocykl. Tento motocykl však v porovnání s dnešními moderními motocykly představoval spíše tak jízdní kolo. V lednu roku 1900 měl tento Hedstromův motocykl předváděcí premiéru u příležitosti výstavy v Madison Square Garden v New Yorku. Mezi přihlížejícími výstavy byl muž George Hendee, který v souvislosti s významem a použitím motocyklu v budoucnu, zve Hedstroma s jeho motocyklem do Springfieldu, kde byl stroj s velkým úspěchem představen veřejnosti. Na základě společného podnikání a spolupráce těchto mužů vznikl během čtyř měsíců první motocykl pod značkou Indian. V roce 1905 se na trhu objevil první dvouválcový stroj a o rok později první sériový závodní motocykl. Následovala řada úspěchů v různých soutěžích. Téměř denně docházelo k překonávání rychlostních rekordů a statistické údaje potvrzovaly, že nejrychlejší stroje byly právě Indian. Díky závodním úspěchům se značka dostávala do povědomí více lidí a docházelo ke zvýšení odbytu těchto strojů. V roce 1909 bylo vyrobeno a prodáno celkem 4771 strojů. O čtyři roky později, tj. v roce 1913 to už bylo 32 000 kusů. V roce 1915 opustil továrnu spoluzakladatel a šéfkonstruktor Oscar Hedstrom. V roce 1919 došlo ke snížení odbytu těchto motocyklů vlivem vzrůstající obliby automobilů. Vedení továrny se tak soustředilo na výrobu velkých, těžkých, a přitom výkonných strojů. Od tohoto okamžiku výroba skokově klesla a roční objem byl zhruba 20 000 ks motocyklů. [49]; [50]

Ke konci roku 1919 továrna vyvinula pod vedením irského konstruktéra Charlese B. Franklina robustní vidlicový dvouválec, jenž byl vložen do dvojitého uzavřeného rámu s neodpruženým zadním kolem. Tento model dostal název Scout a stal se zakladatelem nové typové řady motocyklů Indian pro 20. a 30. léta. Oficiálně byl tento model představen v roce 1920. Díky postupnému ukončení výroby předchozího modelu Poweplus, přišla v roce 1922 na trh silnější obdoba modelu Scout – motocykl Chief o objemu 998 ccm. Tento model byl obdobného konstrukčního řešení jako model Scout, s vidlicovým motorem s nesnímatelnými hlavami, sešroubovaný s třístupňovou převodovkou do společného bloku a s primárním ozubeným převodem. V roce 1923 byla řada Scout, Poweplus a Chief rozšířena o nový, a ještě silnější model Big Chief s motorem o objemu 1200 ccm. V průběhu roku 1927 byla výroba modelu Chief 998 ccm nahrazena novým modelem Scout

Police, což byl standartní Scout, ale s motorem o objemu zvětšeném na 744 ccm (750). Tento model se stal postupem času nejoblíbenějším modelem, díky jeho rychlosti a ovladatelnosti. Podoba modelu Scout 750 z roku 1928 je znázorněna (viz obr. 23). [49]; [50]



Obrázek 23 Indian Scout 750 ccm z roku 1928

V průběhu tohoto roku se továrna taktéž specializovala na výrobu čtyřválcového motocyklu s označením Indian ACE o objemu 1265 ccm, s válci v řadě za sebou, který vycházel z původního stroje ACE vyvinutého americkým konstruktérem Wiliamem Hendersonem. V letech 1929-1932 zasáhla továrnu velká průmyslová krize. V této době koupil firmu Indian podnikatel Paul DuPont, za jehož působení se diktované rozhodnutí pro zavádění převratných konstrukčních řešení nekonalo. Teprve až v roce 1933, kdy skončila výroba modelů Scout 600 ccm, došlo k modernizaci vzhledu a vylepšení technického provedení u vybraných modelů. Finanční potíže pro továrnu s sebou přinesla druhá světová válka, kdy nebyla továrna schopna podílet se velkým způsobem na armádních zakázkách. Firma neměla vhodné vojenské typy a nebyla schopna vyrábět v požadovaném množství a dodacích lhůtách. Z toho důvodu byly pro armádu vyráběny zejména dva modely motocyklů upravené z civilních typů. Finanční problémy v letech 1929-1939 řešila firma rozprodejem výrobního zařízení. Přesto se podnikateli Paulu DuPontu a řediteli automobilové továrny Hosleymu podařilo firmu udržet nad vodou. Firma vyráběla do roku 1940 právě tolik strojů, aby nebankrotovala. V roce 1943 zhotovila továrna téměř 16 500 exemplářů. V roce 1945 nastoupil do firmy Indian nový ředitel Ralph B. Rogers, který ponechal ve výrobě pouze klasický model Indian Chief 1206 ccm s modernizovanou paralelogramovou vidlicí. Koncem roku 1947 se firma soustředila na výrobu série nízkohmotnostních motocyklů navržených konstruktérem G. Bringsem Weaverem. Série těchto motocyklů byly osazeny jednoválcovým motorem 220 ccm, dvouválcovým motorem 440 ccm a čtyřválcem 880 ccm. S příchodem těchto modelů se zvýšil prodej na 400 000 motocyklů, což vedlo ke zvýšení počtu dealerů. Většinu těchto motocyklů tvořily nízkohmotnostní stroje pro evropský trh. V roce 1949 se Rogers setkal v Anglii s finančníkem J. Brockhousem, po němž požadoval poskytnutí úvěru 1,5 milionů dolarů. Jehož úmyslem byla spolupráce se společností Vincent H.R.D, která měla zhotovit prototyp stroje Indian an Vincent. V průběhu roku se továrna oficiálně stala společností Indian Sales Company, která měla povinnost prodávat také britské motocykly A.J.S, Douglas, Excelsior, Matchless, Norton, Royal Enfield a Vincent. V roce 1951 společnost nabízela modely Brave s objemem válců 250 ccm a Warrior o objemu 500 ccm. V této době byla modernizována teleskopická vidlice u modelu Chief, jehož výroba pokračovala

do roku 1953. V letech 1955 a 1959 nabízeli dealeri firmy pouze stroje Royal Enfield pod jménem Indian. Skutečné Indiany však už neexistovaly. Z počátku 60. let vpádem japonských značek jako je Honda a Kawasaki na trh předznamenal konec společnosti a značka tohoto jména tak skončila. [49]; [50]

V následujících letech probíhal pokus o obnovení této značky závodníkem Floydem Clymerem, jenž montoval motory modelu sport Scout do moderních ráků v italské firmě Italjet. V letech 1970-1977 pokračoval v prodeji Alan Newman, který nabízel výrobky pod názvem Italjet, ale i pod původním názvem Indian. V jeho továrně následně pokračovala výroba Indianů s motory Minarelli, Morini a Fuji s obsahy od 50 do 175 ccm. V 80. letech byla značka v rámci společnosti Carmen DeLeone využívána spíše pro produkci značkového oblečení a doplňků než pro výrobu motocyklů. V polovině 90. let proběhl spor o vlastnictví této značky mezi několika společnostmi. Teprve v roce 2004 zakoupila celou značku včetně vlastnických práv na její know-how společnost na oživování značek s názvem Stellican. V roce 2011 oznámila společnost Polaris Industries nákup společnosti Indian Motorcycle Company od britské společnosti Stellican. Legendární motocyklová značka Indian tak v rámci Polarisu funguje jako samostatná obchodní jednotka využívající silnou kombinaci strojírenských dovedností a inovativní technologie firmy Polaris a zároveň bere inspiraci nezaměnitelného designu a bohaté historie. [49]; [50]

2.5.2 Výchozí stav motocyklu a jeho identifikace

Historický motocykl Indian Scout 750 ccm roku 1927, jenž byl použit pro popis renovace a měření vybraných provozních parametrů v praktické části této práci, byl zakoupen v roce 2010 na území České republiky. Motocykl byl zakoupen jako nefunkční, v rozebraném stavu a nebyl kompletní (viz obr. 24).



Obrázek 24 Výchozí podoba renovovaného motocyklu Indian

Spolu s rozebraným motocyklem byl zakoupen platný technický průkaz znázorněný (viz obr. 25), vydaný dopravním inspektorátem v Kladně v roce 1954. Podle údajů z technického průkazu byl tento motocykl dovezen ze zahraničí na území ČSR před rokem 1945 a byl v této době registrován spolu s přídatným vozíkem neboli sidecarem, což

dokazuje počet míst k sezení a počet kol v technickém průkazu. Přídavný vozík se ovšem nedochoval a nebyl součástí koupě spolu s motocyklem. Od roku 1945 do roku 2010 vlastnilo stroj celkem 6 majitelů.

Při vizuální kontrole rámu motocyklu bylo na levé straně rámu v části pod sedadlem řidiče nalezeno číslo podvozku (rámu), které souhlasilo s číslem uvedeným v technickém průkazu. Stejně tak proběhla identifikace spalovacího motoru. Číslo motoru se nachází na levém karteru klikové skříně v horní části pod svorníky válců. Pod předním válcem je na nálitku uvedeno písemné označení a pod zadním válcem je uvedeno číselné označení. Písemné a číselné označení odpovídalo stejně jako číslo podvozku technickému průkazu. Výrobní číslo motoru a podvozku bylo dále identifikováno pomocí databáze sériových čísel Indian MCC a dále bylo porovnáno s tabulkou výrobních čísel v knize viz citace [50]. V obou případech těchto zdrojů odpovídal rok výroby 1927.

Správná a důkladná identifikace byla v tomto případě žádoucí, jelikož se jednalo o přelomový ročník a v roce 1928 nastalo několik modifikací a změn zejména u modelů Prince, Scout a Big Chief. Dalším důvodem byl nepřesný rok výroby, který byl v technickém průkazu uveden jako rok 1930. Uvedení nepřesného roku výroby v technickém průkazu mohlo být způsobeno vlivem prodlevy dovozu motocyklu na území bývalé ČSR v roce 1945 z USA a vydání tak nového technického průkazu.

e) výrobce a rok výroby	Indian M.C. Springfield 19 30	
d) typ motorového vozidla (přívěsu)	Indian - Scout - 750	
e) datum dovozu ze zahraničí	na jízni ČSR před 30. 6. 45. (z kterého státu)	
f) číslo podvozku (rámu)	72	
g) číslo motoru	72	
h) počet baněk à 20 l	-	
ch) pohonná látka*):	benzin — petrolej — nafta — stlačený — nestlačený — zkapalněný plyn — generátorový plyn z dřeví — dřevěného uhlí — uhlí — koku — karbidu	
i) obsah a počet válců	733	ccm 2
j) počet míst k sezení	3	k stání — lůžek —
k) druh závěsu*):	kulový závěs — hák — závěsný svorník — rozměry:	
l) počet náprav	z toho poháněných	
m) druh — počet — rozměr ebručí	3 pneu 3.15 x 18	
n) plachta: s oblouky	— bez oblouků —	
o) naviják — vřeten	—	
p) ložná plocha v m ² (obsah cisterny v l)	—	
6 Váha v kg:		
a) pohotovostní	207	
b) dovolené zatížení	140	
c) celková váha	467	
7. Technický průkaz vydán dopravním inspektorátem	Kladno	
v	Kladno	dne 21 VIII 1954 19
	Náčelník dopravního inspektorátu:	
	stav. Jankovský	
	vlastnoruční podpis.	

Obrázek 25 Původní technický průkaz motocyklu Indian

Model Scout 750 ccm představoval v roce 1928 **následující modifikace** [50]:

- nový způsob mazání klikového ložiska,
- nový způsob mazání spojky,
- nová konstrukce olejového čerpadla (ležaté),
- nové rukojeti řídítek,
- dlouhé stupačky s oválným zakončením,
- změna konstrukce řídítek,
- nové zdvihátka ventilů (robustnější konstrukce),
- tlumič výfuku,
- delší a pružnější sedlové pružiny,
- nový způsob odvzdušňování klikové skříně,
- nové náboje předních kol,
- nový způsob uložení motoru v rámu (hlavní čep a patka převodovky).

Ač byl motocykl sehnán v nekompletním a rozebraném stavu, jednotlivé díly, které mohly být potencionálně modifikovány, a tudíž by měly původ z modelu s rokem výroby 1928, byly během renovace stroje kontrolovány, aby byl motocykl osazen díly odpovídajícího roku výroby 1927. Chybějící díly byly zakoupeny jako originální ze zahraničních aukcí, popř. byly nahrazeny zakoupenými díly z druhovýroby v české firmě Reno Indian. Součásti, které se nedaly sehnat nebo koupit z druhovýroby, byly vyrobeny podle originální předlohy.

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je na základě popisu renovačních metod poškozených strojních součástí renovovat historický motocykl Indian Scout 750 z roku 1927. Tohoto cíle bude dosaženo prostřednictvím dílčích cílů:

- demontáž motoru a jeho renovace,
- renovace podvozku a dílčích příslušenství motocyklu,
- sestavení motocyklu a jeho seřízení,
- realizace jízdních zkoušek a měření provozních parametrů.

4 METODIKA PRÁCE

K vytvoření metodologického rámce této studie byly prostudovány veřejně přístupné literární zdroje zabývající se problematikou renovace strojních součástí. Získané informace z těchto literárních zdrojů jsou zpracovány formou literární rešerše v kapitole teoretická část. Tyto poznatky o problematice renovačních technologií jsou pouhým předpokladem pro popis renovace vybraného stroje v praktické části práce. V současné době neexistuje ucelený technologický postup renovace pro jednotlivé díly probíraného stroje, a z toho důvodu je potřeba ke každé součásti přistupovat individuálně. Ve vlastní studii byl pro popis renovace vybrán historický motocykl renomované značky Indian Scout 750 ccm z roku 1927. Jednotlivé součásti, ať už podvozku či spalovacího agregátu zmíněného motocyklu, byly renovovány pomocí různých renovačních technologií k zajištění patřičné kvality součástí a prodloužení životnosti těchto součástí. U součástí, u kterých by aplikace renovace byla finančně nevýhodná nebo technologicky náročná, byly součásti zakoupeny z druhovýroby. V těchto případech je zakoupení součástí z druhovýroby cenově výhodnější alternativou než jejich samotná renovace. V současnosti je velké množství historických vozidel, na která se náhradní díly v druhovýrobě již nevyrábějí. Tato vozidla ovšem mají velikou finanční a historickou hodnotu, a proto se vyplatí i zakázková výroba jednotlivého dílu. V některých případech může být součást v tak dobrém stavu, že renovace není nutná.

1. Demontáž motoru a jeho celková renovace

První část vytvořeného metodologického rámce je zaměřena na kompletní demontáž spalovacího motoru historického motocyklu. Po demontáži spalovacího motoru budou součásti rozřazeny do konstrukčních celků spolu se sdruženými součástmi a bude popsán postup jejich renovace či výměny.

Konstrukční celky součástí: hlavy motoru, válce motoru a ventilové ústrojí, kliková hřídel a ojnice, pístní skupina, rozvody motoru a jejich uložení (ozubená kola a vačky, vahadla zdvihátek, zdvihátka ventilů), primární převod, skříň motoru.

2. Renovace podvozku a dílčích příslušenství motocyklu

Druhá část praktické části je zaměřena na renovaci podvozku motocyklu a vybraných dílčích příslušenství. V této části bude popsána renovace nosného rámu a přední vidlice motocyklu. Ze skupiny dílčího příslušenství motocyklu byla pro popis renovace zvolena tlumící jednotka, přední a zadní blatník a brzdové ústrojí.

3. Sestavení motocyklu a jeho seřízení

V této části bude stručně popsáno fyzické sestavení renovovaných či vyměněných konstrukčních celků spalovacího motoru. Dále zde bude popsáno dokončení renovace dílčích příslušenství a jejich kompletace spolu s podvozkem. Následně budou popsány seřizovací a kontrolní úkony, které jsou nezbytné před uvedením motocyklu do provozu.

Sem patří kontrola a seřízení: ventilového rozvodu, karburátoru, olejového čerpadla a nastavení ovladačích prvků.

4. Jízdní zkoušky a sledování provozních parametrů

V závěrečné fázi práce budou sledovány provozní parametry renovovaného motocyklu Indian Scout 750 týkající se emisí, k čemuž bude použito speciálního

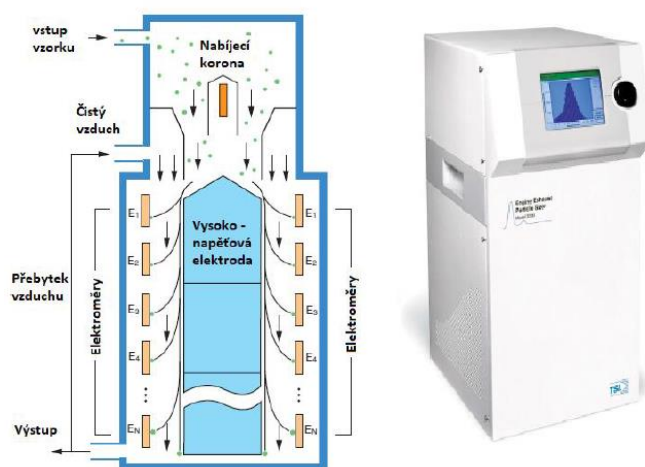
přístrojového vybavení na dílnách Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. Naměřená data z jednotlivých měření budou dále zpracovány ve formě grafů. Měření emisí bude prováděno ve zvolených režimech a za stejných podmínek. V případě motocyklu Indian se bude měření provádět za konstantních otáček 800, 1600, 2400 ot/min, kdežto u motocyklu Yamaha při konstantních otáčkách 1300, 2100, 2900 ot/min. První měření se bude týkat měření výfukových částic spalovacího motoru Indian, k čemuž bude použit částicový analyzátor EEPS 3090 od firmy TSI. U druhého měření budou sledovány složky CO, CO₂, HC, NO_x a bude naměřena jejich koncentrace ve výfukových plynech. Výsledky tohoto měření budou porovnány s moderním motocyklem Yamaha XT 660 R z roku 2008. K tomuto měření bude použit analyzátor výfukových plynů BrainBee AGS-200.

Přístrojové vybavení:

Částicový analyzátor TSI EEPS 3090

Částicový analyzátor neboli spektrometr EEPS model 3090 se používá pro měření výfukových částic spalovacího motoru. Přístroj disponuje rychlou odezvou a vysokým rozlišením, které umožňuje měřit velmi nízké koncentrace počtu částic ve zředěném výfukovém plynu. Analyzátor umožňuje měřit velikost i počet částic ve výfukových plynech v rozsahu od 5,6 až 560 nm. Spektrometr EEPS byl vyvinut ke kontinuálnímu měření testovacích cyklů, sledování zatížení filtru pevných částic, snížení emisí pod určitou mez během kalibrace motoru a další. Přístroj umožňuje zobrazení dat, které jsou zaznamenávány v reálném čase, a to buď přímo na přístroji nebo na připojeném počítači. Spolu s přístrojem je dodáván software, který zajišťuje kombinaci sběru dat společně s jejich analýzou.

Princip činnosti a podoba měřicího přístroje je znázorněna (viz obr. 26). Vzorek je pomocí přístroje odebírán nepřetržitě, a to z výfukového plynu, který proudí do vstupu přístroje. Pomocí koronové nabíječky jsou částice výfukového plynu kladně nabitě na předvídatelnou úroveň. Kladně nabitě částice se poté zavedou do měřicí oblasti poblíž středového sloupce vysokonapěťové elektrody, kde se mísí s čistým vzduchem, který je filtrován pomocí HEPA filtru.



