



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

URYCHLENÍ PROCESU ČIŠTĚNÍ POKOVENÝCH A LAKOVANÝCH OCELOVÝCH DÍLŮ

ACCELERATING THE CLEANING PROCESS OF PLATED AND PAINTED STEEL PARTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ HOPLÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. LADISLAV ČELKO, PH.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav materiálových věd a inženýrství

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Hoplíček

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Urychlení procesu čištění pokovených a lakovaných ocelových dílů

v anglickém jazyce:

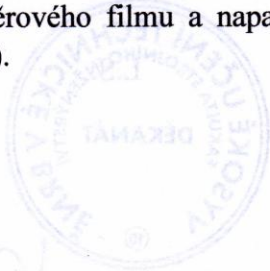
Accelerating the Cleaning Process of Plated and Painted Steel Parts

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

- 1) Vytipování vhodných chemických lázní pro danou aplikaci
- 2) Odzkoušení koncentrací složek, teplot lázně, popř. využití různých frekvencí ultrazvuku za účelem zvýšení účinnosti, vedoucích k odstranění nátěrového filmu z povrchu dílů
- 3) Vliv tloušťky nánosu laku na chemický proces čištění
- 4) Přítomnost hliníkové vrstvy na kvalitu a rychlost čištění
- 5) Vyhodnocení časové náročnosti pro jednotlivé chemické procesy
- 6) Návrh nejoptimálnějšího procesu čištění a typu čistící lázně pro znečištěné díly

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je nalezení účinné metody k odstranění laku z povrchu ocelových dílů s vrstvou UV vytvrditelného nátěrového filmu a napařené vrstvy hliníku jako náhrady za používaný hydroxid sodný (NaOH).



prof. Ing. Miroslav Dopovoz, CSc., dr. h. c.
Děkan

prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.
ředitel ústavu

Seznam odborné literatury:

Materiály a dokumentace společnosti Hella Autotechnik Nova s.r.o.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: Obrábění kovů

obor: Strojní inženýrství (230116016)

ředitel ústavu: Ing. Ivo Dlouhý, CSc.

Ústavem Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se studiím a v souladu s tímto zadáním VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Účelem práce je výzkum a řešení problémů spojených s

v anglickém jazyce

Accelerating the Cleaning Process of Plated and Painted Steel Parts

stanová charakteristika problematiky úkolů:

- 1) Výzkum vlivů chemických látek pro danou aplikaci
- 2) Optimalizace koncentrací složek, teplot lázní, popř. využití různých frekvencí ultrazvuku za účelem zvýšení účinnosti, vedoucích k odstranění nánosového filmu z povrchu dílu
- 3) Vliv tloušťky nánosů laku na chemický proces čištění
- 4) Přitomnost hliníkové vrstvy na kvalitě a rychlosti čištění
- 5) Vyhodnocení časové náročnosti pro jednotlivé chemické procesy
- 6) Návrh nejoptimálnějšího procesu čištění

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ladislav Čelko, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 20.11.2013



prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na urychlení (optimalizaci) procesu čištění ocelových držáků používaných při kontinuálním procesu lakování a pokovení reflektorů ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice. Hlavním záměrem je zkrátit celkovou dobu procesu čištění výrobních prostředků ve formě háčků a tyčí vyrobených z kombinace nízkouhlíkové a korozivzdorné oceli.

Klíčová slova

čištění, optimalizace, pokovené a lakované ocelové díly

ABSTRACT

The thesis is focused on accelerating (optimization) the cleaning process of steel holders used in a continuous process of painting and plating reflectors at HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice. The main aim is to reduce the total time of cleaning process by the means of production in the form of hooks and rods made from a combination of low carbon and stainless steel.

Key words

cleaning, optimization, plated and painted steel parts

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HOPLÍČEK, O. Urychlení procesu čištění pokovených a lakovaných ocelových dílů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ladislav Čelko, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Urychlení procesu čištění pokovených a lakovaných ocelových dílů** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Ondřej Hoplíček

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomáhali s tvorbou této bakalářské práce, především mému vedoucímu panu Ing. Ladislavu Čelkovi, Ph.D. za jeho odborné a cenné rady, ale také za jeho trpělivost. Též bych chtěl poděkovat paní Ing. Jitce Brodinové ze společnosti HELLA Autotechnik, s.r.o. Mohelnice za její odborné rady, ale také za poskytnutí experimentálního materiálu pro tuto bakalářskou práci.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
I. TEORETICKÁ ČÁST	10
2 UVEDENÍ A ORGANIZACE HELLA CZ	11
2.1 HELLA průmysl.....	11
2.2 Společnost HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice.....	12
3 DRUHY MOŽNÝCH NEČISTOT NA SUBSTRÁTU	14
3.1 Stupně znečištění substrátu.....	14
4 ČIŠTĚNÍ JAKO PŘEDÚPRAVA POVRCHU MATERIÁLŮ PRO POVLAKOVÁNÍ..	15
4.1 Přístupy k čištění v minulosti	17
4.2 Povlakování	17
4.3 Vodní systémy	18
4.3.1 Čisticí prostředky pro vodní systémy	19
4.4 Parametry čištění a jejich vliv	19
4.5 Čisticí linky	21
4.5.1 Úpravy lázně a použité vody z linky	24
5 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ PRÁCE V PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	29
II. PRAKTICKÁ ČÁST	30
6 ČISTÍCÍ LINKA VE SPOLEČNOSTI HELLA AUTOTECHNIK, s. r. o.	31
6.1 Čisticí médium.....	31
6.2 Základní prvky čisticí linky a současný technologický postup čištění.....	31
6.3 Popis čištěných dílů.....	32
7 ČIŠTĚNÍ DRŽÁKŮ REFLEKTORŮ V LABORATORNÍCH PODMÍNKÁCH	33
7.1 Příprava metalografického vzorku pro pozorování mikroskopem	33
7.2 Příprava roztoků k čisticím procesům	39
7.3 Proces čištění	39
7.4 Popis vizuálního hodnocení.....	44
8 DISKUSE VÝSLEDKŮ.....	45
9 ZÁVĚR	46
10 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
11 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	48
12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	49

1 ÚVOD

Procesu čištění ve výrobě se všeobecně přisuzuje podřadná role, zejména pokud se nejedná o tzv. finální čištění. Čištění součástí před povrchovými úpravami stojí především čas a peníze, tzn. hodnoty, které spolu jdou ruku v ruce. Z toho důvodu je záměrem téměř každé společnosti celkový čas jakéhokoliv výrobního procesu, a to nejen u procesu čištění, zkrátit.

Předmětem této bakalářské práce je urychlení stávajícího procesu čištění dílů od nanesených vrstev či povlaků využívaného ve společnosti HELLA Autotechnik, s.r.o. Mohelnice. Současný čisticí proces výrobních prostředků probíhá v čisticí lince, kde se jako čisticí médium současně využívá 20% koncentrace hydroxidu sodného ve formě šupinek a ultrazvuk o frekvenci 16 kHz. Doba čištění je zhruba čtyři hodiny, teplota lázně pak 80°C.

Čištění výrobních prostředků se provádí z důvodu jejich opětovného využití v provozu při lakování reflektorů. Odstraňování tohoto druhu nečistot (dříve deponovaných povlaků) je ve srovnání s možným používáním nově vyrobených výrobních prostředků výrazně levnějším, ale i časově náročnějším řešením, proto je optimalizaci čištění věnováno tolik pozornosti. Při odstraňování těchto nečistot se dá využít různých přístupů k čištění, z nichž každý má své klady, ale i zápory. V rámci této práce bude věnována největší pozornost chemickému čištění a předběžným úpravám povrchu materiálu, které, jak již bylo zmíněno výše, je využíváno ve společnosti HELLA Autotechnik, s.r.o. Mohelnice, která mi toto téma poskytla ke zpracování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

2 UVEDENÍ A ORGANIZACE HELLA CZ

Důvodem, proč je organizace HELLA Česká republika, konkrétně pak především společnost HELLA Autotechnik, s.r.o. Mohelnice předmětem první kapitoly této bakalářské práce, je skutečnost, že řešení vybraného tématu probíhá ve spolupráci právě s touto společností.

Organizace HELLA CZ

Obchodní organizace HELLA CZ, s.r.o. vznikla v roce 1993 ve Zruči nad Sázavou a dodává výrobky koncernu HELLA na český a slovenský trh [1].

HELLA CZ, s.r.o. je dceřinou společností světového výrobce komponentů pro automobilový průmysl, německé společnosti HELLA KGaA Hueck & Co. HELLA KGaA Hueck & Co. je celosvětový podnik, který má své pobočky ve více než 30 zemích [1, 2, 3].

Koncern HELLA patří s obratem 5.0 miliard eur ve fiskálním roce 2012-2013 k 50 největším světovým dodavatelům pro automobilový průmysl [2].

2.1 HELLA průmysl

Kromě vývoje a výroby světelné techniky pro automobilový průmysl využívá HELLA své rozsáhlé kompetence i v dalších atraktivních aplikacích pro jiné cílové skupiny, především pak pro pouliční osvětlení viz obr. 1.1, průmyslové osvětlení (osvětlení čerpacích stanic a parkovacích domů) viz obr. 1.2, osvětlení interiéru, tunelů a návštěvnických středisk pro letecký provoz, apod. Využívá při tom zejména synergický efekt z oborů osvětlení a elektroniky [4].



Obr. 1.1 Pouliční osvětlení [4].



Obr. 1.2 Osvětlení čerpací stanice [4].

2.2 Společnost HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice

V oblasti vývoje a výroby světelné techniky do automobilového průmyslu působí společnost HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. v České republice od roku 1992, kdy byl založen výrobní závod v Mohelnici. Založení firmy HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice úzce souvisí se vstupem koncernu VW do automobilky Škoda Auto. První výrobky, které v roce 1994 opustily brány závodu, byly určeny pro dřívější novinku: Škodu Felicia [5].

V rámci strategie koncernu HELLA v ČR vznikly v Mohelnici postupně tři společnosti, zabývající se výrobou a vývojem světelné techniky a také podporou dalších společností koncernu v regionu střední a východní Evropy.

- HELLA AUTOTECHNIK NOVA s.r.o. - výrobní závod,
- HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. - vývoj výrobků včetně měření a testování,
- HELLA corporate Center Central & Eastern Europe s.r.o. - podpora IT, služby nákupu, financí, human resources (lidské zdroje) [5].

Hlavními produkty společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice jsou, přední světlomety viz obr. 1.3 a 1.4 a zadní svítlny viz obr. 1.5 osobních (Volkswagen Caddy, Tiguan, Touareg, Seat Mii, Škoda Octavia, Ford Fiesta aj.) i nákladních automobilů (DAF) mnoha renomovaných výrobců [3].



Obr. 1.3 Přední světlomet – Audi A8 [3].

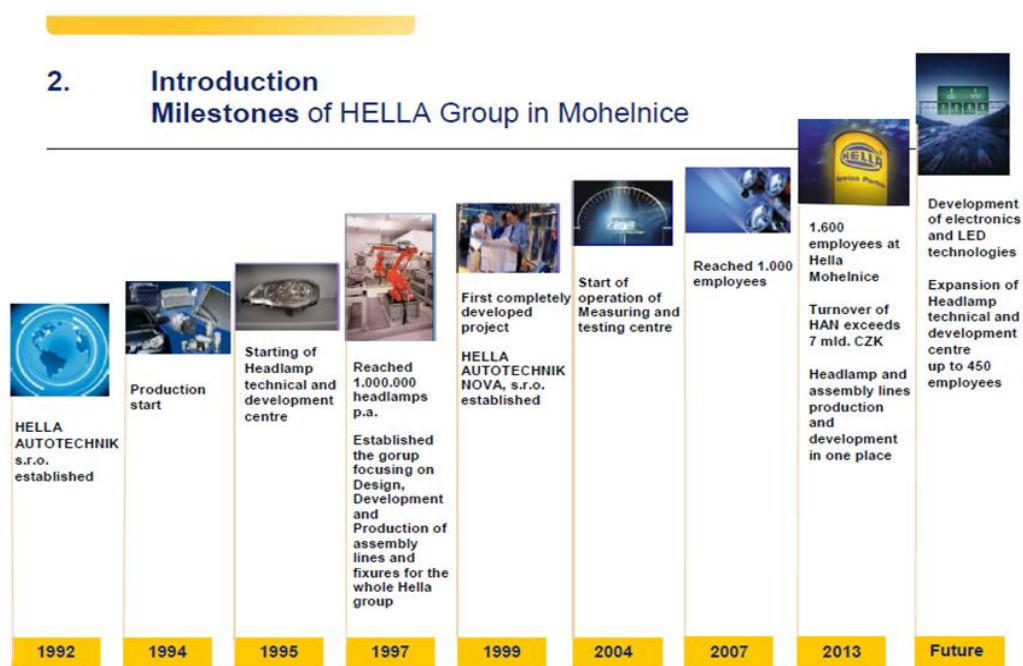


Obr. 1.4 Přední světlomet – Volkswagen Touareg [3].



Obr. 1.5 Zadní svítidla – Opel Astra [3].

Firma HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice také spolupracuje, v oblasti výuky a vzdělání studentů, s vysokými školami technického zaměření. Jedná se o školy: VŠB - TU Ostrava - Fakulta strojní, kde HELLA na katedře Výrobních strojů a konstruování otevřela výuku povinného studijního předmětu Plasty ve strojírenství a konstrukci automobilů, VUT Brno – Fakulta strojního inženýrství, kde od letošního roku probíhá také pod vedením zaměstnanců firmy HELLA výuka nepovinného předmětu Konstrukce automobilového osvětlení a UTB Zlín - Fakulta technologická, která využívá kontaktů a zkušeností společnosti HELLA v oblasti zpracování polymerních systémů.



Obr. 1.4 Milníky v expanzi firmy HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice; established – založena, production start – začátek výroby, starting of headlamp and development centre – začátek světlometů a vývojového centra, reached 1 000 000 headlamps p.a. – dosažení výroby 1 milionu světlometů za rok, established the group focusing on design – založena skupina zaměřená na design, development and production of assembly lines and fixtures for the whole HELLA group – vývoj a výroba montážních linek a příslušenství pro celou skupinu HELLA, first completely developed project – první kompletně rozvinutý projekt, start of operation of measuring and testing centre – začátek činnosti měřicího a testovacího centra, reached 1 000 employees – dosaženo 1 tisíce zaměstnanců, turnover of HAN exceeds 7 mld. CZK – obrat HAN přesahuje 7 miliard CZK, headlamps and assembly lines production and development in one place – výroba a vývoj světlometů a montážních linek na jednom místě, development of electronics and LED technologies – vývoj elektroniky a LED technologií, expansion of headlamp and development centre up to 450 employees – rozšíření světlometového a vývojového centra na 450 zaměstnanců [5].

