



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

**Hodnocení čistoty povrchu u definovaných
materiálů a povrchových úprav**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR: Bc. Nikol Bachurová

VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

STUDIJNÍ PROGRAM: N 2301 Strojní inženýrství

STUDIJNÍ OBOR: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Praha 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bachurová** Jméno: **Nikol** Osobní číslo: **470028**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Výrobní inženýrství**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Hodnocení čistoty povrchu u definovaných materiálů a povrchových úprav

Název diplomové práce anglicky:

Evaluation of surface cleanliness for defined materials and surface finishes

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rozbor problematiky čištění a kontroly čistoty povrchu strojírenských součástí
- 2) Stanovení výchozí hodnoty čistoty povrchu pomocí fluorescenční metody
- 3) Zhodnocení vlivu fluorescence u definovaných materiálů a povrchových úprav.

Seznam doporučené literatury:

ASM Handbook Volume 5: Surface Engineering ISBN: 978-0-87170-384-2

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Kudláček, Ph.D. ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **26.04.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **18.08.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **31.12.2023**

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Ladislav Kolářik, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Kudláčka, Ph.D., a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu panu Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D. rovněž firmě Techtest, s.r.o. konkrétně panu Ing. Michalu Zoubkovi za jeho přístup, otevřenost, rady a ochotu. Dále firmě SurTec ČR s.r.o. za poskytnutí chemických prostředků zejména panu Ing. Romanu Konvalinkovi. V neposlední řadě firmě ACO Industries k.s. a CVP Galvanice s.r.o. za realizaci vzorků. Nesmím zapomenout poděkovat mé nejbližší rodině, která při mně stála po celou dobu studia.

Anotace

Diplomová práce se zabývá hodnocením čistoty povrchu u definovaných materiálů a povrchových úprav. K analýze čistoty povrchu se za použití přímé metody na principu luminiscence detekuje povrch přístrojem Recognoil. V dané problematice se zkoumá chování jednotlivých materiálů a jejich předúprav. Zjišťuje se o kolik jednotek intenzity fluorescence mezi definovanými materiály bude docházet, buď k jejich snížení nebo zvýšení, zda na fluorescenci působí druh materiálu, povrchová úprava, odlišné pasivační přípravky, zda velikost fluorescence ovlivňuje i lesklost, jestli má souvislost s drsností povrchu a odmaštěním povrchu.

Název diplomové práce:	Hodnocení čistoty povrchu u definovaných materiálů a povrchových úprav
Autor práce:	Bc. Nikol Bachurová
Vedoucí práce:	Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
Konzultant:	
Akademický rok:	2022/2023
Vysoká škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	12133 – Ústav strojírenské technologie
Vedoucí ústavu:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Rozsah práce:	76 stránek, 22 tabulek, 30 obrázků
Klíčová slova:	fluorescence, Recognoil, kontrola čistoty, odmašťování, povrchové úpravy

Annotation

The thesis deals with the evaluation of surface cleanliness of defined materials and surface treatments. To analyse the surface cleanliness, a Recognoil instrument is used to detect the surface using a direct luminescence-based method. The behaviour of the materials and their pretreatments is investigated. It is investigated by how many units of fluorescence intensity there will be between defined materials, either a decrease or an increase, whether the fluorescence is affected by material type, surface finish, different passivation preparations, whether the magnitude of fluorescence also affects gloss, whether it is related to surface roughness and surface degreasing.

Title of the final thesis:	Evaluation of surface cleanliness for defined materials and surface finishes
Author:	Bc. Nikol Bachurová
Supervisor:	Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
Consultant:	
Academic year:	2022/2023
University:	CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department:	12133 – Department of Manufacturing Technology
Head of department:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Extent:	76 pages, 22 tables, 30 pictures
Keywords:	fluorescence, Recognoil,, surface cleanliness, degreasing, surface treatment

Obsah

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	14
2. ROZBOR PROBLEMATIKY ČIŠTĚNÍ A KONTROLY ČISTOTY POVRCHU STROJÍRENSKÝCH SOUČÁSTÍ	15
2.1 Čištění povrchu	15
2.1.1 Chemické předúpravy	15
2.1.2 Mechanické předúpravy	21
2.2. Kontrola čistoty povrchu	24
2.2.1 Nečistoty	24
2.2.2 Vazby nečistot	24
2.2.3 Kvantitativní hodnocení povrchu	26
2.2.4 Povrchové napětí	29
2.2.5 Smáčivost	29
2.2.6 Způsoby měření smáčivosti	31
2.2.7 Způsoby měření povrchového napětí	32
3. STANOVENÍ HODNOTY ČISTOTY POVRCHU POMOCÍ FLUORESCENČNÍ METODY	35
3.1 Fluorescenční metoda	35
3.1.1 Recognoil 3W	36
3.1.2 Recognoil QB	37
3.1.3 SITA CleanoSpector	37
3.1.4 Infračervená (IR) spektrometrie	38
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – Vliv fluorescence u definovaných materiálů a povrchových úprav	39
4.1 Definované materiály a jejich PÚ	39
4.2 Příprava vzorků	48
4.3 Hodnocení měření v souvislosti s fluorescencí	51

4.3.1 Měření drsnosti	51
4.3.2 Měření lesku	54
4.3.3 Měření povrchového napětí	56
4.3.5 Stanovení fluorescence – Recognoil 3W	57
4.3.6 Stanovení fluorescence – Recognoil QB	61
5. Zhodnocení vlivu fluorescence	66
6. Závěr.....	68
7. BIBLIOGRAFIE	69
8. Seznam tabulek	75
9. Seznam obrázků	76
10. Seznam grafů.....	77
11. Přílohy	78

Seznam zkratek

F.U.	Intenzita fluorescence
$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$	Milnewton na metr
C	Uhlík
Cr	Chrom
Mn	Mangan
Ni	Nikl
P	Fosfor
Si	Křemík
S	Síra
Fe	Železo
Pb	Olovo
Sn	Cín
Al	Hliník
Mo	Molybden
CuO	Oxid mědnatý
CuCO_3	Uhličitan mědnatý (měděnka)
HV	Tvrдость podle Vickersa

Seznam použité symboliky

λ_c [mikrometr]

vlnová délka

°

stupeň

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Prakticky denně se člověk setkává s různým typem materiálů a jejich povrchem a tím spjatou čistotou povrchu. Rozdílnost povrchu materiálů ukazuje smáčivost povrchu, avšak ne všechny povrchy materiálů jsou dobře smáčivé. Může za to povrchové napětí. Pokud je vysoké, kapalina se bude po ploše rovnoměrně roztékat, pokud je nízké kapalina bude vytvářet kapičky. Vždy záleží na povrchu předmětu, z jakého je materiálu nebo jaká je jeho povrchová úprava, jak je zamaštěný apod. Lze říct, že mastný povrch nebude dobře smáčet vodu. Povrchové napětí na volné hladině kapaliny se chová jako tenká elastická blána. Pokud se na hladinu vody položí předmět např. jehla, povrch hladiny se pod ní prohne, ale nepotopí se. K zjišťování a detekci čistoty u znečištěných předmětů od olejů, tuků, vazelín a jiných nečistot existují různé metody. Jednou z nich je metoda založená na principu fluorescence, kterou se bude zabírat tato diplomová práce. [76]

Cílem této práce je porovnání čistoty jednotlivých materiálů včetně jejich předúprav mezi sebou a porovnání výsledků pomocí ručního zařízení Recognoil 3W a Recognoil QB. V podstatě nelze určit, který materiál, bude dosahovat nejlepších a který nejhorších výsledků, protože každý materiál se chová jinak. V rámci zkoumané problematiky se práce bude zabývat hodnocením snížení, či zvýšení intenzity fluorescence u definovaných materiálů, zda její ovlivnitelnost má souvislost s použitými pasivačními prostředky, naměřenou drsností, intenzitou lesku a v neposlední řadě odmaštěním v ultrazvukové čističce.

2. ROZBOR PROBLEMATIKY ČIŠTĚNÍ A KONTROLY ČISTOTY POVRCHU STROJÍRENSKÝCH SOUČÁSTÍ

2.1 Čištění povrchu

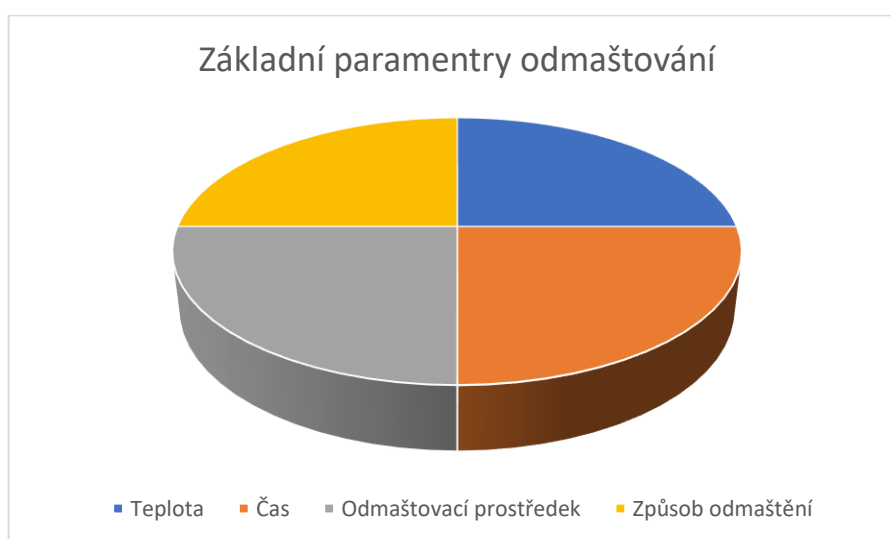
Volba čištění povrchu závisí na dané technologii, která se bude na daný povrch nanášet (např. zinkování, chromátování). K čištění povrchu dochází dvěma způsoby buď chemickými předúpravami nebo mechanickými předúpravami.

2.1.1 Chemické předúpravy

Mezi chemické předúpravy povrchu se zahrnuje odmašťování, moření, fosfátování a další. Těmito způsoby se připravuje povrch pro různé povlaky. Záleží na druhu povlaku a s tím je spjata i čistota povrchu. Nejvíce choulostivější povlaky na čistotu povrchu jsou galvanického charakteru, méně pak povlaky z nátěrových hmot nebo difúzní povlaky. [3]

Odmašťování

Řadí se k nejběžnějším operacím ve strojírenském průmyslu. Po odmašťování je vždy nutné zajištění dokonalého oplachu, aby nedošlo ke ztrátě přilnavosti povlaku nebo tvorbě vad. Odmašťování probíhá buď ponorem, postřikem nebo jejich kombinací. [3][4] [19]



Obrázek 1: Základní parametry odmašťování

Odmašťovací prostředek určuje typ procesu odmašťování

a) Alkalické roztoky

Typ odmašťování, který je poměrně složitý. Alkalické lázně se připraví rozpuštěním odmašťovacího prostředku v destilované vodě, poté, co se odmašťovací prostředek úplně rozpustí, se lázeň ohřeje na pracovní teplotu. V případě odmašťování rostlinných a živočišných tuků dochází v roztoku ke zmýdelňování. Za to minerální mastnoty (oleje, vosky, vazelíny) tuto vlastnost nemají čili nezmýdelňují. Jejich schopnost v daném roztoku je emulgace, ke které dochází za zvýšené teploty. Dříve se používaly převážně odmašťovací alkalické prostředky na bázi fosforečnanů, hydroxidů, křemičitanů. [2][3] [6]

Pozitivum

Nižší cena.

Snadnější likvidace odpadních vod.

Nehořlavé. [2] [3]

Negativum

Nevhodné pro složité součásti, kvůli špatně dostupným místům při oplachu, po špatném vyschnutí by mohlo dojít ke koroznímu napadení materiálu.

Nepřípustné pomocí alkalických roztoků odmašťovat hliník, zinek, mosaz. [1] [5] [6]

b) Organická rozpouštědla

Odmašťování v organických rozpouštědlech se využívá zejména na hrubé odstraňování nečistot a silných vrstev oleje nebo tuků. [2][3]

Nejvíce používaný v průmyslové praxi je trichloretylen (C_2HCl_3). Organická syntetická látka ve velké míře zdraví škodlivá, při vyšších teplotách ($120^\circ C$) se rozkládá na toxický fosgen. Bezbarvá za normálních podmínek těkavá látka sladkého zápachu. Trichloretylen se v praxi používá okolo 80 %. Do budoucna z důvodů ekologické likvidace lázní se nebudou moci chlorované uhlovodíky moci používat. Mohly by je nahradit přípravky na bázi alifatických uhlovodíků nebo alkalické odmašťování. Odmašťování se provádí buď máčením, propíráním nebo v parách. [2][3][7]

Pozitivum

Rychlé pro předběžné čištění.

Bezproblémové odmaštění členitých výrobků.[2]

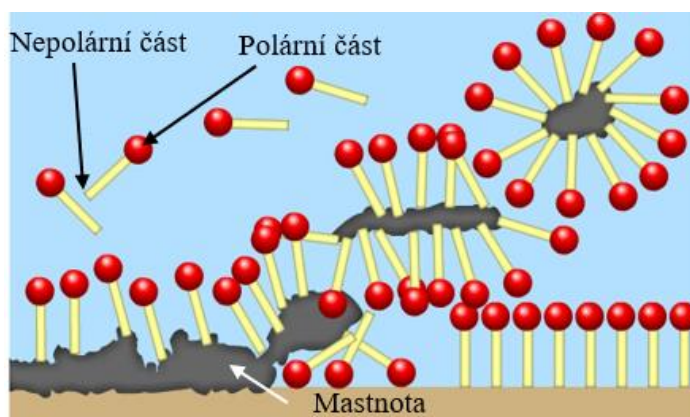
Negativum

Nevhodné pro hliník, hořčík.

Výskyt hořlavosti (u benzínu).[2][3]

c) Tenzidové odmašťování

Tenzidy jsou povrchově aktivní organické látky tvořeny polární a nepolární částí. Tvoří amfifilní (amfipatickou) strukturu, obsahují hydrofilní a hydrofobní části. Dokáží na sebe navázat nečistoty (mastnoty, tuků, olejů) díky hydrofilní a hydrofobní části. Hydrofilní část je nejčastěji polární skupina, která se navzájem přitahuje s vodou a je odpuzována od nepolární skupiny. Nepolární skupina na sebe váže nečistoty ve všech formách. Tenzid má schopnost obalit nečistotu na kontaminovaném předmětu a převést ho do roztoku. Způsob tenzidového odmašťování je vhodný k ručnímu odstranění, ponorovému i ultrazvukovému. [75] [76]



Obrázek 2: Způsob působení tenzidů při odmašťování [75]

d) Neutrální roztoky

Odmašťování v neutrálních roztocích (saponátech) se používá při ručním odmašťování rozměrově velkých předmětů. [2]

e) Elektrolytické odmašťování

Elektrolytické odmašťování slouží jako finální odmašťování před procesem galvanického pokovení. Dochází k odstraňování posledních zbytků nečistot. V principu funguje jako alkalické odmašťování za použití elektrického proudu. Rozlišují se dva druhy elektrolytického odmašťování katodické a anodické nebo kombinace obou. [2] [3]

f) Emulzní odmašťování

Odmašťování emulzní je kombinací organického rozpouštědla s emulgátory, smáčedly, alkáliemi, inhibitory a vodou. Způsob odmašťování se provádí natíráním, máčením a postříkem. Nevýhodou emulzních lázní je náročné čištění odpadních vod. [2]

g) Čištění ultrazvukem

Odmašťování ultrazvukem se řadí mezi vysoce efektivní a dokonalé čištění povrchu. V ultrazvukové čističce se vytváří ultrazvukové vlnění, s kterým současně vznikají miliony mikroskopických bublin, které okamžitě pokryjí čištěný povrch předmětu a jsou závislé na uvolněné energii, která strhne nečistoty z povrchu. Jev se nazývá kavitace. Využití má v průmyslu strojírenském leteckém a mnoha dalších odvětví. [3][8][16][70]

Moření

Technologie určená k odstraňování vrstev okují, oxidů. Moření ocelí probíhá v roztocích kyseliny sírové (H_2SO_4) a kyseliny chlorovodíkové (HCl) nebo kyselině dusičné (HNO_3). V malém množství se používá i kyselina fosforečná (H_3PO_4) po níž není povrch tolik náchylný k následnému koroznímu napadení. Proces moření může mít i několik stupňů oplachu a případně i zahrnutou pasivaci povrchu, aby se zabránilo následné korozi. [1] [3][4][10]

Moření lze provést různými způsoby.

- a) moření ponorem v lázni
- b) moření pastou – určeno především pro svary malých dílů, kdy se na konkrétní místo aplikuje mořící pasta pomocí štětce
- c) moření postříkem – na velké plochy [17]

Fosfátování

Při procesu fosfátování se vytvářejí na povrchu kovů nerozpustné krystalické vrstvy fosforečnanů zinku, železa a manganu. Podstatou fosfátování je odolnost proti korozi a zajištění vhodné přilnavosti následných povrchových úprav. Rozlišuje se několik druhů fosfátování, železnaté, zinečnaté a manganaté. [4][18]

a) Železnaté fosfátování

Předúprava povrchu železa

Jednoduchá předúprava povrchu chemickou cestou, finančně nenáročná, relativně oblíbený způsob před dalšími úpravami povrchu. Železnaté fosfátování s kombinací pasivace zvyšuje též korozní odolnost.

Předúprava povrchu hliníkových slitin a pozinkovaných materiálů

V současné době se železnaté fosfátování uplatňuje nejen na kovových površích, ale i na površích pozinkovaného materiálu nebo hliníkového materiálu. V obou případech je povrch pokryt pasivační vrstvou oxidů, které zpomalují, až dokonce zabraňují reakci lázně s materiálem. Z důvodů pasivačních vrstev, jak hliníkových slitin, tak i pozinkovaných materiálů, je nutné zvýšit pH lázně nad pH4, obvykle se fosfátuje při pH 3. [4] [12]

b) Zinečnaté fosfátování

Zinečnaté fosfátování zajišťuje mnohem vyšší odolnost proti podkorodování a vynikající přilnavost. [15]

c) Manganaté fosfátování

Manganaté fosfátování se zejména používá u rotačních strojních součástí (např. ozubené kolo, převodovka). Dochází k zajištění odolnosti proti korozi, opotřebení, či snížení koeficientu tření. [11]

Pasivace

Pasivita kovů byla objevena přes více než 200 lety, avšak zkoumána je i v současnosti, což vypovídá o složitosti jevu. Její úkol je ochránit kovy před korozi. Pasivace je dvojího druhu samovolná pasivace a řízená pasivace.

- Samovolná

Probíhá na kovu přirozenou cestou.