Obrázek 26 Schéma činnosti měřicího přístroje EEPS

Vnější válec středového sloupce je tvořen soustavou elektrodových kroužků, které jsou od sebe navzájem izolovány. Elektrodové kroužky jsou připojeny k elektroměrům,

nazývaných také jako zesilovače elektrického proudu. Kladné napětí vysokonapěťové elektrody vytváří elektrické pole, které odpuzuje kladně nabitě částice. Nabité částice putují směrem k příslušným elektroměrům, u kterých přemění jejich náboj. Částice s vyšší elektrickou pohyblivostí naráží na elektroměr ve vrchní části. Oproti tomu částice s nižší elektrickou pohyblivostí zasahují elektroměr v jeho spodní části. Vlivem vícenásobného uspořádání detektorů, jenž jsou tvořeny vysoce citlivými elektroměry, přístroj umožňuje současné měření koncentrace částic o různých velikostech. Bližší specifikace EEPS 3090 jsou uvedeny (viz tab. 1). [52]

Parametr	Hodnota
Rozsah měřených velikostí částic	5,6 - 560 nm
Rozlišení	16 kanálů na dekádu (32 celkem)
Počet elektroměrů	22
Režim nabíjení částic	Unipolární difuzní nabíječka
Vzorkovací frekvence	10 Hz
Průtok vzorku	10 l/min
Teplota vzorku	10-52 °C
Provozní teplota	0-40 °C
Pracovní tlak (autokorekce přístrojem)	70-103 kPa
Časové rozlišení	0,1 s

Tabulka 1 Parametry měřícího přístroje EEPS [52]

Analyzátor plynů Brain Bee AGS-200

Přístroj BrainBee model AGS-200 znázorněný (viz obr. 27) je analyzátor plynů, který umožňuje měřit množství CO, CO₂, HC, O₂, NO_x ve výfukových plynech, produkovaných vozidly s řízeným katalytickým systémem, neřízeným katalytickým systémem a vozidly bez katalyzátoru. Významným charakteristickým rysem přístroje je přesnost měření v obtížných podmínkách. Přístroj není vybaven displejem pro přímé zobrazování dat, ale je nutné jej propojit s osobním počítačem. Přístroj funguje na principu měření NDIR, což je systém s anti-disperzním infračerveným paprskem. Měří se kapacita plynů, které absorbují infračervené paprsky. Přístroj je vybaven odběrovou sondou, hadicí odběrové sondy s filtrem, indukčními kleštěmi, teplotní sondou a dvojicí snímačů umožňující přesné měření otáček pomocí vibračního senzoru a z napětí baterie 12 V. Dále je přístroj dodáván s rozhraním EOBD-300 pro snímání otáček a teploty motoru z diagnostické zásuvky EOBD. Bližší parametry přístroje AGS-200 jsou uvedeny (viz tab. 2).[53]



Obrázek 27 Analyzátor plynů Brain Bee AGS-200 [53]

Složky	Měřicí rozsah	Rozlišení
CO	od 0 do 9.99 %	0,01 %
CO2	od 0 do 19.9 %	0,10 %
HC (uhlovodíky)	od 0 do 19999 ppm	1 ppm
O2	od 0 do 25 %	0,01 %
NO	od 0 do 5000 ppm	10 ppm
Lambda	od 0,5 do 5	0,001
Otáčky	od 0 do 9990 ot/min	10 ot/min
Teplota oleje	od 20 do 150 °C	1 °C

Tabulka 2 Parametry analyzátoru Brain Bee AGS-200 [53]

Stroboskopická lampa Genborx

Stroboskopická lampa Genborx s digitálním motortesterem znázorněná (viz obr. 28) se používá pro benzínové motory ke kontrole a nastavení zapalování. Přístroj je vybaven digitálním displejem pro indikaci naměřených hodnot otáček, úhlu sepnutí kontaktů, úhlu předstihu a napětí. Stroboskop je osazen xenovovou výbojkou vysoké citlivosti a je napájen z autobaterie 12 V. Přístroj je vybaven snímacími induktivními kleštěmi, pro měření otáček z indukovaných impulzů z vysokonapěťových kabelů. Parametry stroboskopické lampy pro benzínové spalovací motory jsou uvedeny (viz tab. 3). [54]

Parametry	Měřicí rozsah
Napájecí napětí	12 - 24 V
Otáčky	200 - 10 000 ot/min
Předstih zážehu	0 - 60°
Úhel sepnutí kontaktů přerušovače	0 - 99,9 %
Napětí	0 - 30 V
Provozní teplota	0° - 40° C

Tabulka 3 Parametry stroboskopické lampy Genborx [54]



Obrázek 28 Stroboskopická lampa Genborx [54]

5 Výsledky

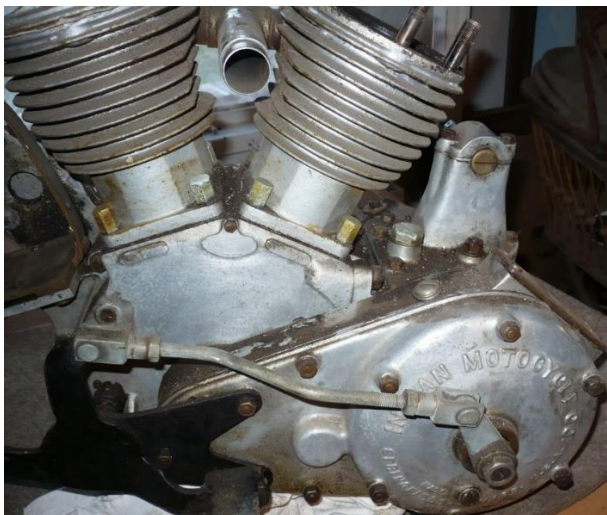
Aplikací renovačních technologií na spalovací motor jako celek, tzn. jeho generální opravou, lze výrazným způsobem ovlivnit jeho výkon, jenž byl vlivem provozu snížen, zlepšit hodnoty emisí, snížit spotřebu paliva, mechanickou hlučnost, a především obnovit jeho funkčnost. Při renovaci spalovacího motoru je nezbytně nutné zabezpečit kontrolu a následnou renovaci nebo výměnu u součástí, u nichž dochází během provozu k namáhání. Mezi nejvíce tepelně namáhané součástky spalovacího motoru patří hlavy válců, válce motoru a pístní skupina. Dalšími součástmi, u nichž je nutná kontrola a posouzení aplikace renovace, je skupina součástí, mezi nimiž probíhá tření. Sem patří stěny válců, pístní kroužky, valivá a kluzná ložiska ojníc a klikového hřídele, čepy klikového hřídele, dřívky sacích a výfukových ventilů, dřívky zdvihátek ventilů, kluzná ložiska rozvodového ústrojí a uložení primárního převodu.

5.1 Výsledky – Demontáž spalovacího motoru a jeho renovace

V následující kapitole je popsán detailní postup demontáže spalovacího motoru včetně použitého náradí a speciálních přípravků. Dále je pak popsána renovace jeho jednotlivých konstrukčních celků, kterými jsou hlavy motoru, válce a ventilové ústrojí, klikový hřídel a ojnice, pístní skupina, rozvody motoru, primární převod a skříň motoru.

5.1.1 Postup demontáže

Na obrázku číslo 29 je zobrazen samotný spalovací motor motocyklu Indian Scout 750 ccm, ve výchozím stavu, před zahájením renovace. Před zahájením demontážních úkonů byl z motocyklu vypuštěn veškerý motorový olej, a to pomocí odšroubování výpustného a hladinového šroubu na levé straně karteru motoru. Stejně tak byl vypuštěn převodový olej z převodovky a primárního převodu, a to skrze výpustný šroub na spodní straně převodové skříně.



Obrázek 29 Spalovací motor motocyklu Indian před renovací

Dále byl spalovací motor spolu s převodovkou důkladně očištěn od mastných nečistot pomocí rozpouštědla. Po jeho opláchnutí vodou a osušení byla zahájena jeho demontáž. Nejprve bylo demontováno sací potrubí karburátoru, které je umístěno mezi válci. Potrubí tvaru T je přichyceno k oběma válcům pomocí svorných šestihraných matic,

které byly povoleny. Následovala demontáž nožního spojkového pedálu spolu s táhlem a klíčem. Spojkový pedál je přišroubován k hliníkovému krytu primárního převodu pomocí trojice svorníků. Jeho demontáž proběhla pomocí jednostranného klíče a elektrického rázového utahováku. Následně byla povolena matice klíče táhla spojky. K demontáži převodovky, která je v tomto případě oddělená od motoru, je nejprve potřeba kompletně demontovat primární převod. Tomu předcházelo povolení ostatních svorníků (celkem 8 ks) s šestihrannými maticemi. Po povolení a vyjmutí všech svorníků byl demontován hliníkový kryt primárního převodu, pod nímž se nachází kaskáda tří ozubených kol. První kolo je uloženo na čepu klikového hřídele a středové (spojovací) ozubené kolo, které přenáší točivý moment z klikového hřídele do převodovky, je uloženo na čepu zalisovaném v hliníkovém mezikuse (viz obr. 30).



Obrázek 30 Primární převod po očištění

Rotace středového kola na čepu je umožněna pomocí dvojice jednostranně otevřených ložiskových klecí, kde valivými elementy jsou válečky. Třetí kolo, tvořící zároveň spojkový koš lamelové spojky, je pomocí svěrného spoje s kuzelem spolu s klínem uloženo na hřídeli převodovky. Vysunutím středového mezikola spolu s klecemi a valivými elementy bylo toto kolo demontováno. Následovala demontáž ozubeného kola, uloženého na čepu klikového hřídele, pomocí svěrného spoje s kuzelem v kombinaci s drážkou a perem. Předpětí svěrného spoje je zajištěno maticí spolu se zajišťovací podložkou. Zajišťovací podložka byla deformována do rovné polohy a matice byla pomocí rázového utahováku v kombinaci se zaaretovaným ozubeným kolem povolena. Následně bylo kolo z hřídele sejmutu pomocí univerzálního tříramenného stahováku ozubených kol. V tento moment byl sejmut hliníkový mezikus. Po povolení čtveřice šestihranných matic byla oddělována třístupňová manuální převodovka od bloku motoru. Následovaly demontážní operace na samotném spalovacím motoru bez převodovky. Nejprve bylo odšroubováno pomocí rázového utahováku celkem 12 kusů šestihranných matic, které drží litinové hlavy motoru, znázorněné (viz obr. 31). Ty byly spolu s poškozenými měděnými těsněními následně sejmuty ze svorníků upevněných ve válcích.

Následovala demontáž jednotlivých válců. Každý z válců je k bloku motoru přišroubován pomocí čtveřice uzavřených šestihranných matic, které byly povoleny. Následně byly demontovány plechové krytky ventilů a jejich zdvihátek, zamezující přístupu nečistot a cizích předmětů. Následně byly jednotlivé válce sejmuty vysunutím směrem vzhůru v ose původních pozic válců, a to z důvodu zamezení ohnutí jednotlivých ojnic.

K demontáži skříně motoru a vyjmutí klikového hřídele bylo potřeba demontovat rozvody. Tomu předcházela demontáž olejového čerpadla na rozvodovém víku, které je připevněno pomocí čtveřice šroubů s čočkovou hlavou. Po odšroubování čtveřice těchto šroubů bylo potřeba pootočit motorem. Stojaté dávkovací olejové čerpadlo je poháněno jedním z rozvodových kol, které tvoří zároveň vačku.



Obrázek 31 Hlavy spalovacího motoru po demontáži

Čep tohoto rozvodového kola je na konci opatřen šnekem, jenž rotačním pohybem pohání pastorek olejového čerpadla. Po odšroubování čtveřice těchto šroubů bylo potřeba pootočit klikovým hřídelem, a to proti směru otáčení (motoru) klikového hřídele. Pootočením klikového hřídele proti směru jeho otáčení, došlo k pootočení rozvodových kol a zmíněného rozvodového kola se šnekem, čímž bylo oddáleno olejové čerpadlo od víka rozvodů a bylo tak demontováno. Po odšroubování 12 ks šroubů rozvodového víka, pod nímž se nachází kaskáda ozubených rozvodových kol znázorněná (viz obr. 32), byla prováděna demontáž rozvodových kol a dalších částí rozvodového mechanismu. Jednotlivá rozvodová kola jsou nalisována na čepch, které jsou uloženy v kluzných bronzových ložiscích, které jsou zalisovány s přesahem v pravé polovině skříně motoru a hliníkovém víku rozvodů. Nejprve byly vysunutím demontovány dvojice ozubených kol, jenž spojují rozvodový mechanismus se zapalováním. Následně byla demontována největší ozubená kola, která tvoří zároveň vačky, a to za současného zvednutí vahadel zdvihátek ventilů.



Obrázek 32 Rozvody spalovacího motoru

Nejmenší rozvodové ozubené kolo je uloženo na pravém čepu skládaného klikového hřídele s přesahem a dále je proti otočení zajištěno drážkou a perem. K zamezení axiálního posuvu kola, je zde zajišťovací šroub s levostranným závitem. Ozubené kolo bylo z čepu klikového hřídele po povolení zajišťovacího šroubu demontováno pomocí dvouramenného stahováku. Po provedení těchto zmíněných demontážních operací následovala demontáž hlavních šroubových svorníků, rozmístěných po obvodě obou

polovin skříně spalovacího motoru. Následovalo rovnoměrné oddalování obou polovin skříně motoru, dokud nebylo možné vyjmout samotný klikový hřídel. Po demontáži spalovacího motoru podle výše uvedených demontážních operací byly součásti rozříděny do konstrukčních celků neboli skupin, v nichž probíhala jejich renovace.

5.1.2 Renovace hlav motoru

Vizuální kontrolou litinových hlav spalovacího motoru byla zjištěna ulomená chladicí žebra, nerovnost dosedacích ploch s válci a poškozené závity zapalovacích svíček. Oprava ulomených chladicích žebor, jejichž příčinou je pravděpodobně neodborná demontáž zapalovacích svíček nebo matic hlav, se prováděla pomocí plátků stejné tloušťky chladicích žebor a obdobného základního materiálu. Nejprve byly vytvořeny pomocí papírových šablon jednotlivá chybějící žebra, jež simulovaly finální tvar chybějící části materiálu chladicího žebra. Podle šablon byly následně pomocí úhlové brusky vyřezány konečné tvary chybějících chladicích žebor (viz obr. 33). Za použití oxidačního kyslíko-acetylenového plamene a přídavného materiálu mosazi byla jednotlivá žebra svařena. Následně byly hlavy opískovány jemným abrazivem.



Obrázek 33 Litinové hlavy motoru

Kontrolou rovinnosti (přímosti) pomocí příměrné desky a kontrolního dílenského pravítka, byla zjištěna nerovnost dosedacích ploch obou litinových hlav, které vznikly pravděpodobně dlouhodobým tepelným ovlivněním a nerovnoměrným dotažením matic svorníků. Dosedací plochy tak byly srovnány celkovým přebroušením ve specializované firmě. U hlav motoru byly dále poškozeny vnitřní závity zapalovacích svíček. Jejich oprava proběhla aplikací ocelové závitové vložky s vnitřním závitem M18, (viz obr. 34). Hlavy byly nakonec galvanicky oniklovány ve specializované firmě. Více fotografií, které byly pořízeny během renovace hlav spalovacího motoru jsou uvedeny (viz Příloha č.2).



Obrázek 34 Hlavy motoru po renovaci

5.1.3 Renovace válců motoru a ventilového ústrojí

U válců spalovacího motoru byly dodatečně pomocí přípravku na montáž a demontáž ventilů demontovány ventilové pružiny spolu s klínky, které zajišťují ventily v talířkových podložkách ventilových pružin. Následně byly z vodítek vyjmuty samotné sací a výfukové ventily. U válců motoru byly již při počáteční demontáži spalovacího motoru, popsané v kapitole 5.1.1, shledány neoriginální vložky (viz obr. 35), které výrazným způsobem zmenšovaly průměr původního vrtání válců, které činí 73,2 mm. Takto aplikované vložky válců se musely v době provozu výrazným způsobem podílet na snížení výkonu a změně kompresního poměru. Tyto vložky byly za pomoci dílenského hydraulického lisu vylisovány. Následovala detailní vizuální kontrola obou válců, při níž bylo zjištěno několik poškození a opotřebení.

Stejně tak jako u hlav válců, byla na válcích nalezena ulámaná chladící žebra. Oprava těchto žebor proběhla totožným způsobem jako u hlav motoru, včetně opískování jemným abrazivem. Dále byly na stěnách válců nalezeny hluboké rýhy, které vznikly pravděpodobně chybným nebo nedostatečným zajištěním pístních čepů (u původně instalovaných pístních sad), které zapříčinilo jejich axiální posuv směrem ke stěnám válců. Z důvodu takto rozsáhlého poškození se neprovádělo měření ovality válců. V případě aplikace renovace na opravný rozměr by vznikly příliš tenké stěny válců, které by mohly způsobit pozdější destrukci. Proto byly válce po konzultaci se zaměstnanci specializované firmy určeny k převložkování.



Obrázek 35 Aplikace neoriginálních vložek válců

K zamezení případné kuželovitosti, vlnitosti nebo ovality válců, byly jednotlivé válce nejprve vyhrubovány, a to hrubovacím nástrojem upnutém pomocí kuželové stopky v hlavici stojanové vrtačky. Následně byly válce za vyhrubovanou vnitřní část upnuty pomocí čtyřčelistového samostředícího sklíčidla do soustruhu, kde byly obrobena dosedací plochy válců spolu s hlavami a skříní motoru. Při obrábění dosedacích ploch, jež jsou v kontaktu s hlavami, bylo vysoustruženo vnitřní osazení, které zabraňuje posunutí zalisované vložky ve válci. U opravných univerzálních suchých vložek válců zázorněných (viz obr. 36), které byly později vlisovány, musely být zkráceny délkové rozměry. Délky byly zkráceny na příslušný rozměr válců pomocí upichovacího nože v soustruhu. Čelní strana zkrácených vložek byla obrobena na čisto a na vnitřních hranách byla vytvořena zkosení k zamezení přítomnosti kovové třísky. Obzvláště u vnějších hran bylo potřeba

vytvořit zkosení pro lepší vedení vložek do válců při jejich lisování. Vložky byly do válců zalisovány pomocí dílenského hydraulického lisu za studena s přesahem 0,07 – 0,09 mm.



Obrázek 36 Univerzální vložka válce

Následně byly kontrolovány vůle jednotlivých dříků ventilů ve vodítkách. Vodítka ventilů jsou u tohoto spalovacího motoru vyrobena ze šedé litiny a přípustné radiální vůle pro sací ventily jsou v rozpětí 0,05 - 0,08 mm viz kniha Renovace a opravy motocyklů – Jürgen Nöll citace [51]. Výfukové ventily, které jsou vystaveny většímu tepelnému namáhání, vyžadují větší vůli. Pomocí indikátoru (číselníkového úchylkoměru), jehož dotek při měření se pohyboval spolu s radiálním pohybem dříku ventilu, kterým se pohybovalo ve vodítku, byla změřena radiální vůle ventilu v dříku. Vůle dříků původních ventilů ve vodítkách byly mimo předepsané rozpětí a z toho důvodu byla nutná jejich výměna. Výměně vodítek ventilů předcházelo nejprve odvrtání těch stávajících, které bylo provedeno na stojanové vrtačce s postupným předvrtáváním. Vodítka ventilů byla vysoustružena z šedé litiny podle původních rozměrů, s uvažovaným vnitřním průměrem pro nové ventily o průměru dříku 8 mm. Následně byly pomocí uložení s přesahem a využitím rozdílu teplot zalisovány do válců, a to pomocí dílenského hydraulického lisu znázorněného (viz obr. 37).



Obrázek 37 Lisování vodítek ventilů

Po zalisování vodítek ventilů byly jednotlivé vnitřní průměry vodítek vystruženy pomocí stavitelného výstružníku s rozsahem průměru 7,75 – 8,5 mm pro zajištění předepsané radiální vůle a hladkého povrchu.

Z důvodu nadměrného opotřebení dříků a mikroskopických trhlin na spodních stranách talířků ventilů byly ventily, jak již bylo zmíněno, vyměněny za nové. Nové sací a výfukové ventily pro tento typ spalovacího motoru nebyly na trhu již dostupné. Z toho důvodu byly zakoupeny sací ventily, určené pro spalovací motor traktoru Zetor, s odpovídajícím průměrem talířku, dříku a úhlem kuželové dosedací plochy s jmenovitou hodnotou sedla ventilu 30°. Rozdílným rozměrem byla celková délka dříku ventilu, jenž byla u nových ventilů o cca 10 mm delší. Délka dříků jednotlivých ventilů byla přizpůsobena zkrácením na soustruhu podle délky dříku originálního ventilu. Následně byly na spodních částech dříků ventilů vysoustruženy drážky pro zajišťovací klínky, které fixují ventily v miskách ventilových pružin. K docílení tvrdé povrchové vrstvy v místě zkrácení a vysoustružení drážek pro klínky byly jednotlivé konce dříků znázorněných (viz obr. 38) pomocí vysokofrekvenčního povrchového kalení zakaleny.