3 DRUHY MOŽNÝCH NEČISTOT NA SUBSTRÁTU

Nečistoty, které se mohou vyskytovat na základním povrchu materiálu (substrátu), se podle povahy dělí na dva základní druhy, a to [6, 7]:

- nečistoty vlastní (mechanické - s chemickou vazbou)
- nečistoty cizí - ulpělé (většinou bez chemického spojení s povrchem kovu)

Do nečistot bez chemického spojení, tzn. nečistot cizích, patří především mastnoty (tuky, oleje), prach, grafit, zbytky brusných a leštících prostředků, zbytky kovů po předchozích mechanických úpravách, staré povlaky, slévárenský písek, vápno, malta a anorganické soli. Tyto nečistoty jsou na povrchu nebo v dutinách udržovány převážně fyzikálními silami a tvoří vrstvy různé tloušťky, obvykle i s obsahem vlhkosti, které jsou občas hmatem nebo zrakem těžko rozpoznatelné. Nicméně pokaždé je nutné je důsledně odstranit.

Mezi nečistoty vlastní se řadí zplodiny chemických přeměn vlastního materiálu po tepelném opracování, tedy rez viz obr. 2.1, směs bezvodých oxidů železa, okuje, směs oxidů železa s obsahem volné i vázané vody, mechy a porézní struktury se schopností absorbovat z okolí další vlhkost i s rozpuštěnými chemickými látkami [6, 7].

Objem korozních zplodin je většinou vyšší než objem příslušného kovu, z toho důvodu mají pod povrchovou úpravou (především pod nátěrovým systémem) schopnost růst a mechanicky porušovat povlak. Pro trvanlivost povrchové úpravy jsou nepříznivým faktorem i těžko postřehnutelné stopy rzi, protože jsou základem budoucího korozního procesu [7].

Vlhkost nebo vlhkost v pórech a mikroskopických trhlinách je dalším závažným činitelem při nanášení nátěrových hmot. Dešťová voda i kondenzovaná vlhkost obsahují vždy ve sféře průmyslových exhalací větší či menší procento rozpuštěných agresivních plynů, především oxidy síry a dusíku. I jisté druhy mastnot se mění v látky s kyselou reakcí [7].



Obr. 2 Rez na povrchu ocelového řetězu [8].

3.1 Stupně znečištění substrátu

Obvykle rozlišujeme následující stupně znečištění [6]:

- nejvyšší stupeň čistoty – substrát je bez nečistot
- znečištění mírného typu – znečištěny jsou jen některé oblasti substrátu
- nejvyšší stupeň znečištění – celý povrch substrátu je znečištěn vrstvou/vrstvami nečistot o různé tloušťce

4 ČIŠTĚNÍ JAKO PŘEDÚPRAVA POVRCHU MATERIÁLŮ PRO POVLAKOVÁNÍ

Předběžná úprava povrchu materiálu čištěním se provádí z důvodu zajištění dostatečné přilnavosti (adheze) nanášených povlaků, stejnoměrnému vzhledu výsledné úpravy a dobré odolnosti proti korozi nebo opotřeбенí [6].

Základní požadavky na předběžné úpravy kovů [6]:

- příprava určité požadované mikrogeometrie a kvality povrchu
- zajištění požadované čistoty povrchu

Čištěním se zcela všeobecně rozumí odstraňování nežádoucího znečištění povrchu dílu (substrátu) pomocí zvoleného čistícího přístupu, čištění v tomto případě není finální operací. V technické praxi jsou využívány zejména následující přístupy k čištění [6, 9]:

1) mechanické

- **tryskání** – provádí se účinkem dopadajících zrnek tryskacího prostředku na povrch materiálu, která působí jako brusný materiál. Účelem tryskání je odstranit nečistoty, jako jsou rez a staré povlaky a vytvořit optimální drsnost povrchu materiálu pro následnou povrchovou úpravu (nový povlak). Technologie tryskání se nejčastěji využívá k již zmíněnému odstraňování korozních produktů a starých povlaků z kovů, plastů a dřeva, ale také k přípravě povrchu před žárovými a vakuovými procesy nebo k čištění povrchu před a po pájení a svařování. Jako tryskací materiál bývá využíván: písek, korund, balotina (skleněné kuličky), suchý led, mleté ořechové skořápky, ocelový granulát či drť apod.[6, 10].

- **broušení** - uskutečňuje se zrny brusiva, která se na povrchu materiálu používají buď jako volné brusivo nebo ve stavu, kdy jsou navzájem spojena vhodným pojivem. Účel broušení je v podstatě stejný jako účel tryskání, tzn. postupným úběrem materiálu odstranit nečistoty ve formě starých povlaků a rzi a vytvořit optimální drsnost povrchu. Z tohoto důvodu nebudu u dalších přístupů k čištění jejich hlavní účel uvádět. Zrna brusiva mohou být z následujících materiálů: umělý korund (oxid hlinitý Al_2O_3), karbid křemíku (SiC), karbid boru (B_4C), kubický nitrid boru (N_2B_3) a diamant (přírodní i umělý) [6, 11].

- **vysokotlaké čištění** - u tohoto druhu čištění dochází použitím proudu čistícího média pod vysokým tlakem (207 – 414 MPa) k odtržení nečistot (starých povlaků, mastnot, olejových skvrn, apod.) z povrchu materiálu. Jako čistící médium se používá voda nebo vzduch.

U stripování vodním paprskem jsou nečistoty (především staré povlaky) odstraňovány jedním ze dvou různých mechanismů: erozí nebo delaminací. Eroze se používá na většině tvrdých povlaků, jako jsou tepelné nástřiky kovů a karbidů. Speciální tryska se používá pro rozdělení proudu vody na malé kapičky, které mají vliv na povrch povlaku. To způsobí, že malé kousky povlaku erodují z povrchu, takže ve výsledku zůstane substrát neporušený [12].

Druhým mechanismem odstraňování nežádoucích znečištění je delaminace. Tento mechanismus se používá na měkčích povlaky, jako jsou barvy, lepidla, keramika a kluzné tepelné nástřiky. U těchto měkčích povlaků udržuje tryska proud vodního paprsku neporušený, což umožňuje jeho proniknutí do povlaku a ovlivnění substrátu [12].

2) termální

- **opalování** - při opalování plamenem přejíždí nad upravovaným povrchem materiálu speciální hořák. Nečistoty se, díky rozdílné teplotní roztažnosti jich samotných a základního kovu, na povrchu materiálu uvolňují a následně jsou tlakem plynů odfukovány. Tento způsob bývá obvykle využíván k odstranění rzi a starých nátěrů [6].

- **zónové tavení** - je proces čištění krystalů, zejména těch, které se používají v polovodičích, a které využívají teplo k zatlačení nečistot z horní části krystalu do dolní. Když je krystal zahříván, nečistoty se zatahují do dolní části krystalu, která je následně odříznuta. Zůstane tak jen vyčištěný vzorek. Existují dva způsoby provedení zónového tavení, buď s tepelnou zónou stacionární, nebo pohybující se [13].

- **odpařování** - čištění odpařením probíhá v rámci rozdílných tenzí par pro čištěný materiál a pro znečištění na povrchu. Odpařením se odlučuje olej, vlhkost z povrchu nebo kyseliny.

- **spalování** – provádí se ohřátím čištěného předmětu na optimální teplotu, která se volí podle typu mastnoty a materiálu, který je čištěn. Tím dochází k přeměně mastnoty na plynné zplodiny a vodu, na povrchu tak zůstanou jen drobné práškové nečistoty, které už lze snadno odstranit [6].

3) fyzikální

- **plazmové čištění** - čištění plazmou funguje následovně: V momentě, kdy plyn absorbuje elektrickou energii, se jeho teplota zvyšuje a to způsobuje rychlejší vibraci iontů. V inertním plynu, jako je argon, mohou excitované ionty „bombardovat“ povrch a odstranit tak malé množství materiálu. V případě aktivního plynu, jako je kyslík, dochází iontovým „bombardováním“ k chemickým reakcím. Výsledkem je vypaření a následné odstranění organických sloučenin a zbytků. Plazmové čištění se využívá k odstranění maziva, oleje, oxidů nebo křemíku a k přípravě pro svařování nebo lepení [14, 15].

4) chemické

- **odmašťování** - je operace, při níž je povrch součástky zbavován všech druhů nečistot. Nečistoty jsou na povrchu vázány buď fyzikální adsorpcí (látky tukového charakteru) nebo adhezními silami (prach, kovové třísky, apod.). Odmašťovací prostředky uvolňují nečistoty z povrchu materiálu, převádí je do roztoku nebo emulze a zabráňují jejich zpětnému vyloučení na kovovém povrchu. Podle druhu použitých prostředků rozlišujeme tři základní postupy odmašťování: odmašťování v organických rozpouštědlech, odmašťování ve vodných alkalických roztocích a odmašťování emulzní. Nejrozšířenějším a nejekologičtějším způsobem průmyslového čištění kovových součástí před povlakováním je v současnosti odmašťování v alkalických roztocích. Příznivé vlivy na odmašťování jsou: zvýšená teplota cca 40 – 60 °C, mechanický účinek (postřik, pohyb zboží, pohyb lázně), snižování koncentrace nečistot a olejů, složení lázně a kvalita vody na nasazení a také na doplňování [6, 16, 17].

- **moření** - je proces, při kterém dochází využitím chemického nebo elektrochemického způsobu k odstraňování korozních produktů z povrchu kovového materiálu. Princip moření je založen na rozpouštění železa. Železo se rozpouští mnohem rychleji než oxidy a tak dochází k podleptání a odloupení vrstvy oxidů. K moření bývají nejčastěji využívány kyselina chlorovodíková (HCl) a kyselina sírová (H₂SO₄).

Moření se také používá pro odstranění okují, k aktivaci povrchu před dalšími technologickými operacemi, naleptání a zdrsnění povrchu kovů a odstranění zmetkových povrchových úprav [6, 16, 17].

4.1 Přístupy k čištění v minulosti

V minulosti, kdy ještě nebyly vyvinuty automatická čistící zařízení nebo mycí linky, se čištění obvykle provádělo, a stále se v některých odvětvích průmyslu provádí pouze mechanicky, tj. pomocí škrabek, brousek, odjehlováků, horkovzdušných pistolí, smirkových papírů i chemicky, pomocí rozpouštědel. Pro chemické čištění, které je předmětem bakalářské práce, se nejčastěji používalo technické ředidlo L 6000 (směs ethanolu a toluenu), technický benzín (směs benzínu a toluenu) a aceton (dimethylketon).

Mechanické čištění povrchu materiálu, v porovnání s v současnosti používanými chemickými čistícími linkami, kde například v chemické metodě čištění figurují příměsi organických/anorganických látek nebo tenzidů, bylo fyzicky náročné a zdaleka ne tak účinné [9].

4.2 Povlakování

Povlakování je depozice tenkých vrstev (materiálu) o tloušťce od několika nanometrů až po jednotky mikrometrů, který je vytvořený na základním materiálu, tj. substrátu. Tenké vrstvy se aplikují téměř ve všech odvětvích průmyslu, u elektroniky na monitory a fotočlánky, v elektrotechnice na vodiče a kontakty a ve strojírenství na zvýšení ořezuvzdornosti a jako ochrana proti korozi. Je to proces, jímž dochází ke zvýšení užitečných vlastností výrobku [18].

V rámci této práce nás budou zajímat dva procesy nanášení tenkých vrstev, a to:

- **pokovení**, přesněji metoda **vakuového napařování kovů**, v našem případě **hliníku**. Vakuové napařování je vysokoteplotní odpaření ve vakuu pomocí odporového ohřevu. Jedná se o PVD (Physical Vapour Deposition) postup, při tomto postupu jsou tenké vrstvy nanášeny kondenzací par pevného materiálu na různé povrchy (plasty, kovy, sklo). PVD je fyzikální proces, který není doprovázený žádnou chemickou reakcí [18].

- **lakování**. V případě lakování se také jedná o technologii nanášení tenkých vrstev. Samotný proces lakování může probíhat buď v lakovacích boxech nebo v případě ručního lakování dílů (plastových či kovových) v klimatizovaných prostorech. Při této technologii se používají moderní vodou ředitelné i rozpouštědlové jedno- i dvoukomponentní barvy a laky [19].

Tyto dva druhy povlaků (lak a napařený hliník) nás zajímají z důvodu jejich nelehkého odstraňování z povrchu čistěných výrobních prostředků. Jedním z eventuálních návrhů do budoucna, ohledně snadnějšího odstranění těchto dvou střídajících se druhů povlaků, by bylo vytipování a nanášení vhodného hydrofilního povrchu (materiálu). Tento hydrofilní povrch by se nanášel přímo na základní materiál výrobních prostředků.

Hydrofilní materiál (povrch)

Hydrofilní materiál je materiál, který pozitivně interaguje s vodou prostřednictvím jeho polární vazby za vzniku vodíkových můstků, a je definován geometrií vody na rovnou plochu viz obr. 2.1 – konkrétně, úhlem mezi hranou kapky a povrchem pod ní. Tento úhel se nazývá stykový (kontaktní) úhel. Pokud se kapka rozprostře, smáčí velkou plochu povrchu, pak je stykový úhel menší než devadesát stupňů a povrch je považován za hydrofilní. Extrémním případem je superhydrofilní materiál. Povrch je považován za superhydrofilní, pokud jsou kapičky rozprostřeny téměř na plochu, s kontaktním úhlem menším než dvacet stupňů. Toto extrémní chování je užitečné v oblasti strojírenství. Například pro aplikaci, kde voda teče přes povrch, aby zabránila jeho přehřátí, je žádoucí mít superhydrofilní materiál, aby zajistil maximální kontakt mezi vodou a povrchem. Vše je v podstatě o chemii povrchu, která je určena vlastnostmi použitých materiálů. Účinky může také zesilovat tvar povrchu [20].

Mezi hydrofilní látky patří karboxylové kyseliny, sulfonové kyseliny, kyseliny fosforečné, alkoholy, aminy, oligosacharidy aj. [20].



Obr. 3.1 Kapičky vody na rovné ploše [20].

4.3 Vodní systémy

Při čištění na bázi vodních systémů se klade velký důraz na ekologii a vyřazení použitých chemických roztoků z lázně. Jelikož jsou při tomto způsobu čištění použita rozpouštědla, je produkován přidaný odpad a ten je potřeba s ohledem na životní prostředí pomocí úpravy čistící lázně (membránové filtrace, odlučovače oleje apod.) co nejefektivněji zredukovat. Zařízení sloužící k úpravě čistících lázní budou podrobně popsány v další části práce [21].

Vodní lázně se skládají z 95-99% vody a 1-5% čistícího prostředku, a proto je nezbytné kontrolovat kvalitu samotné vody.