- Řízená
 - Působením chemických látek
 - Elektrochemickými metodami

Většinou je pasivační vrstva slabá a oku neviditelná, a proto její ochranná funkce omezená. Řízená pasivace především slouží jako mezioperační ochrana při přepravě a pro skladování

před následnou úpravou povrchu. Pasivují se povrchy uhlíkových ocelí, legovaných ocelí a neželezných kovů na bázi Zn a Al. U mědi a mosazi plní funkci ochrany proti vzhledovým změnám. [24] [26] [27]

- Titanová pasivace
- Zirkonová pasivace
- Zirkon-titanová pasivace
- Černá pasivace
- Žlutá pasivace
- Modrá pasivace
- Tenkovrstvá pasivace
- Tlustovrstvá pasivace

Rozdíl mezi fosfátováním a pasivací je ve složení vrstvy, ale i v procesním hledisku. V případě použití pasivačního prostředku na bázi kombinace trojmocného chromu a zirkonu, který nahrazuje klasické fosfátování, se netvoří žádný kal. V odpadních vodách se tak nenachází žádný obsah fosforu, niklu a dusičnanu. [15]

Chromátování

Nejrozšířenější způsob pasivace. Proces vytvářený chemickou cestou na kovech i neželezných kovech z chromových sloučenin. Podle funkce a využití se chromátové vrstvy rozdělují do několika skupin. K ochraně proti korozi, k vytvoření podkladu před nanášením nátěrové hmoty, z hlediska estetiky – široká plejáda barev od bezbarvé vrstvy přes průhledné, žluté až tmavé zabarvení, dodatečná úprava kovových zinkových povrchů – ochranná pasivační vrstva před atmosférickou korozi, která by mohla způsobit bílou rez. Chromátovací lázně jsou tvořeny z šestimocného chromu, který se v současné době redukuje na trojmocný, z legislativních důvodů. [3][24]

Rozdíl mezi chromátováním a pasivací je v korozní odolnosti. Například žlutý šestimocný chromát má mnohem větší schopnost ochránit výrobek před korozi oproti modré pasivaci s třímocným chromem u něhož jde spíše o vzhled výrobku. [43]

2.1.2 Mechanické předúpravy




Zkvalitňují povrch před další povrchovou úpravou a zajišťují dobrou přilnavost. Mechanické předúpravy se používají po obrábění k zahlazení nepravidelných stop k odstranění oxidických vrstev nebo rzi. K zbavení starých nátěrů nebo jiných zbytků na povrchu. [24]

a) Tryskání

Otryskávání se provádí vrháním tryskacího prostředku velikou rychlostí proti povrchu součásti. Slouží k odstraňování rzi, okují, korozích zplodin a zabezpečení lepšího zakotvení základního nátěru. Tryskání má za následek plastickou deformaci povrchových vrstev, drsnost povrchu, zvýšení napětí v povrchových vrstvách, tyto vlivy se využívají ke zpevnění materiálu. Podle zdrsňení povrchu se volí druh tryskacího prostředku, což znamená vhodná volba velikosti zrn, hrubosti (jemnější/hrubší), tlaku, úhlu, vzdálenosti tryskaného předmětu. Tryskání se používá na mostní konstrukce, odlitky, výkovky nebo také před žárově stříkanými povlaky. Zvláštní druh tryskání může být i tryskání vodním paprskem. [4] [13]

Tryskacího materiál se používá ocelová drť, bílý korund, ocelový sekaný drát, ocelové kuličky, skleněné kuličky, drcené sklo, balotina (skleněné mikrokuličky), křemičitý písek. [4] [24] [28]

Tabulka 1: Hodnoty drsnosti v závislosti na konkrétním druhu tryskacího prostředku [24] [28]

Tryskací prostředek	Velikost částic	Obrázek
Ocelová drť <ul style="list-style-type: none"> • Čištění okují • Odstranění starých nátěrů 	0,1 – 1,4 mm	
Drcené sklo <ul style="list-style-type: none"> • Náhrada za křemičitý písek • Čištění hliníku, mědi, nerezové oceli 	0,2 – 1 mm	
Balotina (skleněné mikrokuličky) <ul style="list-style-type: none"> • Finální úpravy povrchu (leštění) • Čištění hliníku, nerezového povrchu • Zpevňování povrchu = shot peening 	0,045 – 0,8 mm	

Rozdělení podle typu tryskání

Pneumatické tryskání

Tryskací prostředek je urychlován stlačeným vzduchem.

Tryskání tlakovou kapalinou

Tryskací prostředek (může/nemusí být) je vrhán velkou rychlostí společně s kapalinou na upravovaný povrch.

Tryskání metacími koly

Tryskací prostředek je urychlován metacími koly s metacími lopatkami. [24]

b) Omílání

Technologie k mechanické úpravě malých předmětů. Spočívá v nepřetržitém vzájemném pohybu mezi předmětem a omílacím tělískem a tím dochází k vyhlazení povrchu. V případě členitého předmětu může dojít k poškození. Omílání se uplatňuje i k leštění výrobku. Omílací tělíska jsou keramická, plastová nebo ve formě umělých či přírodních kamenů (žula, křemen, korund). [2]



Obrázek 3: Plastová a keramická omílací tělíska [14]

c) Broušení

Broušením dochází k odstraňování hrubých nerovností, vad materiálu např. švy na odlitcích, svary, póry, rýhy. [3]

Docílení určité drsnosti dochází díky různým typům rotačních kotoučů různých zrnitostí podle nalepeného obvodového brusiva, záleží na typu prováděné operace (hlazení, předleštění). Používají se i papírové nebo plátěné brusné pásy taktéž s odstupňovanou zrnitostí. [24] [29]

Tabulka 2: Ukázka vybraných brusných kotoučů [29]

Určený na broušení kovu. Zrnitost: 180	Kotouč z nylonových vláken. Zrnitost: 240	Nylonový brousící kotouč. Používaný na odstraňování starých nátěrů.
		

Zrnitosti kotoučů

Pravidlo pro výběr zrnitosti kotoučů je čím hrubší kotouč, tím větší úběr materiálu.

Tabulka 3: Druhy zrnitosti [29]

8-24	Hrubé
30-60	Střední
70-180	Jemné
220-400	Velmi jemné

Tvrдость má také své označení

Tabulka 4: Druhy tvrdosti [29]

F, G	Velmi měkké
H, I, J	Měkké
K, L, M, N, O	Střední
P, Q, R, S	Tvrdé
T, U, V, W, X, Z	Velmi tvrdé

d) Leštění

Konečná úprava vzhledu hotového předmětu. Leštění zahlučuje stopy po operaci broušení. U finálního leštění se musí použít nejjemnější lešticí pasty nebo pasty s brusivem, malý přítlak, nižší obvodové rychlosti. [3] [24]

e) Kartáčování

Princip je stejný jako u broušení a leštění. Kartáčování pouze zjemňuje a sjednocuje povrch předmětu. Zbavuje povrch oxidických vrstev po předchozí operaci broušení. [3] [24]

2.2. Kontrola čistoty povrchu

Kontrola čistoty povrchu je spjata s pojmy jako nečistoty (cizí/vlastní) a jejich vazbami (adhezní/adsorpční/chemická), povrchovým napětí, drsností a jinými aspekty.

2.2.1 Nečistoty

- Cizí nečistoty

V zásadě se jedná o různé mastnoty, ulpělý prach, zbytky brusných past či leštících past. Rozdělují se do dvou skupin s malou a velkou tloušťkou. Malá tloušťka není viditelná okem ba naopak s vyšší tloušťkou je nečistota na první pohled zřetelná je to zapříčiněno její silnou vrstvou v řádech milimetrů. [1] [2]

- Vlastní nečistoty (chemické nečistoty)

Nejčastěji rez, okuje. Nejvhodnější způsob odstranění je mechanickým čištěním nebo chemickým mořením. [1] [2]

2.2.2 Vazby nečistot

- Adhezní vazba

Adheze způsobuje ulpívání prachu na kovovém povrchu v různých formách.

Kovové nečistoty – z mechanického opracování, třísky, kovový prach. Molekulární síly zapříčiní přilnutí těchto nečistot ke kovovému povrchu. Adhezní síly udržují na kovovém povrchu i nečistoty vlivem nerovnosti povrchu nebo zbytky leštících past.

Nerozpustné anorganické nečistoty – prach z ovzduší, grafit, brusiva. [22]

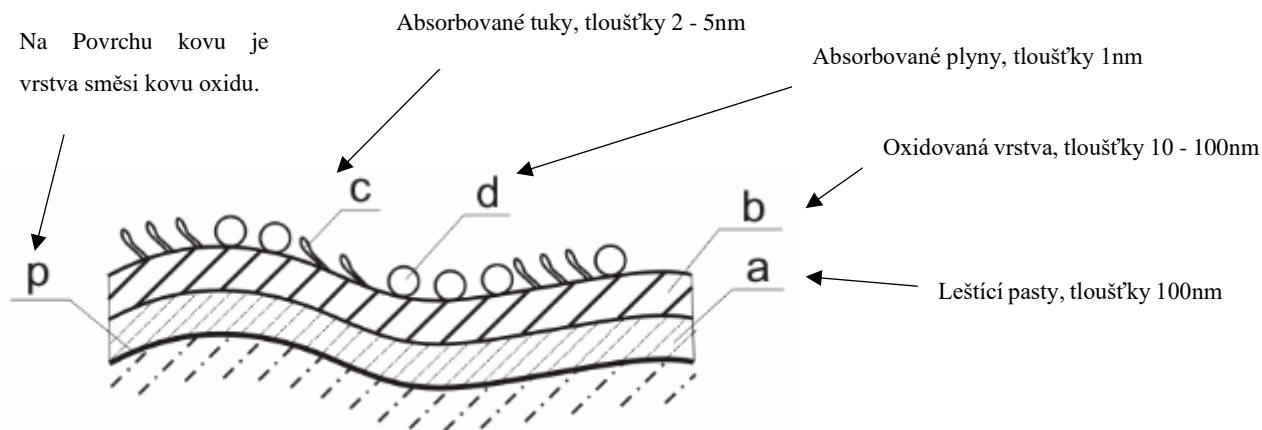
- Adsorpční vazba

Adsorpční vazba má mnohem silnější potenciál k povrchu nežli adhezní vazba, ale slabší než chemická vazba. Výskyt adsorpční vazby se většinou neočekává u tuhých krystalických částic se, ale nachází se u rozpuštěných látek, a i u látek nerozpustných ve vodě (vosková substance, mastné látky).

Mastné látky – konzervační látky, brusné pasty, leštící pasty, chladicí kapaliny, řezné oleje.

Odstraňování nečistot adsorpční povahy (ulpívání na povrchu materiálu) se realizuje pomocí chemické předúpravy takzvaně odmašťování. [22]

Příklad opticky vyleštěného „čistého“ povrchu kovového vzorku. (obr.4)



Obrázek 4: Povrchové vrstvy na leštěném povrchu [22]

- Chemická vazba

Mezi chemické vazby se řadí nečistoty cizí a vlastní (viz. výše). Jak již bylo zmíněno, odstraňují se buď mechanickým způsobem (tryskání, omílání, leštění) nebo chemickým způsobem (moření, dekapování, odrezování). [22]

Způsoby stanovení stupně čistoty povrchu lze rozdělit do dvou skupin metod.

Přímá metoda – průmyslová využitelnost. Detekce zamaštění probíhá přímo na analyzovaných součástech. Metody, které se využívají v průmyslové praxi, se nazývají indikačně – pozorovací. Využívají povrchového napětí kapalin (fixy, inkousty, metoda porušení souvislého vodního filmu, přímá hmotnostní metoda, postřikové metody) u těchto metod je velká míra chybovosti v měření, časově náročná. Mezi další přímé metody se řadí např. metody na principu luminiscence.

Nepřímá metoda – časově náročná, méně výhodná. Probíhá detekcí nečistot např. pomocí kontrolního rozpouštědla, které z povrchu měřeného předmětu vytáhne nežádoucí látky a až poté dojde k analýze. [30]

2.2.3 Kvantitativní hodnocení povrchu

- Mimořádné nerovnosti povrchu

Obvykle vybočují z rozměrů normální drsnosti povrchu, vyskytují se nahodile a nepravidelně. Do mimořádných nerovností se zahrnují trhliny, hluboké spáry, hrubé vrstvy po technologickém procesu.

- Vlnitost povrchu

Pravidelně se opakující nerovnost. Vzniká při obrábění chvěním nástroje a obrobku.

- Drsnost povrchu

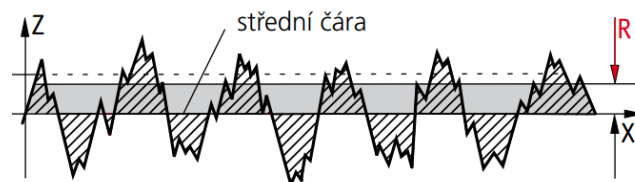
Pravidelně se opakující drobné nerovnosti způsobené tvarem, ostřím nástroje při posuvu a hloubce řezu při obrábění. Jemné strukturované odchylky od ideálního profilu povrchu. [38] [49]

Parametrů drsnosti povrchu je mnoho od celkové výšky profilu P_t po šikmost a špičatost profilu drsnosti $R_{sk,ku}$. Důležitými parametry pro měření v experimentální části (kapitola 4) jsou R_a , R_z , λ_c . [50]

λ_c = mezní vlnová délka

Profilového filtru určuje, které vlnové délky budou přiřazeny drsnosti a které vlnitosti. [50]

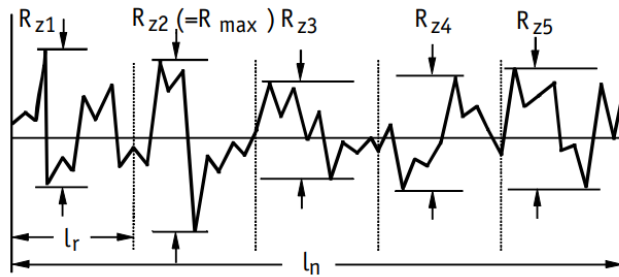
R_a – průměrná aritmetická odchylka drsnosti Aritmetický průměr absolutních hodnot na pořadnici profilu drsnosti povrchu. Ze statického hlediska je R_a zároveň střední aritmetickou úchylkou hodnot drsnosti na pořadnici od střední čáry. [9]



Obrázek 5: Střední hodnota drsnosti R_a [50]

R_z – největší výška profilu drsnosti

Aritmetický průměr výšky profilu drsnosti jednotlivých drah $5 L_r$ v rozsahu základní délky L_n . Vzdálenost nejvyššího do nejhlubšího bodu profilu R_z . [50] [9]



Obrázek 6: Hloubka drsnosti Rz [50]

Drsnost lze měřit drsnoměry a profiloměry. Princip měření spočívá v hrotu drsnoměru, který po přiložení na konkrétní předmět snímá příčné pohyby dle normy ISO 4288. V nastavení drsnoměru proto lze přepínat rozteče systematických nerovností, které drsnoměr dokáže odfiltrout a přepnout způsob vyhodnocení průběhu příčných pohybů snímacího bodu.

Dílenské drsnoměry

Rozměr těchto zařízení je kapesních rozměrům, lehký, snadno přenosný. Snímací hrot má větší vrcholový úhel, větší poloměr zaoblení. Měření plochy probíhá ručním přitisknutím bez stativu.

Laboratorní drsnoměry

Určeny pro plochy špatně přístupné. Laboratorní drsnoměry jsou extrémně citlivé na snímání drobných nerovností. Snímací hrot má menší vrcholový úhel i malý poloměr zaoblení. Drsnoměr je propojen s počítačem kvůli zaznamenávání výsledků jejich vyhodnocování a následném tisku protokolů. [51] [52]

V experimentální části (kapitola4) byl použit drsnoměr SURFTEST SJ-210, MITUTOYO.



Obrázek 7: Drsnoměr SURFTEST SJ-210, MITUTOYO [44]

Kalibrace zařízení se prováděla pomocí etalonů přiložených u drsnoměru SURFTEST SJ-210. Byla zvolena mezní vlnová délka $\lambda_c=0,8$ [μm]. [52]

- Měření lesku

Měření lesku není pouze hodnocení povrchové vlastnosti materiálu, má mnohem hlubší význam, než zda se povrch leskne méně či více. Stupeň lesku zjišťuje odchylku, při které mohlo dojít jiným technologickým postupem. Z toho vyplývá, že odchylka souvisí např. se ztrátou jiných povrchových vlastností materiálu. U vytvrzených práškových plastů může odchylka odhalit větší matnost povrchu což má za následek větší teplota vypalování v peci než, jaká byla požadována a tím pádem se povrch stává křehčí a méně odolný proti mechanickým vlivům. [45]

Lesk je viditelný pouhým okem a člověk ho dokáže na základně vizuálního posouzení vyhodnotit takřka ihned, jestli je vysoce lesklý nebo matný. Přesné určení lesklosti pomáhá určovat měřicí zařízení zvané leskoměr. Leskoměry fungují na bázi reflexní geometrie = měření hodnoty vyslaného světla, které se odrazí od povrchu. Lesk je vyjádřen v jednotkách GU (gloss units), rozsah je od 0–2000 jednotek. Na základě různých povrchů, je leskoměry dělí dle měřících úhlů. Základní měřicí úhel je 60° [45]

V praktické části (kapitola 5) byl používán leskoměr TQC GL0010, rozsah stupnice lesklosti při úhlu 60° byl 0-1000 GU. Kalibrace byla provedena na kalibrační destičce – černé sklo. [45]



Obrázek 8: Leskoměr TQC GL0010 [45]

Tabulka 5: Hodnocení lesklosti [45]

Povrch	Při měření pod úhlem 60°	Měřit pod úhlem
Vysoce lesklý	Nad 70 jednotek	20°
Středně lesklý	10 až 70 jednotek	60°
Matný	Pod 10 jednotek	85°

2.2.4 Povrchové napětí

Má co dočinění s čistotou povrchu a tím pádem dobrou přilnavostí povrchu. Vychází ze vzájemné přitažlivosti molekul kapaliny. Povrchové napětí je velmi důležitým parametrem pro adhezi (přilnavost), doprovází jakýkoliv kovový nebo nekovový povrch. Kohézní síly mají na svědomí tvar kapaliny, z čehož vychází tvar koule na nejmenší ploše povrchu. Čím vyšší povrchové napětí je tím lepší přilnavosti se dosáhne. Příklad nízkého povrchového napětí se vyskytuje u plastů, proto je potřeba plast ošetřit např. chemickou cestou, aby měl lepší přilnavost. Naopak vznik nízkého povrchového napětí u kovů je způsoben tuky, oleji aj. Jednotka povrchového napětí je milinewton na metr $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$. [20] [21] [22] [23]

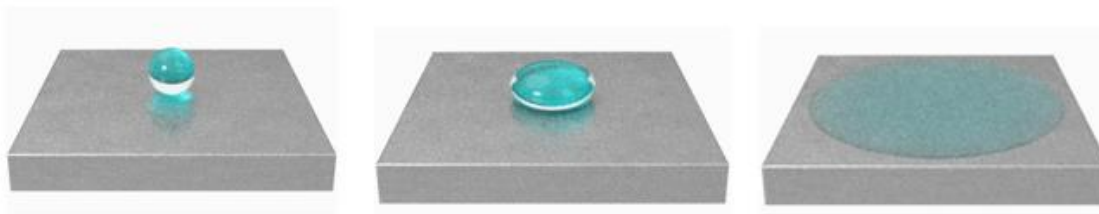
2.2.5 Smáčivost

Jeden z rysů kapaliny přilnout k povrchu pevných látek. Neobejde se to bez jedné speciální vlastnosti povrchu a tím je povrchové napětí (povrchová energie). [31] [32]

Povrchová energie se člení do třech kategorií

- a) Vysoká povrchová energie

Výše je uvedeno, že vysoké povrchové napětí mají zejména kovy, z čehož vychází, že jejich povrch je velmi dobře smáčivý. Hodnoty vychází v řádech stovek až tisíců $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$. Přitažlivost molekul na povrchu a molekul kapaliny je silná a vychází z kohézních sil. [33]



Obrázek 9: Ukázka kapky, která má velmi dobrou smáčivost. [33]

b) Střední povrchová energie

Řadí se sem materiály z umělé hmoty nebo přírodního charakteru (kámen, dřevo), jednotky se pohybují 36 až do 300 mN.m⁻¹. [33]



Obrázek 10: Ukázka kapky, která má střední povrchovou energii. [33]

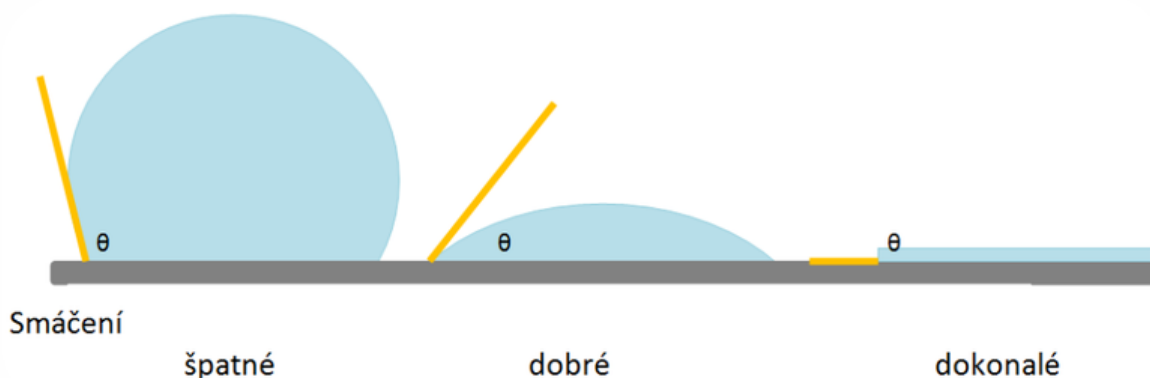
c) Nízká povrchová energie

Molekuly kapaliny i molekuly na povrchu materiálu, či jiného substrátu jsou přitahovány v malé míře adhezními silami, což má za následek nepřilnavost a špatnou smáčivost kapaliny. Materiály s nízkou povrchovou energií jsou polypropylen, polyetylen atd. [33]



Obrázek 11: Ukázka kapky, která povrch špatně smáčí. [33]

Smáčivost je spojena s kontaktním úhlem, pokud úhel θ menší jak 90°, vyplývá z toho, že povrch smáčí.