Obrázek 38 Nově sací a výfukové ventily po zkrácení a tepelném zpracování

Dosedací plochy ventilových sedel, které jsou v tomto případě netvrzená, tzn. jsou zhotovena přímo v materiálu válců, byly za pomoci sady fréz přebroušeny následujícím postupem. K přebroušení byla zvolena fréza s úhlem 30° s vodícím trnem o průměru 8 mm. Po aplikaci maziva na vodící trn byl zasunut do vodítka ventilu a otáčivým pohybem vratidla současně s přiměřeným tlakem (k zamezení odskakování) byla odebrána nejnutnější vrstva materiálu pro zarovnání sedla ventilu a zajištění kolmosti osy vodítka ventilu spolu s čelní plochou talířku ventilu.

Po zabroušení pomocí frézovací hlavice znázorněné (viz obr. 39) se ventilová sedla zabrousila (lapovala) spolu s ventily. K zabroušení byl využit pneumatický přípravek na lapování ventilů s přísavkou a brusnou pastou naředěnou motorovým olejem. Na dotykovou plochu talířku ventilu a ventilového sedla byla nejprve nanesena brusná pasta. Poté následovalo pootáčení ventilem za mírného střídavého tlaku a oddalování. Tento proces byl opakován, dokud nebyla šířka dosedací plochy talířku ventilu a ventilového sedla 2 mm.

Po těchto úkonech byly nakonec zakryty veškeré funkční plochy spolu se závity a byl aplikován žáruvzdorný lak černé barvy s odolností do 800 °C. Více fotografií, které

byly pořízeny během renovace válců a ventilového ústrojí spalovacího motoru jsou uvedeny (viz Příloha č.3).

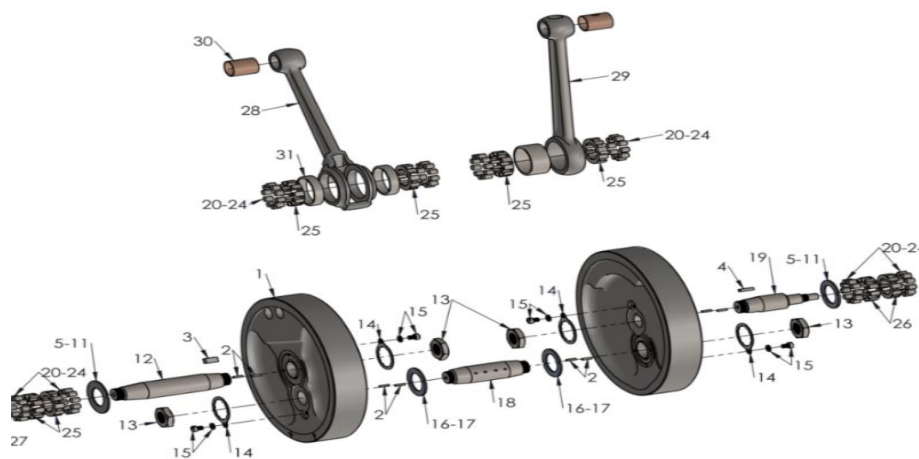


Obrázek 39 Frézovací hlavice sedel ventilů

5.1.4 Renovace klikového hřídele a ojníc

Skládaný klikový hřídel renovovaného motocyklu je ve skříni motoru uložen pomocí jednostranně otevřených klecí, kde valivými elementy jsou válečky. Vnější ocelové kroužky těchto skládaných ložisek jsou zalisovány v obou polovinách skříně motoru. Levý čep klikového hřídele od primárního převodu je vybaven celkem dvěma klecemi stejně tak, jako pravý čep od rozvodových kol (20-24) (viz obr. 40).

Na klikovém hřídeli byla po jeho demontáži z klikové skříně detekována řada poškození a opotřebení. U dvojice hlavních čepů klikového hřídele bylo v místech styku s valivými elementy válečkového ložiska nalezeno adhezivní opotřebení. Na vnějších kroužkách válečkového ložiska a valivých elementech spolu s klecemi byla zaznamenána koroze znázorněná (viz obr. 41). Obvodové a boční plochy obou setrvačníků vykazovaly povrchovou korozi. Po celkové demontáži skládaného klikového hřídele, která proběhla pomocí povolení matic (13), bylo shledáno adhezivní opotřebení taktéž na hlavním ojnicím čepu (18) (viz obr. 40). Dále bylo adhezivní opotřebení shledáno na vnějších kroužcích valivých ložisek, jež jsou zalisovány v dolních okách ojnice (31). Dvojice ojníc jsou stejně tak jako hlavní čepy klikového hřídele uloženy na hlavním ojnicím čepu pomocí jednostranně uzavřených klecí.



Obrázek 40 Detailní zobrazení klikového hřídele a jeho uložení



Obrázek 41 Válečkové ložisko s jednostranně uzavřenou klecí

K odstranění povrchové koroze z dvojice setrvačnicků byla zvolena technologie kartáčování pomocí kotouče s ocelovými štětinami. Tato technologie byla upřednostněna před pískováním, a to z důvodu možné změny drsnosti stěn kuželových děr pro připevnění hlavních čepů klikového hřídele a hlavního ojnicního čepu. U dvojice ojnic proběhla vizuální kontrola pro zjištění výskytu povrchových trhlin z důvodu velkého namáhání, při němž se střídá tlak s tahem a působí zde taktéž setrvačné síly. Po těchto úkonech byl klikový hřídel v demontovaném stavu, společně se všemi sdruženými součástmi, odevzdán k renovaci do specializované firmy.

Prováděné opravy klikového hřídele specializovanou firmou:

- výroba hlavních čepů klikového hřídele podle předlohy, včetně tepelného zpracování,
- výroba ojnicního čepu klikového hřídele podle předlohy, včetně tepelného zpracování,
- výměna vnějších kroužků valivých ložisek spodních ok ojnic,
- výměna vnějších kroužků valivých ložisek v obou polovinách skříně spalovacího motoru,
- centrování klikového hřídele,
- zajištění rovnoběžnosti os horních a spodních ok ojnice tzv. úhlování,
- výměna jednouzavřených ložiskových klecí a valivých elementů (válečků),
- celkové uložení klikového hřídele ve skříně motoru s předepsanou axiální vůlí 0,4 mm.

Více fotografií klikového hřídele, po jeho demontáži a aplikovaném procesu renovace jsou uvedeny (viz Příloha č.4).

5.1.5 Renovace pístní skupiny

Z důvodu změny předešlého průměru vrtání vlivem převložkování válců byly písty spadající do pístní skupiny vyřazeny. Písty byly vyměněny za nové, které byly vyrobeny ve spolupráci se specializovanou firmou z hliníkové slitiny. K výrobě nového pístu byl použit vzor originálního litinového pístu z motocyklu stejného typu, pro zachování rozměrů jako je délka pláště, celková délka pístu, kompresní výška a šíře mezi dvojicí těsnících kroužků a stíracím pístním kroužkem a průměr otvoru pro pístní čep. Nový píst z hliníkové slitiny je znázorněn (viz obr. 42).

Dalšími komponenty spadajícími do pístní skupiny jsou pístní čepy. Demontáž původních pístních čepů byla provedena pomocí univerzálního přípravku neboli

vytlačováku pístního čepu. Na pístních čepech bylo pomocí dílenského pravítka pro měření rovinnosti detekováno poškození, konkrétně otlacení v místě vykonávání kmitavého pohybu ojnice. Z důvodu původně zalisovaných silnostěnných vložek válců a použití tak menších průměrů a tím kratších pístních čepů musely být stejně tak pístní čepy vyměněny za nové o průměru 18 mm.



Obrázek 42 Nový píst vyrobený dle předlohy (před jeho zkrácením)

V základních pokynech k údržbě, opravám a renovaci motocyklů Indian v knize Nesmrtelný Indian od spisovatele Vladimíra Součka viz citace [50], je pro motocykl stejného typu radiální vůle pístního čepu v ojnicím kluzném ložisku 0,03 – 0,04 mm, tzn. téměř bez vůle. Vložením nového pístního čepu do původního kluzného ložiska byla za pomoci číselníkového úchylkoměru, jehož dotek při měření se pohyboval spolu s radiálním pohybem pístního čepu v kluzném ložisku, změřena radiální vůle. Číselníkový úchylkoměr vykazoval radiální vůle pro obě kluzná ložiska v rozsahu hodnot od 0,08 – 0,1 mm (svislá osa), což bylo mimo dovolený rozsah a byla nutná jejich výměna. Pomocí závitové tyče M10 a dvojice matic s podložkami příslušného průměru a trubky, jejíž vnitřní průměr je nepatrně větší, než je vnější průměr kluzného ložiska, byla tato ložiska, která jsou uložena s přesahem v horním oku ojnice, vytlačena. Pomocí soustruhu a ložiskového bronzu byla vysoustružena nová kluzná ložiska, která musí mít vůči oku ojnice přesah 0,03 – 0,06 mm. K zalisování kluzných ložisek do ojníc bylo využito stejného přípravku jako pro jejich demontáž. Následovalo vyvrtání otvorů na hřbetech ojníc k vytvoření mazacích kanálek o průměru 3 mm, znázorněných (viz obr. 43). K zajištění požadované radiální vůle pístního čepu v kluzném ložisku a hladkého povrchu, byla ložiska vystružena výstružníkem.

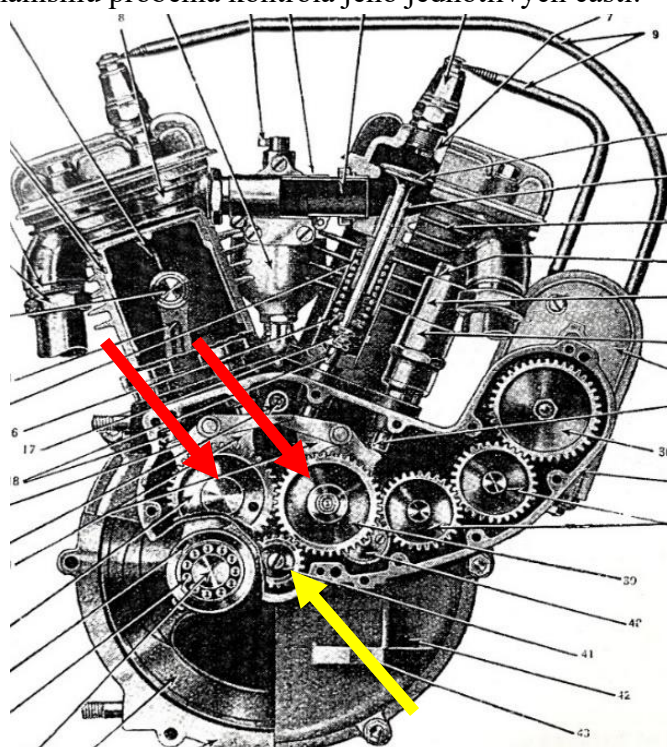


Obrázek 43 Mazací kanálky pístních čepů

Více fotografií, které byly pořízeny během výroby nových pístů jsou uvedeny (viz Příloha č.5).

5.1.6 Renovace rozvodu motoru a jeho uložení

Na obrázku 44 je znázorněné schéma spalovacího motoru motocyklu Indian Scout, na němž je možné zpozorovat konstrukční řešení rozvodu. Celkové schéma spalovacího motoru včetně popisu je uvedeno (viz Příloha č.1). Jedná se o typ rozvodu SV (Side Valves) s tzv. ventily po stranách, které jsou uloženy ve vodičkách jednotlivých válců. Dvojice vačkových hřídelů tvořící zároveň v našem případě ozubená rozvodová kola (viz červené šipky), jsou roztáčena přímo přes ozubené kolo uložené na čepu klikové hřídele (viz žlutá šipka). O dvojici vaček jsou opřeny vahadla, která dále mění otáčivý pohyb vaček na posuvný pohyb zdvihátek ventilů, které ve vymezeném okamžiku otevírají a zavírají ventily. Točivý moment je v kaskádě tvořené šesti ozubenými koly s přímým ozubením dále přenášen až k zapalování zajišťující zážeh palivové směsi. Po demontáži rozvodového mechanismu proběhla kontrola jeho jednotlivých částí.



Obrázek 44 Schéma spalovacího motoru Indian Scout

5.1.6.1 Ozubená kola a vačky

Během vizuální kontroly rozvodových ozubených kol byla na trojici ozubených kol detekována povrchová únava zubů, která se projevila jamkovou korozi neboli pittingem na bokách zubů. Ozubená kola lze do určité míry renovovat navařováním a následným obrobením do příslušného tvaru profilu zubů. Z důvodu finanční náročnosti a nezaručení dlouhodobé životnosti v případě volby renovace, byla rozvodová kola s detekovaným poškozením zakoupena jako nová z druhovýroby. Krom nejmenšího ozubeného kola, které je zalisováno na hlavním čepu klikové hřídele a je dále proti pootočení zajištěno perem a šroubem s levostranným závitem k zamezení axiálního posunutí, jsou náboje ozubených kol rozvodového mechanismu uložena na čepch s přesahem. Tyto čepy jsou dále uloženy

v kluzných ložiscích, které jsou zalisovány s přesahem v pravé polovině skříňě motoru a v rozvodovém krytu. U jednotlivých rozvodových kol proběhlo stejně tak jako u ventilů a pístních čepů měření radiálních vůlí v kluzných ložiscích, a to pomocí číselníkového úchylkoměru, jehož dotek byl umístěn na ploše vrcholu zubu a pohyboval se spolu s radiálním pohybem jednotlivých ozubených kol (čepů) v příslušných kluzných ložiscích.

Jednotlivé radiální vůle čepů ozubených kol se pohybovaly nad horní hranicí rozsahu doporučené vůle pro kluzné ložisko, a z toho důvodu proběhla jejich výměna. Demontáž původních kluzných ložisek byla prováděna pomocí sady stahováků s vnitřním upínáním, která je vhodná především pro demontáž ložisek uložených v neprůchozích otvorech za pomoci reverzního kladiva.

Demontovaná ložiska byla nahrazena za nově vysoustružená kluzná ložiska (viz obr. 45), která byla vyrobena z ložiskového bronzu s uvažovaným vnitřním průměrem pro dodržení doporučené vůle a vnějšího přesahu pro zalisování.



Obrázek 45 Soustružení kluzných ložisek rozvodových kol

5.1.6.2 Vahadla zdvihátek

O každou z vaček se opírá dvojice vahadel zdvihátek, které jsou pro minimalizaci tření mezi vahadlem a vačkou opatřeny rolnami. Rolny jsou uloženy na rotačních nálitcích vahadel, které umožňují jejich otáčení. Proti axiálnímu posunu roln po nálitku jsou rolny zajištěny nýty, které prochází nálitky a na jejichž koncích jsou roznýtovány. Vahadla zdvihátek jsou dále vybavena funkčními plochami pro zdvihání zdvihátek ventilů. Vahadla, ovládací pouze výfukové ventily, jsou navíc vybavena funkčními plochami pro ovládání excentru dekompresoru pro potřeby zastavení motoru. Vahadla zdvihátek jsou v podobě 2 kusů pro ovládání sacích ventilů a 2 kusů pro ovládání výfukových ventilů. Dvojice vahadel pro zdvihání sacího a výfukového ventilu pro každý válec je uložena na jednom čepu.

Vizuální kontrolou všech 4 kusů vahadel bylo zjištěno poškození ve formě důlkové koroze na funkčních plochách jednotlivých roln, znázorněné červenou šipkou (viz obr. 46). K demontáži těchto roln bylo nejprve potřeba demontovat zajišťovací nýty, které jsou znázorněné žlutou šipkou (viz obr. 46). Jejich demontáž byla provedena odvrtáním jejich roznýtování na druhé straně vahadel pomocí stojanové vrtačky s vrtákem o průměru 3 mm.



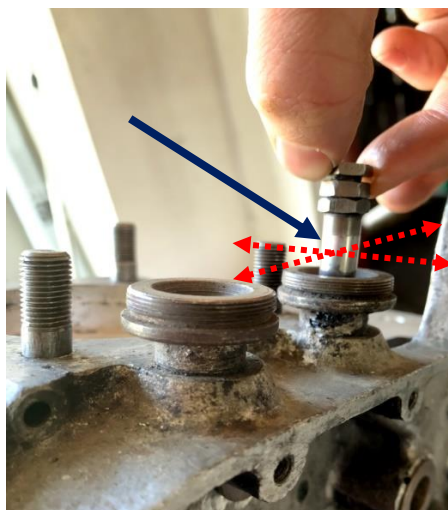
Obrázek 46 Vahadlo zdvihátka ve výchozím stavu

Z důvodu výše uvedeného poškození funkčních ploch vahadlových roln a znemožnění nadále funkce nýtů vlivem odvrtání jejich částí bylo potřeba tyto součásti vyměnit. Z hlediska nedostupnosti těchto součástí od dodavatelů zabývajících se druhovýrobou musely být součásti vyrobeny. Výroba 4 kusů zajišťovacích nýtů a 4 kusů roln byla provedena na soustruhu z ušlechtilé konstrukční mangan-chromové oceli k cementování s označením 14 220. Povrch jednotlivých roln byl v konečné fázi pro zvýšení tvrdosti cementován. Ke zvýšení tvrdosti povrchu zajišťovacích nýtů byly jednotlivé nýty pomocí vysokofrekvenčního povrchového kalení zakaleny s výjimkou částí, které byly při následné montáži roznýtovány.

Vizuální kontrolou uložení jednotlivých sad vahadel bylo nalezeno poškození funkčních ploch čepů, v podobě trvalé nežádoucí změny povrchu neboli otláčení, a to v místě vykonávání kmitavého pohybu vahadel. Dvojice těchto čepů byla pomocí dílenského lisu vylišována z ocelových pouzder zalisovaných ve skříni spalovacího motoru. Jejich výroba proběhla stejně tak, jako výroba zajišťovacích nýtů a roln, a to z materiálu 14 220 pomocí soustruhu. Co se týče povrchového zušlechťování, povrch čepů byl ke zvýšení tvrdosti následně cementován. Montáž těchto čepů proběhla opět za využití dílenského lisu.

5.1.6.3 Zdvihátka ventilů

Zdvihátka ventilů, která se pomocí posuvného (translačního) pohybu podílejí na zdvihání sacích a výfukových ventilů v daném okamžiku, jsou uložena v ocelových vodítkách, která jsou zalisována ve skříni motoru. Pohybováním dřívků zdvihátek ve vodítkách v podélném a příčném směru naznačený červenými šipkami (viz obr. 47), byla zjištěna radiální vůle. Číselné hodnoty radiálních vůlí byly zjištěny opět pomocí číselníkového úchylkoměru na stejném principu popsaného viz kapitola 5.1.6.1. Na funkčních plochách zdvihátek ventilů, jakožto sdružených součástí vodítek ventilů bylo nalezeno adhezivní opotřebení, které je znázorněno modrou šipkou (viz obr. 47).



Obrázek 47 Radiální vůle zdvihátka ve vodítku

Z hlediska náročnosti samotné výroby, demontážních a následné montážních operací v případě kompletní výměny vodítek zdvihátek, byla zvolena možnost renovace na opravný rozměr. Nerovnoměrně opotřebené otvory vodítek zdvihátek byly postupně odvrtávány pomocí sady vybrušovaných vrtáků HSS, jejichž průměr je odstupňován po desetíně od 8 do 12 mm. Po vyvrtání na opravný rozměr byly jednotlivé otvory vodítek ke zvýšení přesnosti a zajištění hladkého povrchu vystruženy výstružníkem o průměru 12 mm H7.