Pitná voda (voda z vodovodního řádu) se skládá nejen z „čisté“ vody, ale obsahuje také v závislosti na místě původu různé kontaminanty, jako např. vápník, hořčík, síru, sodík, draslík, chloridy, dusičnany a další různé organické sloučeniny. Když pak tyto látky ulpívají na povrchu substrátu, mohou tvořit nežádoucí bariéry (skvrny vodního kamene a solí) pro následné procesy povrchových úprav nebo způsobovat korozi (chloridy, sírany aj.).

Zvyšováním koncentrace elektrolytů ve vodě (dlouhou dobou použití, opakovaným využitím oplachové vody) se pak jejich projevy mohou zesílit. Z uvedených důvodů se pro proces vodního čištění používají výhradně demineralizovaná či deionizovaná voda [9].

Pro bezporuchový provoz čisticích linek na bázi vodních systémů by pak měrná elektrická vodivost vody (demineralizované nebo deionizované) neměla překročit mezní hodnotu 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [9].

4.3.1 Čisticí prostředky pro vodní systémy

Čisticí prostředky ve vodních systémech lze rozdělit do dvou základních skupin:

1) základní (anorganické nebo organické látky)

Tab. 1 Anorganické nebo organické příměsi [9, 22].

Typ	Funkce
alkálie (NaOH, KOH)	alkalita, přechodná ochrana proti korozi na oceli, dobrá saponifikace (zmýdelnění) tuků a dobrá vodivost
fosfáty (ortofosfáty a kondenzované fosfáty) (hydrogenfosforečnan disodný dodekahydrát - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, fosforečnan trisodný dodekahydrát - $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$)	dobré dispergační a komplexující činidlo
silikáty (bentonit)	dobré disperzní činidlo, schopnost dispergovat znečištění, inhibitory pro neželezné kovy, přechodná ochrana proti korozi, vrstvy schopné chemické sorpce
aminy	přechodná ochrana proti korozi na oceli
boráty, uhličitan (Na_2CO_3)	tlumivý roztok, vhodný pro neželezné kovy
glukonáty, citráty	komplexování cizích iontů, odrezování povrchu

2) tenzidy (aktivně mycí látky)

Tab. 2 Aktivně mycí látky – tenzidy [9].

Druh tenzidu	Funkce
anion -aktivní (alkylbenzen sulfonát - SO_3Na^+ , apod.)	velmi dobrá emulgační činidla, dobrý čisticí účinek
neionogenní (etoxyláty mastných alkoholů, aj.)	dobrá až průměrná emulgační činidla, dobrý čisticí účinek

4.4 Parametry čištění a jejich vliv

Při čištění povrchu kovových materiálů hrají nejvýznamnější roli zejména následující čtyři parametry [9]:

1) chemie

Chemie čisticích prostředků musí být přizpůsobena dílu (jeho materiálu), který má být upravován (čištěn) a jeho stupni znečištění.

Díly, které jsou v rámci této práce čištěny, jsou vyrobeny z kombinace nízkouhlíkové a korozivzdorné oceli a jako médium se ve stávající čisticí lázni používá již v úvodu zmíněná kombinace NaOH a ultrazvuku. Touto formou (ultrazvukem) je do čisticí lázně dodávána mechanická energie, tzn., že ultrazvuk je zdrojem energie pro interakci. Jedná se o fyzikální adsorpci na povrchu čištěného materiálu, konkrétně kavitaci.

Kavitace je zjednodušeně řečeno děj, při kterém dochází prudkým nárazem kapaliny na povrch dílu k jeho mechanickému narušování. V našem případě dochází k narušování povrchu starých povlaků. Tento děj bude ale nyní popsán podrobněji [18, 23].

Kavitace je tvoření bublinek plynu tekoucí kapalinou v oblasti, kde tlak kapaliny poklesne pod tlak nasycených vodních par. Kavitace je obvykle rozdělena do dvou tříd chování: Inerciální (přechodná) kavitace, a neinericiální kavitace. Inerciální kavitace je proces, při kterém se prázdné místo nebo bublina v kapalině rychle zhroutlí a vytvoří tlakovou vlnu. Tento typ kavitace se často vyskytuje u kontrolních ventilů, čerpadel, vrtulí a oběžných kol. Na druhou stranu neinericiální kavitace je proces, ve kterém je bublina v kapalině nucena kmitat v důsledku nějaké formy vstupní energie, jako je např. akustické pole. Taková kavitace se často používá právě v ultrazvukových čisticích lázních a lze ji také pozorovat u čerpadel, vrtulí apod. [23].

Vzhledem k tomu, že rázové vlny vytvořené kavitací jsou dostatečně silné, aby významně poškodili pohyblivé části, je kavitace obvykle nežádoucí jev [23].

Dalšími interakcemi, k nimž na povrchu nebo uvnitř materiálu dochází, jsou chemická adsorpce a adsorpce částic [18].

2) doba

Doba čištění závisí na druhu a rozsahu znečištění i na případném navazujícím procesu v provozu.

V naší konkrétní situaci jsou výrobní prostředky (držáky světlometů) po vyčištění opět použity ve výrobě při povlakování reflektorů. Po dosažení určitého stupně znečištění jsou tyto díly znovu odeslány k čištění. Tato posloupnost se pravidelně opakuje. Ulpělé nečistoty, které se odstraňují, jsou uvažovány ve formě střídajících se vrstev dvou druhů starých (dříve deponovaných) povlaků.

3) teplota

Teplota lázně slouží mimo jiné i k případnému snížení viskozity oleje na povrchu čištěného dílu nebo k překročení bodu měknutí nečistot, takže čištění povrchu dílu může být snadnější a rychlejší.

4) mechanická energie, případně energie tepelná či chemická

Mechanická energie může být dodána v různých formách. Například [9]:

- přečerpáváním
- zaplavováním
- omíláním
- probubláváním
- stříkáním
- za vysokého tlaku (až 75 MPa)
- injekčním zaplavováním, tlakovým zaplavováním
- ultrazvukem
- Vaccuclean, Hydrovac, Flexiclean (speciální druhy jednokomorové linky), „vařením“ ve vakuu, probubláváním vzduchem nebo inertním plynem (vzácným plynem - helium) ve vakuu



Obr. 3.2 Vzájemné sladění parametrů čištění [9].

Vliv parametrů čištění

Výběr správné metody čištění závisí na druhu dílu a jeho rozsahu znečištění, geometrii dílu a na čase, který je pro čištění k dispozici. Nejdůležitější však je, pečlivě vzájemné sladění všech uvedených parametrů viz obr. 3.2, to znamená, že výsledek čištění může být zlepšen zvýšením energie (mechanické, tepelné nebo chemické) nebo prodloužením doby čištění. Zrovna tak mohou být dobrým pohybem lázně vyrovnány nedostatky v oblasti teploty, chemické heterogenity lázně, apod. [9, 24].

U ultrazvukového čištění probíhá vyrovnávání teplotních deficitů následovně:

Pomocí ultrazvukového měniče je vysokofrekvenční energie transformována na akusticko-mechanické kmity. Zahřívání čisticí lázně je vysvětleno změnou ultrazvukové energie na tepelnou. Tuto změnu způsobují v důsledku předmětné absorpce medium a čištěné díly. Vyrovnání těchto teplotních deficitů je důležité především z důvodu možného efektivnějšího čištění [24].

Vlivem této změny teplot dochází v místě kontaktu čištěného dílu s nečistotou k částečnému oddělení nečistoty od substrátu. Do malého místa, které oddělením těchto dvou částí vzniklo, se dostává čisticí médium, jehož vniknutím se postupně rozrušují síly vážící tyto dva segmenty k sobě, až k úplnému oddělení [24].

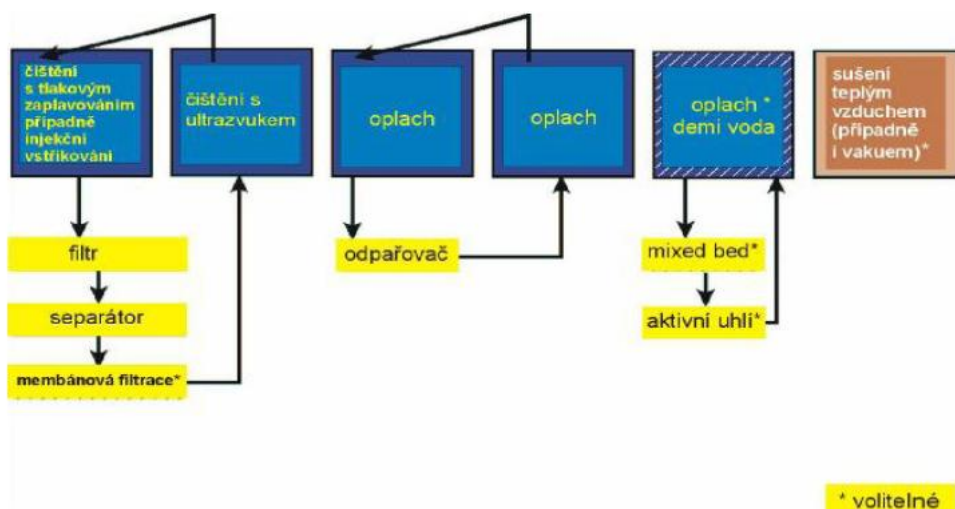
4.5 Čistící linky

Čistící linky se v dnešní době sestavují z modulů (základních stavebních prvků), a proto mohou být přizpůsobeny pro požadované čištění. Sestavení čisticích linek, tzn. to, jestli je v čisticí lince zapojena čisticí vana s ultrazvukem nebo čisticí vana s tlakovým zapláváním, popřípadě obě dvě vany, závisí na čištěném materiálu a druhu znečištění.

Dle technologického postupu rozlišujeme čistící linky ponorové, postřikové, popřípadě kombinované. U postřikových linek se s díly manipuluje v závěsných koších nebo na samotných závěsech. Hlavní oblastí použití je mezioperační čištění.

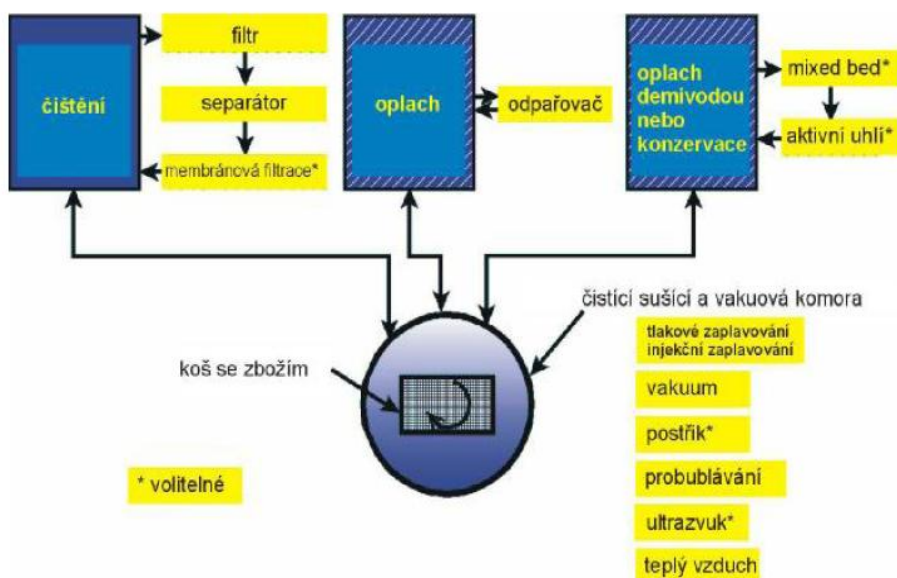
Velké díly (karoserie automobilů, části nábytku apod.) se čistí také finálně (např. před lakováním). U ponorových linek je pohyb zajištěn buď čištěnými díly (řadové linky, vícekomorové ponorové linky), nebo „pohybem“ lázně (kompaktní nebo jednodokorové linky).

Ve vícekomorových ponorových linkách viz obr. 3.3 je pro každý krok postupu k dispozici jedna nebo více lázní. Koše na zboží jsou dopravovány k jednotlivým lázním a pohybuje se s nimi ve vanách (zdvihací pohyb, točení a kývání) na odnímatelných točnách nebo vozících [9].



Obr. 3.3 Vícekomorová ponorová linka [9].

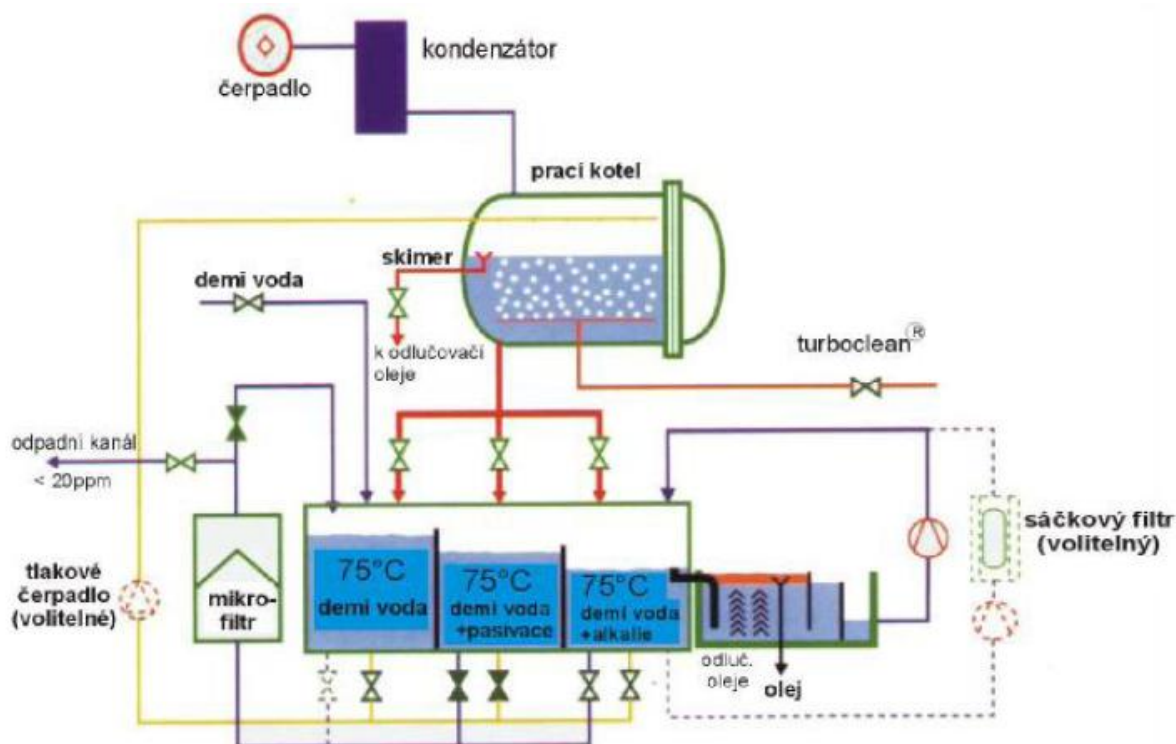
U jednokomorové ponorové linky viz obr. 3.4 nebo kompaktní linky je koš se zbožím umístěn v pracovní komoře a roztoky lázní se čerpají do komory ze zásobních nádrží [25].