Obrázek 12: Vyhodnocení smáčivosti v souvislosti s kontaktním úhlem [32]

2.2.6 Způsoby měření smáčivosti

Kontaktní úhel se měří buď přímou metodou nebo nepřímou metodou.

Přímé metody (začátek kapitoly 2.1 vysvětleno)

- Metoda nakloněné desky

Považuje se za jednu z nejstarších metod měření kontaktního úhlu na nakloněné desce. Ke zjištění kontaktního úhlu je zapotřebí destičky zkoumaného materiálu. Destička se ponořuje postupně do kapaliny, v níž dochází k naklánění destičky do polohy, ve které se vyrovná povrch kapaliny na jedné straně destičky, do polohy, ve které dochází ke styku této strany destičky. V tu chvíli lze změřit kontaktní úhel s destičkou. Metoda je vhodná pro měření menších úhlů do 10° . [36]



Obrázek: Naklánějící se destička, která je závislá na kontaktním úhlu [36]

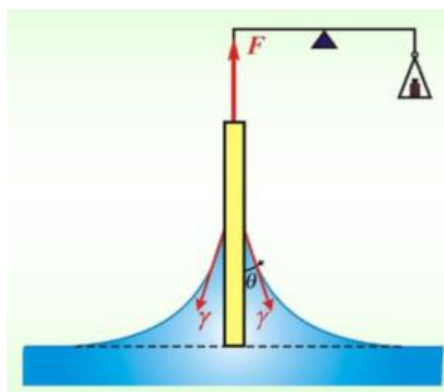
- Měření úhlu smáčení na přisedlé kapce nebo přiléhající bublině

Tato metoda se dřív řadila k těm méně přesným, kvůli vybavenosti zařízení. Používal se mikroskop s goniometrickým okulárem. Vyhodnocovalo se to buď na základě fotografie kapky nebo odečtení úhlu smáčení. V současné době se metoda posunula na přesnější úroveň, čemuž vděčí mikroskop propojený s počítačem. Díky videokameře, která převede kapku do digitální formy, se úhel smáčení vyhodnocuje s přesností 1° [36]

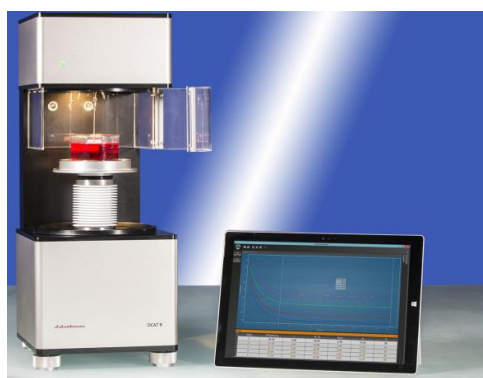
Nepřímé metody

- Wilhelmyho metoda destičková

Zařízení pro povrchové napětí destičkovou metodou se nazývá tenziometr. Princip metody spočívá ve Wilhelmyho destičce vyrobené z iridia a platiny. Destička je připevněna k vázicímu systému tenziometru a umístěna nad povrch kapaliny tak, aby na svém povrchu vytvářela lamelu. Díky tenziometru se měří gravitační síla lamely, která se rovná kolmé části takové síly způsobené povrchovým napětím. [35]



Obrázek 13: Vyvažování destičky [35]



Obrázek 14: Tenziometr měřící smáčivost [35]

- Du Noüy kroužková metoda

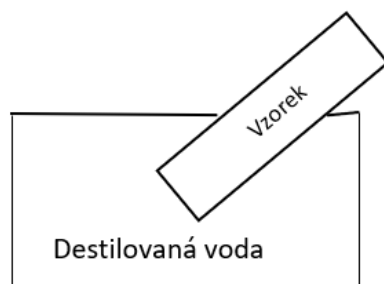
Stejně tak jako u Wilhelmyho destičkové metody, se i u Du Noüyové kroužkové metody používá zařízení tenziometr. Využívá platinového kroužku, který se připevní k vázicímu systému tenziometru a je umístěn nad povrch kapaliny tak, aby na svém středu vytvářel lamelu [35]

2.2.7 Způsoby měření povrchového napětí

- Porušení souvislého vodního filmu

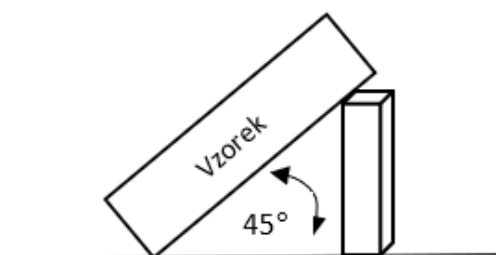
Zkouška se provádí přímo v provozu k rychlému a orientačnímu zjištění zamaštění. Než se přistoupí k ostatním zkouškám, bere se metoda porušení souvislého filmu jako předběžná zkouška. Na kovovém čistém povrchu se po určitou dobu musí udržet neporušený vodní film, pokud dojde k předčasnému porušení vodního filmu, jednoznačně se jedná o zamaštění. [18] [37]

První krok vede k namočení vzorku do destilované vody.



Obrázek 15: První krok [79]

Druhým krokem se vzorek položí pod úhlem 45° na pevnou podpěru. Pokud se vodní film na čistém kovovém povrchu neporuší během 60 s, vyhodnocuje se jako čistý povrch. [37]



Obrázek 16: Druhý krok [79]

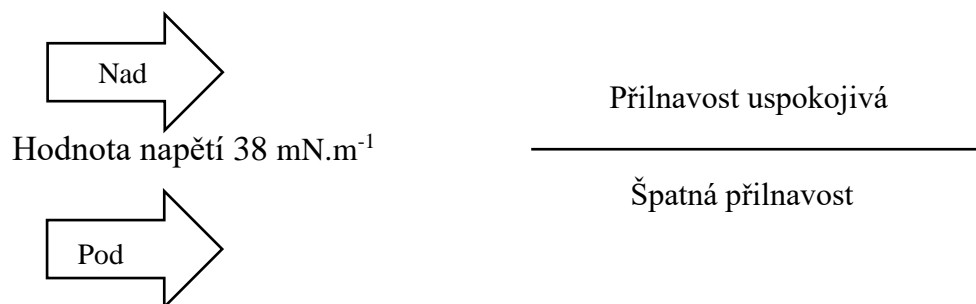
- Postřiková metoda

Určena pro nižší míru zamaštění. Na povrch suché kovové součásti se aplikuje v rozprašovači roztok na vodní bázi. Vodní roztok snižuje povrchové napětí. Měří se doba od nanesení látky v rozprašovači až do doby vytvoření souvislého vodního filmu. Druh zamaštění je úměrný k plošné koncentraci, a to určuje dobu vytvoření souvislého vodního filmu. Čistota součásti se identifikuje na základě kontrolního vzorku, který určuje celistvosti vodního filmu, mohou se od sebe lišit o 20 %. [19] [37]

- Inkoustová metoda (Arcotest)

Ke stanovení čistoty se používají testovací inkousty nebo fixy, kterými se měří povrchové napětí a kontroluje čistota povrchu. Na povrch součásti se nanese pomocí vatové tyčinky linka inkoustu, pokud zůstane souvislá během 2-4 s a neměnná, svědčí to o tom, že povrchové napětí je stejné nebo větší. Obecná hodnota pro testování se udává $38 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$. Testovacích inkoustů

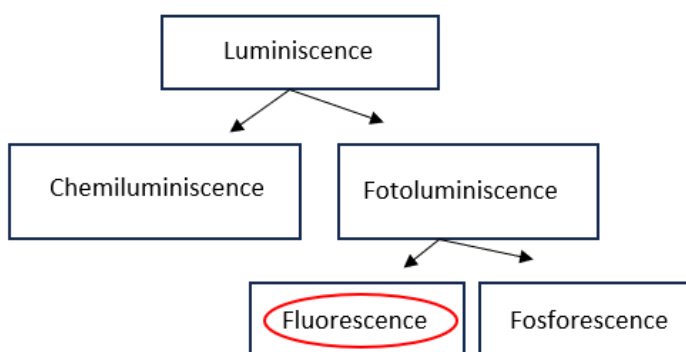
je celá řada od zelených organických přes růžové netoxické až po modré toxické záleží na hodnotě povrchového napětí, která se má získat. Doba expirace je 6 měsíců [78]



Obrázek 17: Fixy, inkousty značky Arcotest [78]

3. STANOVENÍ HODNOTY ČISTOTY POVRCHU POMOCÍ FLUORESCENČNÍ METODY

3.1 Fluorescenční metoda



Obrázek 18: Zařazení fluorescence [47]

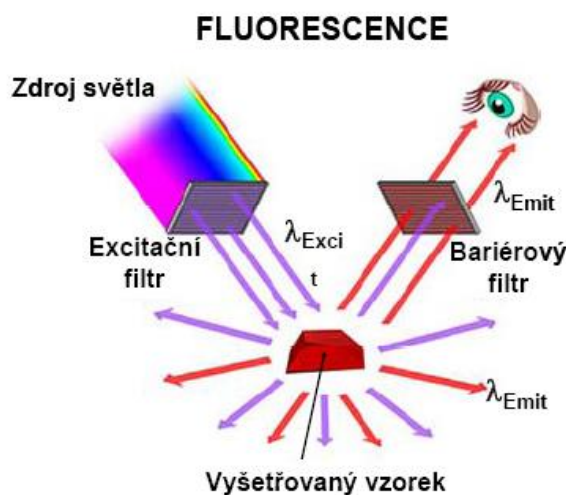
Fluorescence

První zmínky o zavedení slova luminiscence se datuje 1888 fyzikem a historikem vědy Eilhardtem Wiedemannem. Fluorescenci zavedl fyzik a profesor matematiky na Cambridge George Gabriel Stokes. Fluorescence je druh „studeného světla“, které téměř okamžitě vymizí po skočení budícího působení. Pro luminiscenci v překladu platí „světélkování“ který se moc nepoužívá. Jak již je výše uvedeno, pod luminiscencí je schovaná fluorescence a jiné jevy. Fosforescence po skončení budícího světla trvá i nadále, její intenzita po ukončení postupně klesá, jak dlouhý má být dosvit, není definované, můžou to být vteřiny. [46] [47]

Princip fluorescence je ukázán na (obr._19). Ze zdroje světla je pomocí excitačního filtru propuštěno světlo o určité vlnové délce λ_{excit} , které dopadne na povrch vzorku. V tento moment dochází k fluorescence. Vzorek vyzařuje světlo o větší vlnové délce λ_{emit} než o ozářené vlnové délce λ_{excit} . Čili fluorescence je jev určitého ozářeného předmětu světlem o určité vlnové délce λ_{excit} . [48]

λ_{excit} = vlnová délka, které ozařuje (excituje) vzorek

λ_{emit} = vlnová délka, která vyzařuje (emituje) ze vzorku



Obrázek 19: Princip fluorescence [48]

3.1.1 Recognoil 3W

Recognoil 3W je ruční analyzátor, který detekuje mastnotu, oxidické vrstvy a celou řadu jiných nečistot. Lze ho použít pro kontrolu stavu povrchu před lakováním, galvanickým pokovením, povlakováním technologiemi CVD, PVD, DLC, lepením a mimo jiné i úmyslným nanášením olejů. Ruční přístroj 3W je založený na principu fluorescence. Předností Recognoilu 3W je mobilita, lehkost, snadná ovladatelnost a nasnímání konkrétního místa při zjišťování kontaminace povrchu. Výsledné hodnoty detektoru se uvádí v jednotkách intenzity fluorescence F.U. Recognoil 3W není pouze jednoúčelový, jeho škála je širšího charakteru – kontrola dílů před povrchovou úpravou, při volbě vhodného odmašťovacího prostředku při optimalizaci procesu, kontrole čistoty ploch před spojováním (lepení, svařování atd.), vyhledávání cizorodých látek, měření tloušťky olejového filmu aj. Rozměry snímané plochy 20x27mm [53]



Obrázek 20: Recognoil 3W [54]

3.1.2 Recognoil QB

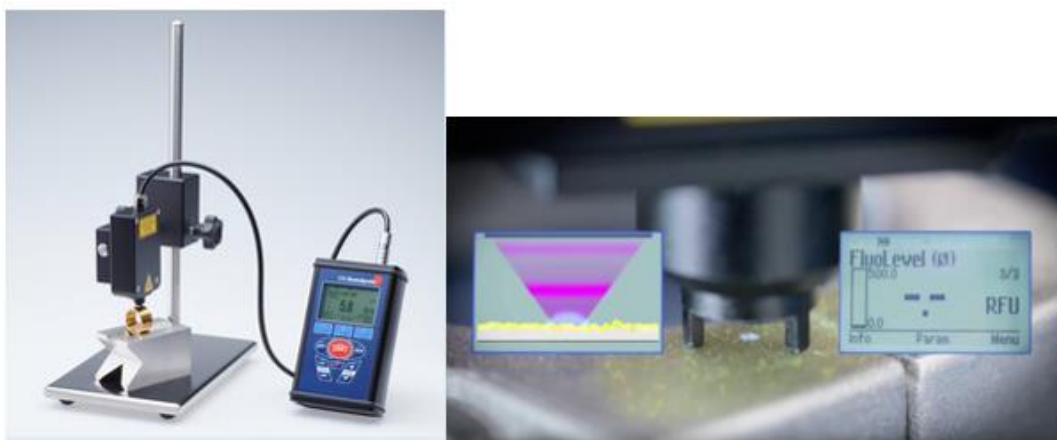
Recognoil QB je stolní detektor kontaminace povrchu dílů. Princip je stejný jako u výše zmíněného Recognoil 3W (3.1.1). Rozměry snímané plochy jsou o něco větší 60x80 mm. Do prostoru boxu lze umístit předmět, který je nejen malý, ale i tvarově složitý. [55]



Obrázek 21: Recognoil QB [79]

3.1.3 SITA CleanoSpector

SITA CleanoSpector slouží k bezkontaktní kontrole čistoty povrchů předmětů i jiných aplikací jako je lepení, lakování, svařování aj. Kontaminovaný povrch se měří stanovením intenzity fluorescence. Světlo (UV) vyzářené na povrch předmětu využívá fluorescenci, ta se zvyšuje s tloušťkou vrstvy kontaminace. Čím nižší je jednotka F.R.U., tím je povrch čistší. Rozsah měření relativní jednotky fluorescence je 0-2000 R.F.U. (Relative Fluorescence Unit). Snímací hlava zabere menší kontaktní plochu cca 1x1 mm. [56]



Obrázek 22: SITA CleanoSpector; snímací hlava – detail [56]

3.1.4 Infračervená (IR) spektrometrie

Infračervená spektrometrie je metoda, u níž dochází k identifikaci a strukturní charakteristice anorganických sloučenin a stanovení anorganických sloučenin u předmětu, který je podroben analýze se měří pohlcení infračerveného záření o různé vlnové délce. Možnost měření vzorečků v různých stavech: kapalinách, pevných látkách, i plynech. Měřené vzorečky se během měření neporuší, z toho vyplývá, že se jedná o nedestruktivní metodu vysoce citlivou. Infračervená spektroskopie nachází využití v oblasti materiálového inženýrství, chemickém průmyslu, životním prostředí, také se uplatňuje při kontrole kvality, výzkumných aplikací a forenzní vědě (otisk prstu, identifikace kostí). [57] [58]



Obrázek 23: Infračervený spektrometr ALPHA II [59]

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – Vliv fluorescence u definovaných materiálů a povrchových úprav

V rámci zhodnocení fluorescence byly použity materiály z nízkouhlíkové oceli, korozivzdorné oceli, hliníkové slitiny, mědi a mosazi. Cílem této práce je porovnání čistoty jednotlivých materiálů, povrchových úprav, včetně jejich předúprav mezi sebou a porovnání výsledků pomocí ručního zařízení Recognoil 3W a Recognoil QB. V podstatě nelze určit, který materiál, bude dosahovat nejlepších a který nejhorších výsledků fluorescence, protože každý materiál se chová jinak. V rámci zkoumané problematiky se práce zabývá hodnocením snížení či zvýšení intenzity fluorescence u definovaných materiálů a povrchových úprav, zda její ovlivnitelnost má souvislost s použitými pasivačními prostředky, naměřenou drsností, intenzitou lesku a v neposlední řadě odmaštěním v ultrazvukové čističce.

4.1 Definované materiály a jejich PÚ

- Nízkouhlíková ocel
 - Bez úpravy
 - Pasivace SurTec 604
 - Pasivace SurTec 609 EC
 - Galvanický Zn
 - Žárový Zn
 - ZnNi
 - Broušení
 - Tryskání
- Korozivzdorná ocel
 - Bez úpravy
 - Tryskání
- Hliníková slitina
 - Bez úpravy
 - Pasivace SurTec 604
 - Pasivace SurTec 609 EC
 - Pasivace SurTec 640
 - Pasivace SurTec 643
 - Pasivace SurTec 653

- Pasivace SurTec 650
- Tryskaní
- Měď
 - Bez úpravy
 - Tryskaní
- Mosaz
 - Bez úpravy
 - Tryskaní

Popis zvolených materiálů:



Nízkouhlíková ocel

Hladký ocelový panel typu QD-36 s lesklým povrchem z nízkouhlíkové oceli, válcovaný za studena. Doporučují se k všeobecnému použití, avšak nejsou vhodné pro korozní zkoušku. Nízko uhlíková ocel (obsah uhlíku do 0,25 %), je velmi dobře tvárná za studena a svařitelnost je taktéž velmi dobrá. Na trhu je to nejběžnější ocel pro její vlastnosti kvůli vhodnosti a přijatelnosti pro další aplikace. [25] [66]






Tabulka 6: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – bez úprav







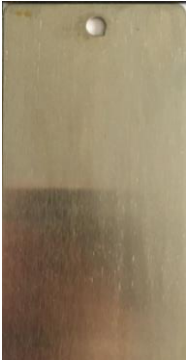
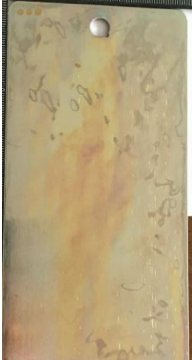




Tabulka 7: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – po pasivaci

SurTec 604	SurTec 609EC
	

Tabulka 8: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – po broušení

Broušení plátnem			
30	60	120	240
			
Broušení lamelovým kotoučem			
60	120		
			

Tabulka 9: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – žárově Zn, galvanicky Zn, ZnNi

Žárové zinkování			
Bez úpravy	Bez úpravy	Transparentní pasivace	
			
Galvanické zinkování			
Bez úpravy	Bez úpravy	Silnovrstvá pasivace	Modrá pasivace
			
Galvanické ZnNi			
Bez úpravy	Transparentní pasivace	Černá pasivace	
			

Korozivzdorná ocel

Dominují vysokým obsahem chromu, který umožňuje vznik pasivního stavu na těchto ocelích. Minimální obsah chromu je 12 %. Záleží na dalším podstatném znaku, který ovlivňuje korozivzdorné oceli a tím jsou, legující prvky. Jejich množství a druh má dopad jednak na strukturu, jednak na její celkovou odolnost proti korozi.