Vlivem zvětšení průměru otvorů vodítek by se v případě použití původních zdvihátek radiální vůle zvýšila. Zdvihátka jsou v horní části vybavena stavčím šroubem pro vymezení ventilové vůle, a to z důvodu tepelné roztažnosti jednotlivých částí ventilového rozvodu. Pro zaaretování správné vůle je zde přítužná matice. Ve spodní části jsou na čele dosedací plochy, které se opírají o vahadla zdvihátek. Krom výše uvedeného adhezivního opotřebení na vodících částech zdvihátek bylo na spodních dosedacích plochách zaznamenáno otlačení. Na základě tohoto poškození byla vyrobena nová zdvihátka ventilů s uvažovaným opravným rozměrem vnějšího průměru. Nová zdvihátka byla vyrobena pomocí soustružení z materiálu 14 220 s následným povrchovým cementováním ke zvýšení tvrdosti.

Více fotografií, které byly pořízeny během renovace rozvodu a jeho uložení jsou uvedeny (viz Příloha č.6).

5.1.7 Renovace primárního převodu

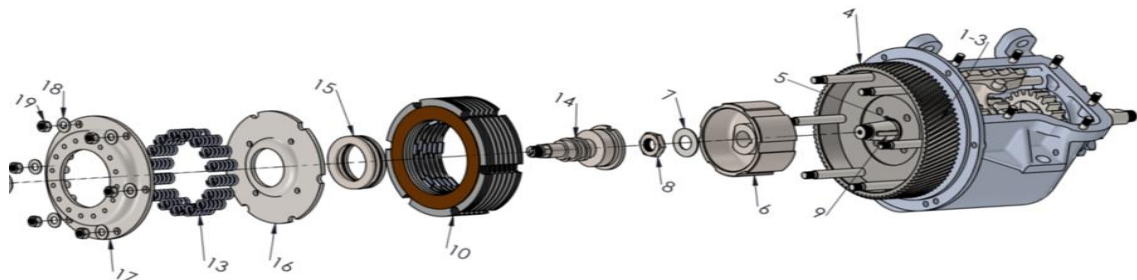
Po kompletní demontáži primárního převodu spalovacího motoru, který je popsán viz kapitola 5.1 následovala vizuální kontrola jednotlivých součástí. Primární převod je tvořen kaskádou tří ozubených kol s šikmým ozubením, které zajišťují přenos točivého momentu od klikové hřídele do převodovky. U prvního ozubeného kola, které je uloženo na čepu klikového hřídele, proběhlo nejprve očištění ozubení, a to pomocí jemného brusného kotouče. Následovala vizuální kontrola povrchu ozubení, kterou byla zjištěna povrchová únava zubů, vyznačující se jamkovou korozí neboli pittingem na bokách šikmých zubů. Z důvodu technologické a finanční náročnosti renovace ozubených kol s šikmým ozubením v porovnání s cenou nového dílu z druhovýroby, bylo ozubené kolo vyřazeno a bylo nahrazeno ozubeným kolem z druhovýroby. Identickým způsobem bylo

vlivem shodného poškození vyřazeno i středové spojovací kolo, které je uložené na čepu pomocí dvojice jednouzavřených ložiskových klecí (viz obr. 48), stejně tak jako čepy klikového hřídele a ojnicí čep. Samotný čep je uložen v mezikrytu obalu primárního převodu s přesahem. Z důvodu nadměrné vůle středového kola vlivem adhezivního opotřebení valivých elementů válečkových ložisek byla vyměněna dvojice ložiskových klecí spolu s válečky o příslušném průměru odpovídající průměru čepu, který byl zbroušen na opravný rozměr. Vymezející bronzové pouzdro bylo použito původní.



Obrázek 48 Nové uložení středového kola primárního převodu

Následovala kontrola třetího největšího ozubeného kola, kde je šikmé ozubení součástí spojkového koše. K posouzení stavu ozubeného kola, především jeho uložení, bylo nutné demontovat spojkový koš. Tomu předcházelo povolení šestice šestihřanných matic (19) (viz obr. 49), které zajišťují pomocí kotouče (17) správnou pozici 16 kusů spojkových pružin a jejich stlačení. Poté byly demontovány samotné pružiny (13) a přitlačný talíř (16) spolu se spojkovými lamely a meziplechy. Dále byl vyjmut šnek (14), který umožňuje pomocí axiálního ložiska stlačit přitlačný talíř, což má za následek přerušení točivého momentu.



Obrázek 49 Schéma spojky

Povolením hlavní matice (8) byl demontován náboj s drážkováním, který zajišťuje uložení meziplechů spojkových lamel, a proti protočení na hlavní hřídeli převodovky je zajištěn kuželem s drážkou a perem. Vlivem nesouhlasného identifikačního čísla na obalu převodové skříně a spalovacího motoru byla zaznamenána záměna převodovky z totožného modelu. Tomu odpovídalo i uložení spojkového koše, které je řešeno pomocí bronzového kluzného ložiska, které bylo téměř bez vůlí. Stejně tak i povrch ozubení, který byl také téměř bez opotřebení ve srovnání s prvním a druhým ozubeným kolem primárního převodu. Z toho důvodu bylo největší ozubené kolo primárního převodu použito původní.

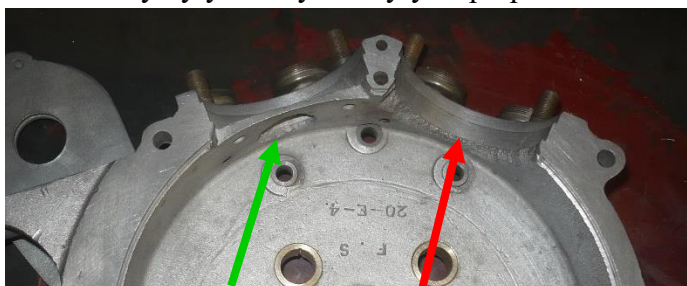
Více fotografií, které byly pořízeny během renovace primárního převodu jsou uvedeny (viz Příloha č.7).

5.1.8 Renovace skříně motoru

Hliníková skříň neboli kartery spalovacího motoru byly spolu s obalem oddělené převodovky po demontáži veškerých komponentů očištěny, a to pomocí oplachového přípravku na odstranění hrubých nečistot a mastnot bez naleptání povrchu. Následně proběhlo jemné čištění pomocí balotínování za použití jemného abraziva, čímž byly skleněné kuličky o velikosti 80 mikronů, které byly metány na povrch pod nízkým tlakem. Touto fází byl sjednocen povrch hliníkových částí. Vyjasnění hliníku společně s kyselou pasivací bez přítomnosti agresivních kyselin bylo provedeno specializovanou firmou.

Po důkladné očištění povrchu následovala vizuální kontrola součástí na přítomnost trhlin a lomů. Na dvojici karterů spalovacího motoru byly nalezeny pro zadní válec zcela vyložené přepážky znázorněné červenou šipkou (viz obr. 50), které zamezují nadměrnému mazání stěn válců. Na přepážkách pro přední válec bylo na dvojici karterů nalezeno opotřebení v podobě otvorů, viz zelená šipka, vzniklých erozivním opotřebením, které lze charakterizovat jako oddělování materiálu účinkem částic v tomto případě nesených proudem plynu.

Oba kartery byly pomocí šroubových svorníků rozmístěných po obvodě sešroubovány, a to z důvodu zajištění souososti všech funkčních otvorů a rovinnosti veškerých dosedacích ploch. Sešroubovaná skříň byla upnuta na pracovní stůl a pomocí frézy upnuté ve vřetení frézky byly otvory se zbylými přepážkami obrobena.



Obrázek 50 Poškozené přepážky karterů

Pomocí svařování elektrickým obloukem s tavicí se elektrodou (hliníkový drát) v ochranné atmosféře inertního plynu (metoda MIG), byla v místě obrobených poškozených přepážek navařena vrstva základního materiálu. Tato vrstva byla následně obrobena opět pomocí třískového obrábění frézování do příslušného tvaru. Po demontáži šroubových svorníků pro upevnění válců byly následně obrobena dosedací plochy pro válce. Dále byly pro zvýšení rovinnosti srovnány dosedací plochy mezi kartery, dosedací plochy pro zapalování a dosedací plochy držáků motoru. Za využití renovace zavítů byly pomocí závitníku s příslušným průměrem a stoupáním vyříznuty nové závity pro hladinový a výpustný šroub oleje.

5.2 Výsledky – renovace podvozku a dílčích příslušenství motocyklu

Podvozek zmíněného motocyklu je tvořen nosným rámem, který je základním prvkem motocyklového šasi. Nosný rám je trubkového provedení, který je sestaven z pěti kusů tvarovaných trubek a dvou rovných trubek. Konce jednotlivých trubek jsou pevně spojeny v litinových odlitcích, které tvoří tzv. styčnický, s nimiž jsou jednotlivé trubky pevně spojeny pomocí plamenného svařování a zakolíkovaní. V hlavě rámu je nosný rám

spojen s přední vidlicí, která je v krku řízení uložena pomocí dvojice axiálních valivých ložisek. Odpružení podvozku je pro přední nápravu řešeno pomocí dvojice zdvihátek a vahadel, které přenáší kmitavý pohyb od předního kola na listovou pružinu. Zadní náprava neboli osa zadního kola je na pevně spojena s nosným rámem. Utlumení kmitů od zadní nápravy je konstrukčně řešeno pomocí vinutých tažných pružin umístěných přímo pod sedadlem řidiče. Renovace nosného rámu a přední vidlice, jemuž bude věnována následující kapitola, je dále spojena s renovací vybraného dílčího příslušenství, které nosný rám drží pohromadě.

5.2.1 Renovace nosného rámu a přední vidlice

Před zahájením vizuální kontroly nosného rámu a přední vidlice byla dvojice těchto součástí po zakrytí funkčně důležitých otvorů a ploch otryskána s abrazivem ocelové drtě, a to pro zbavení se nečistot, koroze a zdrsnění povrchu pro budoucí nanášení barvy. Z důvodu modernizace a s tím spojené deformace vrchní nadrámové trubky znázorněné (viz obr. 51) a neodborné opravy pomocí svařování elektrickým obloukem s obalovanou elektrodou v místě podsedadlového styčnicku, musela být vrchní nadrámová trubka spolu s podsedadlovým styčnickem neboli odlitkem vyměněna. Z důvodu narušení i spodní podnádržové trubky musela být vyměněna i tato trubka, spolu s úchyty palivové nádrže.



Obrázek 51 Nosný rám motocyklu Indian Scout

Pomocí úhlové brusky s řezným kotoučem v kombinaci s kyslíko-acetylenovým plamenem a hydraulickou soupravou pro rovnací práce na rámu byly narušené komponenty odstraněny. Oprava nosného rámu byla prováděna za pomoci předlohového rámu z identického motocyklu Indian Scout 750.

Poškozený podsedadlový styčnick vyrobený jako odlitek znázorněný oranžovou barvou (viz obr. 51), byl vyměněn za odlitek vyrobený podle předlohového rámu v originálním stavu. Nejprve byla pomocí sádry na odlitky vytvořena přesná forma, která byla následně vylita epoxidovou pryskyřicí. Podle modelu byl specializovanou firmou z šedé litiny odlit podsedadlový odlitek, s odpovídajícím tvarem a rozměry originálního odlitku. Pomocí třískového obrábění technologie vrtání (viz obr. 52) s vrtákem příslušného průměru (s předvrtáváním), upnutého ve vřetení stojanové vrtačky byl odlitek obroben.



Obrázek 52 Vrtání podsedadlového odlitku

Vrchní nadnádržová deformovaná trubka byla vyměněna za bezešvou za tepla válcovanou ocelovou trubku, jenž byla ohnuta pomocí hydraulické ohýbačky s ohýbacím kolenem kruhového vybrání pro průměr 28 mm, a to do úhlu a příslušného rádiusu podle originální předlohy rámu. Spodní podnádržová trubka byla vyměněna za rovnou trubku stejného průměru.

Vyměňované části nosného rámu byly poté vsazeny do rámu a pomocí svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu (MAG) s tavící se elektrodou přibodovány, a to z důvodu zajištění správné pozice jednotlivých komponent odpovídající originální předloze rámu. Následně byly jednotlivé spoje trubek s odlitky svařeny pomocí kyslíko-acetylenového plamene s přídavným materiálem mosaz. Do jednotlivých spojů byly následně vyvrtány příčné otvory pro zajištění pomocí kolíků. Pomocí plamenného svařování byly dále přivařeny nově vyrobené úchyty palivové nádrže a držák sedla.

Po takto provedené opravě vrchní části rámu proběhla kontrola jednotlivých otvorů na přítomnost opotřebení nebo poškození. V hlavních třech držácích spalovacího motoru u nosného rámu znázorněných červenou šipkou (viz obr. 53), bylo nalezeno stejně tak, jako u karterů spalovacího motoru poškození ve formě otlačené děr. U této trojice děr proběhla renovace na opravný rozměr, a to pomocí vrtání a vystružení s následnou změnou lícovaných šroubů za větší průměr z hlediska zvětšení průměru děr. Stejně poškození a renovace byla provedena u díry, v níž je uložen čep startovací páky. Dále byla vyměněna kluzná ložiska hřídele přenášejícího krok brzdového pedálu z pravé strany na levou, jejichž pozice je znázorněna žlutými šipkami (viz obr. 53). U děr a závrtných šroubů proběhla u jejich závitových částí renovace pomocí závitníku a závitového očka. U držáků hlavního stojanu motocyklu byly aplikovány závitové vložky.



Obrázek 53 Nosný rám po opravě horní části

U nosného rámu byla dále v krku řízení pomocí aplikace vylisování a zalisování vyměněna kuličková axiální ložiska, jež zajišťují otáčení přední vidlice. U přední vidlice bylo po vizuální kontrole shledáno stejné poškození, jako v případě děr u nosného rámu, a to ve formě otlačení, v nichž jsou uložena zdvihátka přední osy kola. Z důvodu tenké stěny v případě použití renovace na opravný rozměr, byly díry pomocí svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu (MAG) s tavící se elektrodou svařeny a znovu vyvrtány na původní rozměr čepu zdvihátek (viz obr. 54). U hlavního čepu přední vidlice proběhla taktéž výměna protikusů rozebíratelného axiálního ložiska valivého typu, a to opět pomocí vylisování a zalisování.



Obrázek 54 Renovace otvorů vidlice na původní rozměr

Více fotografií, které byly pořízeny během renovace nosného rámu a přední vidlice jsou uvedeny (viz Příloha č.7).

5.2.2 Renovace vybraných dílčích příslušenství

Ze skupiny dílčího příslušenství motocyklu byly pro popis renovace vybrány součásti:

- tlumicí jednotka,
- přední a zadní blatník,
- brzdové ústrojí.

5.2.2.1 Tlumící jednotka

Tlumící jednotka je pro přední nápravu motocyklu konstrukčně řešena pomocí listové pružiny, která je připevněna pomocí čtveřice lícovaných šroubů k hlavnímu odlitku přední vidlice. Listová pružina je tvořena hlavním listem s okem, v němž je zalisované kluzné ložisko, které přes čep, k němuž jsou připevněna vahadla a dále zdvihátka, přenáší kmitavý pohyb od předního kola. Jednotlivé listy listové pružiny jsou k sobě připevněny třmenem a středovým šroubem.

U demontované listové pružiny byl vizuální kontrolou detekován zalomený středový šroub, který zajišťuje zamezení posunu jednotlivých pružin. Zalomený šroub byl odvrácán pomocí stojanové vrtačky. V jednotlivých otvorech pružinových listů bylo na stykových plochách shledáno otláčení, a proto byly tyto otvory za celkového upnutí listové pružiny vyvrtány na větší (opravný) rozměr, znázorněno (viz obr. 55). Následovala demontáž jednotlivých listů a kontrola radiální vůle čepu v kluzném ložisku oka v hlavním listu.

Kluzné ložisko vykazovalo znatelně vyšší vůli ve svislém směru než ve vodorovném. Příčinou je trvalá nežádoucí změna povrchu tohoto ložiska tzv. otláčení, která byla způsobena vnějšími silami od kmitavého pohybu předního kola, které přes zdvihátka a vahadla přenášelo rázy. Z tohoto důvodu bylo původní kluzné ložisko vylišováno na dílenském lisu a vyřazeno. Následovalo abrazivní tryskání povrchu jednotlivých listů s jemným abrazivem k odstranění koroze, ořepů po vrtání a starého nátěru. Listy byly následně galvanicky oniklovány specializovanou firmou. Kluzné ložisko hlavního listu bylo nahrazeno novým kluzným ložiskem, které bylo vysoustruženo z ložiskového bronzu a následně zalisováno do oka.



Obrázek 55 Vrtání otvorů listové pružiny na opravný rozměr

5.2.2.2 Přední a zadní blatník

Blatníky motocyklu byly v první řadě otryskány velmi jemným pískovacím médiem s nízkým tlakem, a to z důvodu možného vzniku prohlubní na povrchu velkých ploch. Tryskáním byly odstraněny přítomné nečistoty, starý lak a koroze. K důkladnému odstranění nečistot a koroze z nedostupných míst musely být demontovány vzpěry. Vzpěry jsou k blatníkům připevněny pomocí ocelových nýtů s půlkulatou hlavou, jejichž demontáž byla provedena odvrácáním. Větší nerovnosti ploch dvojice blatníků byly ručně vyklepány pomocí karosářského kladiva společně s karosářskou babkou nebo vyrovnávacím špalíkem.

Nepotřebné otvory na povrchu byly svařeny pomocí svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu (MAG) s tavící se elektrodou a následně zabroušeny úhlovou bruskou.

Z důvodu hloubkové koroze původních vzpěr, musely být vzpěry vyrobeny nové. Ty byly vyráběny podle předlohy původních vzpěr, a to z ploché pásové oceli 10x3 mm, jež byla nařezána pomocí úhlové brusky a řezacího kotouče a ohýbána pomocí ohýbačky plechů. Spodní vzpěry předního blatníku byly ohýbány v kombinaci s ohřevem kyslíko-acetylenového plamene. Otvory pro nýty s půlkulatou hlavou, jež byly vyměněny za nové, byly vyvrtány na stojanové vrtačce. Pasování předního blatníku po výměně vzpěr je znázorněno (viz obr. 56).



Obrázek 56 Pasování předního blatníku s novými vzpěrami

Zadní blatník, jehož původ byl z motocyklu Indian Scout 750 z roku 1928, byl vybaven modifikací, která představovala otevírací pant k rychlejší demontáži zadního kola bez předchozí demontáže hlavního stojanu nebo celého blatníku. Z důvodu zachování roku výroby motocyklu, tj. 1927, byl zadní pant demontován. Následně byly pomocí úhlové brusky s řezným kotoučem odříznuty tvarové výstupky znázorněné (viz obr. 57), které slouží pro umístění pantu. Obě části blatníku byly na tupo svařeny opět za využití metody MAG s následným zabroušením.



Obrázek 57 Zadní blatník po odstranění pantu

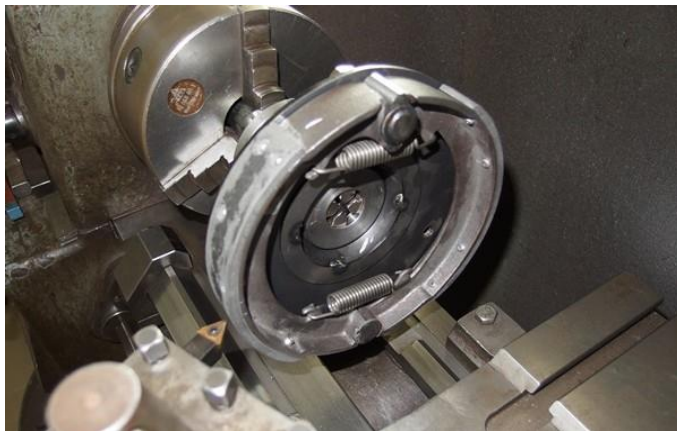
5.2.2.3 Brzdové ústrojí

Zmíněný motocykl je vybaven mechanickými brzdami, kde brzdové elementy působí mechanicky na pohyblivou část. Přední kolo motocyklu je bržděno pomocí bubnové brzdy, kde brzdové elementy působí na vnitřní povrch válcové plochy bubnu, který je připevněn pomocí drážkování ke středu kola. Brzdové elementy jsou připevněny pomocí nýtů k čelistím, které jsou ve štítu rozpínány klíčem ovládaného pomocí brzdové páčky a struny vedené v bowdenu. Zadní kolo je bržděno pomocí pásové brzdy, kde jsou brzdové elementy připevněny pomocí nýtů k pásu. Pás brzdy spolu s brzdovými elementy obepíná buben, který je taktéž pomocí drážkování a matice připevněn ke středu kola. Tato brzda je ovládána pomocí soustavy brzdových táhel vedoucí od pedálu brzdy umístěného na pravé straně.