Obr. 3.4 Jednokomorová ponorová linka [9].

Speciální druhy jednokomorové linky, viz obr. 3.5, jsou Hydrovac, Varioclean nebo Vaccuclean. U těchto druhů linek se vytváří v pracovní komoře vakuem při teplotě lázně přibližně 70°C nebo se současně puští do pracovní komory trubkami vzduch či inertní plyn (helium).

Vznikají bubliny plynu, popřípadě páry, které při kolapsu vytvářejí efekt podobný kavitaci v ultrazvuku. Jelikož bubliny páry vznikají také v otvorech a mezerách čistěného dílu, tak lze dosáhnout velmi dobrého čistícího účinku [9, 25].



Obr. 3.5 Speciální druh jednokomorové linky [9].

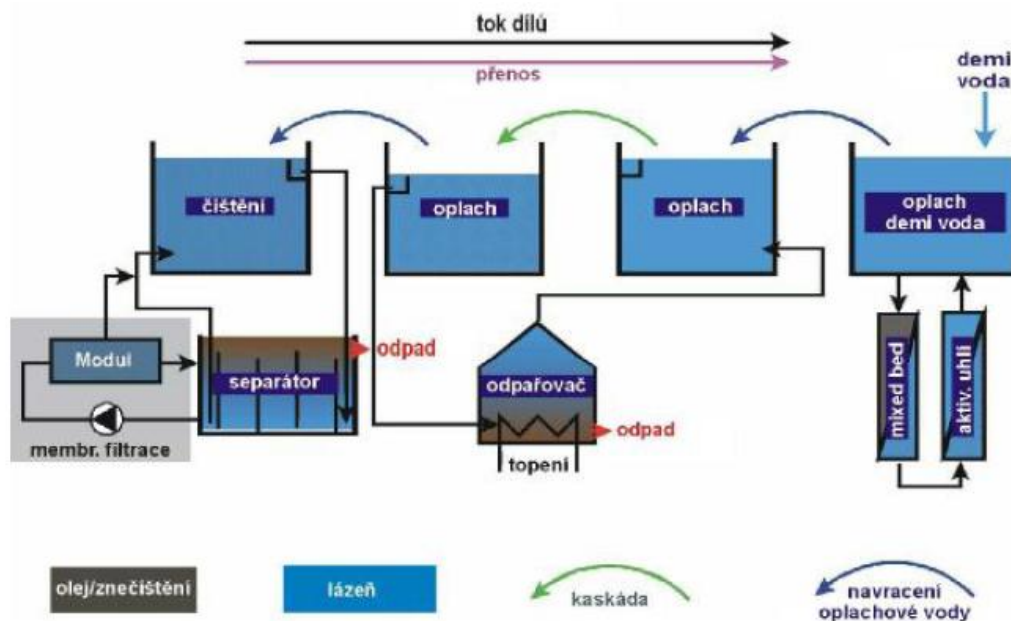
Pracovní teploty média v čistících lázních se obvykle pohybují mezi 60 až 80°C. Volně programovatelné řízení řídí všechny procesy v lince. Řízení lze dle požadavků na čištění různě naprogramovat. Objemy lázní se obvykle pohybují mezi 300 až 1000 litry. Ke snížení množství odpadu a k vyloučení odpadní vody se linky vybavují různými recyklačními systémy. Čistící lázně procházejí odlučovačem oleje. Toto zařízení společně s demulgujícími čistícími systémy podstatně prodlužuje životnost lázní (redukce odpadu, odpadní vody a čistícího prostředku). Dosažitelný zbytkový obsah oleje bývá menší než 1%. Oplachové lázně se upravují pomocí vestavěného odpařovače nebo reverzní osmózou. Tyto úpravy použité oplachové vody budou popsány níže [9, 25].

Pomocí různých filtrů (sáчковý filtr, magnetický filtr, papírový filtr, deskový filtr apod.) se dají z lázní odstranit různé částice znečištění (špony, otěr aj.).

Čistící linka používaná ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. na čištění ocelových držáků znečištěných procesem lakování a pokovení, jejíž optimalizace pro konkrétní ocelové díly je tématem bakalářské práce, bude podrobně popsána v praktické části této práce.

4.5.1 Úpravy lázně a použité vody z linky

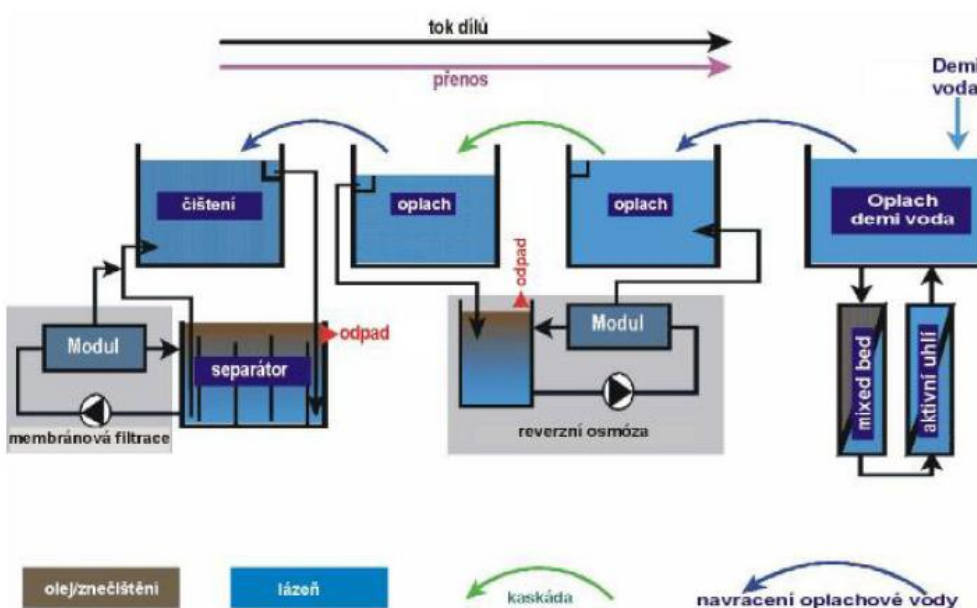
1) Úprava použité vody pomocí vestavěného odpařovače



Obr. 3.6 Schéma úpravy vody pomocí odpařovače [9].

Použitím vestavěného odpařovače, viz obr. 3.6, dojde k navýšení spotřeby energie o jen zhruba 25% (ve srovnání s linkou bez odpařovače) a to z důvodu opětovného využití tepla z kondenzace pro vytápění lázně. Tímto odpařovačem se dají také likvidovat lázně s velmi nízkou koncentrací čistícího prostředku. Tak získáme linku bez odpadních vod, nikoli však bez odpadu [9].

2) Úprava použité vody pomocí reverzní osmózy



Obr. 3.7 Schéma úpravy vody pomocí reverzní osmózy [9].

Konstantní koncentrace čisticího prostředku v lázni je udržována pomocí automatických dávkovacích zařízení. Povrch čištěných dílů je bez ohledu na jejich geometrii, díky různým použitým metodám (ultrazvuk, postřik, tlakové zaplavování), stále ve stejnoměrném kontaktu s lázní. Znečištěný vzduch se prohání kondenzátorem. Kondenzát se odvádí do vodního systému linky. Kombinací sušení vakuem a teplým vzduchem je možné sušit i velmi členité díly v poměrně krátkém čase [9].

Díky tomuto systému pro úpravu oplachové vody (reverzní osmóze), viz obr. 3.7, dochází k zadržení částic větších než jednotlivé molekuly vody. Částice se zachytí na membráně, molekuly vody prochází a ostatní příměsi se odfiltrují. Ve výsledku to znamená, že na čištěném povrchu materiálu v lázni upravené reverzní osmózou ulpívá ve srovnání s čištěním v čisticí lázni bez této úpravy oplachové vody minimum nečistot [26].

Přidáním dalších zařízení, jako membránové filtrace, výměníku iontů apod., lze životnost lázni prodloužit a tím snížit množství odpadních vod, odpadu a čisticího prostředku.

Čištění před tepelnou úpravou

V oblasti čištění před následnou tepelnou úpravou se v technické praxi setkáváme nejčastěji s linkami jedno- až dvoukomorovými nebo linkami speciálními Hydrovac, Flexiclean a Vaccuclean. U těchto typů linek také vzniká většina problémů. Následkem chybějící nebo nedostatečné úpravy lázně (filtr, odlučovač oleje, odstředivka, membránová filtrace – reverzní osmóza) zůstávají odstraněné kontaminace (lubrikanty, oleje, prach, pigmenty, špony aj.) v lázni a opět přisychají na povrchu dílů, což může vést k prodloužení procesu tepelné úpravy nebo k znovuvytvoření bariérové vrstvy [9].

Čistý povrch lze definovat jako povrch bez přítomnosti nežádoucích látek, tj. jak vlastních (korozní zplodiny), tak ulpělých (staré povlaky, mastné látky, prach aj.). K hodnocení funkčních vlastností povrchu (čistota a stupeň zamaštění) jsou využívány následující metody [6]:

Pro hodnocení čistoty povrchu:

- metoda vizuálního hodnocení
- metoda pozorování mikroskopem
- analytická metoda – přichází v úvahu při rozporném vizuálním hodnocení

Pro hodnocení zamaštění povrchu:

- metoda porušení souvislého vodního filmu
- metoda postřiková
- metoda vážení hmotnostního úbytku

3) Přídavná zařízení sloužící k úpravě lázní a princip neutralizace nečistot:

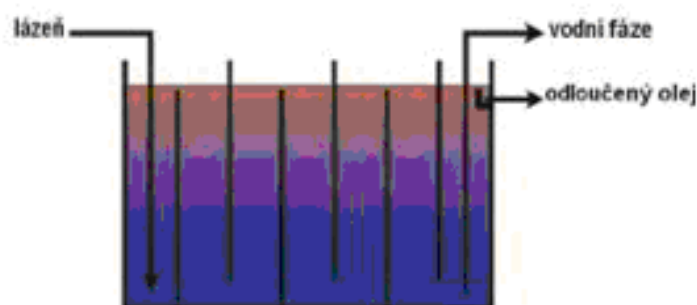
a) Odlučovač oleje

Odlučovač oleje viz obr. 3.8 je zařízení určené k vysokotlakému odlučování kapiček maziva unášeného s chladivem z kompresoru a jeho vracení zpět do kompresoru, nebo sběrače maziva u systému s více kompresory. Výhodami odlučovače oleje jsou jeho nízké pořizovací náklady a jeho vhodnost ke kontinuální úpravě čistící lázně při použití demulgujících čistících systémů. Pro kontinuální a účinné odstranění oleje z čistící lázně by měla být uklidňovací zóna zhruba 10 - 20% objemu čistící lázně a prodleva v odlučovači 10-15 minut [9].

Princip odlučování

Oddělování oleje od vody vyžaduje použití dvou základních fyzikálních zásad. Za prvé, olej a voda nejsou vzájemně rozpustné. Za druhé, voda má větší hustotu než olej. Když je olej smíchán s vodou, tak nejdříve existuje ve formě kapek různých velikostí. Pokud tyto kapičky nemají určitou velikost, mají tendenci stoupat k povrchu. Rychlost stoupání kapky je úměrná její velikosti, tzn., že větší kapičky oleje stoupají rychleji než menší [27].

V nádrži proudící směsi, zde je směs oleje/vody zavedena na vstupu a pomalu proudí směrem k výstupnímu konci. Platí zde stejné zásady – větší kapky se oddělují rychleji, menší pomaleji. Jestliže je kapka dostatečně velká a odtok nádrže dostatečně pomalý bude kapka oddělena ještě dříve než, je dosaženo konce nádrže. Z tohoto důvodu, za předpokladu neturbulentního proudění, je separace olej-voda zlepšena tím, že jsou olejové kapičky větší, průtok pomalejší nebo doba stoupání olejových kapiček na povrch kratší [27].



Obr. 3.8 Odlučovač oleje [9].

b) Odstředivka

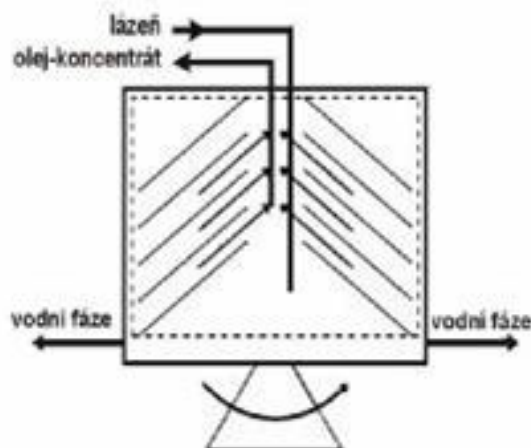
Odstředivka nebo též centrifuga viz obr. 3.9 je rotační zařízení používané v laboratořích, zdravotnických zařízeních a průmyslu, které působí na vložený materiál odstředivou silou. Využitím odstředivé síly se v odstředivce separují (oddělují) fáze (olej, emulze, lázeň), přičemž změnou otáček, doby odstředování a konstrukcí odstředivky lze separaci zlepšit. Přestože centrifuga má lepší separační účinnost než odlučovač, může právě u demulgujících systémů vést k tvorbě stabilních mikroemulzí, které lze pak už pouze chemicky štěpit [9, 28].

Princip funkce odstředivky

Základním principem provozu odstředivky je odstředivá síla. Pokud se kruhová nádrž z poloviny naplněná vodou točilo v kruhu, přes horní část a zpět dolů na zem, odstředivá síla vytvořená rotací kruhové nádrže tlačí vodu směrem dolů. To je to, co udržuje vodu v kruhové nádrži, dokonce i když je otočena o 180° [28].

Většina odstředivek využívá tuto sílu podobným způsobem, skládají se z pláště s víkem a jsou poháněné centrálním rotorem. Rotor má po celém obvodu řadu otvorů, do kterých jsou umístěny zásobníky (zkumavky) s roztoky. Jakmile je víko zařízení uzavřeno a odstředivka zapnuta, rotor se začne otáčet vysokou rychlostí. Stejně jako tomu je v případě experimentu s kruhovou nádrží, odstředivá síla způsobí, že jakákoli látka v roztoku s větší hustotou než je hustota vody, která je tlačena proti vnější stěně trubek, se v tomto procesu od kapaliny oddělí [28].