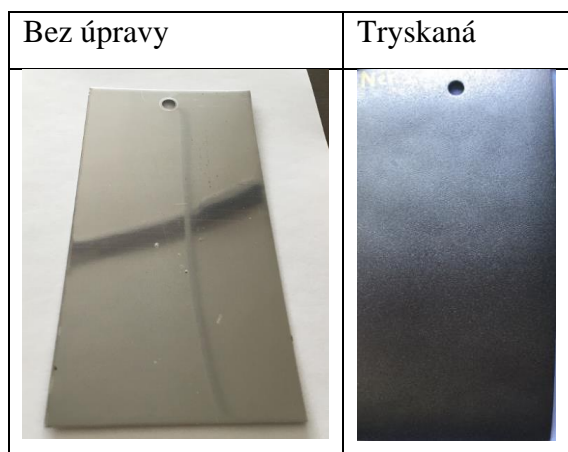
Feritická korozivzdorná ocel AISI430

Chemické složení:

Tabulka 10: Složení feritické korozivzdorné oceli typu AISI430 [77]

C	Cr	Mn	Ni	P	Si	S
0,12 %	16-18 %	1 %	0,75 %	0,04 %	1 %	0,03 %









Tabulka 11: Ukázka vzorku z korozivzdorné oceli – bez úprav, tryskaný povrch



Hliníková slitina – Al 99,5%

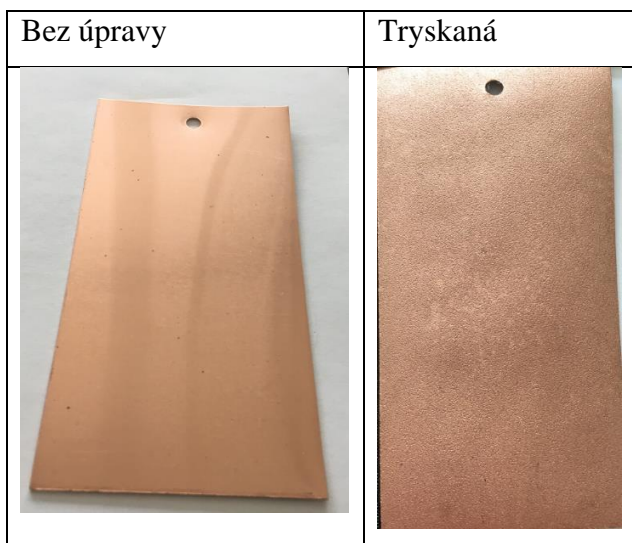
Hliník je kov stříbřitě bílé barvy. Nachází se v zemské kůře, asi v 8 %. Lehký kov s dobrou elektrickou i tepelnou vodivostí. Hliník lze tvářet za tepla i studena, dokonce i svařovat. Čím čistý hliník je tím stoupá i jeho korozivzdornost, zvýšit odolnost proti korozi umožňuje anodická oxidace (eloxování). [25] [34] [67]

Tabulka 12: Ukázka panelů z hliníkové slitiny bez úprav, pasivacíh a jiných způsobů

Bez úpravy	SurTec 609EC	SurTec 604	SurTec 653
			
SurTec 643	SurTec 640	SurTec 650	Tryskání
			

Měď – Cu DHP

Tabulka 13: Ukázka vzorku z mědi – bez úprav, tryskaný povrch



Kov, který vyniká načervenalou barvou. Výsadou mědi je vysoká tepelná vodivost, elektrická vodivost. K další výhodě bezesporu patří tvařitelnost, pájitelnost a v neposlední řadě odolnost proti korozi v agresivních prostředích, jako je mořská voda. V atmosféře se měď mění na oxid mědnatý s načervenalou barvou, který se poté pokryje zelenou patinou, což je zapříčiněno zásaditým uhlíčitánem mědnatým neboli měděnkou. Slitiny mědi se rozdělují do dvou skupin na mosazi a bronzy. [25]

Cu-DHP

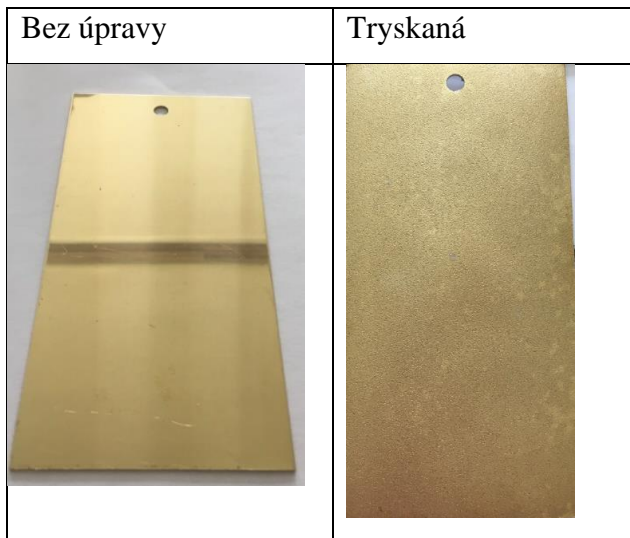
Dezoxidovaná měď s přesně omezeným obsahem zbytkového fosforu. Velmi dobrá svařitelnost a pájitelnost. Další předností je tvařitelnost a taktéž dominuje i v elektrické vodivosti. [68]

Tabulka 14: Chemické složení Cu-DHP [68]

Cu	P
➤ 99,9 %	0,015-0,04 %

Mosaz (Cu+Zn) - CuZn37

Tabulka 15: Ukázka vzorku z mosazi – bez úprav, tryskaný povrch



Mosaz je slitina mědi a zinku, popřípadě dalších neželezných kovů. Základní rozdělení mosazi je podle struktury na jednofázovou a dvoufázovou, rozdíl mezi nimi je v korozní odolnost, dvoufázová je více napadána. Dalším kritériem je způsob zpracování na tvářené a slévárenské. Pokud mosaz obsahuje více než 80 % Cu, nazývají se tombaky, speciální druh mosazi. Tombaky najdou svoji využitelnost ve formě trubek, drátů, plechů. [2] [25]

Další druhy mosazi jsou názvem odvozeny od prvku, který je hned po Cu a Zn v největším zastoupení. Cínové, Manganové, hliníkové, niklové, křemíkové, olověné mosazi. [69]

Tabulka 16: Chemické složení mosazi [69]

Cu	Zn
62–64 %	zbytek

Tabulka 17: Příměsi, které jsou povoleny. [69]

Ni	Fe	Pb	Sn	Al
0,3 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,05 %

Povrchové úpravy

4.2.2 Zinkování

- Galvanické zinkování (elektrolytické)

Spočívá ve vylučování zinkových povlaků z elektrolytu. Elektrolyt může být kyselý, alkalický nebo neutrální. Za působení stejnosměrného proudu se z anody rozpouští zinek ve formě zinečnatých iontů, které jsou vylučovány na katodě, kde vytvářejí vrstvu zinku. Vrstva zinku se pohybuje v rozmezí 10–20 μm . Zinkované předměty menšího rázu se pokovují hromadným způsobem v bubech – matice, šrouby aj. větší předměty se dávají na závěsný systém – háky, závěsy. Elektrolyticky zinkovaný povrch je velmi hladký se stříbřitým kovovým leskem. V souvislosti s galvanickým zinkováním se povrch běžně chromátuje nebo pasivuje, což zajišťuje vyšší protikorozi ochranu Zn povlaků. Používají se i slitinové povlaky jako ZnNi, ZnFe. [39] [40]

- Žárové zinkování ponorem do roztaveného zinku

Způsob žárového zinkování se provádí ponorem předmětu zbaveného od nečistot do roztaveného zinku. Možnost zinkování lze uskutečnit dvěma způsoby tzv. mokrý způsob zinkování a suchý způsob zinkování. Obě varianty ziskování si jsou rovnocenné, jak z hlediska kvality, tak i protikorozi ochrany, rozdíl je ve snazší mechanizaci u suchého zinkování. Omezení však je v rozměrech zinkovaných předmětů či konstrukcí vzhledem k zinkovacím lázním. Tloušťky povlaku dle normy EN ISO 1461 se průměrně pohybují okolo 45-85 μm , existují však výjimečné případy, kdy tloušťka povlaku může být i vyšší v závislosti na základním materiálu. Tento způsob zinkování zajišťuje dlouhodobou protikorozi ochranu. [39] [40]

4.2 Příprava vzorků

V experimentální části se na různých materiálech s různými předúpravami či povrchovými úpravami analyzoval povrch za pomoci zařízení Recognoil (3W, QB). Detekce probíhala před odmaštěním povrchu a po odmaštění s důrazem na čistotu povrchu. Snímané vzorky měly jednotný rozměr 152x76x0,7 mm. Odmaštění jednotlivých vzorků probíhalo v ultrazvukové čističce Kraintek K-2LE (obr.24), ve které byl použit čisticí prostředek STAR 75PN v koncentraci 10 % na 2 litry demineralizované vody do něhož byl následně přidán tenzid SurTec 086 pro zlepšení odmaštění 0,6 % (12ml). Časový interval odmašťovacího procesu byl 5 minut při teplotě 50°C.



Obrázek 24: Ultrazvuková čistička K-2LE [71]



Obrázek 25: Horkovzdušná pistole [72]

V dalším kroku následovala oplachová část, 2° oplach v demineralizované vodě, každý po jedné minutě. Ihned po vyjmutí vzorku z lázně se sušil horkovzdušnou pistolí Bosch.

Tento způsob probíhal u všech vzorků.

Vzorky, které byly připravovány s chemickou úpravou povrchu pasivačními prostředky od firmy SurTec v laboratoři, měly navíc proces ponoru v daném prostředku s následným oplachem. Míchání lázní bylo zabezpečeno pomocí magnetického míchadla (obr.26).



Obrázek 26: Magnetické míchadlo Witeg [73]


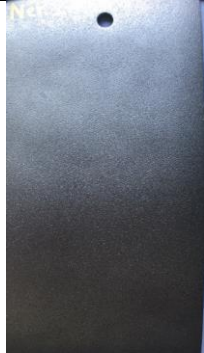



Založení jednotlivých lázní se provádělo v kádince s demineralizovanou vodou o objemu 2L do, kterého se přidal koncentrát chemikálie. Po namíchání lázní se do ní vzorky namáčely dle časové dotace konkrétního chemického prostředku (tabulka 6). Jednalo se konkrétně o chemikálie SurTec604, SurTec609EC, SurTec 640, SurTec 643, SurTec 653, SurTec 650, aby lázně měly pasivační funkci, muselo se měřit pH. Hodnota pH se měřila pomocí pH metru

HANNA. Na základě konečného výsledku se pH buď zneutralizovalo hydroxidem sodným NaOH nebo naopak zvýšilo pomocí 95 % kyseliny sírové H₂SO₄. V případě použití stejné pasivační lázně na materiál z nízkouhlíkové oceli nebo hliníkové slitiny se ta samá lázeň od sebe lišila právě hodnotou pH a teplotou. V následující tabulce je zaznamenán název chemického prostředku, pH lázně, pasivační čas, teplota lázně.

Tabulka 18: Přehled použitých chemických prostředků a jejich provozní vlastnosti

Název chemikálie	Materiál	pH	Čas [s]	Teplota [°]
SurTec 604 (fosfátování)	Fe	4,18	120	50
	Al	4,21	120	45
SurTec 609 EC (multimetallická předúprava, náhrada za zinečnaté fosfátování, na bázi III.Cr)	Fe	4,66	180	30
	Al	3,65	180	30
SurTec 640 Bezbarvá pasivace bez obsahu Cr	Al	2,98	50	26
SurTec643 (bez obsahu Cr, na bázi zirkonia a organických polymerů)	Al	2,99	50	26
SurTec 653 (bez obsahu Cr ⁶⁺ , na bázi zirkonia a organických polymerů, obsahuje Cr ³)	Al	2,65	50	25
SurTec 650 (irizující viditelné vrstvy, bez Cr ⁶⁺)	Al	3,47	60	28

Tryskání vzorků se realizovalo na tlakovém tryskacím zařízení od společnosti S.A.F. Praha, tryskáci prostředek byl hnědý korund F60.

Nízkouhlíková ocel	Korozivzdorná ocel	Hliníková slitina	Měď	Mosaz
				

Obrázek 27: Otryskané vzorky

Vzorky žárově zinkované byly vyhotoveny ve firmě ACO Industries k.s. Jednalo se vzorky bez předúpravy a jeden vzorek s transparentní pasivací. Vzorky galvanicky pokovené povlaky Zn a ZnNi byly zhotoveny ve firmě CVP Galvanikou s.r.o, taktéž vzorky bez předúpravy, se silnovrstvou, modrou, transparentní a černou pasivací. U každého vzorku se měřila drsnost – drsnoměrem SURFTEST SJ-210, MITUTOYO a lesklost – leskoměrem TQC GL0010, povrchové napětí – inkousty arcotest, k odstraňování inkoustu ze vzorku se používal isopropanol. Před detekcí přístroji Recognoil byly vždy odstraněny zbytky prachových částic a jiných nečistot ofukovacím balonkem (obr.30).

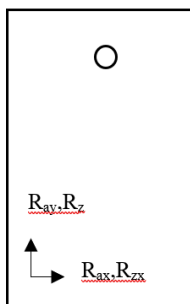


Obrázek 28: Ofukovací balonek [79]

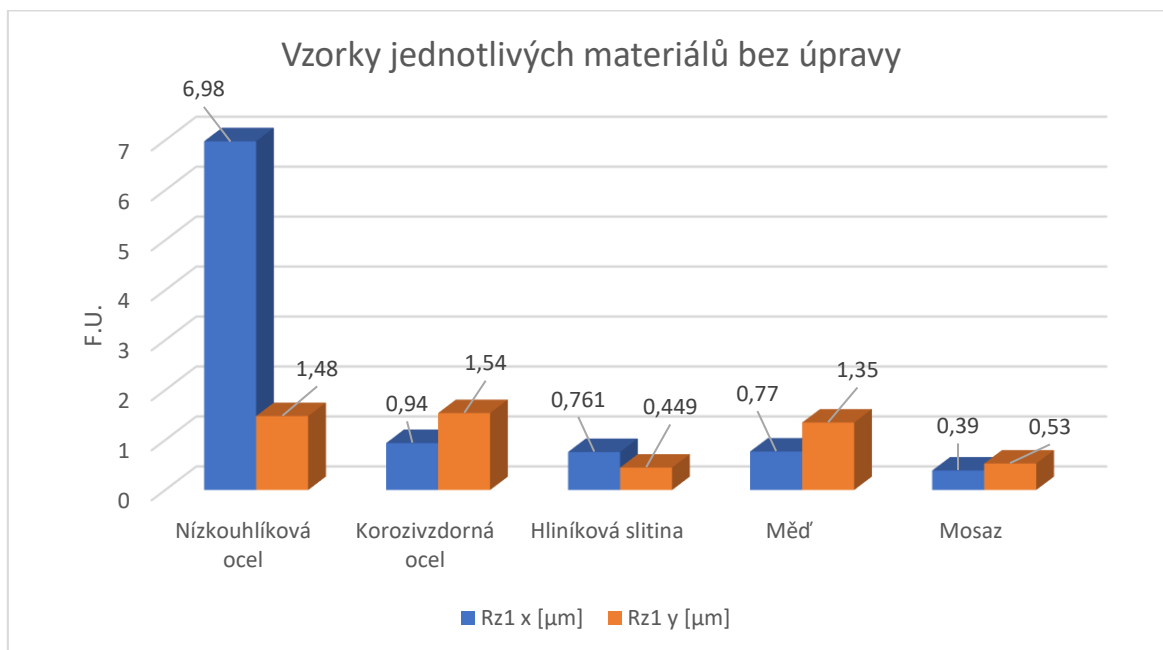
4.3 Hodnocení měření v souvislosti s fluorescencí

4.3.1 Měření drsnosti

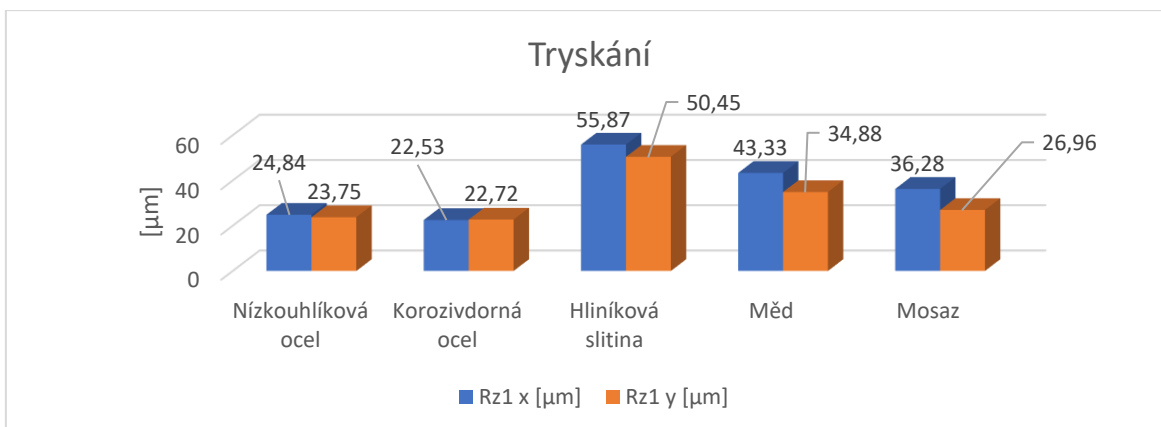
Drsnost se měřila kvůli ovlivnění intenzity fluorescence, zda u použitých metod definovaných materiálů se bude v rámci drsnosti jednotka F.U snižovat nebo zvyšovat. Měření probíhalo na třech místech drsnoměrem SURFTEST SJ-210, MITUTOYO. Naměřené hodnoty R_a, R_z byly u každého vzorku měřeny v ose x a y, viz. Příloha č.1.