Po demontáži brzdového štítu z bubnu předního kola byly demontovány samotné čelisti spolu s klíčem a vratnou pružinou. Klíč brzdy je uložen ve štítu bubnové brzdy pomocí kluzného ložiska. Z důvodu nadměrné vůle bylo toto kluzné pouzdro po otryskání brzdového štítu vyměněno za nově vysoustružené kluzné pouzdro z ložiskového bronzu. Po zalisování nového pouzdra s přesahem byl vystružen stavitelným výstružníkem vnitřní průměr k zajištění hladkého povrchu a přesného rozměru podle průměru klíče.

Vlivem nerovnoměrného opotřebení brzdového obložení, přítomnosti mastných nečistot a stáří obložení, bylo původní obložení z čelistí a pásové brzdy demontováno pomocí odvrtání nýtů. Následovalo otryskání brzdových čelistí a ocelového pásu k odstranění koroze a mastnot. U nových brzdových obloženích stejných délkových a šířkových rozměrů jako původní, spolu s větší tloušťkou jako přídavek pro obrobení v případě bubnové brzdy, byly vyvrtány otvory pro nýty. K připevnění byly použity nové ocelové nýty.

Z důvodu vybržděné drážky a vzniklé hrany na vnitřním povrchu válcové plochy brzdového bubnu, a stejně tak vnějším povrchu válcové plochy bubnu zadní pásové brzdy, proběhlo soustružení bubnů na opravný rozměr. Následovala montáž brzdových čelistí, spolu s klíčem a vratnou pružinou do brzdového štítu. Díky přídavku brzdového obložení byl pomocí soustružení znázorněném (viz obr. 58) přídavek obroben na průměr brzdového bubnu, a to s příslušnou vůlí, aby nedocházelo ke tření a samovolnému brždění.



Obrázek 58 Soustružení přídavku brzdového obložení

Více fotografií, které byly pořízeny renovace brzdového ústrojí jsou uvedeny (viz Příloha č.9).

5.3 Výsledky – Sestavení motocyklu a seřízení

Po renovaci konstrukčních celků spalovacího motoru historického motocyklu Indian Scout 750, kterými jsou hlavy motoru, válce s ventilovým ústrojím, kliková hřídel a ojnice, pístní skupina, rozvody (ozubená kola a vačky, vahadla zdvihátek, zdvihátka ventilů), primární převod a skříň motoru, byla prováděna montáž renovovaných celků a kompletace celého spalovacího motoru. Celkové montáži renovovaných součástí předcházela řada operací, které souvisely s důkladným očištěním součástí a následné mazání všech funkčních ploch pomocí speciálního maziva pro stavbu a skládání motorů. Montáž byla prováděna v opačném postupu demontáže, a to za pomoci přípravků a speciálního nářadí s využitím momentového klíče k dodržení předepsaného utahovacího momentu. Matice sešroubovaného děleného klikového mechanismu byly zajištěny přišroubovanou plechovou podložkou s šestihranným otvorem proti povolení. Pístní čepy byly zajištěny proti axiálnímu posunu pojistnými kroužky. Montáž pístních kroužků (těsnící a stírací) byla prováděna pomocí plechového přípravku ve správném pořadí jednotlivých kroužků s označením TOP na horní straně kroužku znázorněných (viz obr. 59).

Matice prvního ozubeného kola primárního převodu byla zajištěna speciální deformovatelnou podložkou, stejně tak jako matice spojkového koše. Další šroubové spoje byly zajištěny proti povolení pérovými podložkami. Kluzná ložiska rozvodového mechanismu byla zajištěna proti pootočení ve skříni kuličky a zalepením. U veškerých dosedacích ploch, kde bylo původně těsnění, bylo použito nového těsnění. V případě těsnění skříně motoru bylo použito těsnícího tmelu na motory odolávající vysokým teplotám a ropným produktům. Při použití těsnícího tmelu na dosedacích plochách karterů byla rovněž kontrolována axiální vůle klikového mechanismu na předepsanou hodnotu 0,4 mm.



Obrázek 59 Montáž pístních kroužků

Olejové potrubí vedoucí z nádrže do olejového čerpadla a z olejového čerpadla do skříně motoru bylo vyměněno za nové měděné trubky s nově vysoustruženými koncovkami, které byly následně galvanicky oniklovány. K zajištění těsnosti spojů trubek jak olejového potrubí, tak i palivového, byl v místě styčných ploch a převlečných matic

taktéž aplikován těsnící tmel. Po montáži příruby karburátoru ke dvojici válců pomocí převlečných matic byl pomocí trojice šroubů připevněn karburátor Schebler Deluxe DLX 10. Mezi přírubou a karburátorem bylo aplikováno nové papírové těsnění. K zabránění úniku oleje okolo ozubeného kola zapalování Bosch byl po jeho vystředění zalisován do nálitku pravé skříně motoru od rozvodu hřídelový těsnící kroužek. Vystředění zapalování Bosch, se provádělo pomocí plechových planžet příslušných tloušťek, které se umístily mezi dosedací plochy a byly zajištěny dotažením čtveřice lícovaných šroubů. Na obrázku 60 je znázorněn spalovací motor po celkové renovaci a montáži.



Obrázek 60 Konečná podoba zrenovovaného spalovacího motoru

Po renovaci nosného rámu spolu s přední vidlicí a veškerého dílčího příslušenství, ze kterých je motocykl sestaven, byly jednotlivé díly otryskány jemným abrazivem. U plechových komponentů jako jsou blatníky, kryt řetězu a palivová nádrž proběhla dále z důvodu případných místních nerovností renovace pomocí dvousložkového plnicího stěrkového tmelu na polyesterové bázi. Po jeho vytvrzení následovalo broušení přebytečného tmelu pomocí excentrické brusky s brusnými kotouči s odstupňovanou zrnitostí od hrubé po jemné v rozsahu P150 až P500 do finálního tvaru. Společně bylo využíváno brusného papíru se stejným rozsahem zrnitosti v kombinaci s ručním broušením. Následovalo stříkání dvousložkového polyuretanového antikorozičního plniče pro vytvoření spojovací vrstvy mezi tmelenými místy a vrchním lakem. Poté byl broušen plnič o rozsahu zrnitosti P320 – P400 (P600). Pro docílení vysoce jemné podložky byla použita zrnitost P800-P1000 v kombinaci s vodou. Na takto připravené plochy plechových komponentů a dalších součástí, které jsou v barvě, byla v lakovací kabině nanášena vrstva stříkaného laku. U blatníků, krytu řetězu a nádrže následovalo ruční linkování spolu s vytvořením loga Indian na nádrži. Součásti, které nebyly dle originální dokumentace lakovány, byly galvanicky oniklovány specializovanou firmou. Jedná se např. o vahadla a zdvihátka předního odpružení spolu s listovou pružinou, táhla zadní brzdy, ovládací páčka přední brzdy, úzávěry palivové nádrže, kohout nádrže, ovládací táhlo dekomprese, veškerý spojovací materiál a další.

Následným krokem byla fyzická montáž jednotlivých komponentů a sestavení celého motocyklu. K rámu motocyklu byla nejprve přimontována přední vidlice spolu s uloženým předním kolem a odpružením. Následovala montáž hlavního stojanu k zajištění

stability prozatím sestaveného celku. Poté byl do rámu motocyklu vložen kompletní spalovací motor včetně zapalování, karburátoru a převodovky. Následovala montáž výfukového potrubí, palivové nádrže, zadního kola a dalších součástí. U veškerých uložení čepů spolu s kluznými nebo valivými ložisky byl aplikován mazací tuk. Šroubové spoje opatřeny korunkovou maticí byly po vyvrtání otvorů do šroubů zajištěny závlačkami. Průběžná montáž motocyklu je znázorněna (viz obr. 61).



Obrázek 61 Postupná montáž motocyklu Indian Scout

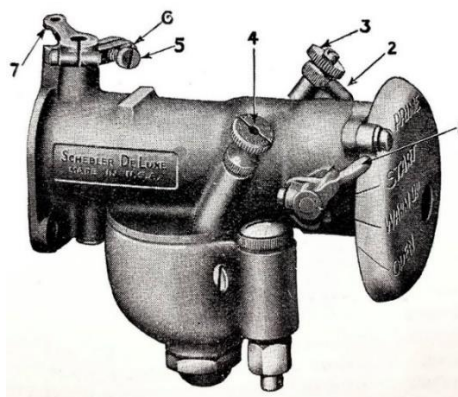
Více fotografií, které byly pořízeny během sestavení motocyklu jsou uvedeny (viz Příloha č.9).

5.3.1 Seřízení motocyklu

Před uvedením renovovaného motocyklu do provozu bylo potřeba provést nezbytné úkony související především s jeho seřízením a kontrolou nastavení. V první řadě byla provedena kontrola ventilového rozvodu, a to pomocí základních pokynů k údržbě, opravám a renovaci motocyklů Indian popsanych v knize Nesmrtelný Indian viz citace [50]. Správnost nastavení ventilového rozvodu byla zkontrolována nejprve na zadním válci. A to tak, že ventily pro tento válec musely být při horní úvrati pístu přibližně stejně pootevřeny a tzv. se stříhat. Otočením klikové hřídele ve směru otáčení o jednu otáčku a úhel mezi válci ($360^\circ + 42^\circ$) a dosažením horní úvrati pístu se musely tzv. potkávat ventily předního válce. Úprava se prováděla povysunutím ozubených kol nebo vaček, jejich pootočením a zasunutím do kaskády ozubených kol. Natočením klikového hřídele a dosažením té horní úvrati pístu u předního válce, kdy jsou jeho ventily v klidu (tj. kompresní zdvih), byly současně kontrolovány kontakty přerušovače zapalování, které se při nastaveném minimálním předstihu začali oddalovat. Následně byla povolením přítužných matic stavitelných šroubů zdvihátek ventilů a spárových měrek nastavena vůle sacích (0,15 mm) a výfukových (0,2 mm) ventilů předepsaných hodnot.

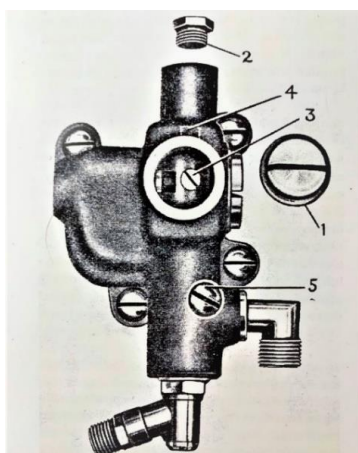
Dále proběhlo seřízení karburátoru, jenž byl z důvodu absence zakoupen z druhovýroby. Model motocyklu Scout je vybaven karburátorem typu Schebler Deluxe klapkového typu znázorněný (viz obr. 62), kde se regulace provádí pomocí jehel a nastavení bohatosti vstupní otočnou klapkovou přívěrou. K dodržení správného poměru paliva a vzduchu byla přihnáním plechu přidržující plovák nastavena výše hladiny paliva v plovákové komoře na předepsanou výšku 14 mm od horní hrany komory. Dále proběhlo základní nastavení hlavní jehly (4), která slouží k regulaci celého výkonu, a to povolením

od úplného utažení o 1 otáčku. Povoláním o 1,5 otáčky od úplného utažení byla seřízena jehla běhu naprázdno (3), jejíž přesnější nastavení se provádí za běhu motoru s otevřenou vstupní vzduchovou klapkou (1). Pomocí šroubu (5) na dorazu plynové klapky (7) byly při běhu motoru nastaveny volnoběžné otáčky.



Obrázek 62 Karburátor Schebler Deluxe

K zajištění automatického a rovnoměrného doplňování motoru olejem v závislosti na otáčkách bylo nastaveno mechanické dávkovací čerpadlo (viz obr. 63), které je poháněné od soukolí ventilového rozvodu. Nejprve byl odšroubován přední (1) a horní (2) krycí šroub čerpadla. Předním otvorem byl povolen aretační šroub (3) dávkovacího pístku (4). Zašroubováním stojatého pístku (4) olejového čerpadla bylo zvětšeno dávkování oleje pro záběh motoru. Zajištění nastaveného zdvihu pístku bylo zaaretováno opět pomocí šroubu (3).



Obrázek 63 Mechanické dávkovací čerpadlo

Dále proběhlo nastavení veškerých ovladacích prvků motocyklu, jako je např. vůle struny, která je vedena v bowdenu tažné pružiny a pomocí pravé rukojeti a koncovky s aretačním šroubem ovládá klapku karburátoru. Identickým způsobem byla pomocí aretačního šroubu nastavena vůle struny ovládající táhlo předstihu pomocí levé rukojeti. Dále byla povoláním a následným povytažením lanka vymezena vůle ocelového lanka ovládající klíč přední bubnové brzdy. Pomocí přítužných matic a stavěcích šroubů na táhlech zadní pásové brzdy byla vymezena vůle brzdového pedálu. Stejným způsobem byla nastavena vůle pedálu nožní spojky. Pomocí utahování stavěcích šroubů společně s povolenou osou zadního kola byl napnut primární článkový řetěz na průhyb 2-3 cm v nezátíženém stavu. Finální podoba renovovaného motocyklu je znázorněna (viz obr. 64).



Obrázek 64 Finální podoba motocyklu Indian Scout 750 po celkové renovaci

5.4 Výsledky jízdních zkoušek a měření provozních parametrů

Po samotné kompletaci historického motocyklu a vykonání seřizovacích operací byl prováděn záběh spalovacího motoru. V rámci diplomové práce byla dále provedena realizace jízdních zkoušek, při nichž proběhlo experimentální měření výfukových částic spalovacího motoru Indian a bylo naměřeno množství složek CO, CO₂, HC, NO_x ve výfukových plynech. Měření množství plynných složek emisí CO, CO₂, HC, NO_x ve výfukových plynech bylo taktéž provedeno u moderního motocyklu značky Yamaha XT 660 R znázorněného (viz obr. 65). Naměřené výsledky byly podle zpracovaných a vyhodnocených dat porovnány s renovovaným motocyklem Indian. Základní technické parametry testovaných motocyklů jsou znázorněny (viz tab. 4).

Parametr	Indian Scout 750	Yamaha XT 660 R
Rok výroby	1927	2008
Najeto	2 500 km (po renovaci)	18 000 km
Objem motoru	745 ccm	660 ccm
Výkon	13,2 kW	35,3 kW
Typ rozvodu	SV	OHC
Počet válců	2	1
Uspořádání válců	do V	Stojatý
Vrtání válců	73 mm	100 mm
Zdvih pístu	89 mm	84 mm
Počet ventilů na válec	2	4
Sekundární převod	řetěz	řetěz
Počet rychlostí	3	5
Pohotovostní hmotnost	227 kg	181 kg

Tabulka 4 Technické parametry porovnávaných motocyklů [50],[55]



Obrázek 65 Testovaný motocykl Yamaha XT 660 R

5.4.1 Výsledky měření výfukových částic

K měření koncentrace výfukových částic byl použit částicový analyzátor EEPS 3090, jehož specifikace je uvedena viz kapitola 4. Získávaná data po čase měření byla zaznamenávána na datové úložiště připojeného počítače, z něhož byla dále jednoduše přenesena pro jejich zpracování a vyhodnocení v programu Microsoft Excel. Testovaný motocykl Indian byl umístěn v prostoru válcové zkušebny s časovým předstihem pro temperování na teplotu v místnosti. Motocykl byl před zahájením samotného měření ustálen a zahřát na provozní teplotu. K zajištění podpory chlazení vzduchem chlazeného spalovacího motoru během měřících cyklu byl ke spalovacímu motoru umístěn ventilátor. K odvodu přebytečných výfukových zplodin byla za koncovku výfukového systému motocyklu umístěna odsávací a filtrační jednotka. Měření koncentrace výfukových částic testovaného motocyklu Indian proběhlo ve třech režimech, a to za konstantních otáček 800, 1600, 2400 ot/min. Uspořádání měřícího stanoviště je znázorněno (viz obr. 66).



Obrázek 66 Uspořádání stanoviště měření motocyklu Indian

Z důvodu absence palubního otáčkoměru motocyklu Indian, byla pro odečtení a udržování konstantních otáček jednotlivých režimů použita stroboskopická lampa Genborx. Pro indikaci aktuálních hodnot otáček motoru bylo využito induktivních snímacích kleští, které byly připnuty k vysokonapětovému kabelu pro přední válec. Stroboskopická lampa musela být z důvodu neumožnění napájení z 6 V akumulátoru, jímž motocykl Indian disponuje, připojena na externí akumulátor 12 V. Měření otáček spalovacího motoru Indian během režimu 800 ot/min je znázorněno (viz obr. 67).

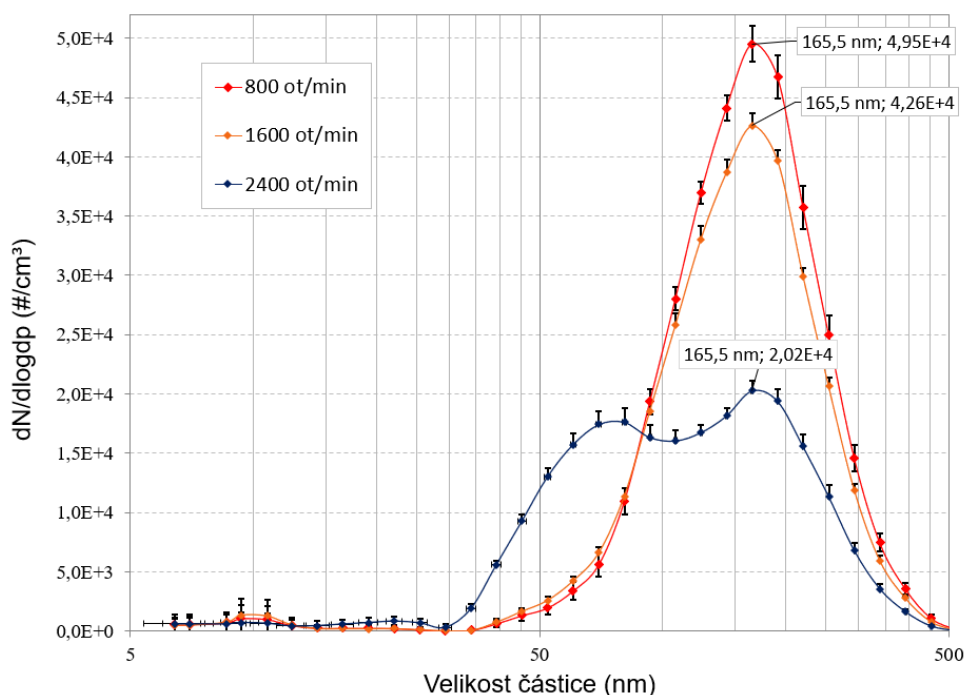


Obrázek 67 Měření otáček v režimu 800 ot/min

Výsledkem jednotlivých režimů, které byly postupně měřeny v reálném čase, je průběh koncentrací částic a jejich ovlivnění vlivem změny otáček spalovacího motoru. Měření jednotlivých režimů proběhlo zvláště, a to za udržovaných konstantních otáček na stanovených hodnotách během měření. Jako první bylo provedeno měření při konstantních otáčkách 800 ot/min, které odpovídají volnoběžným otáčkám. Následovalo měření při režimu 1600 a 2400 ot/min.