V okamžiku, kdy odstředivka dokončí cyklus, začne postupně až do zastavení zpomalovat, to vše z důvodu zabránění víření, které by mohlo způsobit opětovné smíchání roztoků. Tento zpomalovací úsek také umožňuje všem odděleným materiálům klesnout na dno zkumavky. Po úplném zastavení rotoru může být zásobník (zkumavka) odstraněn a vzorky zpracovány [28].



Obr. 3.9 Odstředivka [9].

c) Membránová filtrace

Membránová filtrace viz obr. 3.10 je fyzikální separační proces, při němž jsou z vody odstraňovány částice jejich zachycením na polopropustné membráně. Při tomto procesu, je hnací silou rozdíl tlaků mezi dvěma stranami membrány [9, 29].

Princip membránové filtrace

Membránový oddělovací systém rozdělí zpracovávanou látku do dvou samostatných proudů, známých pod pojmy permeát a retentát. Oba tyto proudy odděluje polopropustná membrána (fyzikální bariéra), která má své vysoce specifické vlastnosti – malá propustnost, hnací silou pro průchod kapaliny je tlakový gradient [29].

Díky těmto vlastnostem mohou membránou procházet jen určité vybrané složky zpracovávané látky. Propustnost membrány je dána velikostí pórů materiálu, z něhož je membrána zhotovena. Velikost pórů materiálu je kvůli vyloučení nežádoucích částic pečlivě vypočítána. Výsledkem je vyčištěná a přefiltrovaná kapalina (permeát – téměř čisté rozpouštědlo) na jedné straně membrány, s odstraněnými rozpuštěnými látkami (retentát – je v něm koncentrace rozpuštěné látky vyšší než v surovině) na straně druhé [29, 30].

Typy membránové filtrace

V průmyslové praxi rozlišujeme čtyři základní typy membrán a to podle velikosti nečistot odstraňovaných z vody (od nejmenších k největším) [29]:

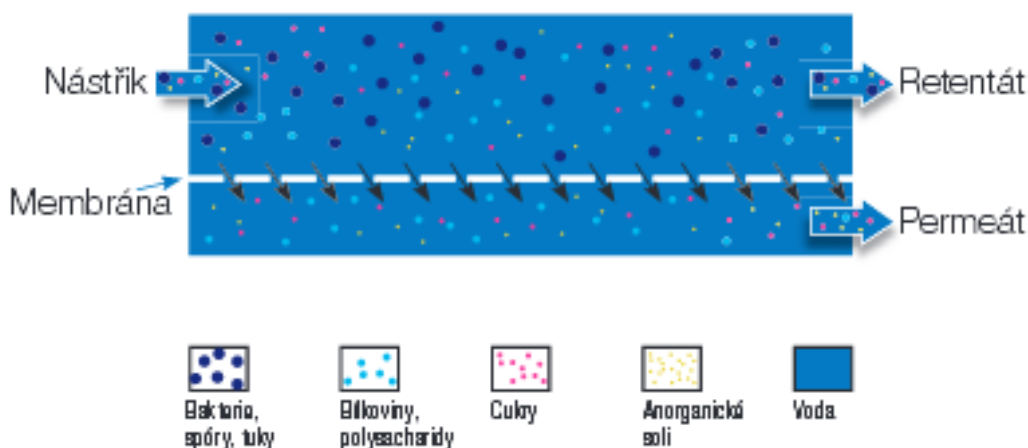
- **reverzní osmóza.** Reverzní osmóza je nejjemnější separační proces, který využívá nejvíce uzavřenou membránu. Voda o vysoké čistotě je pak jedinou látkou, která může touto membránou procházet.

- **nanofiltrace.** Nanofiltrace používá membrány, které jsou mírně otevřenější. Tento typ filtrace dovoluje, aby membránou procházely malé ionty látky, větší ionty jsou pak na membráně zadržovány.

- **mikrofiltrace.** U mikrofiltrace jsou jedinými látkami, které membránou neprojdou kapičky tuku, bakterie a nerozpuštěné látky.

- **ultrafiltrace.** Ultrafiltrace upotřebuje membrány s ještě většími póry a nízkými pracovními tlaky. Membrána pak propouští cukry, soli a organické kyseliny. Membránou naopak neprojdou polysacharidy, tuky a bílkoviny.

Pomocí membránové filtrace mikro nebo ultrafiltrace lze oddělit emulze od vodní fáze (permeátu). Recyklace čisticího prostředku z lázni je ovšem možná pouze při použití demulgujících systémů [9].



Obr. 3.10 Membránová filtrace [29].

5 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ PRÁCE V PRAKTICKÉ ČÁSTI

Na řešení bakalářské práce zabývající se urychlením (optimalizací) procesu čištění pokovených a lakovaných pomocných ocelových dílů (držáků reflektorů, viz obr. 4.1) lze pohlížet z několika hledisek.

V prvním hledisku, ve kterém je nejdůležitější výběr vhodné chemické lázně pro danou aplikaci, hrají klíčovou roli pořizovací náklady a účinnost současně používané čisticí látky a ultrazvuku. Čisticí látkou je pevný hydroxid sodný (NaOH ve formě šupinek). Pořizovací náklady hydroxidu sodného jsou v daném objemu velmi nízké v porovnání s jinými látkami se srovnatelnou účinností. Např. hydroxid draselný (KOH), jehož cena je ve srovnání s cenou hydroxidu sodného podstatně vyšší. Jednou z možností a zároveň také směrem, kterým se bude řešení této práce v praktické části ubírat, je odzkoušení různých koncentrací složek a teplot čisticí lázně při konstantní hodnotě frekvence ultrazvuku za účelem zvýšení účinnosti vedoucí k rychlejšímu odstranění nátěrového filmu z povrchu dílů. Zvolené koncentrace složek, teploty lázně i hodnota frekvence ultrazvuku budou přehledně uvedeny v tabulce v praktické části práce.

Další případnou možností řešení práce, kterou by bylo dobré se zabývat do budoucna, je nanesení hydrofilního povrchu na povrch již zmíněných ocelových dílů (háčků a lakovacích tyčí). Depozicí hydrofilní vrstvy na povrch dílů by mohlo dojít ke snížení adheze střídající se vrstvy napařeného hliníku a UV laku. Přítomností této vrstvy by mohlo dojít také k výraznějšímu urychlení procesu čištění. Při výběru hydrofilní vrstvy musí být brána zřetel na možnost kontaminace čisticí lázně a na životnost zvolené hydrofilní vrstvy.



Obr. 4.1 Vyčištěný držák reflektoru ve formě háčku.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 ČISTÍCÍ LINKA VE SPOLEČNOSTI HELLA AUTOTECHNIK, S. R. O.

Ve společnosti HELLA Autotechnik, s.r.o. Mohelnice se na čištění ocelových výrobních prostředků (háčků a tyčí) používá linka od finské společnosti Finnsonic, viz obr. 5.1. Jedná se o jednokomorovou ponorovou linku, u níž je mechanická energie dodána ve formě ultrazvuku. Účinnost ultrazvukového čištění je založena na vysokofrekvenčních akustických vibracích, které vyvolávají silnou kavitaci v kapalině. Mikroskopické kavitační bublinky způsobují na povrchu znečištěných dílů silné tlakové nárazy. Ultrazvukové čištění pak působí ve všech otvorech a kanálcích, ve kterých je přítomna kapalina. Spotřeba energie a detergentu (chemického čisticího prostředku) je relativně nízká [25].



Obr. 5.1 Čisticí linka Finnsonic používaná ve společnosti HELLA Mohelnice.

6.1 Čisticí médium

Čisticí médium, které se používá v této lince je tvořeno kombinací pevného hydroxidu sodného (NaOH ve formě šupinek) ve vodném roztoku a ultrazvuku. Frekvence ultrazvuku je 16 kHz [25].

6.2 Základní prvky čisticí linky a současný technologický postup čištění

Čisticí linka se skládá z pěti van, jedné sušky (6. VANA), ultrazvukového generátoru a měniče (první tři vany), dopravníkového systému, elektrického rozvaděče a zásobní nádrže. Čtvrtá a pátá vana jsou zapojeny do kaskády.

V každé vaně je klec, do které se vkládá osm lakovacích tyčí s háčky. V prvních třech vanách dochází vlivem rozpouštění hydroxidu sodného k silné exotermické reakci, při níž se uvolňuje velké množství tepla, které je využito k ohřátí lázně [25].

Současný technologický postup čištění ve společnosti HELLA:

- 1. VANA: 20% NaOH (T= 80°C) + ultrazvuk, výkon ultrazvuku: 3,6/7,2 kW, čas: 2h
- 2. VANA: 20% NaOH (T= 80°C) + ultrazvuk, výkon ultrazvuku: 3,6/7,2 kW, čas: 2h
- 3. VANA: 20% NaOH (T= 80°C) + silnější ultrazvuk, výkon ultrazvuku: 4,8/9,6 kW, čas: 1h
- 4. VANA: Tryskové opláchnutí tlakovou vodou (T= 60°C), čas: 10 min
- 5. VANA: Opláchnutí ponorem vodou z řádu (T= 60°C), čas: 2 min
- 6. VANA: Sušení horkým vzduchem (T= 110°C), čas: 15 min

První dvě vany jsou pro urychlení procesu stejného charakteru, tzn., že jak z první, tak i z druhé vany jsou čištěné díly následně automaticky přesunuty do vany třetí.

6.3 Popis čištěných dílů

Díly (ocelové držáky reflektorů) jsou vyrobeny z kombinace nízkouhlíkové a korozivzdorné oceli, a jsou používány při kontinuálním procesu lakování a pokovení reflektorů.

Vrstvy, které jsou pak z těchto dílů procesem čištění odstraňovány, jsou:

- První vrstva (transparentní) vysoce lesklý UV vytvrzovaný lak BASF QN 11-0880 na akrylátové bázi. Lak se nanáší stříkáním, aplikační viskozita je 116 – 142 mPa.s/45°C. UV probíhá za podmínek 5 – 6 J/cm².
- Druhá vrstva je PVD procesem napařený hliník. Povrch dílu má bělavě šedou barvu a je vysoce lesklý.

Vrstvy mohou dle požadavku na výsledné vlastnosti reflektorů pravidelně i nepravidelně alternovat. Na každý čištěný díl připadá vždy zhruba 500 vrstev o celkové tloušťce až 2 mm.

7 ČIŠTĚNÍ DRŽÁKŮ REFLEKTORŮ V LABORATORNÍCH PODMÍNKÁCH

Pro realizaci experimentu byly v čisticí lázni současně čištěny držáky reflektorů se sedmi a deseti vrstvami laku alternujícími s napařenou vrstvou hliníku. V prvním případě byl háček znečištěn jen lakem, viz obr. 6.1. Ve druhém případě byl díl pokryt vrstvami v tomto pořadí – sedm vrstev laku – napařený hliník – lak – napařený hliník, viz obr. 6.2. Doby čištění byly tloušťkami těchto povlaků samozřejmě ovlivněny, proto bylo nezbytné mít o těchto hodnotách alespoň základní představu. Díly s větší tloušťkou povlaku (znečištění) byly dle původního předpokladu čištěny po delší dobu.



Obr. 6.1 Znečištění háčku lakem.



Obr. 6.2 Znečištění háčku nepravidelnou alternací laku a napařeného hliníku.

Pro měření tloušťky povlaků (sedmivrstvého a desetivrstvého), které byly nanесeny na držácích reflektorů (háčcích), byly připraveny metalografické vzorky v příčném řezu.

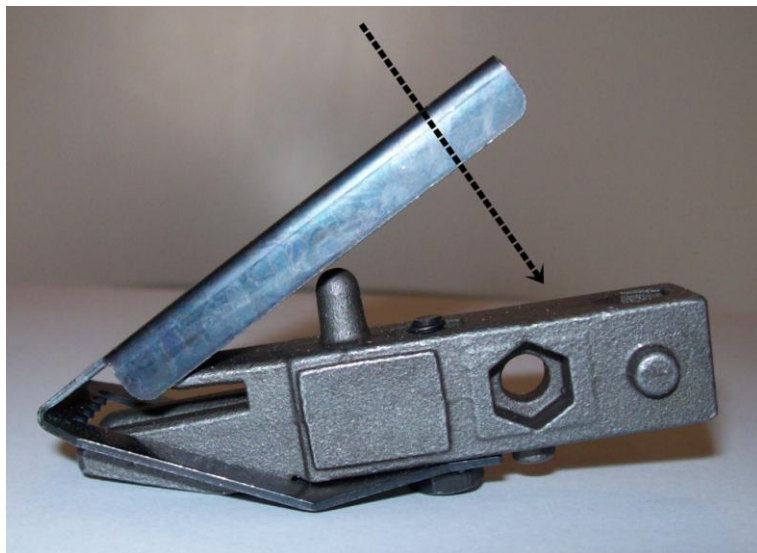
7.1 Příprava metalografického vzorku pro pozorování mikroskopem

K přípravě metalografického vzorku pro pozorování mikroskopem a vyhodnocení tloušťek povlaků bylo využito následujících zařízení a látek:

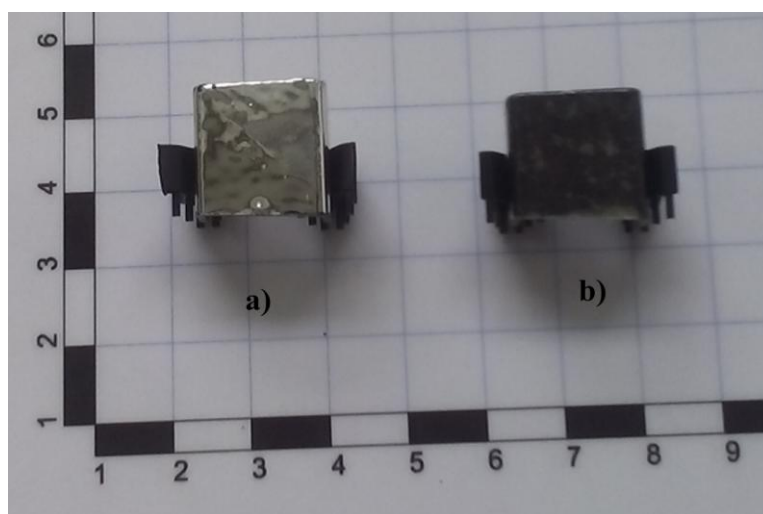
- bezdeformační dělicí zařízení Struers DISCOTOM – 2
- lis LECO PR – 4X
- pryskyřice pro zalévání za tepla IsoFast Struers
- dentacryl
- poloautomatická bruska a leštička Struers Pedemin DAP – 7
- laboratorní mikroskop OLYMPUS GX51
- kamera NIKON DS – Fi 1
- počítač vybavený softwarem NIS – Elements AR

Postup přípravy

Pomocí bezdeformačního dělicího zařízení byl nejdříve ve vzdálenosti 1,5 cm od okraje, viz obr. 6.3, připraven zkušební metalografický vzorek. Odběr byl proveden řezem ve směru kolmém na plochu.