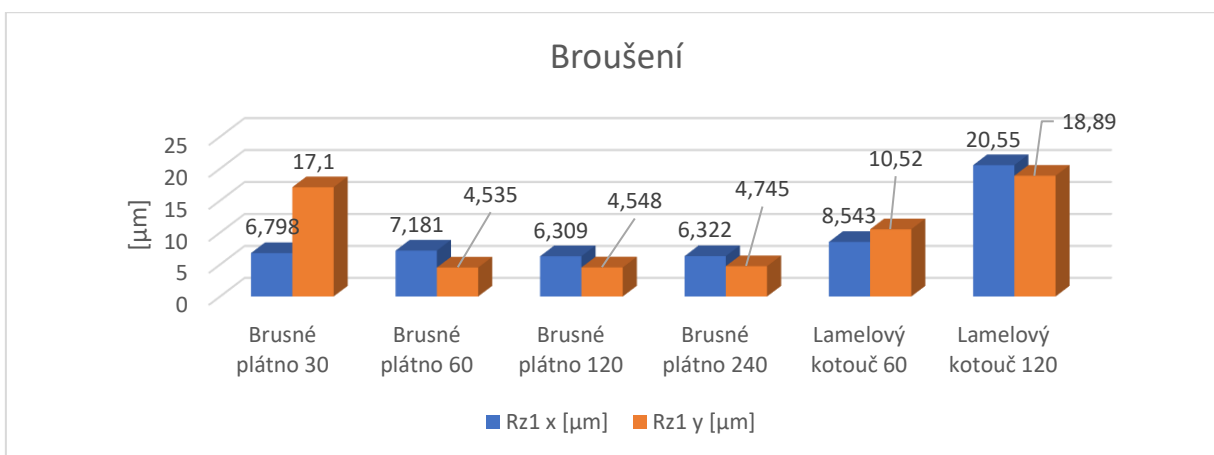
Obrázek 29: Vzorek, který se měřil v ose x; y



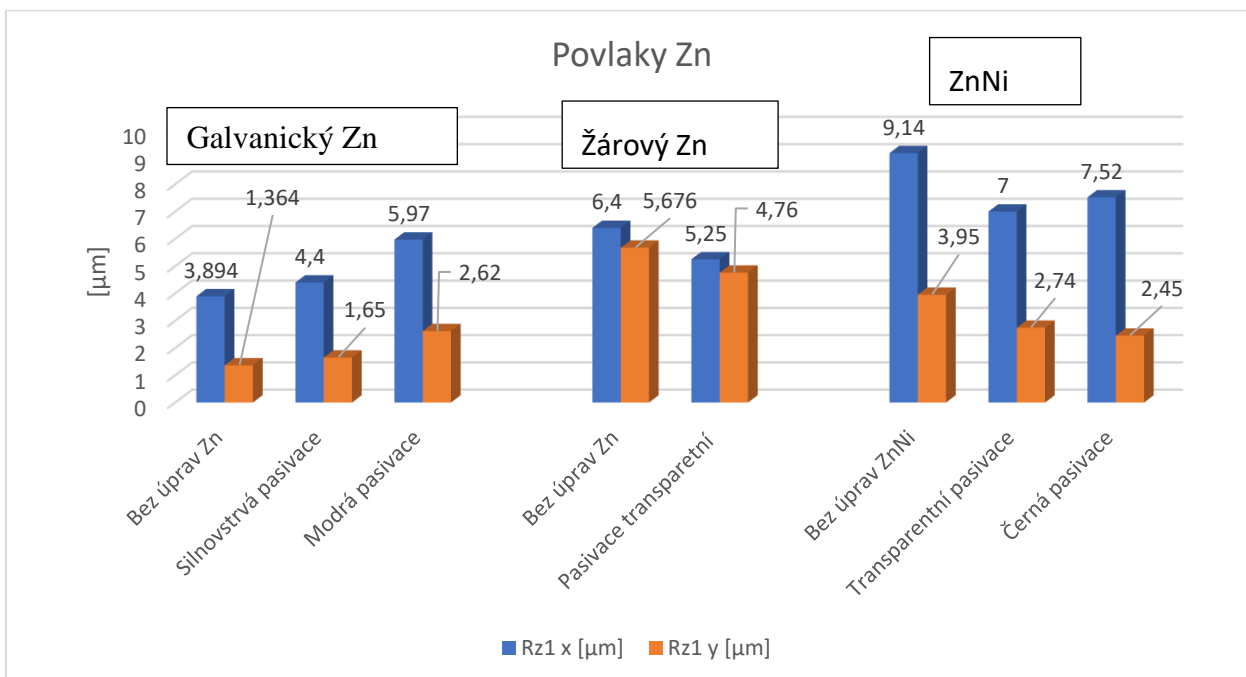
Graf 1: Drsnost vzorků hodnocených materiálů bez úpravy



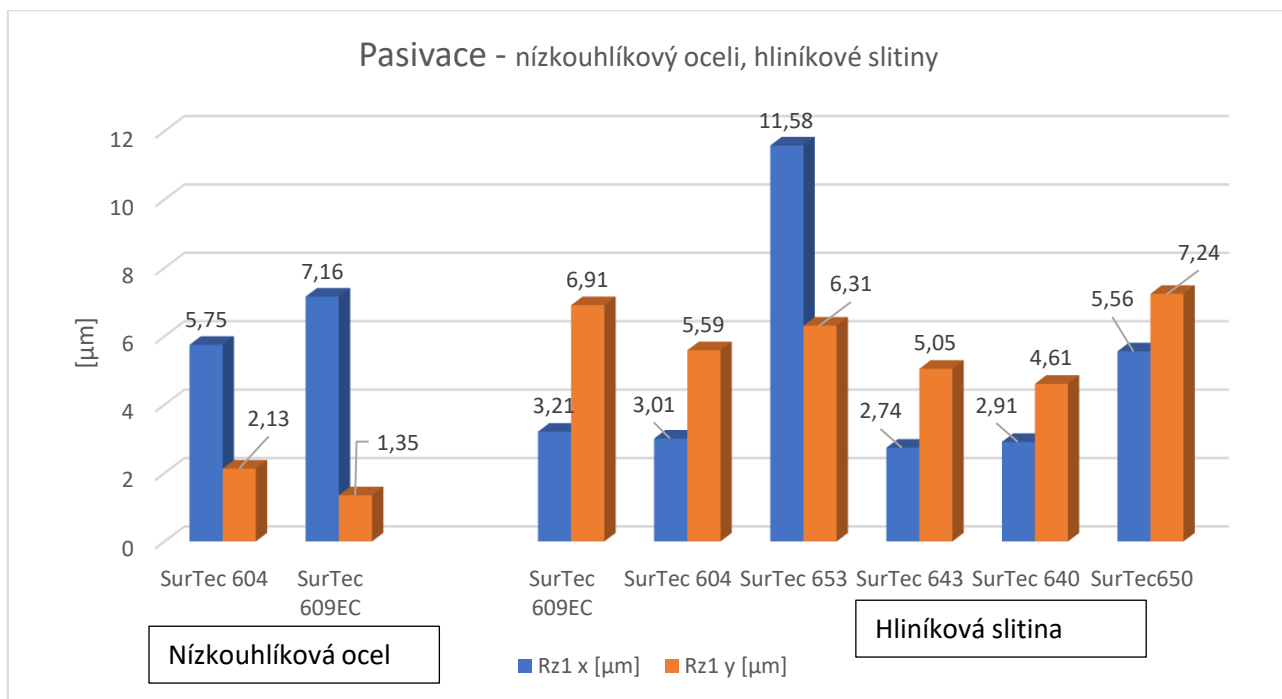
Graf 2: Drsnost tryskaných vzorků u hodnocených materiálů



Graf 3: Drsnost ocelových broušených vzorků



Graf 4: Drsnost vzorků z povlaku Zn



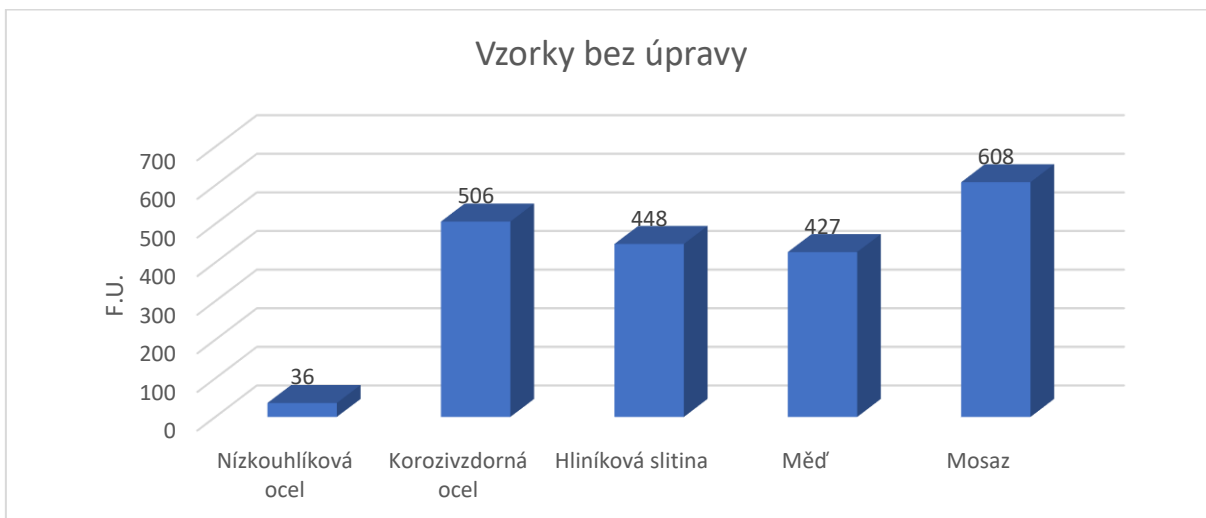
Graf 5: Drsnost pasivovaných vzorků z nízkouhlíkové oceli, hliníkové slitiny

Dílčí závěr

Z grafů je patrné, že nejvyšší drsnost mezi vzorky bezúpravy dosahovala nízkouhlíková ocel R_{zx} 6,98 μm ostatní vzorky bez úpravy nepřekročily 1 μm . U tryskaných vzorků byla nejvyšší naměřená drsnost u hliníkové slitiny a to v obou směrech v R_{zx}, R_{zy} dosahovala 50 μm , nejnižší naměřenou hodnotu měla korozivzdorná ocel bez rozdílu v jakém směru byla drsnost měřena o jednu dvakrát méně. Metodou broušení brusným plátnem o hrubosti 30;60;120;240 si byla hodnota velmi podobná bez větších rozdílů, ale u lamelového kotouče hrubosti 60 a 120 se hodnota 3x navýšila. Povlaky Zn dosahovaly nejvyšších hodnot u ZnNi až k 9 μm , stabilní hodnoty mělo žárové zinkování. Pasivace SurTec 653 na bázi zirkonia a organických polymerů s obsahem Cr^3 nejmíc ovlivnila hliníkovou slitinu s naměřenou hodnotou $R_{zx}=11,58 \mu\text{m}$ v porovnání hliníkové slitiny bez úpravy je $R_{zx}= 0,76 \mu\text{m}$. U nízkouhlíkové oceli pasivační vrstva dosahovala hodnot jako u nízkouhlíkové oceli bez úprav.

4.3.2 Měření lesku

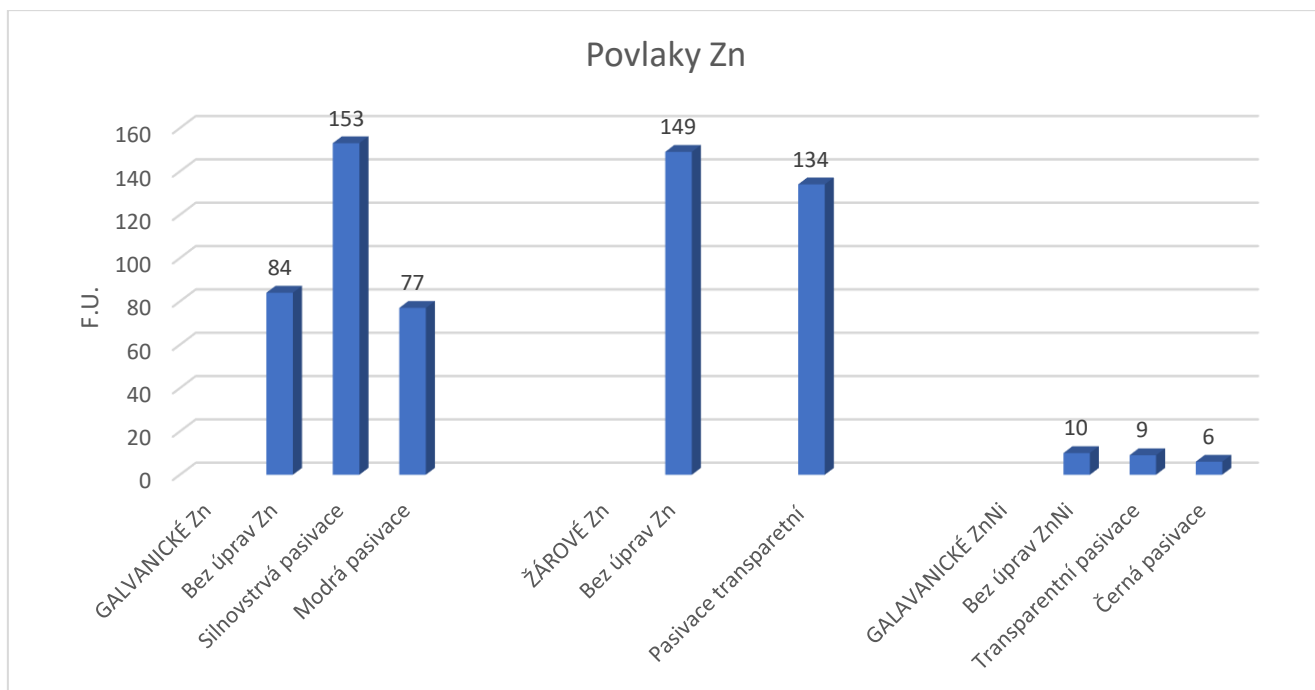
Měření lesku se provádělo za účelem měření jednotky lesku G.U. Lesk byl důležitým parametrem ohledně vlivu na fluorescenci pro porovnání jednotlivých materiálů. Lesklost se měřila v horní části vzorku, uprostřed a v dolní části vzorku. Naměřené hodnoty lesku jsou uvedeny v příloze XX.



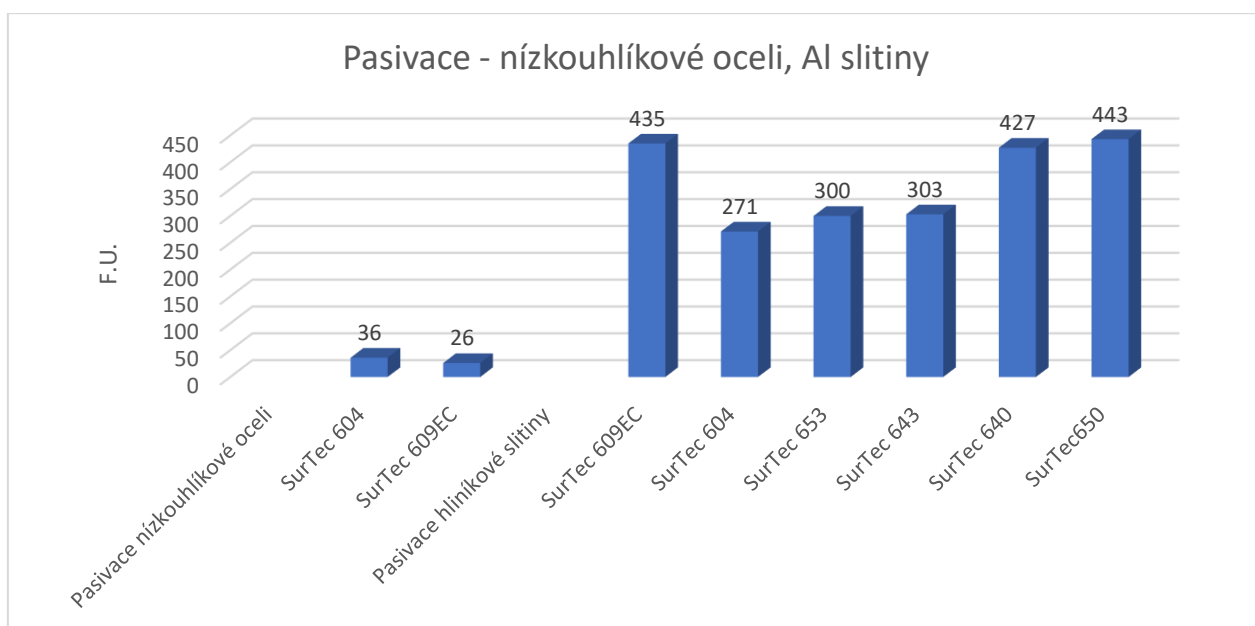
Graf 6: Lesk – vzorky materiálů bez úpravy



Graf 7: Lesk – tryskané vzorky materiálů



Graf 8: Lesk – povlaky Zn



Graf 9: Lesk – pasivace nízkouhlíkové oceli, Al slitiny

Dílčí závěr

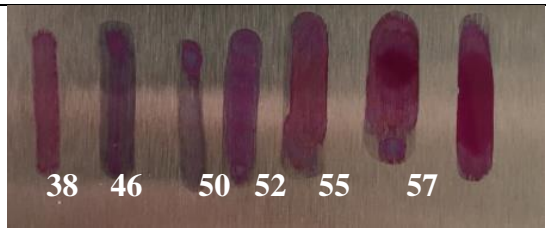

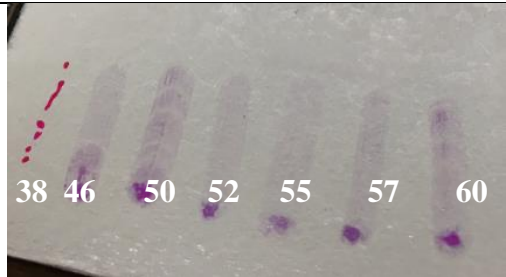

Vliv lesku před odmaštěním a po odmaštění byl zanedbatelný. Rozdíly však nastaly mezi jednotlivými materiály, nízkouhlíková ocel bez úpravy měla o řád jinak než hliníková slitina nebo měď, které se hodnotou pohybovaly ve stovkách. Nejlesklejší byla mosaz, bez jakýkoliv úprav dosahovala až k 600 G.U. Tryskané vzorky měly podstatně menší jednotku lesklosti až o 50x méně než vzorky materiálů netryskaných. Na povlacích Zn se největší hodnota objevila u

galvanického zinkování se silnovrstvou pasivací. Naopak u ZnNi černé pasivace jednotka nepřekročila 10 G.U., čímž se vzorek řadí mezi matné povrchy. Pasivace v rámci nízkouhlíkové oceli neměla žádný vliv, za to u hliníkové slitiny se lesk snížil zejména u SurTec 604; 643; 653 v průměru o 150 G.U.

4.3.3 Měření povrchového napětí

K měření povrchového napětí se používaly inkousty (Arcotest) o hodnotách 38 mN.m⁻¹, 46 mN.m⁻¹, 50 mN.m⁻¹, 52 mN.m⁻¹, 55 mN.m⁻¹, 57 mN.m⁻¹, 60 mN.m⁻¹. K odmaštění povrchu byl použit STAR 75 PN. Provedené hodnocení viz. Příloha č.3.

Tabulka 19: Ukázka nanesených inkoustů Arcotest na hliníkové oceli, žárovém Zn

Nízkouhlíková ocel	
Bez úpravy před odmaštěním	Bez úpravy po odmaštění
	
Žárové zinkování – bez úpravy	
Před odmaštěním	Po odmaštění
	

Dílčí závěr

Bez ohledu na materiál či předúpravu byla smáčivost povrchu velmi dobrá, což prokázalo povrchové napětí, které bylo vysoké. Výjimka však potvrzuje pravidlo a u materiálu z korozivzdorné oceli, hliníkové slitiny a mosazi bez úpravy a bez odmaštění, se při hodnotě 38 mN.m⁻¹ projeví kapičky a tím pádem bylo povrchové napětí vyšší. U žárového zinkování bez odmaštění vznikl ten samý problém při hodnotě 38 mN.m⁻¹, že se inkoust nerozteká v jednodílné celistvé vrstvě, ale byl v podobě malých kapiček. Hodnocení čistoty povrchu touto metodou je spíše subjektivní a nedává objektivní informaci o lokálním znečištění.

4.3.5 Stanovení fluorescence – Recognoil 3W

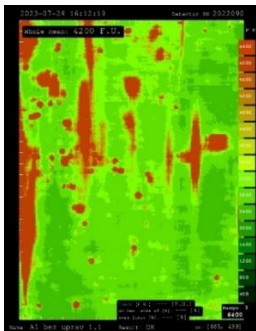
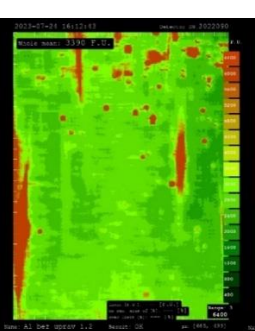
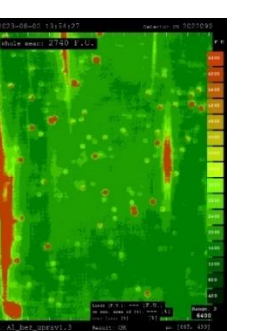
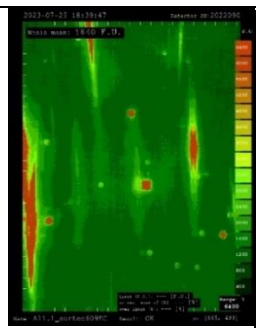
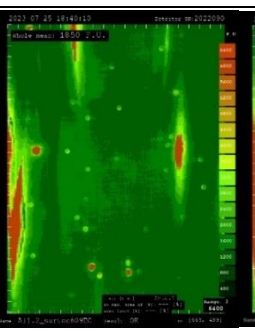
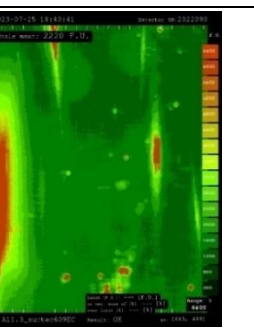
Detekce fluorescence (hodnot F.U.) ručním přístrojem Recognoil 3W se provádělo na třech místech dle obr. 30. Jednotlivá měření na vzorcích jsou zaznamenána v příloze XX.