Po importu získaných dat do programu Microsoft Excel, byly zprůměrovány jednotlivé produkované koncentrace částic, kterým byly přiřazeny jejich odpovídající velikosti. Data dvojice těchto parametrů byla dále vynesena do XY bodového grafu s vyhlazenými spojnicemi a značkami. Pro přehlednost bylo v případě vodorovné osy odpovídající velikosti částice v nm přidáno logaritmické měřítko. Ke zjištění toho, do jaké míry jsou hodnoty zaznamenaných koncentrací odchyleny od průměrných hodnot těchto koncentrací, byly pro jednotlivé koncentrace vypočteny směrodatné odchylky. Na základě těchto odchylek, byly přidány chybové úsečky, které napomáhají posoudit přesnost a spolehlivost měření. Průběh koncentrací částic pro otáčky 800, 1600, 2400 ot/min v závislosti na velikosti částic je zobrazen (viz graf 1).

Koncentrace částic v režimu 800, 1600, 2400 [ot/min]



Graf 1 Koncentrace částic v režimu 800, 1600, 2400 ot/min

Na výše uvedeném grafu je na ose x znázorněna velikost částic v jednotkách nm. Na ose y je znázorněna koncentrace částic příslušících počtu částic na 1 cm³. Z uvedeného grafu je patrné, že v případě režimu 800 ot/min byla zaznamenána největší koncentrace částic v hodnotě 4,95E+4 #/cm³, které odpovídají částice o velikosti 165,5 nm. Dále je zřejmé, že nejnižší koncentrace částic byla zaznamenána u velikosti částic v rozsahu 12,4 až 34 nm. Počátek nárůstu počtu částic na jednotku cm³, tj. koncentrace, byl zaznamenán v rozsahu velikosti částic od 34 do 70 nm. V tomto rozsahu se koncentrace částic pohybovala v rozmezí 0,6E+3 až 5,6E+3 #/cm³. V rozmezí od 70 nm následoval rovnoměrný lineární nárůst křivky, a to až do zmíněné maximální hodnoty velikosti částice 165,5 nm. Následně lze pozorovat téměř rovnoměrný lineární pokles, a to až na koncentraci o hodnotě 1,1E+3 #/cm³, jejíž hodnota odpovídá velikosti částice o hodnotě 453,2 nm.

Velmi podobný průběh byl zaznamenán v případě režimu při konstantních otáčkách 1600 ot/min. V tomto režimu byla nejvyšší koncentrace zachycena při stejné velikosti částice 165,5 nm, kde její hodnota dosáhla 4,26E+4 #/cm³. Při následném poklesu byla v bodě odpovídající velikosti částice 453,2 nm zaznamenána koncentrace 0,78E+3 #/cm³.

Odlíšný průběh grafu lze pozorovat v případě režimu měření za konstantních otáček 2400 ot/min, jehož spojnice je označena modrou barvou. V tomto případě je možné zpozorovat téměř konstantní průběh křivky, a to od nejmenší velikosti částice o hodnotě 6,4 nm až do 29,4 nm. V tomto rozmezí byla zaznamenána koncentrace v rozsahu 400 až 800 #/cm³. Následně byl v rozmezí 29,4 až 80,6 zaznamenán výrazný nárůst koncentrace, která dosáhla při velikosti částice 80,6 nm hodnoty 1,76E+4 #/cm³. Nejvyšší hodnota koncentrace byla ovšem zaznamenána opět u velikosti částice 165,5 nm, kde dosáhla hodnoty 2,02E+4 #/cm³.

5.4.2 Výsledky měření množství složek ve výfukových plynech

K měření množství plynných složek CO, CO₂, HC, O₂, NO_x, které jsou obsaženy ve výfukových plynech bylo využito analyzátoru emisí BrainBee AGS-200, jehož specifikace je uvedena viz kapitola 4. Dále bylo využito stejného stanoviště a vybavení popsaného viz kapitola 5.4.1. Před zahájením samotného měření byl proveden test těsnosti a proběhla aktivace oficiálního testu v hlavním menu prostředí softwaru BrainBee. Aktivaci oficiálního testu bylo spuštěno vyhřátí přístroje na dostatečnou teplotu. Následovalo vyplnění karty DATA VOZU, kde byly zadány vstupní údaje o motocyklu a jeho parametrech jako je palivo, počet válců a další.

Z důvodu nesnímání vibrací a nezaznamenávání otáček spalovacího motoru motocyklu Indian pomocí vibračního čidla, jehož nefunkčnost byla ověřena na několika magneticky vodivých plochách motoru, bylo využito opět induktivních snímacích kleští stroboskopické lampy Genborx s externím akumulátorem 12 V. U porovnávaného motocyklu Yamaha bylo k měření otáček použito induktivních snímacích kleští dodávaných k analyzátoru BrainBee. Měření proběhlo u motocyklu Indian v totožných režimech, jako je tomu v případě měření koncentrace výfukových částic, a to při 800, 1600, 2400 ot/min. U porovnávaného moderního motocyklu Yamaha, jehož volnoběžné otáčky dosahují vyšších hodnot byly zvoleny režimy otáček 1300, 2100, 2900 ot/min. Otáčky byly v jednotlivých režimech regulovány manuálně za současného odečtu jejich hodnot z displeje stroboskopické lampy nebo obrazovky připojeného počítače. V případě motocyklu Indian byla u dvojice měření aplikována vyrobená redukční koncovka (viz obr. 68), a to z důvodu zúžení profilu koncovky výfuku v jejím vyústění, který by neumožnil aplikaci odběrové sondy.

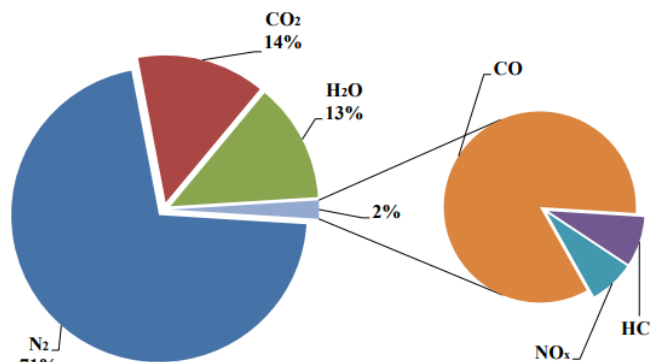


Obrázek 68 Redukce koncovky výfuku a odběrové sondy analyzátorů

1 - záchytná nádoba ztrátového mazání, 2 - redukční koncovka výfuku
3 - odběrová sonda emisního analyzátoru AGS-200, 4 - odběrová sonda částicového analyzátoru EEPS 3090

Získaná data z emisního analyzátoru, jenž byla zaznamenávána během jednotlivých režimů, byla přenesena z datového úložiště připojeného počítače a zpracována v programu Microsoft Excel. Během zpracování získaných dat z emisního analyzátoru byla zanedbána plynná složka O₂.

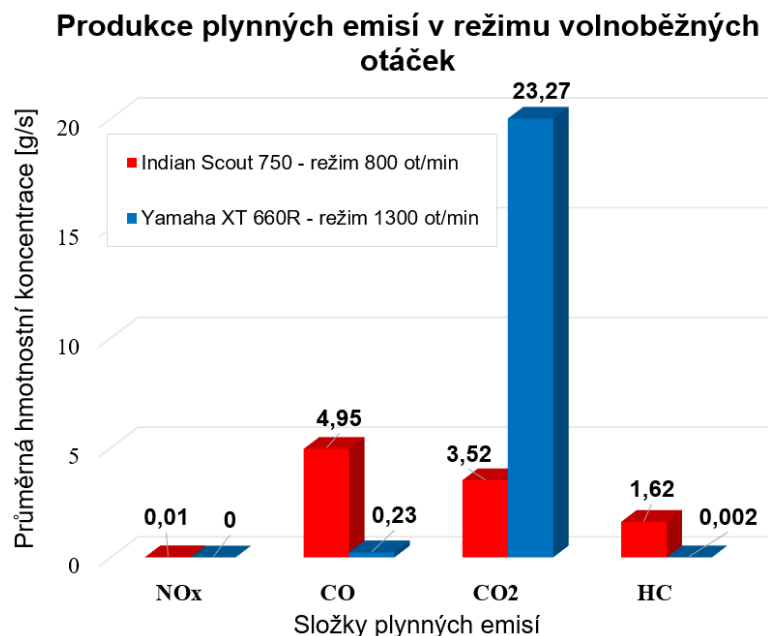
Z důvodu zaznamenávání produkce plynných emisních složek u analyzátoru BrainBee pouze v objemových koncentracích, bylo pro tento experiment vhodnější tyto hodnoty přepočítat na hmotnostní koncentrace. Přepočet objemové koncentrace na hmotnostní byl proveden prostřednictvím molárních hmotností jednotlivých složek a přibližného složení spalin pro zážehový motor, které je znázorněno (viz graf 2).



Graf 2 Procentuální složení výfukových plynů zážehového motoru [56]

Hodnoty takto přepočtených hmotnostních koncentrací, které byly produkovány během jednotlivých režimů měření, byly následně zprůměrovány. Průměrné hodnoty těchto koncentrací, odpovídajících plynných složek CO, CO₂, HC a NO_x byly vyneseny do společných sloupcových grafů dvojice porovnávaných motocyklů, ke znázornění rozdílu v produkci těchto složek.

Na grafu č. 3 jsou znázorněny průměrné hmotnostní koncentrace plynných složek CO, CO₂, HC a NO_x, jež byly zaznamenány při režimu konstantních volnoběžných otáček, které dosahují u motocyklu Indian hodnot 800 ot/min a u motocyklu Yamaha hodnot 1300 ot/min.



Graf 3 Produkce plynných emisí v režimu volnoběžných otáček

Z výše uvedeného grafu je patrné, že průměrné hmotnostní koncentrace složky NO_x jsou velmi nízké. Vznik oxidů dusíku, které tvoří tuto plynnou složku, je podmíněn extrémními teplotami a tlaky v průběhu hoření při přebytku kyslíku, a z toho důvodu vniká

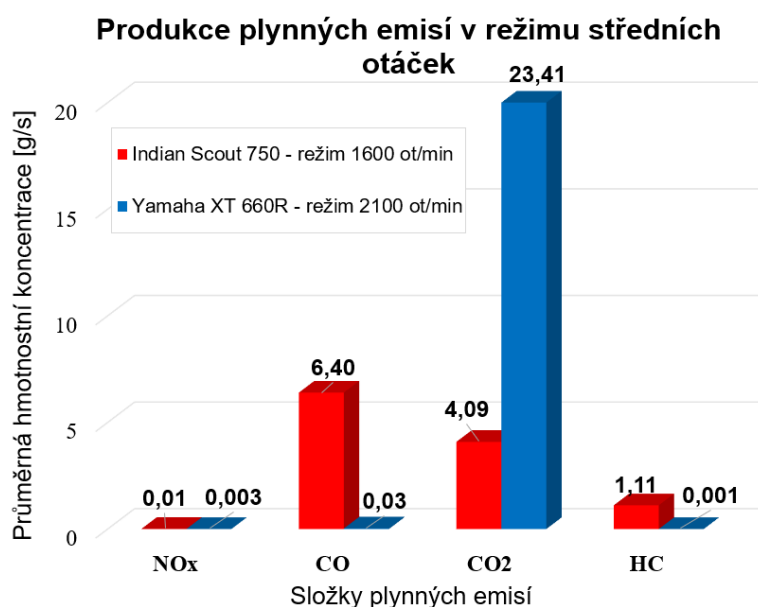
především ve vznětových motorech. Vlivem tohoto hlediska je naměřená hodnota hmotnostní koncentrace 0,01 g/s, kterou vyprodukoval motocykl Indian, prakticky zanedbatelná.

V případě plynné složky CO (oxid uhelnatý) byla u motocyklu Indian zaznamenána průměrná hmotnostní koncentrace 4,95 g/s, což je o 4,72 g/s více než u motocyklu Yamaha. Lze konstatovat, že nadprodukce této složky je u motocyklu Indian způsobena nedokonalým spalováním směsi, jenž je nasávána do spalovacího prostoru. Důvodem tohoto nedokonalého spalování je nedostatek kyslíku, nízká teplota nebo krátký čas spalování, jenž neumožňuje nasávané směsi oxidovat za vzniku oxidu uhličitého.

Plynná složka CO₂ (oxid uhličitý) byla naměřena ve vyšší produkci u motocyklu Yamaha v porovnání s motocyklem Indian. Průměrná hmotnostní koncentrace této složky zde dosahovala hodnot 23,27 g/s, což je o 19,75 g/s více než u motocyklu Indian. Vznik této složky je následkem dokonalé oxidace uhlovodíkových paliv. Čím vyšší podíl této složky je obsažen ve spalinách, tím bylo dosaženo efektivnějšího procesu spalování, a to jak po stránce emisí, tak i po stránce energetické.

Čtvrtou plynnou složkou k porovnání jsou nespálené uhlovodíky HC. U této plynné složky byla zaznamenána vyšší produkce u motocyklu Indian, u kterého byla naměřena průměrná hmotnostní koncentrace 1,62 g/s. Oproti tomu motocykl Yamaha vyprodukoval prakticky zanedbatelnou hodnotu o velikosti 0,002 g/s. Vyšší produkce této složky může být způsobena vlivem nedokonalé oxidační reakce mezi palivem a vzduchem, která ovšem v některých případech nemusí ani proběhnout. Další možnou příčinou vyšší koncentrace této složky může být spalování extrémně chudé směsi, nebo naopak extrémně bohaté směsi. Dalším hlediskem, které do určité části ovlivňuje efektivitu spalování je spalovací prostor, který je v případě rozvodů SV, jimž motocykl Indian disponuje nevhodný, a proto se v současné době téměř nepoužívá.

Druhý režim měření, u něhož byly na testované motocykly aplikovány střední otáčky tj. 1600 ot/min u motocyklu Indian a 2100 ot/min u motocyklu Yamaha, byla zaznamenána rozdílná produkce plynných složek, jejichž průběh je znázorněn (viz graf 4).



Graf 4 Produkce plynných emisí v režimu středních otáček

V tomto případě byl u složky NO_x zaznamenán prakticky zanedbatelný přírůstek u motocyklu Yamaha, kdežto motocykl Indian produkoval stejné množství. U složky CO byl u motocyklu Indian zaznamenán přírůstek produkce o 1,45 g/s, oproti původní hodnotě 4,95 g/s, která byla zaznamenána během režimu 800 ot/min. V případě motocyklu Yamaha bylo zaznamenáno snížení produkce o 0,2 g/s.

U složky CO₂ byl v tomto režimu zaznamenán minimální přírůstek u motocyklu Yamaha. Oproti tomu produkce CO₂ se u motocyklu Indian zvýšila o 0,57 g/s na hodnotu 4,09 g/s, což je o 19,32 g/s méně než u motocyklu Yamaha. Produkce složky HC se v případě motocyklu Yamaha v porovnání s předchozím režimem téměř nezměnila. Oproti tomu se snížila produkce u motocyklu Indian na hodnotu 1,11 g/s.

Produkce plyných složek při aplikovaném režimu vyšších otáček je uvedena (viz Příloha č.10). Během tohoto cyklu měření bylo zaznamenáno velmi identických změn v produkci jako je tomu v případě porovnání režimu volnoběžných a středních otáček.

Více fotografií, které byly pořízeny během měření provozních parametrů jsou uvedeny (viz Příloha č.11).

6 Závěr

V rámci teoretické části diplomové práce „Renovace historického motocyklu“ byl vytvořen základní přehled speciálních strojírenských technologií a jejich moderních trendů, které jsou uplatňovány během renovace poškozených strojních součástí v technické praxi a mohou být předpokladem při renovaci součástí historického motocyklu. Této analýze vybraných renovačních technologií předcházelo vymezení základních pojmů a příčin, které vedou ke vzniku opotřebení a poškození funkčních ploch, jejichž přítomnost je u strojních součástí nežádoucí a je důvodem pro aplikaci procesu renovace. Na základě analýzy a zpracování poznatků problematiky renovace strojních součástí byl vytvořen metodologický rámec, jehož přínos spočívá ve vlastním návrhu postupu celkové renovace historického motocyklu. Návrh je popsán včetně demontážních, montážních a seřizovacích operací doplněných realizací jízdních zkoušek s experimentálním měřením provozních parametrů týkajících se emisí. Součástí metodologického rámce bylo vytvoření soupisu přístrojového vybavení (včetně jeho specifikace) použitého k experimentálnímu měření emisí, jenž posloužil ke sběru dat pro jejich následovné zpracování a porovnání s moderním motocyklem Yamaha XT 660 R.

V praktické části byla tato metodika aplikována na vlastní historický motocykl Indian model Scout 750 z roku 1927. V úvodu praktické části viz kapitola 5.1 Výsledky – demontáž spalovacího motoru a jeho renovace, byl popsán detailní postup demontáže spalovacího motoru včetně použitého nářadí společně s přípravky a renovace jeho jednotlivých konstrukčních celků, kterými jsou hlavy motoru, válce a ventilové ústrojí, klikový hřídel a ojnice, pístní skupina, rozvody motoru, primární převod a skříň motoru. Následně byl v kapitole 6.2 Výsledky – renovace podvozku a dílčích příslušenství, popsán detailní postup renovace a opravy nosného rámu trubkového provedení spolu s přední vidlicí. V druhé části této kapitoly byl zhodnocen stav vybraných součástí ze skupiny dílčího příslušenství, kterými jsou blatníky, tlumící jednotka přední vidlice a brzdové ústrojí a byl popsán postup jejich renovace. V následující kapitole byly stručně popsány montážní operace některých částí spalovacího motoru, a především pak jejich zajištění spolu se sdruženými součástmi. Následoval popis dokončovacích operací souvisejících s povrchovými úpravami součástí předurčených ke galvanickému niklování a součástí, u nichž byla před finálním nanesením barvy aplikována renovace tmelením. V konečné fázi této kapitoly byla popsána fyzická kompletace motocyklu jako celku. Před samotným uvedením motocyklu do provozu a jeho testováním proběhla kontrola ventilového rozvodu spolu s nastavením karburátoru a olejového čerpadla, jejichž postup je uveden v kapitole 5.3.1. Praktická část byla dále doplněna o vlastní fotografie, které byly pořízeny během jednotlivých úkonů renovace a dalších postupů.

Na základě aplikace metodiky bylo dosaženo prvních 3 stanovených dílčích cílů, týkajících se demontáže motoru a jeho renovace, renovace podvozku a dílčích příslušenství motocyklu a sestavení motocyklu a jeho seřízení. Výsledkem této části je tak plně funkční a pojízdný motocykl Indian Scout 750 z roku 1927, jemuž předcházela celková renovace. Tato část práce dokázala, že při renovaci, ať už jakéhokoliv historického stroje, lze použít jak součástky nové z tzv. druhovýroby, tak součásti renovované, nebo dokonce originální v původním stavu, pokud u nich nejsou shledány známky poškození a jsou tak schopny

nadále plnit požadovanou funkci. Dále se ukázalo, že některé renovační postupy mohou být prováděny zručným majitelem vozidla svépomocí, disponuje-li potřebným nářadím, přípravy nebo základními obráběcími stroji. Současně však existuje řada součástí, jejichž renovace vyžaduje specifické strojní vybavení a dlouholeté zkušenosti a je tak nutné je svěřit specializované firmě. Závěrem lze říct, že celková renovace motocyklu proběhla úspěšně. Motocyklu byly navraceny jeho funkční vlastnosti, což bylo ověřeno provozní zkouškou a úspěšně absolvovanou technickou kontrolou na stanici STK.

Po zaběhnutí spalovacího motoru nájездem 2500 km a ověření tak správné funkčnosti motocyklu a zaznamenání jeho možných nedostatků, byly v rámci diplomové práce realizovány jízdní zkoušky. Během těchto zkoušek podléhajících šetření dílčího cíle 4, kterým je realizace jízdních zkoušek a měření provozních parametrů, proběhlo pod odborným dohledem v prostorách České zemědělské univerzity v Praze experimentální měření výfukových částic spalovacího motoru. Součástí tohoto měření bylo dále měření produkce množství složek CO, CO₂, HC, NO_x ve výfukových plynech, které se dále provádělo u motocyklu Yamaha XT 660 R. V kapitole 5.4. byl popsán stručný popis průběhu měření včetně získaných hodnot.