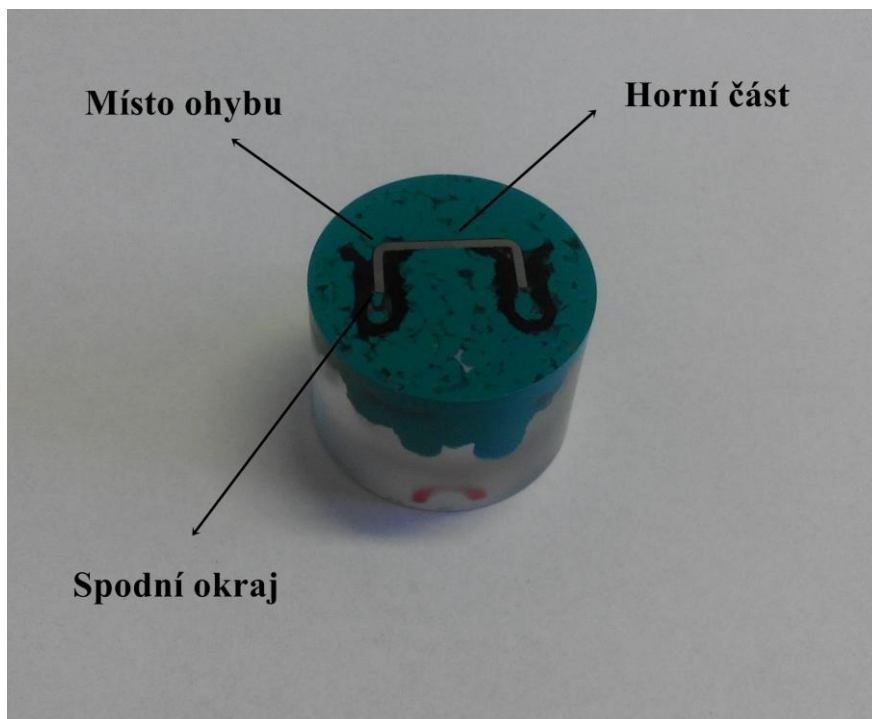


Obr. 6.3 Odběr metalografického vzorku.



Obr. 6.4 Odebrané vzorky – a) desetivrstvá nepravidelná alternace laku a napařeného hliníku,
b) sedm vrstev laku.

V dalším kroku přípravy byl tento vzorek s využitím lisu, pryskyřice pro zalévání za tepla a dentacrylu zalit za tepla. Pryskyřice pro zalévání za tepla bylo možné užít díky vysoké teplotní odolnosti povlaků. Materiálografický vzorek se poté brousil a leštil na poloautomatické brusce a leštičce a to z důvodu možnosti porušení jeho povlaku, které by mohlo nastat v nejbližším okolí místa řezu při jeho odebírání. Brousil se na brusných papírech o různých zrnitostech tak dlouho, dokud se nenarazilo na místo, kde nebyl povlak narušený. Při postupném broušení vzorku se užívalo stále jemnějších brusných papírů. Při následném leštění došlo k podstatné eliminaci vrcholů a snížení povrchové drsnosti.



Obr. 6.5 Připravený vzorek pro pozorování světelným mikroskopem.

Poslední fází využitou pro vyhodnocení tloušťek povlaků byla samotná práce s mikroskopem. Připravený vzorek, viz obr. 6.5, byl umístěn pod mikroskop, při zvětšení 100x a zaostřen tak, aby bylo možné rozeznat jednotlivé vrstvy povlaku. Pomocí počítače vybaveného softwarem NIS – Elements AR a kamery byly vybrané části vzorku (horní část, místo ohybu, spodní okraj) nasnímány. Tloušťky povlaků (sedmivrstvého a desetivrstvého) byly přibližně ve stejných vzdálenostech na vybraných částech vzorku měřeny z pěti různých míst. Z naměřených hodnot na těchto místech byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

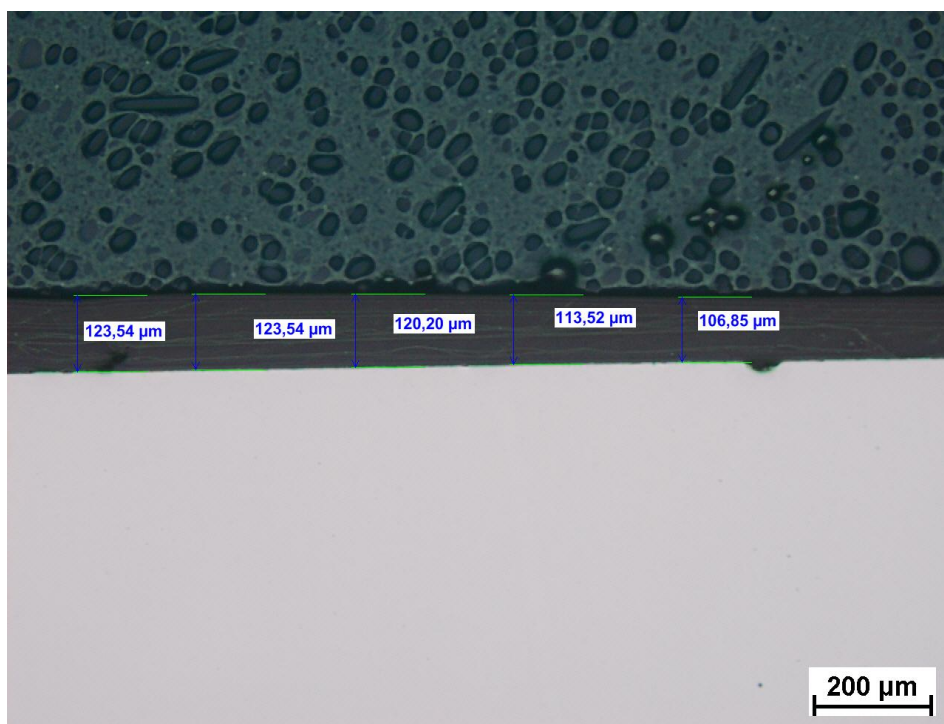
Tab. 3 Průměrné hodnoty tloušťek odstraňovaných sedmivrstvých povlaků ve vybraných částech vzorku a jejich směrodatné odchylky.

Sedmivrstvý povlak	Vybrané části vzorku		
	Horní část vzorku	Místo ohybu vzorku	Spodní okraj vzorku
Průměrné hodnoty tloušťek povlaků	117,53 μm	61,67 μm	190,64 μm
Směrodatné odchylky	6,46 μm	8,85 μm	0 μm

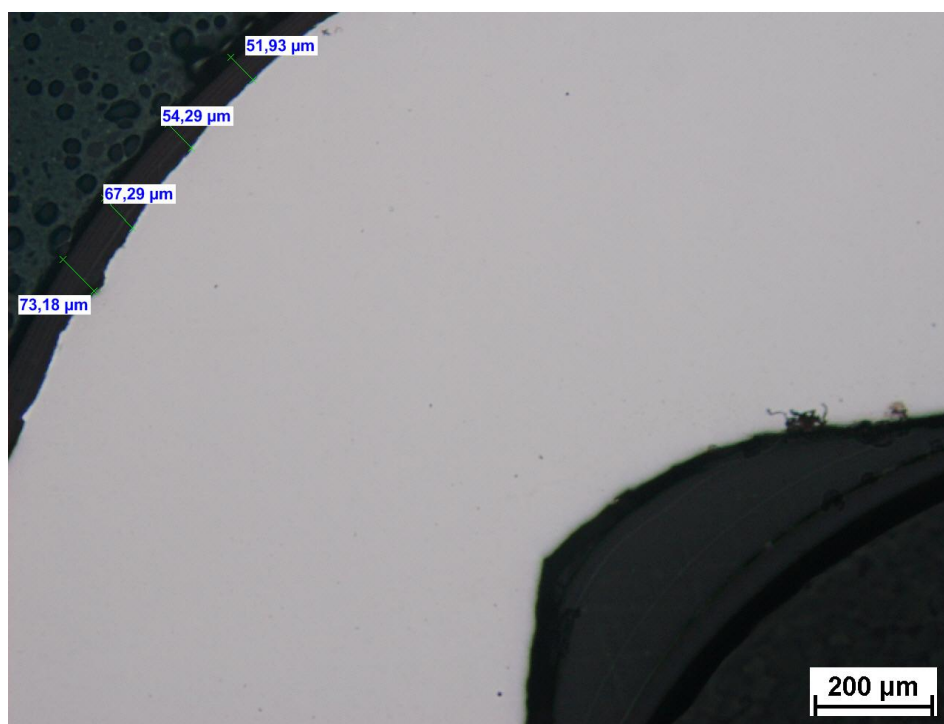
Tab. 4 Průměrné hodnoty tloušťek odstraňovaných desetivrstvých povlaků ve vybraných částech vzorku a jejich směrodatné odchylky.

Desetivrstvý povlak	Vybrané části vzorku		
	Horní část vzorku	Místo ohybu vzorku	Spodní okraj vzorku
Průměrné hodnoty tloušťek povlaků	121,55 μm	72,8 μm	185,4 μm
Směrodatné odchylky	12,78 μm	2,57 μm	0 μm

Naměřené hodnoty tloušťek sedmivrstvých a desetivrstvých povlaků v různých místech vybraných částí vzorků (horní část, místo ohybu, spodní okraj) byly zdokumentovány a jsou uvedeny na obr. 6.6 až 6.11.



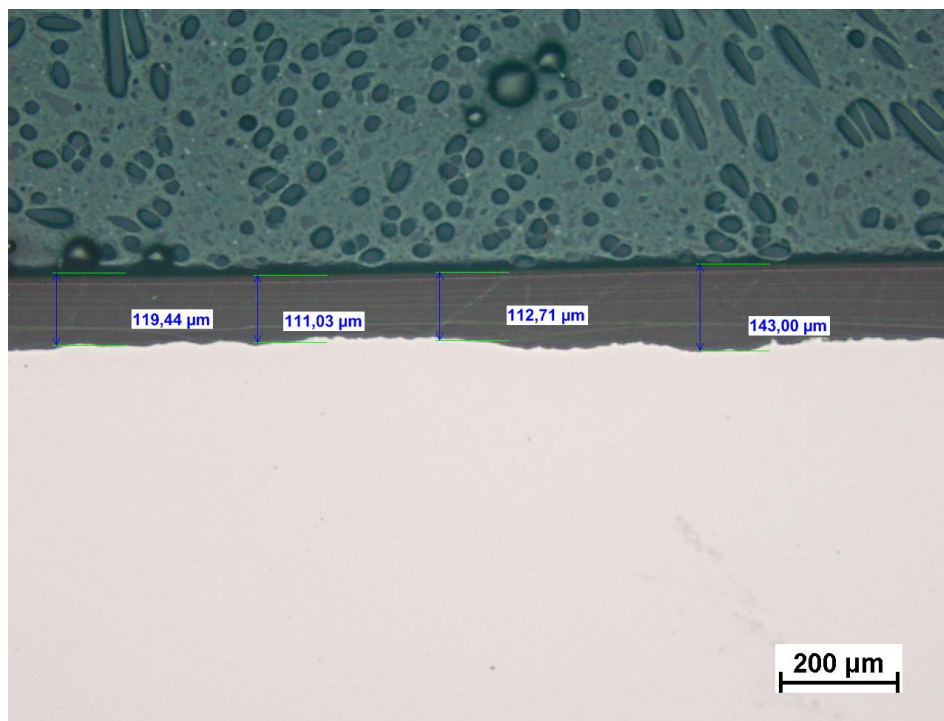
Obr. 6.6 Struktura sedmivrstvého povlaku a měření tloušťek z horní části vzorku.



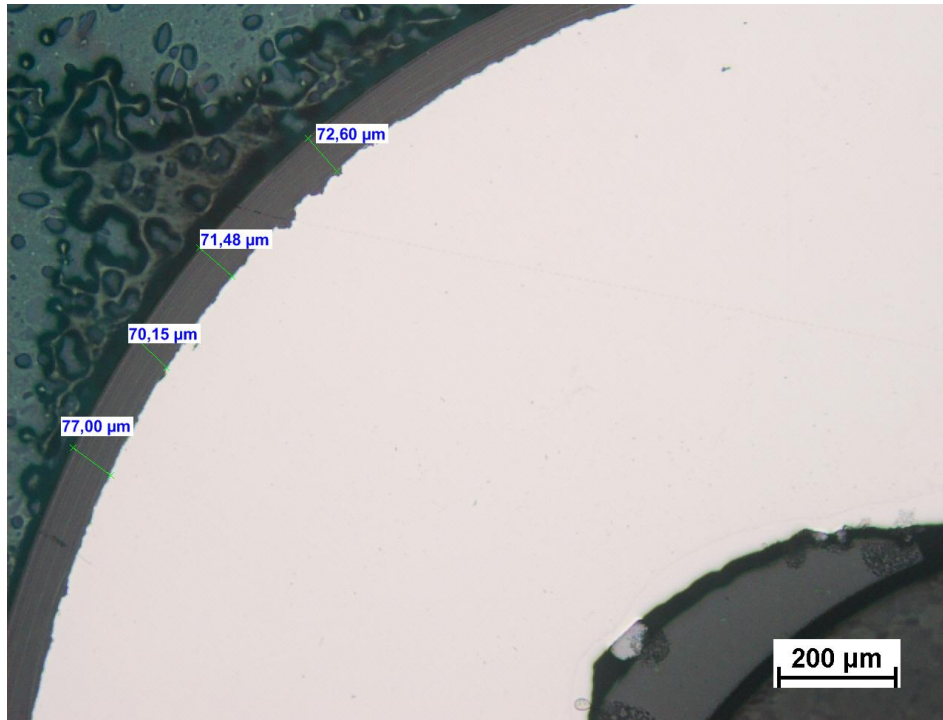
Obr. 6.7 Struktura sedmivrstvého povlaku a měření tloušťek z místa ohybu vzorku.