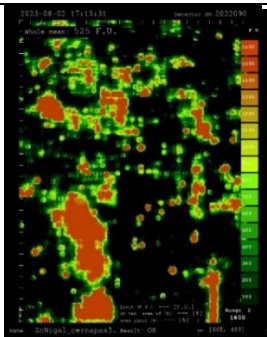
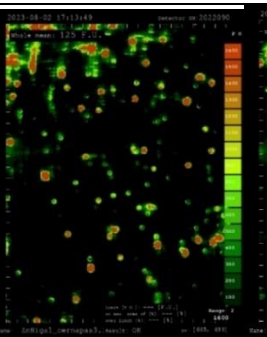
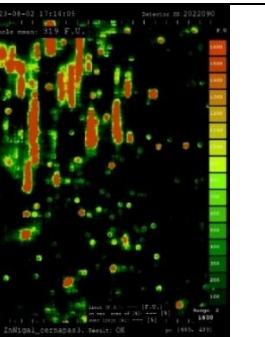
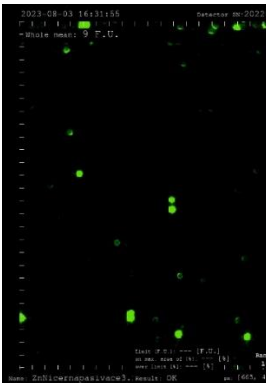
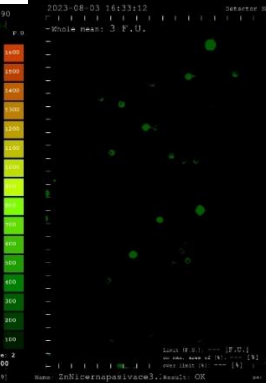
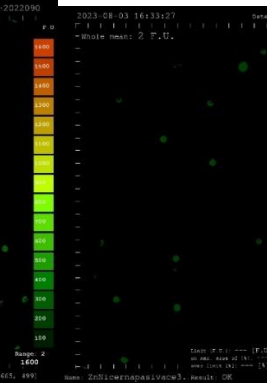
Obrázek 30: Ukázka měření vzorku na třech místech

Ukázka vybraných vzorků z hliníkové slitiny s pasivací Cr^{3+} a nízkouhlíkové oceli povlaku ZnNi s černou pasivací.

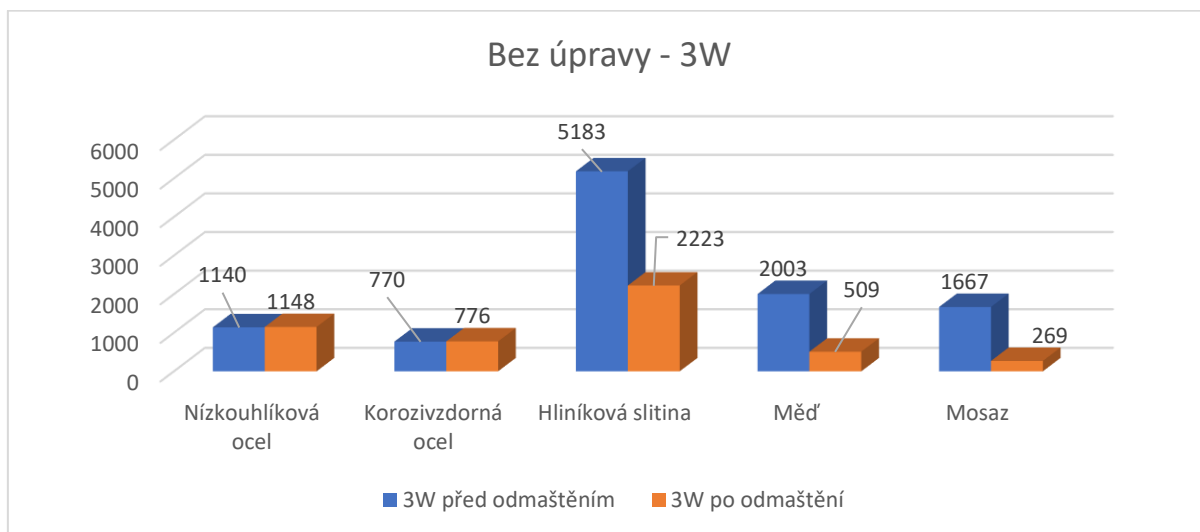
Tabulka 20: Ukázka Hliníkové slitiny po pasivaci SuTec 609 EC

Hliníková slitina – SurTec609 EC		
Před odmaštěním		
		
(4 200 F.U.)	(3 390 F.U.)	(2 740 F.U.)
Po odmaštění		
		
(1 840 F.U.)	(1 850 F.U.)	(2 220 F.U.)

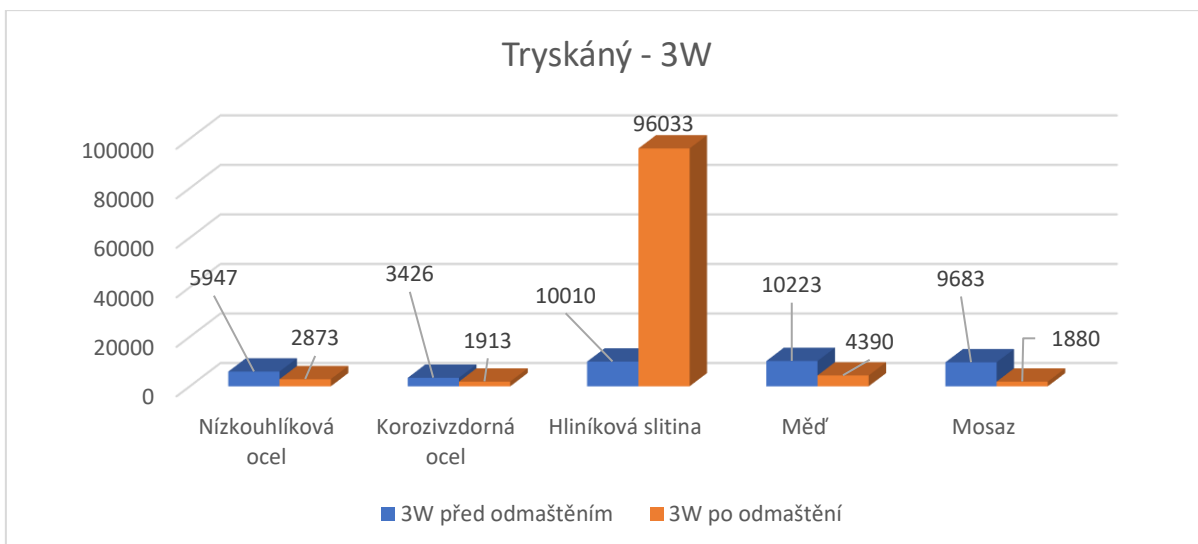
Tabulka 21: Ukázka nízkouhlíkové oceli povlaku ZnNi s černou pasivací

ZnNi – černá pasivace		
Q panel – před odmaštěním		
		
(525 F.U.)	(125 F.U.)	(319 F.U.)
Q panel – po odmaštěním		
		
(9 F.U.)	(3 F.U.)	(2 F.U.)

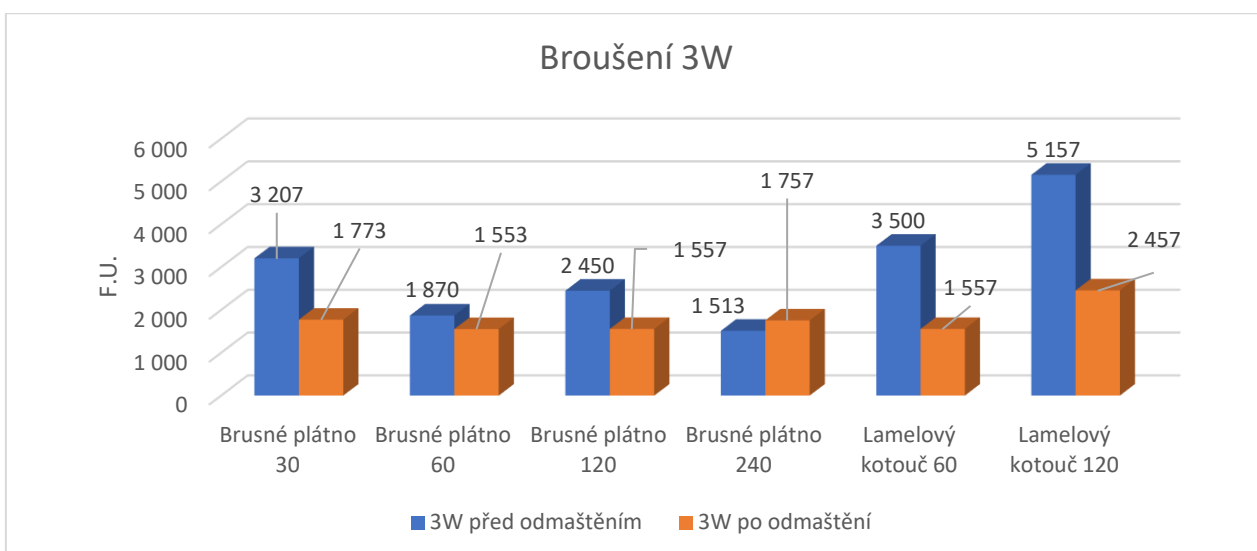
Tím vznikly 3 snímky k posouzení čistoty povrchu v závislosti na intenzitě fluorescence.



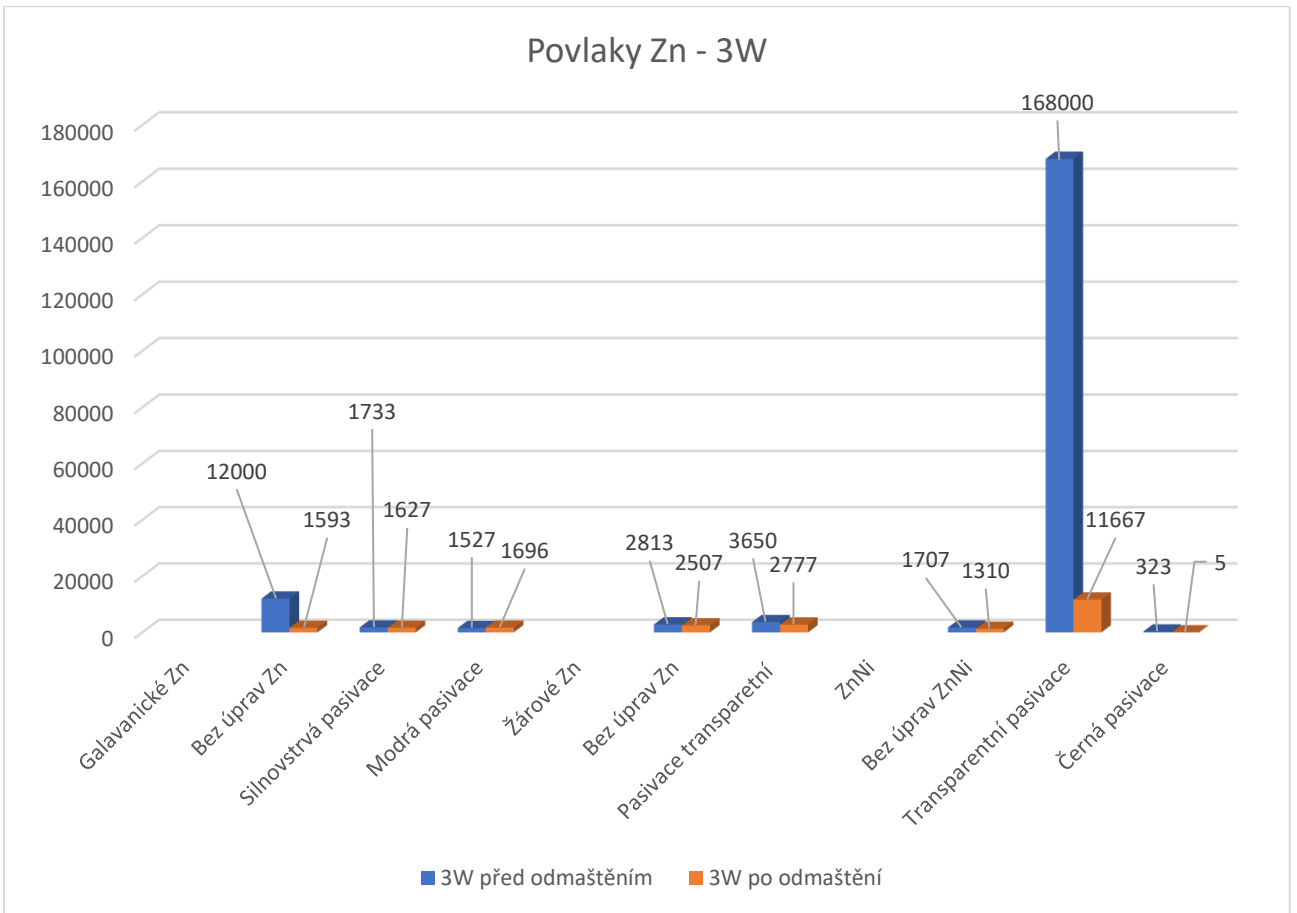
Graf 10: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky materiálů bez úpravy – Recognoil 3W



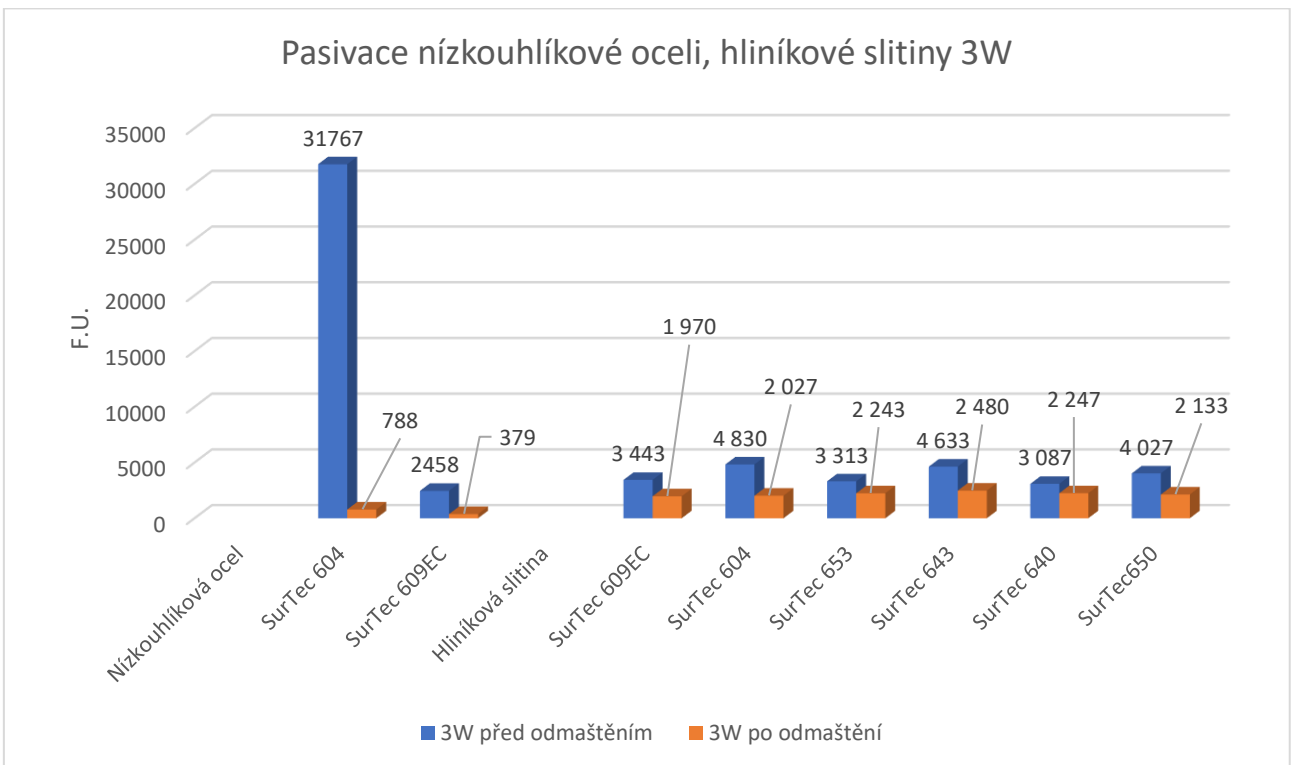
Graf 11: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky tryskaných materiálů – Recognoil 3W



Graf 12: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky broušené – Recognoil 3W



Graf 13: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s povlaky Zn – Recognoil 3W



Graf 14: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s pasivací nízkouhlíkové oceli a hliníku – Recognoil 3W

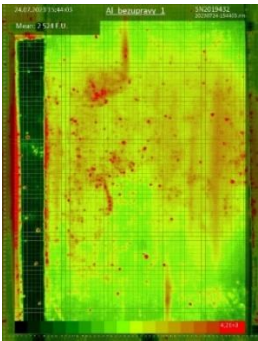
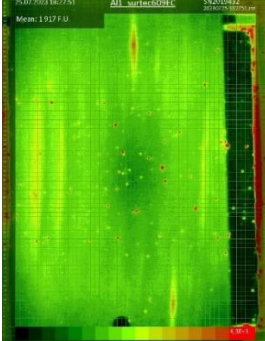
Dílčí závěr

Mezi vzorky bez úpravy se vyjímalala hliníková slitina, která převyšovala svoji hodnotu nad ostatními o cca 3000 F.U. Tryskáním povrchu, jak je z grafu č. 11 patrné se intenzita fluorescence zvýšila cca 5x u hliníkového vzorku pouze 2x. To mohlo být způsobeno nedokonalým odstraněním prachových částic z povrchu po tryskání nebo zvýšením fluorescence z důvodu odrazivosti v detektoru, či tvorbou oxidické vrstvy na tryskaném povrchu. Při detekci se u některých vzorků z nízkouhlíkové oceli vyskytly opakující se pruhy na identických místech u dílčích fluorescenčních snímků. Příčinou muselo být znečištění přístroje v oblasti měřící optiky. Broušení vykazovalo nejvyšší fluorescenci u lamelového kotouče hrubosti 120 před odmaštění, po odmaštění klesla hodnota F.U. o dvojnásobek. Povlaky galvanického Zn a žárového Zn se pohybovaly v řádech tisíců, ZnNi s transparentní pasivací vystoupal až do statisíců jednotek intenzity fluorescence. Vliv na snížení hodnoty fluorescence bylo zapříčiněno ultrazvukovou čističkou, která odstranila zbytky lázní po nedokonalém oplachu. Pasivované vzorky z hliníkové slitiny se chovaly u jednotlivých pasivací podobně a lišily se zhruba uo 1000 F.U. V porovnání s nízkouhlíkovou ocelí konkrétně SurTec 604 (fosfátování) náhle vzrostl 6x vůči hliníku s tou samou pasivací.