Obecně výsledkem měření koncentrace výfukových částic spalovacího motoru byla možnost vytvořit si skutečný náhled na rozdílnou koncentraci výfukových částic zaznamenanou v jednotlivých režimech měření u samotného motocyklu Indian. Nejvyšších koncentrací bylo ve všech režimech zaznamenáno při jednotné velikosti částice 165,5 nm. V režimu 800 ot/min byla při této velikosti zaznamenána nejvyšší koncentrace o hodnotě 4,95E+4 #/cm³, kdežto ve středních otáčkách 1600 ot/min byla tato koncentrace 4,26E+4 #/cm³. V nejvyšších otáčkách o hodnotě 2400 ot/min byla tato hodnota 2,02E+4 #/cm³, což je o téměř o polovinu méně než v případě středního režimu otáček.

Jelikož pevné částice vznikají na základě procesu spalování uhlovodíkových paliv, doprovázeného vysokými teploty bez přístupu vzduchu, lze usoudit, že nejvyšší koncentrace, které byly zaznamenány při jednotlivých cyklech měření nastaly pravděpodobně při velmi nízkém podílu kyslíku, nebo nízkých teplot ve spalovacím prostoru. Z důvodu absence limitních hodnot částic emisí pro vozidla kategorie L nebylo možné naměřené hodnoty porovnat.

Druhou částí experimentu bylo měření produkce vybraných plyných emisních složek CO, CO₂, HC, NO_x u motocyklů Indian a Yamaha, na nichž byly aplikovány zvolené režimy otáček. U všech aplikovaných otáček byly v případě emisní složky NO_x pro dvojici motocyklů zaznamenány prakticky zanedbatelné hodnoty, a to z důvodu velmi extrémních teplot a tlaku v průběhu hoření při přebytku kyslíku, které podmiňují vznik této složky. Z tohoto důvodu je tak tato složka vnímána především u vznětových motorů.

Oproti tomu u složky CO, byly zaznamenány velmi znatelné rozdíly v produkci. Motocykl Indian ve všech případech vyprodukoval téměř o 100 % více této složky, než motocykl Yamaha. Z toho lze usoudit, že u tohoto motocyklu docházelo k nedokonalému spalování směsi, které je způsobeno nedostatkem kyslíku, nízkou teplotou, nebo krátkým časem spalování. Snížení produkce této složky je tak možné učinit na základě lepšího nastavení hlavní a volnoběžné jehly karburátoru Indian, jejichž nastavení se v průběhu životnosti spalovacího motoru individuálně mění v závislosti na jeho opotřebení. Další

možností snížení této složky je prostřednictvím optimálního nastavení zapalování, u něhož je krok předstihu ovládán manuálně.

U plynné složky CO₂, byly ve všech režimech měření stejně tak zaznamenány znatelné rozdíly. V tomto případě produkoval větší množství této složky moderní motocykl Yamaha. V režimu volnoběžných otáček byla jeho produkce vyšší oproti motocyklu Indian o téměř 15 %. V režimu středních otáček byla tato produkce vyšší o 17,5 % a v režimu vyšších otáček o cca 25 %. Z toho lze usoudit, že produkce této složky se zvyšovala se zvýšením otáček. Nadprodukce této složky značí u motocyklu Yamaha efektivnější proces spalování oproti motocyklu Indian.

Poslední složkou, u níž se porovnávalo vyprodukované množství byly nespálené uhlovodíky. U této složky byla nadprodukce zaznamenána tentokrát u motocyklu Indian, a to ve všech režimech měření. Produkce této složky byla téměř o 100 % vyšší než u motocyklu Yamaha, který vykazoval prakticky zanedbatelné hodnoty. Zvýšená produkce této složky je způsobena především nedokonalou oxidační reakcí paliva spolu se vzduchem, extrémě chudou či bohatou směsí, poruchou či vynecháním zapalování a do určité míry je ovlivněna nevhodným spalovacím prostorem.

Závěrem lze podotknout, že tato práce přinesla kromě základního přehledu renovačních technologií poškozených strojních součástí, na jejichž předpokladě byl díky vlastnímu návrhu celkové renovace zrenovován historický motocykl Indian, také příspěvek k tématu měření emisí vozidel kategorie L, kde výsledky naznačují, že další vývoj v této oblasti je nutný.



7 Literatura

- [1] KULOVANÁ, Eliška. *Mechanizace zemědělství: Renovace strojních součástí* [online]. 2001 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/renovace-strojnich-soucasti/>
- [2] POŠTA, Josef, Jaroslav HAVLÍČEK a Michail I. ČERNOVOL. *Renovace strojních součástí: [vědecká monografie]*. 2. vyd. Praha: SVÚM, 1998. ISBN 80-902015-6-3.
- [3] LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. Druhé doplněné vydání. [Praha]: Kamil Mařík - Professional Publishing, 2016. ISBN 978-80-7431-163-5.
- [4] POŠTA, Josef. *Degradace strojních součástí* [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, 2003 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <https://degradace.tf.czu.cz/>
- [5] BOHÁČEK, František. *Části a mechanismy strojů*. 3. vyd. Brno: PC-DIR, 1996. ISBN 80-214-0829-4.
- [6] BARTÁK, Jiří. *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2000, 213 s. Svařování. ISBN 80-85771-72-1. S. 194-197.
- [7] BAJGA, Miroslav. *Svět svaru: Navařování kovů* [online]. 2005, 9(2), 1-12 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Nava%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD_complete.pdf
- [8] KUBÍČEK, Jaroslav. *RENOVACE A POVRCHOVÉ ÚPRAVY* [online]. [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hrp_renovace_a_povrchove_upravu_kubicek.pdf
- [9] MENDEZ, Patricio, Nairn BARNES, Kurtis BELL, et al. *ScienceDirect: Journal of Manufacturing Processes: Welding processes for wear resistant overlays* [online]. 2014, 4-25 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263436802000732>
- [10] LÖBL, Karel. *Tvrdé návary: určeno pro nižší a stř. kádry strojírenského prům.* Praha: SNTL, 1955. Řada strojírenské literatury.
- [11] *SVARINFO: Svařování metodou 311 - plamenem* [online]. Český svářečský ústav, 2007 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2007010802>
- [12] BALLA, Vamsi Krishna, Vibhuti Narain MISRA, Partha Sarathi MUKHERJEE a Puneet SHARMA. *ScienceDirect: International Journal of Refractory Metals and Hard Materials: Microstructure and properties of flame sprayed tungsten carbide coatings* [online]. 2002, , 355-374 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263436802000732>
- [13] LÖBL, Karel. *Navařování*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961. Knihnice strojírenské výroby. 132 s.
- [14] KUBÍČEK, Jaroslav. *Renovace a povrchové úpravy: RENOVACE* [online]. Brno: FSI, 2018 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z:

- http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hpu_renovace_a_povrchove_upravy_renovace_2018_kubicek.pdf
- [15] KSK: Český výrobce speciálních strojů. KSK [online]. 2008 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://www.kskct.cz/web/index.php?jazyk=cz&odkaz=menu>
- [16] ROHAN, Pavel, Ladislav KOLAŘÍK, Tomáš KRAMÁR a Zdeněk KRŠKA. *MM - Odborně-vzdělávací a zpravodajský portál z oblasti strojírenství a navazujících oborů: Navařování plazmatem - ochranné povlaky ve výrobě i výzkumu* [online]. FS ČVUT v Praze, Ústav strojírenské technologie, KSK, 2015, , 86 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/navarovani-plazmatem-ochrannepovlaky-ve-vyrobe-i-vyzkumu.html>
- [17] *MM - Odborně-vzdělávací a zpravodajský portál z oblasti strojírenství a navazujících oborů: Laserové navařování* [online]. FS ČVUT v Praze, Ústav strojírenské technologie, KSK, 2001, 67 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/laserove-navarovani.html>
- [18] LCV. [online]. [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://www.lcv.cz/?url=svarovanilaserem&idk=8>
- [19] *Journal of Manufacturing Processes: Welding processes for wear resistant overlays* [online]. The Society of Manufacturing Engineers, 2014, 4–25 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1055852.pdf>
- [20] *Hardfacetechnologies: Postalloy welding products* [online]. Cleveland, Ohio 44142: Postle Industries, 2007 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: http://www.hardfacetechnologies.com/postle_hft/pdfs/postalloy_cat_eng.pdf
- [21] MRŇA, Libor. *Navařování laserem laser cladding: Výuka - Speciální svařovací technologie* [online]. Brno: VUT Brno, fakulta strojního inženýrství [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_navarovani_laserem_mrna.pdf
- [22] *VÚTS - Liberec, Partner pro výzkum, vývoj a inovace: Laserové navařování* [online]. Liberec [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.vuts.cz/laserove-navarovani.html>
- [23] *Postalloy Hardface Technologies - Your Global Resource for Industrial Hardface Technology and Wear Resistant Technologies: Tungsten Carbide Hardfacing* [online]. USA [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: http://www.tungstencarbidehardfacing.com/tungstencarbidehardfacing/index_tchf.php
- [24] JIU LI, Chang. *ScienceDirect: Surface Engineering of Light Alloys - Thermal spraying of light alloys* [online]. Jiaotong University, China: Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, 2010, , 184-241 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845695378500075?via%3Dihub>

- [25] XING, Ya Zhe, Yong LI, Chang JIU LI, Guan JUN YANG a XIN LI. *ResearchGate: Influence of Substrate Temperature on Microcracks Formation in Plasma-Sprayed Yttria - Stabilized Zirconia Splats* [online]. 2008, , 373:69-72 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/238455601_Influence_of_Substrate_Temperature_on_Microcracks_Formation_in_Plasma-Sprayed_Yttria-Stabilized_Zirconia_Splats
- [26] FAN, Xizhi et al. Preparation and Characterization of 8 YSZ Thermal Barrier Coatings on Rare Earth-Magnesium Alloy. *Journal of Thermal Spray Technology*. 2011, roč. 20, č. 4, s. 948–957 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z DOI: 10.1007/s11666-0119616-2
- [27] KUBÍČEK, Jaroslav. *Renovace a povrchové úpravy: Žárové nástřiky* [online]. Brno: FSI, 2018 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hpu_renovace_a_povrchove_upravy_zarove_nastriky_2018_kubicek.pdf
- [28] *TS - Tech: Žárové nástřiky* [online]. Hodonín [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.ts-tech.cz/zarove-nastriky.html>
- [29] *Plasmametal: Použité technologie - Žárové stříkání* [online]. Brno [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.plasmametal.cz/pouzite-technologie>
- [30] HOUDKOVÁ, Šárka, ENŽL, Radek, BLÁHOVA, Olga. Žárové nástřiky: moderní technologie povrchových úprav [online]. 2003 [cit. 2020-10-27]. Dostupný z WWW: <http://www.kmm.zcu.cz/CD/index.htm>
- [31] AMBROŽ, Oldřich a Jiří KAŠPAR. *Žárové nástřiky a jejich průmyslové využití*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00347-4.
- [32] LÍBAL, Martin. *Stanovení hlavních parametrů ovlivňujících přilnavost a odolnost povlaků žárových nástřiků vytvořených elektrickým obloukem* [online]. 2012 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18249171-Zapadoceska-univerzita-v-plzni-fakulta-strojni.html>. Diplomová práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI FAKULTA STROJNÍ. Vedoucí práce Kříž Antonín.
- [33] *Servis armatur: Technologie navařování a nástřiků* [online]. Paskov [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <http://www.servisarmatur.cz>
- [34] *Konstrukce - Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství: Technologie žárových nástřiků: Aplikace, kvalita povlaků a rizika při jejich výrobě* [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/technologiezarovych-nastriku-aplikace-kvalita-povlaku-a-rizika-pri-jejichvyrobe/>.
- [35] *Oerlikon metco: Thermal Spraying Processes* [online]. Switzerland [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.oerlikon.com/metco/en/products-services/coating-equipment/thermal-spray/processes/>
- [36] SINGH, H, B.H. SIDHU, D PURI a S PRAKASH. *Wiley Online Library: Use of plasma spray technology for deposition of high temperature oxidation/corrosion resistant coatings – a review* [online]. 2007 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/maco.200603985>

- [37] *Tribotechnika: Úvod do technologie povrchové úpravy plazmovým nástríkem* [online]. TechPark [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-62012/uvod-do-technologie-povrchove-upravy-plazmovym-nastrikem-1-cast.html>
- [38] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Galvanické pokovování* [online]. 2019 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Galvanick%C3%A9_pokovov%C3%A1n%C3%AD
- [39] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7082-668-1.
- [40] *POVRCHOVÉ ÚPRAVY SOUČÁSTÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ* [online]. 2012 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52557. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce ONDŘEJ MARŠÁLEK.
- [41] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1995. ISBN 80-7078-267-6.
- [42] PETERKA, Bohuslav a Josef POŠTA. In: *Technologie údržby strojů: Renovace strojních součástí - rovnání* [online]. 2. přednáška. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze - Technická fakulta, 2016 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: https://moodle.czu.cz/pluginfile.php?file=/1238270/mod_resource/content/2/P%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka_TUS_03-Rovn%C3%A1n%C3%AD_2018%20.pdf
- [43] MARTINEC, Jiří, Aleš PLÍHAL a Zdeněk ŠVEIDLER. *MM - Odborně-vzdělávací a zpravodajský portál z oblasti strojírenství a navazujících oborů: Svařování a opravy litinových výrobků* [online]. 2005 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/svarovani-a-opravy-litinovych-vyrobku.html>
- [44] Ing. Jiří Barták, CSc. a kolektiv autorů: *Svařování kovů v praxi*. VARLEG DASHÖFER, Praha 2009.
- [45] *MM - Odborně-vzdělávací a zpravodajský portál z oblasti strojírenství a navazujících oborů: Svařitelnost hliníkových slitin* [online]. 2011 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/svarovani-a-opravy-litinovych-vyrobku.html>
- [46] KOUTNÝ, Jiří. *Hliníkové materiály a možnosti jejich svařování* [online]. 2006 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <http://www.ews.cz/files/servis/hlinik.pdf>
- [47] *Strojírny a stavby Trinec: Opravy metodou METALOCK* [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <http://www2.sas-trinec.cz/download/letak-metalock.pdf>
- [48] PETERKA, Bohuslav a Josef POŠTA. In: *Technologie údržby strojů: Renovace strojních součástí – Trhliny a lomy II.* [online]. 3. přednáška. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze - Technická fakulta, 2018 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: https://moodle.czu.cz/pluginfile.php/1238266/mod_resource/content/4/P%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka_TUS_03-TrhlinyLomy_2_2018%20.pdf

- [49] LENSVELD, Jim a Peter te BRAKE. *Indian: motocykly*. Čestlice: Rebo Productions, c1999. ISBN 80-7234-015-8.
- [50] SOUČEK, Vladimír. *Nesmrtelný Indian: legenda mezi motocykly*. V Brně: CPress, 2019. ISBN 978-80-264-2848-0.
- [51] NÖLL, Jürgen. *Renovace, opravy motocyklů*. Praha: Computer Press, 2001. Všechny cesty k informacím. ISBN 8072264672.
- [52] *ENGINE EXHAUST PARTICLE SIZER™ (EEPS™) SPECTROMETER MODEL 3090/3090AK: OPERATION AND SERVICE MANUAL*. TSI Incorporated. USA, 2015. Dostupné také z: <https://www.kenelec.com.au/wp-content/uploads/2018/12/TSI-3090-EEPS-Engine-Exhaust-Particle-Sizer-Spectrometer-Manual.pdf>
- [53] *Operation manual BRAIN BEE AGS-200*. 43126 - Parma (Italia): Brainbee Automotive, 59 s. Dostupné také z: http://www.brainbee.it/manuali_box.php?id=9&lng=en_US&lang=en_US
- [54] *Mall.cz: Genborx Stroboskopická lampa s digitálním motortesterem pro benzínové i naftové motory* [online]. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: https://www.mall.cz/autodiagnostiky/genborx-stroboskopicka-lampa-s-digitalnim-motortesterem-pro-benzinove-i-naftove-motory-100018567977?gclid=Cj0KCQiA962BBhCzARIsAIPWEL2dFVXBllhwBujPFvWIPsV2b3P6XZ1gPJjkAZFgE1NkZ9y0_tpcQf8AaAvmcEALw_wcB
- [55] *Motorkáři: Katalog – Technické údaje Yamaha XT 660 R* [online]. 2008 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/motokatalog/yamaha/yamaha-xt-660-r.html>
- [56] NGUYEN PHU, Bc. *EMISE SPALOVACÍHO MOTORU PŘI PROVOZU NA PLYNNÁ PALIVA*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. Dostupné také z: <https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/17453/DIPLOMOVA+PRACE.pdf?sequence=1>. Diplomová práce.

Seznam použitých zkratk a symbolů

d_1	hledaný opravný rozměr [mm]
d	původní rozměr [mm]
d_2	rozměr v nejvíce opotřebeném místě [mm]
h_{max}	maximální opotřebení [mm]
h_{min}	minimální opotřebení [mm]
f	přídavek na opracování [mm]
Δh	rozdíl maximálního a minimálního opotřebení [mm]
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
NO _x	oxidy dusíku
HC	nespálené uhlovodíky
O ₂	kyslík

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Základní druhy opotřebení [5].....	4
Obrázek 2 Určení opravného rozměru [3]	6
Obrázek 3 Typy plamenů [11]	8
Obrázek 4 Navařování odtavující a neodtavující se elektrodou [10].....	9
Obrázek 5 Schéma procesu navařování plazmou s práškem [19].....	9
Obrázek 6 Navařování plazmou (A – práškem, B – drátem, plněná elektroda).....	10
Obrázek 7 Aplikace navařování laserem [21].....	11
Obrázek 8 Různé průřezy a druhy plněných elektrod.....	12
Obrázek 9 Schéma navařování s použitím tavící se elektrody v ochranné atmosféře inertního plynu 131	12
Obrázek 10 Princip žárového nástřiku [28]	12
Obrázek 11 a) aplikovaný splat na předehřátém substrátu, b) aplikovaný splat na nepřehříváném povrchu [25]	13
Obrázek 12 Schéma řezu žárově nastříkané vrstvy [29].....	13
Obrázek 13 Schéma nástřiku plamenem [27]	14
Obrázek 14 Nástřik hlavy motoru motocyklu plamenem z drátu [27]	14
Obrázek 15 Schéma vysoko rychlostního nástřiku HVOF	15
Obrázek 16 Schéma principu nástřiku elektrickým obloukem [27]	16
Obrázek 17 Princip plazmového nástřiku [27]	17
Obrázek 18 Schéma principu rovnání ohybem za studena [42]	20
Obrázek 19 Schéma principu rovnání ohybem za tepla [42].....	21
Obrázek 20 Aplikace místního bodového ohřevu u součásti [42]	21
Obrázek 21 Schéma průřezu po vyvrtání otvorů pro aplikaci svorek [48].....	25
Obrázek 22 Vyplnění trhliny mezi stehy pomocí kuliček [48]	25
Obrázek 23 Indian Scout 750 ccm z roku 1928.....	27
Obrázek 24 Výchozí podoba renovovaného motocyklu.....	28
Obrázek 25 Původní technický průkaz motocyklu Indian.....	29
Obrázek 26 Schéma činnosti měřícího přístroje EEPS.....	33
Obrázek 27 Analyzátor plynů Brain Bee AGS-200 [53].....	34
Obrázek 28 Stroboskopická lampa Genborx [54].....	35
Obrázek 29 Spalovací motor motocyklu Indian před renovací	36
Obrázek 30 Primární převod po očištění	37
Obrázek 31 Hlavy spalovacího motoru po demontáži.....	38
Obrázek 32 Rozvody spalovacího motoru.....	38
Obrázek 33 Litinové hlavy motoru	39
Obrázek 34 Hlavy motoru po renovaci.....	39
Obrázek 35 Aplikace neoriginálních vložek válců	40
Obrázek 36 Univerzální vložka válce	41
Obrázek 37 Lisování vodítek ventilů.....	41
Obrázek 38 Nově sací a výfukové ventily po zkrácení a tepelném zpracování	42
Obrázek 39 Frézovací hlavice sedel ventilů	43
Obrázek 40 Detailní zobrazení klikového hřídele a jeho uložení.....	43