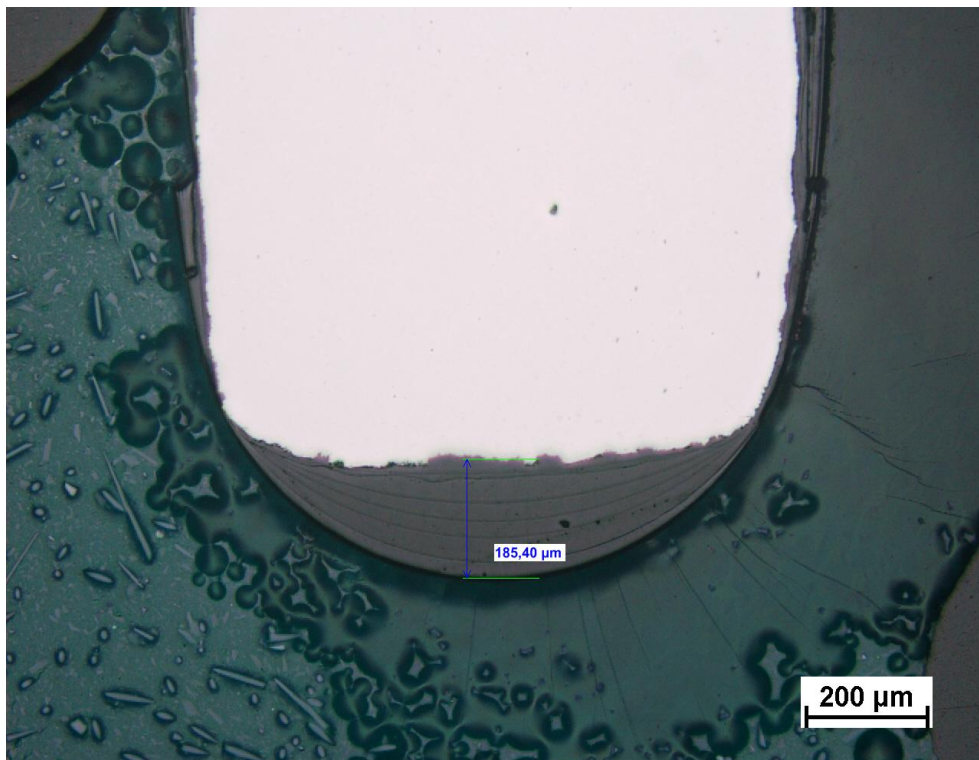
Obr. 6.8 Struktura sedmivrstvého povlaku a měření tloušťky ze spodního okraje vzorku.



Obr. 6.9 Struktura desetivrstvého povlaku a měření tloušťek z horní části vzorku.



Obr. 6.10 Struktura desetivrstvého povlaku a měření tloušťek z místa ohybu vzorku.



Obr. 6.11 Struktura desetivrstvého povlaku a měření tloušťky ze spodního okraje vzorku.

7.2 Příprava roztoků k čisticím procesům

K přípravě čisticích roztoků bylo zapotřebí následujícího vybavení a látek:

- hydroxid sodný čistý – pevný
- destilovaná voda
- kádinka o objemu 1000 ml
- laboratorní mikrováhy (s přesností na 0,1 µg)

Postup přípravy

V prvním bodě přípravy bylo zapotřebí stanovit množství pevného hydroxidu sodného potřebného k přípravě roztoků o koncentracích 40% a 10% NaOH.

Množství pevného hydroxidu sodného bylo spočítáno pomocí vztahu (1.1).

$$m(A) = c_m(A) \cdot V \quad (1.1)$$

kde: $c_m(A)$ [g.l ⁻¹]	-	hmotnostní koncentrace látky A (hydroxidu sodného),
V [l]	-	objem celého roztoku,
$m(A)$ [g]	-	hmotnost dané látky A (hydroxidu sodného).

Pro přípravu roztoků o koncentracích 40% a 10% NaOH bylo potřeba $m(A) = 0,4$ g a $m(A') = 0,1$ g pevného hydroxidu sodného. Tato množství byla zvážena na váhách a poté rozpuštěna v kádinkách s destilovanou vodou (1000 ml). Takto připravené roztoky byly připraveny pro aplikaci do čisticího zařízení.

7.3 Proces čištění

Při samotném procesu čištění, který probíhal za laboratorních podmínek, byla využita následující zařízení, vybavení a látky:

- ultrazvuková leštička ECOSON U-3STH
- připravené roztoky
- laboratorní teploměr
- kelímkové kleště
- Petriho miska
- stopky
- tlakový vzduch

Postup čištění

Po nalití připraveného roztoku do vany UV leštičky byl roztok postupně ohřát na teploty uvedené v tab. 5. Hodnota frekvence ultrazvuku byla nastavena na 16 kHz. Při každé teplotě lázně a koncentracích buď 40% NaOH, nebo 10% NaOH se do čističky vkládaly vždy dva háčky s různým počtem nanesených vrstev.

Háčky byly z lázně vyjmuty kelímkovými kleštěmi teprve až po zjevných známkách narušení a odloučení nanesených povlaků od substrátu.

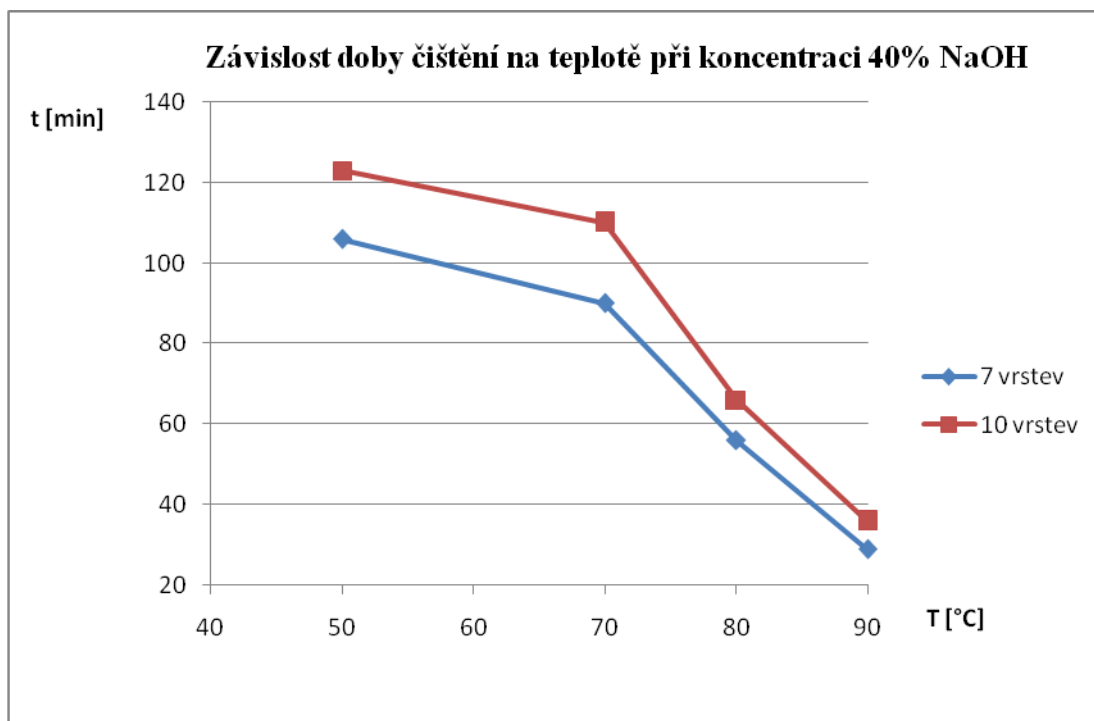
Výsledný čas čištění měřený na stopkách byl zaznamenán. Následně byly háčky dočištěny pomocí intenzivního proudu vody a tlakového vzduchu.

Tab. 5 Výsledky čištění při zvolených parametrech.

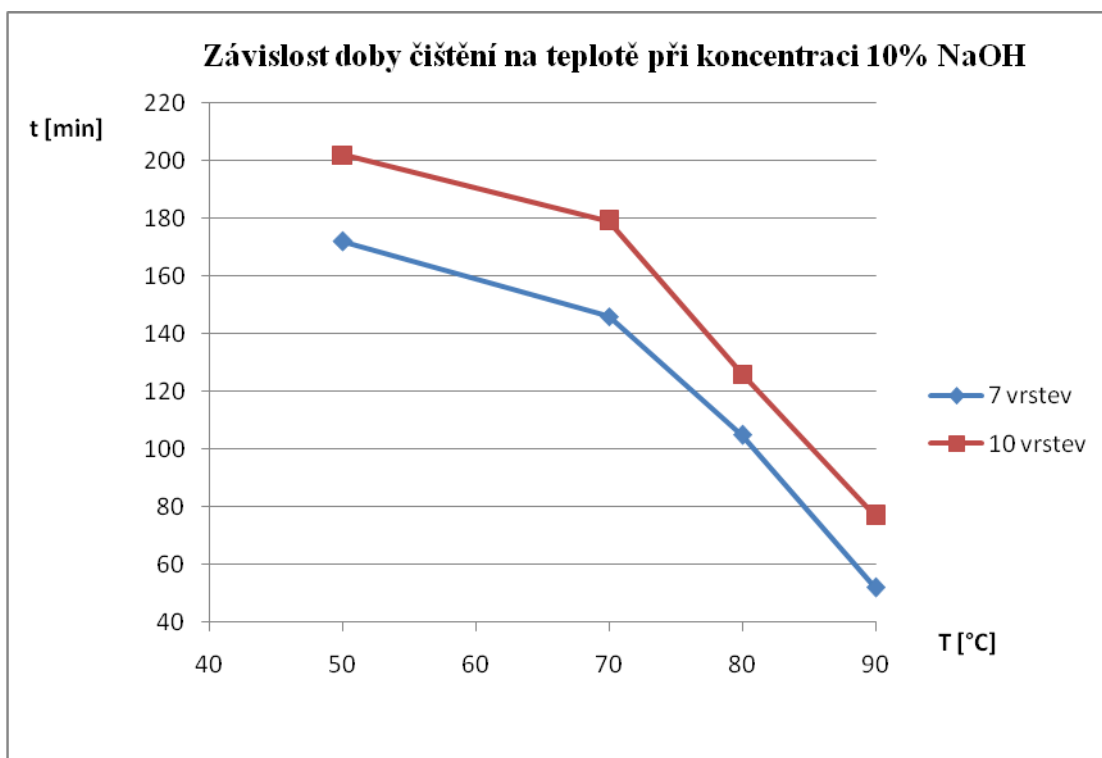
Koncentrace roztoku	T=50°C		T=70°C		T=80°C		T=90°C	
	7 vrstev	10 vrstev	7 vrstev	10 vrstev	7 vrstev	10 vrstev	7 vrstev	10 vrstev
40% NaOH	106 min/ 90% (obr.6.12)	123 min/ 80% (obr.6.13)	90 min/ 94% (obr.6.14)	110 min/ 88% (obr.6.15)	56 min/ 95% (obr.6.16)	66 min/ 93% (obr.6.17)	29 min/ 97% (obr.6.18)	36 min/ 95% (obr.6.19)
10% NaOH	172 min/ 70% (obr.6.20)	202 min/ 65% (obr.6.21)	146 min/ 80% (obr.6.22)	179 min/ 80% (obr.6.23)	105 min/ 90% (obr.6.24)	126 min/ 90% (obr.6.25)	52 min/ 94% (obr.6.26)	77 min/ 94% (obr.6.27)
20% NaOH (používaná v HELLA)					91 min/ 90% (obr.6.28)	109 min/ 90% (obr.6.29)		

V tab. 5 jsou shrnuty dosažené výsledky čištění (doba čištění v minutách/procento vyčištění) při zvolených parametrech čištění (počet vrstev, teplota a koncentrace čisticího roztoku). Procento vyčištění u jednotlivých vzorků bylo stanoveno na základě vizuálního hodnocení a je zdokumentováno na obr. 6.12 až 6.29.

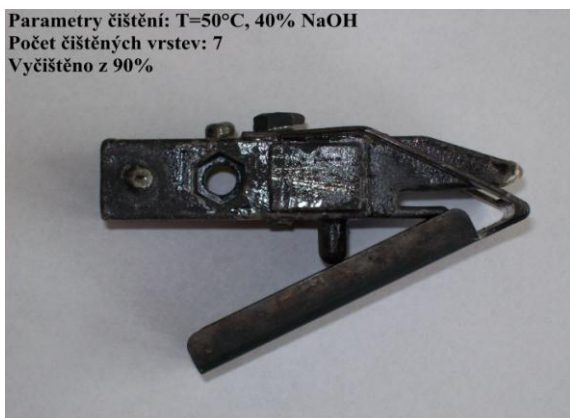
Grafické znázornění údajů z tab. 5 (viz obr. 6.30 a obr. 6.31) ukazuje závislost doby čištění na počtu vrstev, koncentraci a teplotě čisticího roztoku.



Obr. 6.30 Graf závislosti doby čištění na teplotě při koncentraci 40% NaOH.



Obr. 6.31 Graf závislosti doby čištění na teplotě při koncentraci 10% NaOH.



Obr. 6.12 a 6.13 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



Obr. 6.14 a 6.15 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



Obr. 6.16 a 6.17 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



Obr. 6.18 a 6.19 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



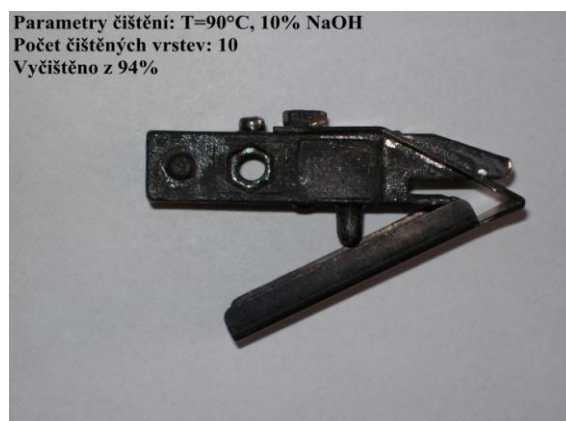
Obr. 6.20 a 6.21 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



Obr. 6.22 a 6.23 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



Obr. 6.24 a 6.25 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



Obr. 6.26 a 6.27 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.



Obr. 6.28 a 6.29 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech.

7.4 Popis vizuálního hodnocení

Po vyjmutí vyčištěných dílů z čisticí lázně a následném opláchnutí intenzivním proudem vody a tlakovým vzduchem bylo provedeno vizuální hodnocení dílů, jehož cílem bylo stanovit procento vyčištění, výsledky jsou uvedeny na obr. 6.12 až 6.29.

Rozdíly v procentech vyčištění jsou u jednotlivých dílů způsobeny koncentrací čisticího roztoku, teplotou a především časem, který pro urychlení procesu nemohl překročit dobu čištění při předcházejícím čisticím procesu, při nižší teplotě. Tzn., že doba čištění při parametrech například 70°C a 40% NaOH nemohla pro optimalizaci procesu čištění překročit dobu čištění při stejné koncentraci, ale teplotě 50°C. Nižší hodnoty procenta vyčištění, např. 70%, byly způsobeny čištěním v roztoku o koncentraci 10% NaOH a teplotě 50°C, který není tak účinný a to i v případě, kdy čisticí proces probíhal ve srovnání s ostatními mnohem déle.