4.3.6 Stanovení fluorescence – Recognoil QB

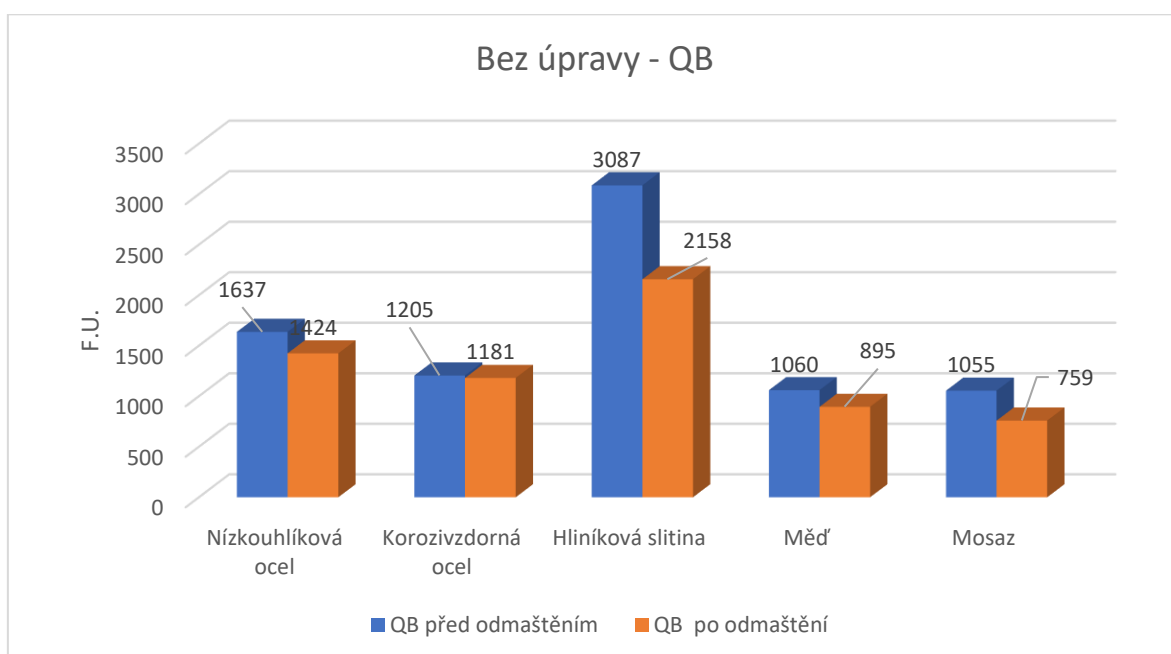
V zařízení Recognoil QB se vzorek vzhledem k větší nasnímané ploše měřil pouze jednou. Jednotlivá měření jsou zaznamenána v příloze 1.

Tabulka 222: Ukázka hliníkové slitiny po pasivaci SurTec 609 EC a povlaku ZnNi na nízkouhlíkové oceli

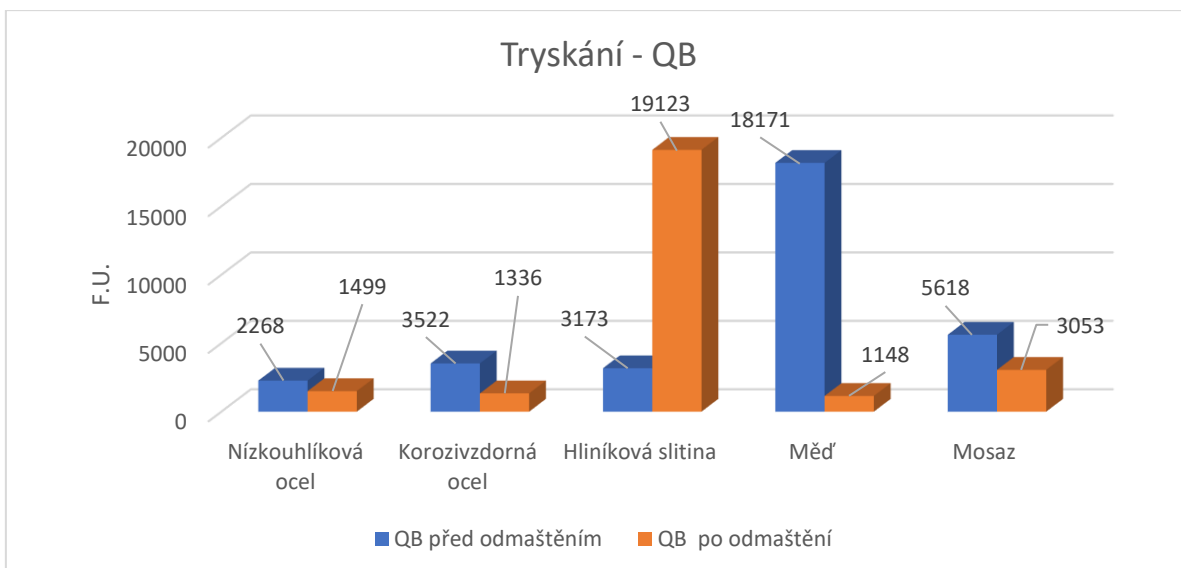
Hliníková slitina – SurTec 309 EC	
Před odmaštěním	Po odmaštění a pasivaci
 <p>(2 524 F.U.)</p>	 <p>(1 917 F.U.)</p>

Nízkouhlíková ocel – ZnNi – černá pasivace

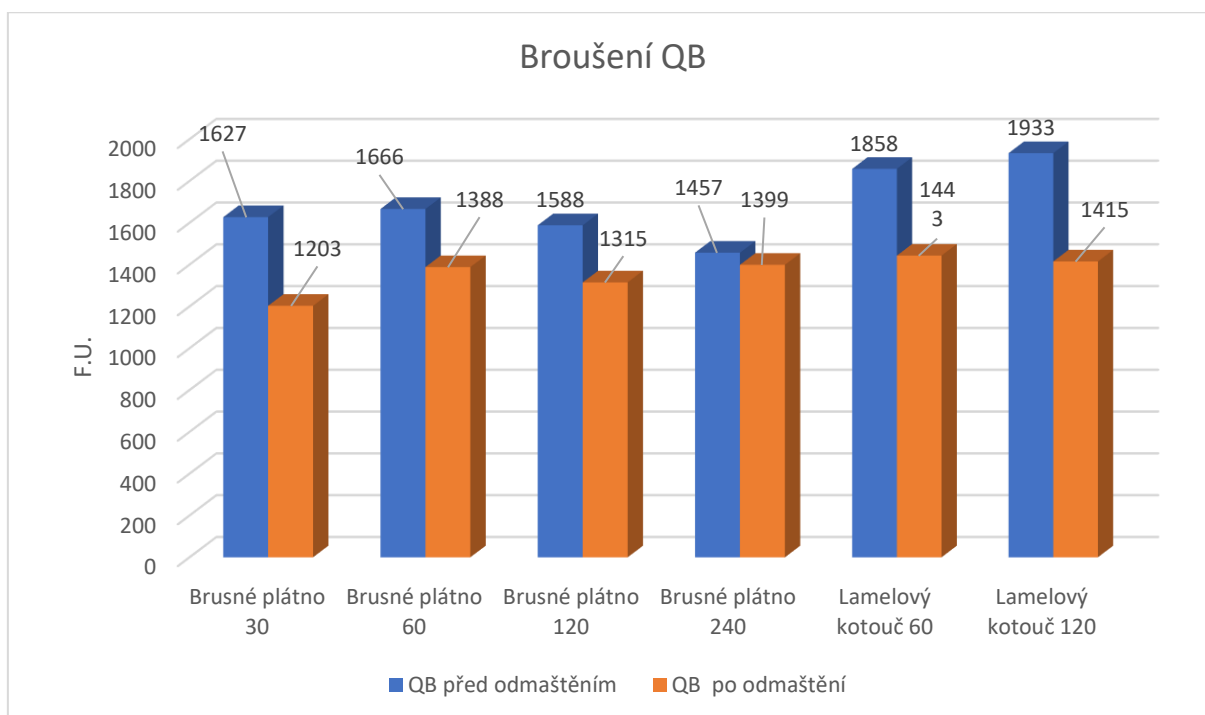
Před odmaštěním	Po odmaštěním
<p>(706 F.U.)</p>	<p>(404 F.U.)</p>



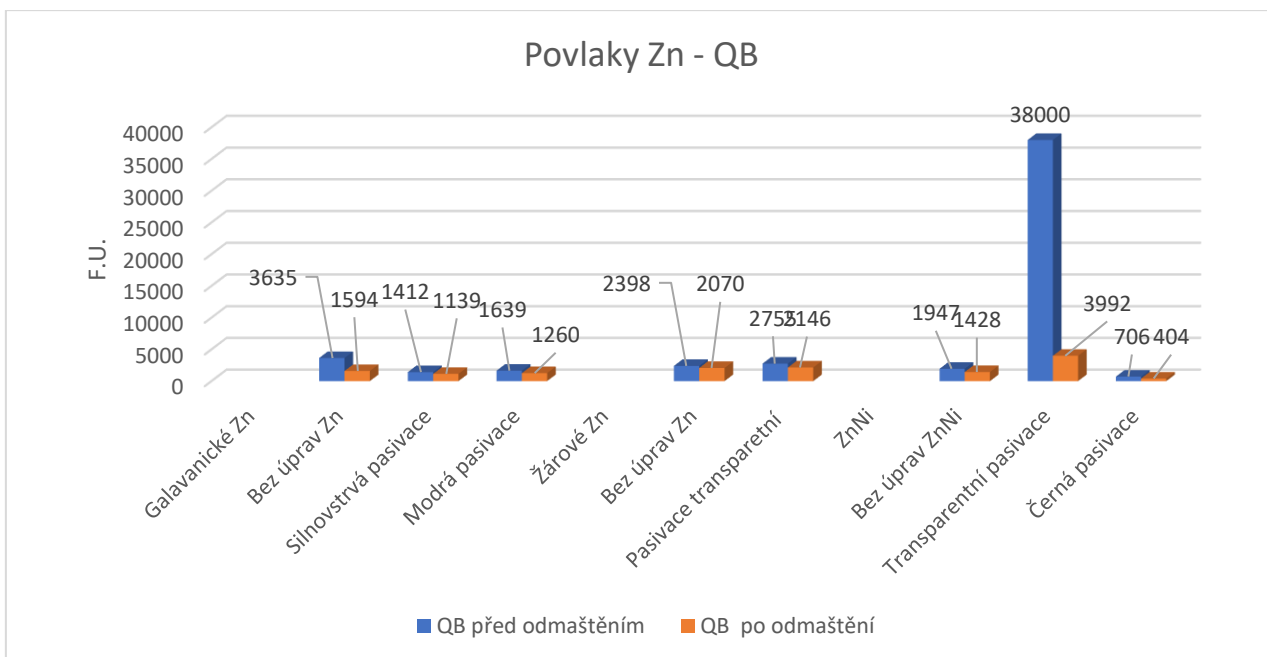
Graf 15: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky materiálů bez úpravy – Recognoil QB



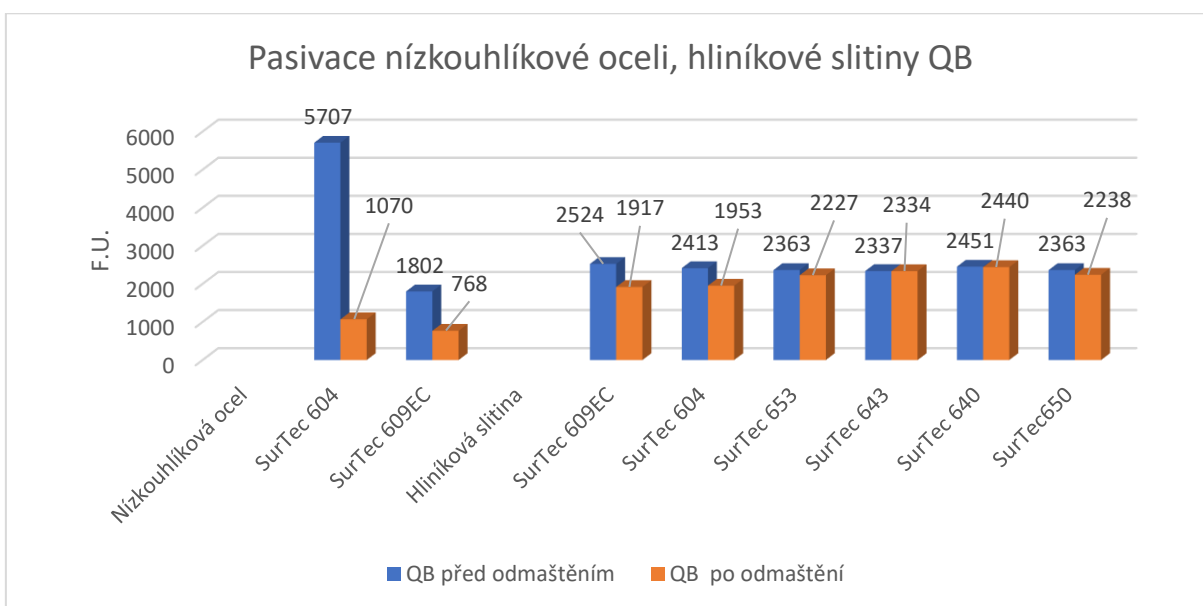
Graf 16: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky tryskaných materiálů – Recognoil QB



Graf 17: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky broušené – Recognoil QB



Graf 18: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s povlaky Zn – Recognoil QB



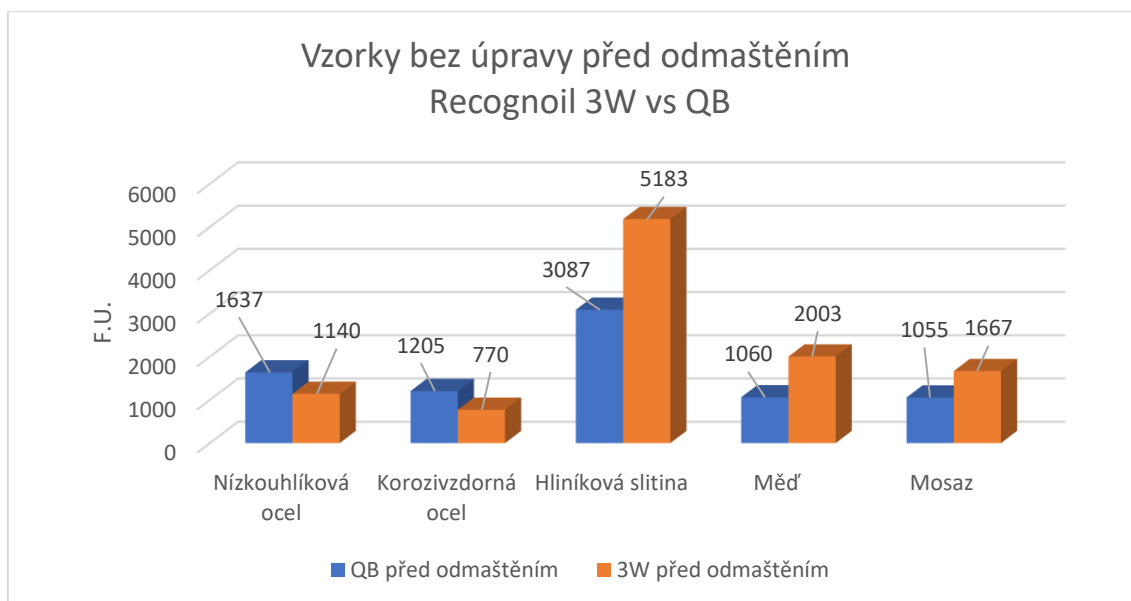
Graf 19: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s pasivací nízkouhlíkové oceli a hliníku – Recognoil QB

Dílčí závěr

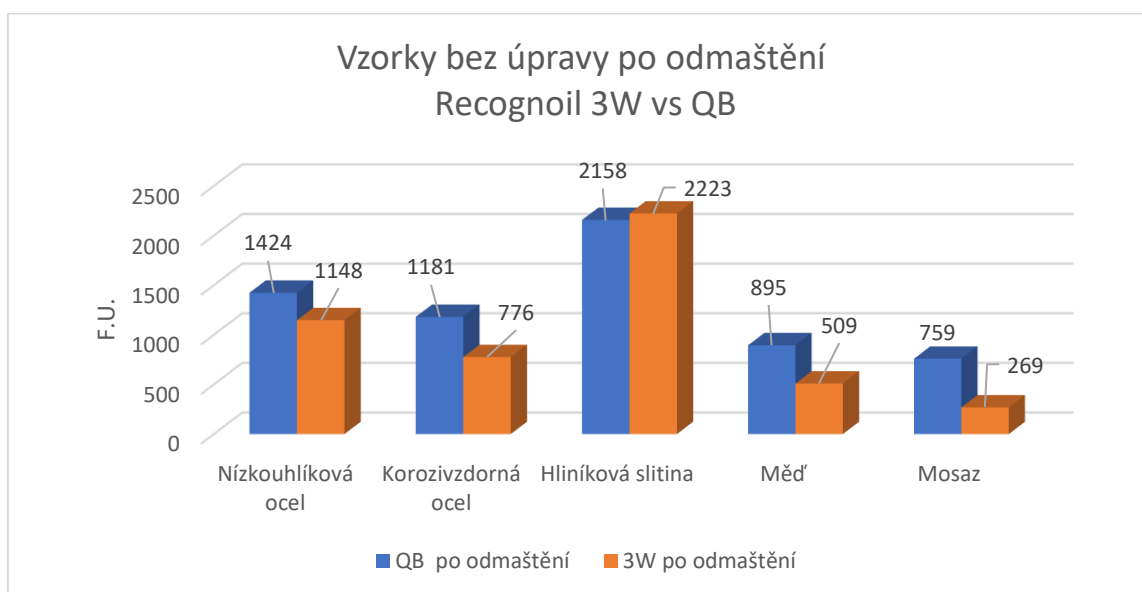
Vzorek z hliníkové slitiny bez předúpravy v zařízení Recognoil QB vyšel ve srovnání s ostatními materiály s nejvyšší hodnotou F.U. a to o dvojnásobek. Tryskání vykazovalo nejvyšší hodnotu fluorescence u mědi. Po odmaštění tryskaných vzorků prudce narostla jednotka fluorescence u hliníkové slitiny přibližně na 19 000 F.U. což mohlo být způsobeno zbytky zamaštěného tryskacího prostředku v materiálu vlivem jeho nižší tvrdosti nebo znečistěnou odmašťovací lázní. Měření tryskaného vzorku hliníkové slitiny po výměně odmašťovací lázně v ultrazvukové čističce se nestihlo opakovat z časových důvodů. Dále byly

porovnány vzorky, které se brousily. Největší rozdíl byl mezi brusným plátnem a lamelovým kotoučem zrnitosti 120 hodnota rozdílu byla 345 F.U. Povlaky Zn galvanického a žárového mezi sebou nelišily, avšak povlak ZnNi s transparentní pasivací se zvýšil až o 10x. Pasivační chemické prostředky měly na hliníkové panely nepatrný vliv v porovnání bez úprav. Největší vliv na hliníkovou slitinu měl SurTec 609EC na bázi trojmocného chromu. Nízkouhlíková ocel předupravená pasivačním prostředkem SurTec 604 (fosfátování) dosahovala o 3x výše nežli multimetallická předúprava na bázi Cr^{3+} .