Obrázek 41 Válečkové ložisko s jednostranně uzavřenou klecí.....	44
Obrázek 42 Nový píst vyrobený dle předlohy (před jeho zkrácením).....	45
Obrázek 43 Mazací kanálky pístních čepů	45
Obrázek 44 Schéma spalovacího motoru Indian Scout	46
Obrázek 45 Soustružení kluzných ložisek rozvodových kol	47
Obrázek 46 Vahadlo zdvihátka ve výchozím stavu.....	48
Obrázek 47 Radiální vůle zdvihátka ve vodítku	49
Obrázek 48 Nové uložení středového kola primárního převodu	50
Obrázek 49 Schéma spojky.....	50
Obrázek 50 Poškozené přepážky karterů.....	51
Obrázek 51 Nosný rám motocyklu Indian Scout.....	52
Obrázek 52 Vrtání podsedadlového odlitku	53
Obrázek 53 Nosný rám po opravě horní části.....	54
Obrázek 54 Renovace otvorů vidlice na původní rozměr.....	54
Obrázek 55 Vrtání otvorů listové pružiny na opravný rozměr	55
Obrázek 56 Pasování předního blatníku s novými vzpěrami	56
Obrázek 57 Zadní blatník po odstranění pantu	56
Obrázek 58 Soustružení přídavku brzdového obložení	57
Obrázek 59 Montáž pístních kroužků	58
Obrázek 60 Konečná podoba zrenovovaného spalovacího motoru.....	59
Obrázek 61 Postupná montáž motocyklu Indian Scout	60
Obrázek 62 Karburátor Schebler Deluxe.....	61
Obrázek 63 Mechanické dávkovací čerpadlo	61
Obrázek 64 Finální podoba motocyklu Indian Scout 750 po celkové renovaci	62
Obrázek 65 Testovaný motocykl Yamaha XT 660 R.....	63
Obrázek 66 Uspořádání stanoviště měření motocyklu Indian	63
Obrázek 67 Měření otáček v režimu 800 ot/min	64
Obrázek 68 Redukce koncovky výfuku a odběrové sondy analyzátorů.....	66

Seznam použitých tabulek

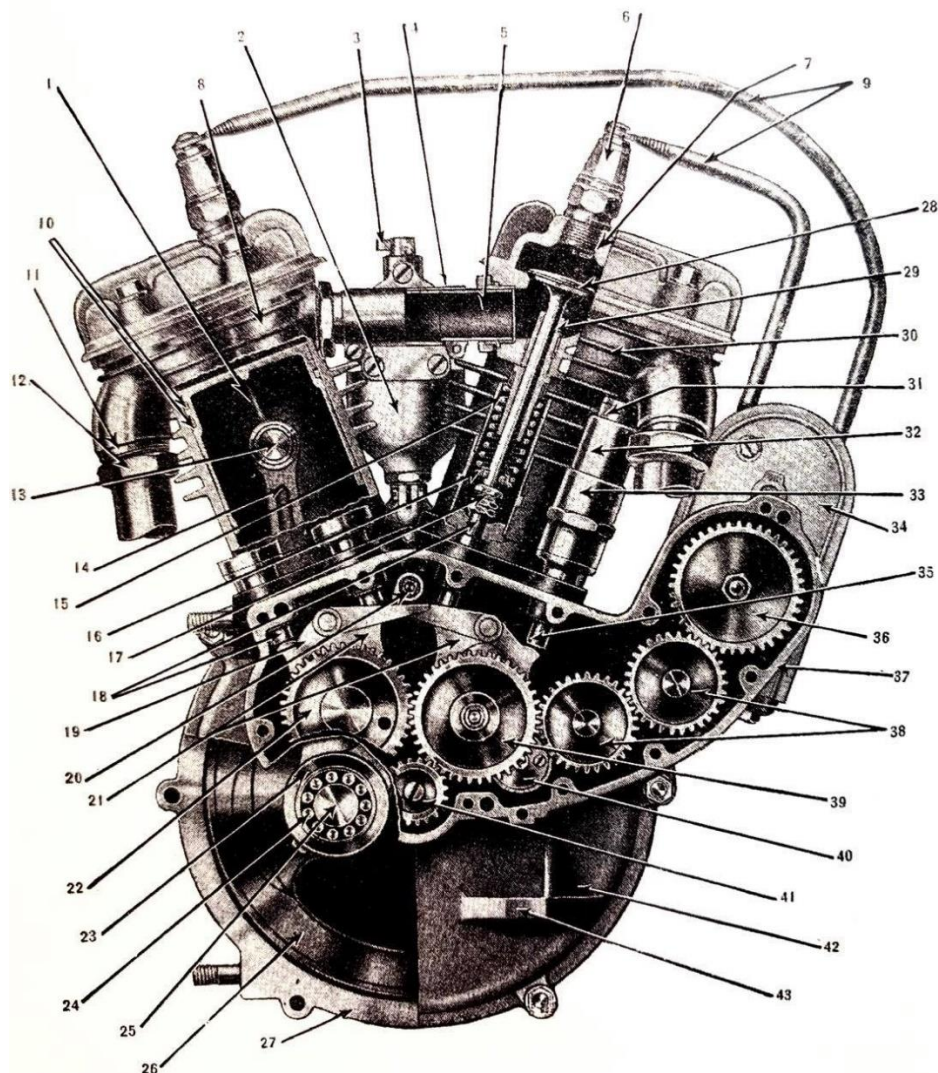
Tabulka 1 Parametry měřícího přístroje EEPS [52]	34
Tabulka 2 Parametry analyzátoru Brain Bee AGS-200 [53].....	35
Tabulka 3 Parametry stroboskopické lampy Genborx [54]	35
Tabulka 4 Technické parametry porovnávaných motocyků.....	62

Seznam použitých grafů

Graf 1 Koncentrace částic v režimu 800, 1600, 2400 ot/min	65
Graf 2 Procentuální složení výfukových plynů zážehového motoru [56]	67
Graf 3 Produkce plynných emisí v režimu volnoběžných otáček	67
Graf 4 Produkce plynných emisí v režimu středních otáček	68

Samostatné prílohy

Príloha č. 1 – Dobové schéma spalovacieho motoru Indian Scout s popisem



Číselná pozícia	Název		
1	Píst	22	zadní vačkové kolo rozvodu
2	Karburátor	23	hlava ojnice
3	klapka karburátoru	24	válečková ložiska
4	sací příruba	25	ojniční čep
5	přípojka sacího potrubí	26	setrvačnick klikové hřídele
6	zapalovací svíčka	27	levý karter
7	hlava motoru	28	sací ventil
8	zadní válec	29	vodítko ventilů
9	kabely VN	30	přední válec
10	pístní kroužky	31	opěrka krytu ventilu
11	výfukové hrdlo válce	32	horní část krytu ventilu
12	matice výfukového svodu	33	spodní část krytu ventilu
13	pístní čep	34	zapalování Bosch
14	ojnice	35	nárazník výfukového zdvihátka
15	ventilová pružina	36	ozubené kolo zapalování
16	talíř ventilové pružiny	37	rozvodová komora
17	stavěcí šroub zdvihátka	38	vložená (spojovací) kola rozvodu
18	nárazníky zdvihátek	39	přední vačkové kolo rozvodu
19	vahadlo výfuk. ventilu	40	odvzdušňovací ventil
20	excentr dekompresoru	41	hnací kolečko rozvodu
21	vahadlo sac. ventilu	42	pravý karter
		43	nosná patka

Příloha č. 2 – Renovace hlav motoru

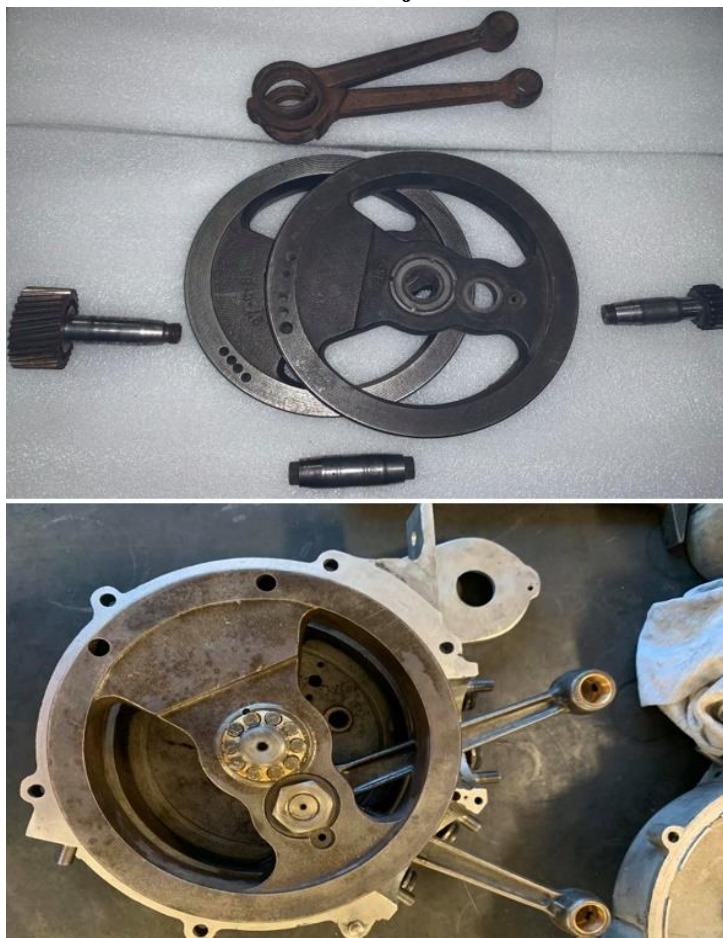


Příloha č. 3 – Renovace válců motoru a ventilového ústrojí

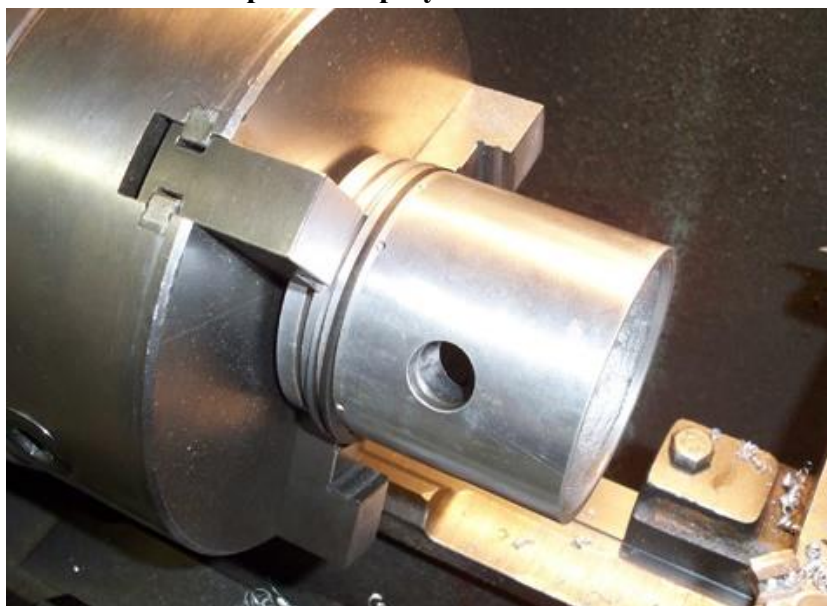




Příloha č. 4 – Renovace klikového hřídele a ojníc

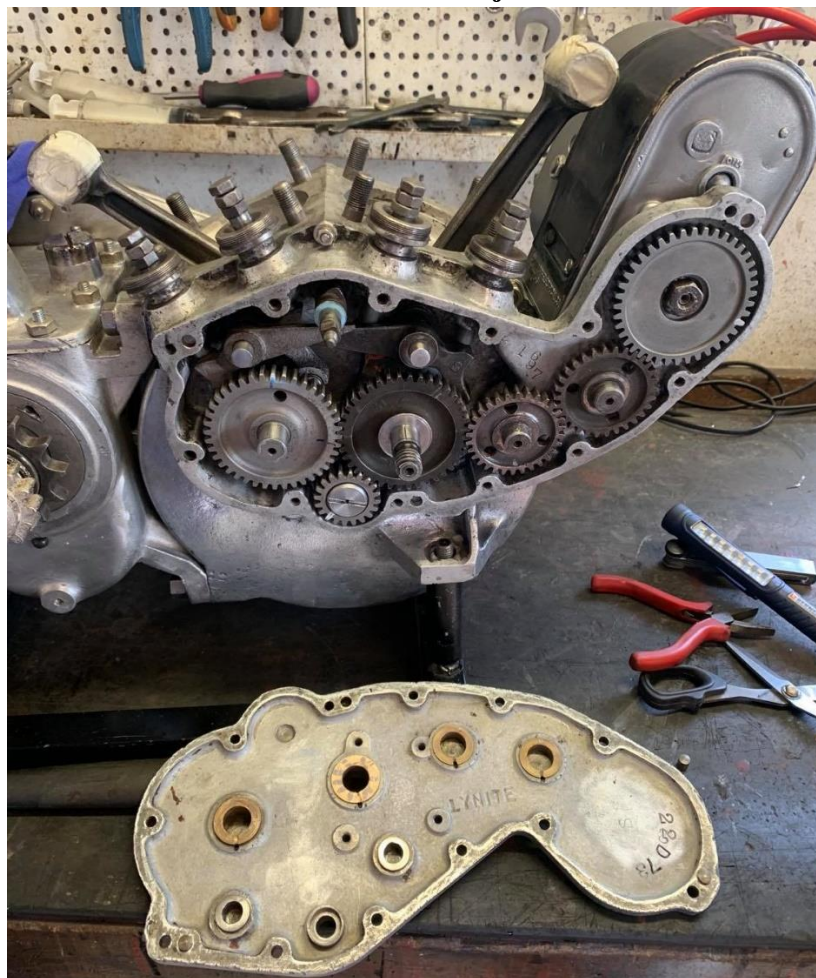


Příloha č. 5 – Renovace pístní skupiny





Příloha č. 6 – Renovace rozvodu motoru a jeho uložení

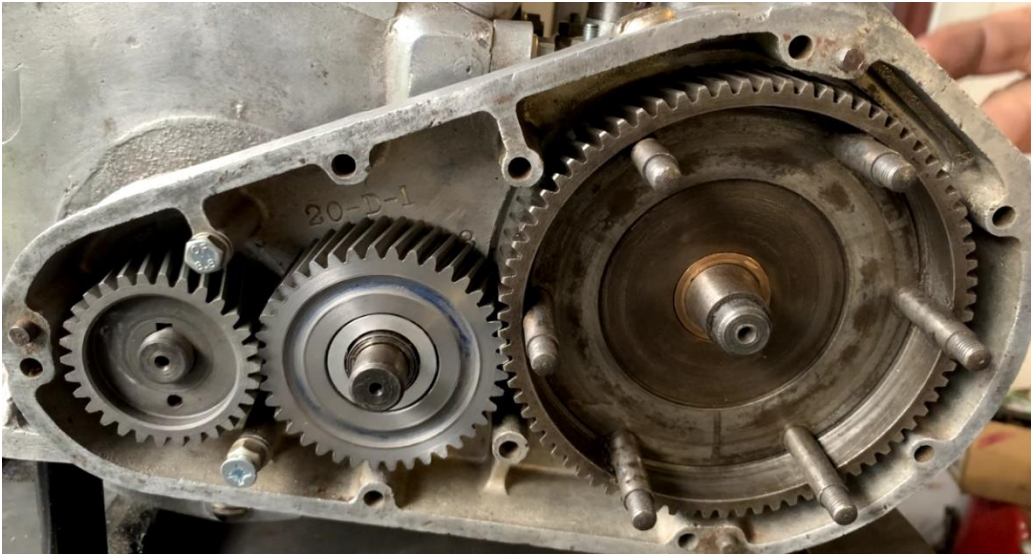






Příloha č. 7 – Renovace primárního převodu



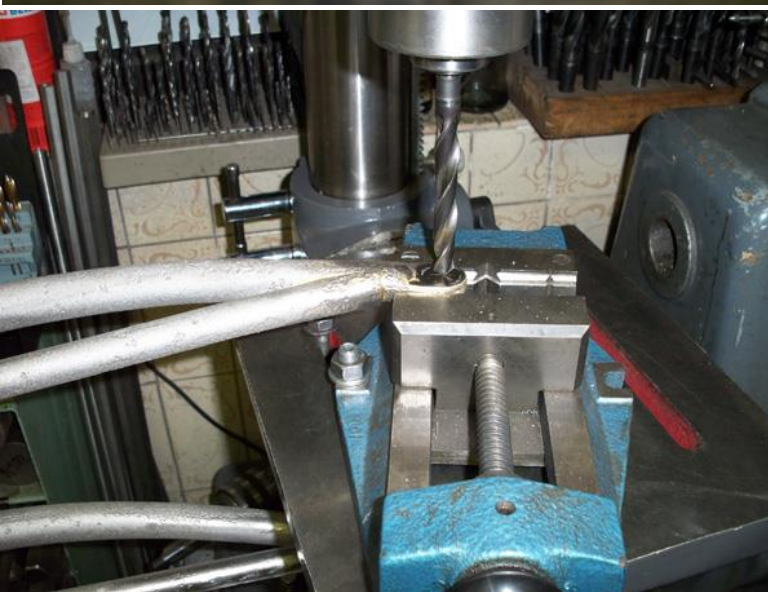




Příloha č. 8 – Renovace nosného rámu a přední vidlice







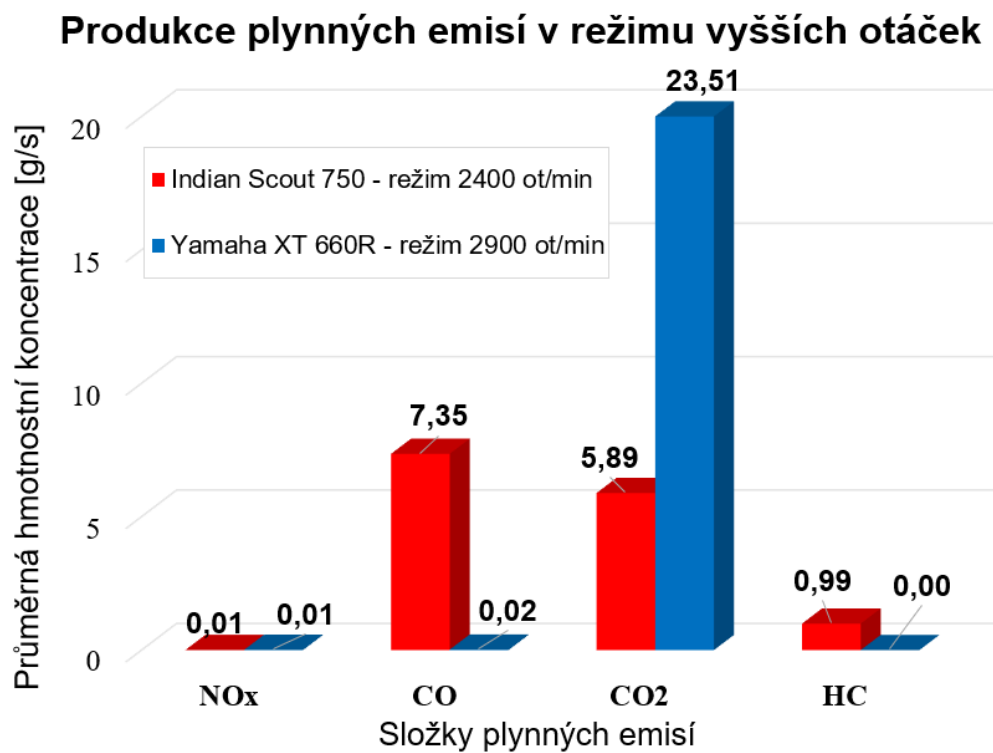
Příloha č. 9 – Renovace vybraných dílčích příslušenství







Příloha č. 10 - Produkce plynných složek emisí při aplikovaném režimu vyšších otáček



Příloha č. 11 – Měření provozních parametrů