Důležitou věcí, která nesmí být opomenuta, je, že čisticí procesy byly prováděny v laboratorním čisticím zařízení, tzn., že účinnost čištění by se při čištění v čisticí lince používané ve společnosti HELLA při všech parametrech uvedených v tab. 5 zvyšovala.

Vyčištěné výrobní prostředky jsou opět využívány při procesech lakování reflektorů, tudíž 100% vyčištění není podmínkou, ačkoli při parametrech čištění, teplotě 90°C a koncentracích 10% NaOH a 40% NaOH bylo této hodnoty téměř dosaženo.

8 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Cílem sledovaného čisticího procesu bylo nalezení účinnějšího a zároveň časově výhodnějšího procesu čištění než je v současné době k odstraňování nátěrového filmu z povrchu dílů využíván ve společnosti HELLA Autotechnik, s.r.o. Mohelnice. Parametry čištění aplikované v této společnosti byly zmíněny již dříve, v kap. 5.2. Za zmínku ale stojí, že zatímco ve společnosti HELLA jsou díly pravidelně čištěny až po dosažení pěti set vrstev znečištění, tak v našem případě bylo po domluvě, z důvodu použití háčků k experimentálním účelům, nanášeno vrstev méně (deset a sedm). Proto pro porovnání čisticího procesu používaného ve společnosti HELLA s čisticími procesy uvedenými v tab. 5 muselo být provedeno čištění jak sedmivrstvého, tak i desetivrstvého dílu při aplikování parametrů čištění využívaných ve společnosti HELLA. Výsledky tohoto čištění jsou také uvedeny v tab. 5. V případě, kdy by byl na dílu nanášen stejný počet vrstev jako ve společnosti HELLA, tzn. 500 vrstev, čištění by probíhalo nesporně mnohonásobně delší dobu.

Z výsledných časů čištění je na první pohled patrné, že čím menší počet vrstev byl na dílu nanášen, tím rychlejší vlastní proces čištění byl. Samozřejmě vždy v rámci čištění při stejných parametrech. Dále je z tabulky a z grafů zřejmé, že čisticí procesy probíhající při koncentraci 10% NaOH byly ve srovnání s čisticími procesy probíhajícími při koncentraci 40% NaOH podstatně delší a tudíž i energeticky náročnější, což je z ekonomického hlediska ne tedy příliš vhodné. Ke stejnému výsledku se došlo i v případě, kdy čištění při koncentraci 10% NaOH a teplotě 80°C bylo porovnáno s čištěním při stejné teplotě ale tentokrát o koncentraci 20% NaOH, tedy s parametry čištění aplikovanými ve společnosti HELLA. Z čisticích procesů probíhajících v roztoku o koncentraci 10% NaOH by tudíž bylo k urychlení současného čisticího procesu možné využít pouze čištění při vyšší teplotě, tj. 90°C. Při porovnání výsledků (časů) čištění při koncentraci 40% NaOH s výsledkem čištění při koncentraci 20% NaOH a teplotě 80°C je patrné, že čisticí procesy provedené v lázni o koncentraci 40% NaOH byly až na dvě výjimky, při teplotách 50°C a 70°C, výrazně výhodnější. Z tohoto důvodu by pro optimalizaci (urychlení) procesu čištění ve společnosti HELLA bylo ve všech ohledech (účinnost a doba čištění, energie spojené s ohřevem čisticí lázně) neoptimálnějším řešením volba čisticí lázně o koncentraci 40% NaOH a teplotách nad 70°C, to vše samozřejmě podle požadavků na výsledný čas čištění. Účinnost čištění se u obou zvolených koncentrací (40% a 10% NaOH) s rostoucími teplotami pravidelně zvyšovala. Z pohledu účinnosti čištění, jejíž výsledky byly stanoveny na základě metody vizuálního hodnocení dílu, byl nejlépe vyčištěn držák reflektoru se sedmi vrstvami znečištění a to až téměř z 97%, viz obr. 6.11, při parametrech čištění 40% NaOH, teplotě 90°C a frekvenci 16 kHz.

9 ZÁVĚR

Hlavním záměrem této práce bylo zkrátit celkovou dobu čištění pomocných ocelových výrobních prostředků (držáků reflektorů).

Před samotným čisticím procesem byla provedena příprava metalografického vzorku pro pozorování na světelném mikroskopu, z jehož snímků byly měřeny tloušťky odstraňovaných povlaků. Z těchto hodnot, měřených ve vybraných reprezentativních částech vzorku (horní část, místo ohybu, spodní okraj), je zřejmé, že tloušťka povlaků nebyla po celém povrchu vzorku konstantní. Nejmenší tloušťka povlaků byla, jak u sedmivrstvého, tak desetivrstvého povlaku, pozorována a naměřena v místech ohybu vzorků, a to 61,67 μm a 72,8 μm . V těchto místech také při čištění docházelo k dřívějšímu odloupení odstraňovaných povlaků od povrchu substrátu. Pozoruhodné bylo rovněž, že hodnota tloušťky desetivrstvého povlaku u spodního okraje vzorku byla menší než hodnota tloušťky sedmivrstvého povlaku ve stejné části. Toto mohlo být způsobeno horším přístupem lakovací linky k tomuto místu, při lakování reflektorů, nebo nesprávnou polohou háčku v důsledku mírného vychýlení na pomocné lakovací tyči. Nicméně tyto nedostatky jsou při odstraňování povlaků (čištění dílů) žádoucí.

Nejvhodnějším čisticím procesem, tzn. procesem výhodným z pohledu doby čištění, provozních nákladů na ohřev čisticí lázně i účinnosti čištění, by pro společnost HELLA Autotechnik, s.r.o. Mohelnice mohla být čisticí lázeň o koncentraci 40% NaOH a teplotách vyšších než 70°C, tj. 80°C až 90°C. Pro sériové čištění výrobních prostředků ve společnosti HELLA Mohelnice, by v úvahu přicházelo i čištění při koncentraci 10% NaOH a teplotě 90°C. U čištění při těchto parametrech by, ale z důvodu ohřevu čisticí lázně na vyšší teplotu došlo k nežádoucímu zvýšení spotřeby elektrické energie, tudíž k dražšímu provozu čisticí linky, proto by bylo optimálnějším řešením využít výše uvedené čištění při vyšší 40% koncentraci NaOH a teplotě 80°C, které je z pohledu doby a účinnosti čištění mnohem přijatelnější.

10 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
IT	[-]	Informační Technologie
LED	[-]	Light Emitting Diode
UZ	[-]	Ultrazvuk
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition – nanášení vrstev odpařením z pevné fáze

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Pouliční osvětlení	11
Obr. 1.2 Osvětlení čerpací stanice	11
Obr. 1.3 Přední světlomet – Audi A8	12
Obr. 1.4 Přední světlomet – Volkswagen Touareg.....	12
Obr. 1.5 Zadní svítidla – Opel Astra	13
Obr. 1.4 Milníky v expanzi firmy HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice.....	13
Obr. 2 Rez na povrchu ocelového řetězu.....	14
Obr. 3.1 Kapičky vody na rovné ploše	18
Obr. 3.2 Vzájemné sladění parametrů čištění.....	21
Obr. 3.3 Vícekomorová ponorová linka	22
Obr. 3.4 Jednokomorová ponorová linka	22
Obr. 3.5 Speciální druh jednokomorové linky	23
Obr. 3.6 Schéma úpravy vody pomocí odpařovače.....	24
Obr. 3.7 Schéma úpravy vody pomocí reverzní osmózy.....	24
Obr. 3.8 Odlučovač oleje.....	26
Obr. 3.9 Odstředivka	27
Obr. 3.10 Membránová filtrace	28
Obr. 4.1 Vyčištěný držák reflektoru ve formě háčku	29
Obr. 5.1 Čisticí linka Finnsonic používaná ve společnosti HELLA Mohelnice	31
Obr. 6.3 Odběr metalografického vzorku	34
Obr. 6.4 Odebrané vzorky – a) desetivrstvá nepravidelná alternace laku a napařeného hliníku, b) sedm vrstev laku.....	34
Obr. 6.5 Připravený vzorek pro pozorování světelným mikroskopem.....	35
Obr. 6.6 Struktura sedmivrstvého povlaku a měření tloušťek z horní části vzorku	36
Obr. 6.7 Struktura sedmivrstvého povlaku a měření tloušťek z místa ohybu vzorku	36
Obr. 6.8 Struktura sedmivrstvého povlaku a měření tloušťky ze spodního okraje vzorku	37
Obr. 6.9 Struktura desetivrstvého povlaku a měření tloušťek z horní části vzorku	37
Obr. 6.10 Struktura desetivrstvého povlaku a měření tloušťek z místa ohybu vzorku	38
Obr. 6.11 Struktura desetivrstvého povlaku a měření tloušťky ze spodního okraje vzorku	38
Obr. 6.30 Graf závislosti doby čištění na teplotě při koncentraci 40% NaOH	40
Obr. 6.31 Graf závislosti doby čištění na teplotě při koncentraci 10% NaOH	41
Obr. 6.12 a 6.13 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	41
Obr. 6.14 a 6.15 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	42
Obr. 6.16 a 6.17 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	42
Obr. 6.18 a 6.19 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	42
Obr. 6.20 a 6.21 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	43
Obr. 6.22 a 6.23 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	43
Obr. 6.24 a 6.25 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	43
Obr. 6.26 a 6.27 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	44
Obr. 6.28 a 6.29 Držáky reflektorů vyčištěné při uvedených parametrech	44

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HELLA CZ. *HELLA* [online]. 2012 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/1633.html?rdeLocale=cs>
- [2] HELLA KGAA HUECK & CO. *Annual report 2012-2013*. Lippstadt, 2013.
- [3] SCHWARZ, Jaroslav a Kamil PUR. HELLA AUTOTECHNIK Group: iKariéra 2011. *Hella Autotechnik* [online]. 2011 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: http://kariera.utb.cz/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=53&Itemid=256
- [4] HELLA průmysl. *HELLA* [online]. 2012 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/1145.html?rdeLocale=cs>
- [5] HELLA v Mohelnici. *HELLA* [online]. 2012 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/903.html?rdeLocale=cs>
- [6] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 216 s. ISBN 80-708-2668-1.
- [7] *Povrcháři* [online]. Jaroměř, 2008 [cit. 2014-05-06]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/200809_povrchari.pdf
- [8] Not just any old iron. *The Guardian* [online]. 2011 The Guardian [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.theguardian.com/science/2011/apr/28/wellcome-science-writing-prize>
- [9] SURTEC (ZWINGENBERG). *Čištění jako část tepelného zpracování: technický dopis 13a*. [S.l.], 2007.
- [10] MAREK, Vladimír. Mechanické úpravy povrchu tryskáním. *Povrchové úpravy*. 2012, roč. 15, č. 4, s. 39-40.
- [11] BROUŠENÍ. *Střední průmyslová škola Kolín* [online]. [2012] [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/STT_obeslova/Brou%C5%A1en%C3%AD.pdf
- [12] What is waterjet cleaning?. *Progressive Surface systems for shot peening, grit blasting, waterjet stripping, thermal spray* [online]. [2013] [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: http://www.progressivesurface.com/waterjetcleaning_process.php?PHPSESSID=491408b22ff4a4f1821c93171667da71
- [13] NEWTH, Alex. What is zone melting?. *WiseGEEK* [online]. 2014 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.wisegeek.com/what-is-zone-melting.htm>
- [14] Plasma cleaning. *Yield Engineering Systems: Quality Process Equipment Built for Process Engineers* [online]. © 2014 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.yieldengineering.com/applications/plasma/plasma-cleaning>
- [15] ČIŠTĚNÍ POVRCHŮ: diener electronic. *Čištění . Povlakování . Aktivace . Leptání: diener electronic* [online]. © 2009 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.plasma.de/cz/plasmatechnique/cleaning.html>

- [16] KUBÍČEK, Jaroslav. *Renovace a povrchové úpravy* [on-line]. Vydáno: 11. 12. 2006, [cit. 2014_05_10]. Dostupné z:
http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/renovace_a_povrchove_upravy__kubicek.pdf
- [17] ROZMÁNEK, Miloslav. Úprava povrchu před galvanickým pokovením. *Povrchové úpravy*. 2011, roč. 14, č. 4, 55-56,58.
- [18] GÜNZEL, Martin. *Metody depozice tenkých vrstev pomocí nízkoteplotního plazmatu*. České Budějovice, 2013. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
- [19] Lakování plastů. *Služby pro vás - pokovení, lakování, broušení a další: Preciosa* [online]. © 2014 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.pokoveni-lakovani.cz/redakce/index.php?clanek=545&xuser=&lanG=cs&slozka=537>
- [20] CHANDLER, David. Explained: Hydrophobic and hydrophilic. *MIT News Office* [online]. 2013 [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: <http://newsoffice.mit.edu/2013/hydrophobic-and-hydrophilic-explained-0716>
- [21] VODIČKA, Jan. Čistění povrchů laserem. *Výuka.pslib.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z:
http://vyuka.pslib.cz/ininet/index.php?option=com_content&view=article&id=162:istni-povrch-laserem&catid=7:clanky&Itemid=14
- [22] FOSFA A.S. *Dinátriumfosfát Dodekahydrát technický*. Břeclav, 2013.
- [23] Cavitation. *Princeton University* [online]. 2014 [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: <http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Cavitation.html>
- [24] Proč čištění ultrazvukem?. *IN Optik.cz: specializovaný obchod s optikou* [online]. 2014 [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: <http://www.inoptik.cz/advisor/proc-cisteniu-ultrazvukem?do=reviewHelpful>
- [25] FINNSONIC OY. *Manuál čisticí linky Finnsonic W V-1200/550 HD MBT100*. Lahti, 2012.
- [26] BURZA, Marek. Reverzní osmóza: úprava vody metodou, o které se všichni bojí mluvit. *Hobby.cz: Rady pro domov, zahradu a volný čas* [online]. 2009 [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: http://hobby.idnes.cz/reverzni-osmoza-uprava-vody-metodou-o-ktere-se-vsichni-boji-mluvit-1pg-/hobby-domov.aspx?c=A090525_141236_hobby-domov_bma
- [27] Principles. *Oil Separator* [online]. © 2010 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.oilseparator.net/principles/>
- [28] PETERSEN, John, Paul SCOTT a Niki FOSTER. What is a centrifuge?. *WiseGEEK* [online]. 2014 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.wisegeek.org/what-is-a-centrifuge.htm>
- [29] ALFA LAVAL ČESKÁ REPUBLIKA. *Membránová filtrace Alfa Laval*. © 2003.
- [30] MCMAHON, Mary. What is membrane filtration?. *WiseGEEK* [online]. 2014 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.wisegeek.com/what-is-membrane-filtration.html>