Porovnání detelce pomocí Recognoil QB a Recognoil 3W



Graf 20: Před odmaštěním Recognoil 3W vs QB



Graf 21: Po odmaštění Recognoil 3W vs QB

5. Zhodnocení vlivu fluorescence

Na základě studia vlivu čistoty jednotlivých materiálů, povrchových úprav a jejich předúprav se dospělo k následujícím závěrům. V první řadě byly hodnoceny vzorky bez úpravy, mezi nimiž měla nejvyšší hodnotu intenzity fluorescence hliníková slitina, a to v obou zařízeních. Podstatný rozdíl nastal mezi hliníkovou slitinou a mědí o 2 500 F.U. čili měď měla nejmenší hodnotu F.U., která se pohybovala těsně okolo 1000 jednotek F.U. Nízkouhlíková ocel a korozivzdorná ocel vycházely na fluorescenční mapě dost blízko sebe. Mosaz předcházela mědi. Nejlesklejším materiálem mezi materiály bez úprav byla mosaz, tento úkaz je viditelný i ze snímku pořízeného Recognoil QB, kdy se zářiče v zařízení promítly do nasnímané plochy vzorku a vytvořily na snímku odraz. Čistota povrchu technologie tryskání dosahovala nejlepších výsledků u materiálu nízkouhlíkové oceli. Hliníková slitina s korozivzdornou ocelí při porovnání fluorescence si jsou navzájem rovny. Měď mezi tryskanými materiály vykazovala nejvyšší hodnotu 10 000 F.U. - QB, 18 000 F.U.-3W. S nižší drsností tryskaných vzorků klesala i intenzita fluorescence. U metody broušení se nejvíce intenzita znečištění na fluorescenční mapě promítla u lamelového kotouče hrubosti 120. Brusné plátno zrnitosti 30 a 60 byly navzájem propojeny jednotnou hodnotou 1 600 F.U. Jemnější brusné plátno 120 a 240 vycházeli o 200 F.U. méně než u hrubších a středně hrubších pláten (30 a 60). Drsnost u broušených vzorků z nízkouhlíkové oceli byla ve směru x;y mezi $R_{zx}; R_{zy}$ rozdílná o 10,302 μm . U materiálu z nízkouhlíkové oceli bez úpravy měla v R_{zx} o 4,5x vyšší hodnotu ve srovnání s ostatními měřenými materiály, důvodem vysokého R_z je standartní dodání Q panelů s kartáčovaným povrchem v jednom směru – osy x. Pasivované hliníkové vzorky se bez ohledu na použitou pasivaci s ohledem na fluorescenci snižovaly. Naopak u Q panelů z nízkouhlíkové oceli se fluorescence zvýšila díky fosfátování (SurTec 604), tím pádem dosahoval vzorek až 5 707 F.U. Multimetalická předúprava na bázi Cr^{3+} (SurTec 609 EC) se navýšila ani ne o dvě stovky F.U. Mezi vzorky galvanicky Zn došlo v důsledku silnovrstvé a modré pasivace ke snížení oproti vzorku bez úpravy. U žárového Zn se vzájemně vzorky bez úpravy a transparentní pasivací moc nelišily. Vrstvy ZnNi vykazovaly hodnotou fluorescence v oblasti desetitisíců jednotek intenzity fluorescence. A to u transparentní pasivace. Vysoká hodnota mohla být ovlivněna intenzitou odrazivosti pasivovaného povrchu. Naproti tomu černá pasivace ZnNi dosahuje pouhých stovek F.U. Před odmaštěním a po odmaštění klesá na cca 3 jednotky F.U., za což může pohlcení fluorescence černým typem povlaku. S tím je spojen i lesk, který dosahuje nízkých jednotek G.U. Vzorky, které nebyly upraveny se snímaly i po odmaštění, což znamenalo, že se fluorescence promítla s nižší hodnotou, než byla původně naměřena před odmaštěním. Odmaštěním se odstranily zbylé nečistoty, které na povrchu ulpěly a tím pádem

se snížila jednotka intenzity na fluorescenční mapě. Porovnání obou analyzátorů Recognoil 3W, Recognoil QB na principu fluorescenční metody se od sebe u některých materiálů nepatrně lišily. Např. u povlaku ZnNi, důvodem bylo zprůměrování nasnímané plochy. U měřených vzorků ručním zařízením Recognoil 3W z nízkouhlíkové oceli nebo u žárového Zn se na identických místech nasnímané ploše opakovaly pruhy nebo tečky, proto snímky z 3W vykazovaly vyšší hodnotu F.U. oproti QB. Příčinou byla znečištěná měřicí optika. Dalším důvodem může být velikost snímané plochy Recognoil QB a Recognoil 3W, rozdíl mezi zařízeními může vést ke vzniku odchylky. Recognoil QB má o něco větší plochu na analyzování snímaného předmětů oproti Recognoilu 3W.

6. Závěr

Cíl diplomové práce byl naplněn porovnáním čistoty jednotlivých materiálů, povrchových úprav, včetně jejich předúprav z hlediska zkoumané problematiky hodnocení fluorescence pomocí ručního zařízení Recognoil 3W a Recognoil QB. V souvislosti s navazujícími faktory na čistotu povrchu (měření povrchového napětí, měření drsnosti, lesklosti). Význam měření čistoty je důležitým parametrem nejen k zjišťování mastnoty na povrchu před nanášením nátěrového systému, ale i při posouzení vhodnosti technologie čištění zvolením vhodného odmašťovacího prostředku nebo při kontrole tryskaných předmětů, zda na povrchu neulpěly kusy abraziva.

Analyzátoři Recognoil mají své místo mezi přímými metodami měření čistoty povrchu. Obě zařízení Recognoil 3W, Recognoil QB jsou intuitivní, snadno ovladatelná a během pár vteřin nasnímají kontaminovanou plochu, výsledný snímek s fluorescenční mapou lze na konkrétním zvoleném materiálu lehce vyhodnotit. Ve srovnání s jinými metodami měření čistoty povrchu má přístroj Recognoil převahu výhod. Předností je velikost snímané plochy oproti zkoušce povrchového napětí nebo infračervené spektroskopie. Další výhodou je uchování naměřených výsledků nebo životnost zařízení např. vůči inkoustové metodě, jejich expirační doba trvá 6 měsíců od použití. Podkladem pro další výzkum by bylo zajímavé porovnání definovaných materiálů a jejich předúprav z jednotlivých výrobních sérií nebo dokonce dodání jednotlivých materiálů stejného složení od různých výrobců. Čímž by došlo k posouzení relevantnosti záruky chování materiálů v praxi od rozdílných výrobců.

7. BIBLIOGRAFIE

- [1] KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01472-x.
- [2] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 2. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2000. ISBN isbn80-7078-953-0.
- [3] KREIBICH, Viktor. *Strojírenské materiály a povrchové úpravy: Návod ke cvičení z povrchových úprav*. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1984.
- [4] KUBÁTOVÁ, Hana. *Nátěry kovů*. Praha: Grada, 2000. Profi & hobby. ISBN 80-247-9035-1.
- [5] KRÁL, Mirko, Jan ČERMÁK a Bohumír BEDNÁŘ. *Engineering technology I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN isbn80-01-02775-9.
- [6] KALEDOVÁ, Andrea. *Technologie nátěrových hmot II.: povrchové úpravy a způsoby předúpravy materiálů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav polymerních materiálů, 2003. ISBN 80-7194-555-2.
- [7] doocitovat v generátoru
- [8] GALLEGO-JUAREZ, Juan, Karl GRAFF a Margaret LUCAS. *Power Ultrasonics: Applications of High-Intensity Ultrasound*. 2nd Edition - April 6, 2023. ISBN 9780128202548.
- [9] Střední aritmetická úchylka profilu - Ra (CLA, AA). <https://www.voestalpine.com/highperformancemetals/cs/cs/> [online]. [cit. 2023-08-16]. Dostupné z: <https://www.voestalpine.com/highperformancemetals/cs/cs/sluzeb/povlakovani/lesteni/>
- [10] ŠTURC, Josef. *Moření oceli*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985.
- [11] Xu Chen, Effect of Manganese Phosphating on Properties of 45 Steel Used for Gear Production, International Journal of Electrochemical Science, Volume 17, Issue 3, 2022, 220326, ISSN 1452-3981, <https://doi.org/10.20964/2022.03.37>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1452398123022691>)
- [12] Železnaté fosfátování. <https://www.mmspektrum.com/> [online]. © 2001 - 2023 Copyright. MM Průmyslové spektrum. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/zeleznate-fosfatovani>
- [13] Jiaojiao Li, An Du, Yongzhe Fan, Xue Zhao, Ruina Ma, Jianjun Wu, Effect of shot-blasting pretreatment on microstructures of hot-dip galvanized coating, Surface and Coatings Technology, Volume 364, 2019, Pages 218-224, ISSN 0257-8972, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.02.075>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897219302282>)

[14] Omílací tělíska a kompoundy. *Https://technostroj.cz/* [online]. © 2021 Technostroj s.r.o. | Web z dílny Collectiwe [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://technostroj.cz/omilaci-stroje/omilaci-teliska-a-kompoundy/>

[15] KONVALINKA, Ing. Roman. Nahrazování fosfátování konverzními povlaky na bázi zirkonu. *Http://www.povrchari.cz/* [online]. Ing. Jan Kudláček, Ph.D. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201807_povrchari.pdf

[16] Články. *Https://www.ultrazvuk.eu/* [online]. © 2020 ULTRAZVUK, s.r.o. :: Mageek [cit. 2023-07-16]. Dostupné z: <https://www.ultrazvuk.eu/kategorie/clanky>

[17] Moření a pasivace jako konečná povrchová úprava legovaných antikoročních ocelí. *Https://www.fksystem.cz/* [online]. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.fksystem.cz/blog/clanek-o-moreni-a-pasivaci>

[18] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7082-668-1.

[19] KALEDOVÁ, Andrea. *Technologie nátěrových hmot II.: povrchové úpravy a způsoby předúpravy materiálů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav polymerních materiálů, 2003. ISBN 80-7194-555-2.

[20] [PETRIE, Edward M. *Handbook of Adhesives and Sealants: Third Edition*. 3rd Edition. The McGraw-Hill Companies. ISBN 978-1260440447]

[21] [EBNESAJJAD, Sina. *Surface Treatments of Materials for Adhesive Bonding: Second Edition* [online]. 2nd ed. Oxford: Elsevier Science & Technology Books, 2014 [cit. 2020-12-29]. ISBN 978-0-323-26435-8. Dostupné z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cvut/detail.action?docID=1495678.>]

[22] Povrchová úprava PROBLEMATIKA PŘEDÚPRAV POVRCHU ZPRÁVY. *Https://docplayer.cz/* [online]. 2023 © DocPlayer.cz [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/13282810-Povrchova-uprava-problematika-preduprav-povrchu-zpravy.html>

[23] Měření povrchového napětí- Fixy a inkousty Arcotest. *Https://www.proinex.cz/* [online]. © 2022 - 2023 Proinex Instruments, s.r.o. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/a/mereni-povrchoveho-napeti-fixy-inkousty-arcotest>

[24] TULKA, Jaromír. *Povrchové úpravy materiálů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2005. ISBN 80-214-3062-1.

- [25] MACHEK, Václav a Jaromír SODOMKA. *Nauka o materiálu: kovy a kovové materiály*. Praha: České vysoké učení technické, 2002. ISBN 80-01-02568-3.
- [26] [Http://www.povrchari.cz/](http://www.povrchari.cz/) [online]. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201705_povrchari.pdf
- [27] Pasivace. [Https://www.oneindustry.cz/](https://www.oneindustry.cz/) [online]. © 2021 INFOCUBE s.r.o. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/pasivace/>
- [28] PÍSKOVACÍ MATERIÁLY. [Https://www.pkit.cz/](https://www.pkit.cz/) [online]. © 2020 PKIT Praha s.r.o [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.pkit.cz/piskovaci-materialy/1/>
- [29] Brusné kotouče: druhy, vlastnosti a značení. [Https://www.strefa.cz/](https://www.strefa.cz/) [online]. © 2023 STREFA s.r.o. - Všechna práva vyhrazena [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.strefa.cz/brusne-kotouce-druhy-vlastnosti-a-znaceni-p104352/>
- [30] Progresivní metody detekce mastných látek na povrchích strojírenských výrobků. [Https://www.techtest.cz/](https://www.techtest.cz/) [online]. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.techtest.eu/clanek4.html>
- [31] Co je povrchová úprava?. [Https://www.meritage.cz/](https://www.meritage.cz/) [online]. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.meritage.cz/co-je-povrchova-uprava>
- [32] POVRCHOVÉ NAPĚTÍ NEPODCEŇUJTE. [Https://www.ekobal.cz/](https://www.ekobal.cz/) [online]. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.ekobal.cz/o-nas/aktuality/povrchove-napeti-nepodcenujte>
- [33] Kategorizace povrchové energie. [Https://www.3mcesko.cz/3M/cs_CZ/company-ctl/](https://www.3mcesko.cz/3M/cs_CZ/company-ctl/) [online]. © 3M 2023. Všechna práva vyhrazena.. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: https://www.3mcesko.cz/3M/cs_CZ/bonding-and-assembly-ctl/training-education/science-of-adhesion/categorizing-surface-energy/
- [34] National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 5359268, Aluminum. Retrieved July 16, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aluminum>
- [35] Tenziometry pro měření povrchového napětí. [Https://www.anamet.cz/](https://www.anamet.cz/) [online]. [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://www.anamet.cz/tenziometry-pro-mereni-povrchoveho-napeti/#pristroje-href>
- [36] Měření úhlu smáčení: measurement of contact angle [online]. In: . Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005 [cit. 2023-07-04]. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/mereni_uhlu_smaceni.html
- [37] KOPŘIVA, Andreas. Porovnání účinnosti odmašťovacích prostředků. Praha, 2015. Bakalářská práce.

- [38] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1987.
- [39] *Příručka žárového zinkování*. [4., aktualiz. vyd.]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, [2011]. ISBN 978-80-260-3324-0.
- [40] KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. *Žárové zinkování*. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014. ISBN isbn978-80-905298-2-3.
- [41] Anodická oxidace hliníku a jeho slitin – eloxování. [Http://www.ekochem-ppu.cz/](http://www.ekochem-ppu.cz/) [online]. [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: http://www.ekochem-ppu.cz/Materi%C3%A1ly/Anodicka_oxidace_hliniku_a_jeho_slitin.pdf
- [42] Eloxování hliníku. [Http://www.galvanika.cz/](http://www.galvanika.cz/) [online]. © 2020 Galvanika Praha s.r.o. [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <http://www.galvanika.cz/eloxovani-hliniku/>
- [43] GALMAT zinkování: zinkování, chromátování a silnovrstvá pasivace proti korozi. [Https://www.edb.cz/](https://www.edb.cz/) [online]. © Evropská databanka s.r.o. [cit. 2023-07-23]. Dostupné z: <https://www.edb.cz/clanek-8739-galvat-zinkovani-zinkovani-chromatovani-a-silnovrstva-pasivace-proti-korozi>
- [44] Drsnoměr SURFTEST SJ-210, MITUTOYO, 178-560-01D. [Https://www.prumex.cz/](https://www.prumex.cz/) [online]. 2023 © Prumex.cz Všechna práva vyhrazena. [cit. 2023-07-23]. Dostupné z: https://www.prumex.cz/drsnomer-surfest-sj-210-mitutoyo-178-560-01d/?gclid=Cj0KCQjw_O2lBhCFARIsAB0E8B8K3GcXPIexb0HjeDrSkfqIzdxx-j6GXh7n2Sf2bPecLnN0rxzaTykaAoJDEALw_wcB
- [45] LESK - Měření lesku pomocí leskoměrů. [Https://www.proinex.cz](https://www.proinex.cz) [online]. © 2022 - 2023 Proinex Instruments, s.r.o. [cit. 2023-07-23]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/a/mereni-lesku-leskomery>
- [46] *New Trends in Fluorescence Spectroscopy: Applications to Chemical and Life Sciences*. Německo, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [47] PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*. Praha: Academia, 2014. Průhledy (Academia). ISBN 978-80-200-2394-0.
- [48] Fluorescence. [Https://www.mikroskop-mikroskopy.cz](https://www.mikroskop-mikroskopy.cz) [online]. © 2008-2023 [cit. 2023-07-23]. Dostupné z: <https://www.mikroskop-mikroskopy.cz/fluorescence/>
- [49] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Praha: Sandvik Coromant, 1997. ISBN 91-97-2299-4-6.
- [50] *Parametry drsnosti Mahr-NEW.pdf* [online]. [cit. 2023-08-05]. Dostupné z: <https://www.klz.inshop.cz/inshop/files/6910230/Parametry%20drsnosti%20Mahr-NEW.pdf>
- [51] Měření drsnosti povrchu - Drsnoměry Profiloměry. [Https://www.proinex.cz/](https://www.proinex.cz/) [online]. © 2022 - 2023 Proinex Instruments, s.r.o. [cit. 2023-08-05]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/a/mereni-drsnosti-povrchu-drsnomery-profilomery>
- [52] Měření drsnosti povrchu: Volba správného filtru. [Https://www.mahr.com/cs/](https://www.mahr.com/cs/) [online]. © 2023 Mahr GmbH [cit. 2023-08-05]. Dostupné z: <https://www.mahr.com/cs/novinky-a-udalosti/zobrazeni-clanku/mereni-drsnosti-povrchu-volba-spravneho-filtru>

- [53] Katalog z firmy TechTest s.r.o.
- [54] Surface Cleanliness Detector Recognoil 3W. <https://www.red-dot.org/> [online]. Copyright Red Dot 2023 [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.red-dot.org/project/recognoil-3w-63806>
- [55] RecognoilQB. <https://www.techtest.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.techtest.eu/download/RecognoilQB%20-%20Informa%C4%8Dn%C3%AD%20bro%C5%BEura.pdf>
- [56] Contact-free cleanliness inspection of parts' surfaces. <https://www.sita-process.com/welcome-page/> [online]. © SITA Process Solutions 2019 [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.sita-process.com/products/fluorescence-measuring-and-testing-devices/sita-cleanospector/>
- [57] http://physics.ujep.cz/~mkormund/P323/ChMat_II_pr4.pdf
- [58] Infrared spectroscopy (IR spectroscopy) - principle, instrumentation, applications. <https://microbiologynote.com/cs/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://microbiologynote.com/cs/infrared-ir-spectroscopy-principle-instrumentation-application/>
- [59] ALPHA II. <https://www.optikinstruments.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.optikinstruments.cz/produkty/ftir-spektrometry/alpha-ii/#>
- [60] Principles of UV-Vis spectroscopy, instrumentation, applications, advantages and limitations. <https://microbiologynote.com/cs/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://microbiologynote.com/cs/uv-vis-spectroscopy/>
- [61] Spektrometr PASCO UV-Vis. <https://pasco.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://pasco.cz/senzory-a-cidla/8-senzory-dratove/288-uv-vis-spektrometr>
- [62] LUMINISCENCE. <https://labguide.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://labguide.cz/reagencie/fluorochromy/>
- [63] Technický údajový list. <https://www.valsparindustrialmix.com/emea/en> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: https://www.valsparindustrialmix.com/emea/cz/downloads/G5_Degree_of_Purity.pdf
- [64] UNDERSTANDING THE ABRASIVE BLAST CLEANING STANDARDS SSPC/NACE AND ISO 8501. <https://www.graco.com/us/en.html> [online]. © Graco Inc. All rights reserved. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.graco.com/us/en/contractor/solutions/articles/surface-prep-standards-explained-sspc-nace-iso-8501.html>
- [65] Stupně očištění. <http://stacima.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: http://stacima.cz/?page_id=61
- [66] Katalog – Zkušební panely od Q-LAB

- [67] Hliník deska (d x š) 400 mm x 200 mm 1 mm 1 ks. <https://www.conrad.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/hlinik-deska-d-x-s-400-mm-x-200-mm-1-mm-1-ks-297666.html?refresh=true>
- [68] Měď plech (d x š) 400 mm x 200 mm 1.5 mm 1 ks. <https://www.conrad.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/med-plech-d-x-s-400-mm-x-200-mm-1-5-mm-1-ks-293113.html>
- [69] DKI Werkstoff-Datenblätter - CuZn37. <https://www.conrad.com/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/de/000297593DS00/list-technicky-udaju-297593-mosaz-plech-d-x-s-400-mm-x-200-mm-1-mm-1-ks.pdf>
- [70] I. Ultrazvukové čištění. <https://www.ultrazvuk-sro.cz/> [online]. opyright 2015 All rights reserved Ultrazvuk s.r.o. [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://www.ultrazvuk-sro.cz/aplikace-ultrazvuku>
- [71] Laboratorní ultrazvuková vana K-2LE nerezová, elektronické ovládaní. <https://www.kraintek.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.kraintek.cz/laboratorni-ultrazvukove-vany-s-elektronickym-ovladanim/laboratorni-ultrazvukova-vana-k-2le-nerezova-elektronicke-ovladani-d92>
- [72] BOSCH GHG 23-66 Professional Horkovzdušná pistole 06012A6301. <https://www.kamody.cz/> [online]. © 2004 - 2023 Kamody s.r.o. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: https://www.kamody.cz/bosch-ghg-23-66-professional-horkovzdusna-pistole-06012a6301-209761?gclid=CjwKCAjw5remBhBiEiwAxL2M90CV110aTNo8iEx7hthi83dXFKaXj_y_0_TZ86bl5L5iwrnhZRX4xhoCQpIQAvD_BwE
- [73] Magnetické míchadlo Witeg typ MSH-20D s ohřevem - set. <https://www.unimed.cz/> [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.unimed.cz/magneticke-michadlo-witeg-typ-msh-20d-s-ohrevem-set>
- [74] Sada pro testování prachových částic dle ISO 8502-3. <https://www.proinex.cz/> [online]. © 2022 - 2023 Proinex Instruments, s.r.o. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/p/sada-pro-testovani-prachovych-castic-dle-iso-8502-3>
- [75] ČÁST 5: TENZIDY A DETERGENTY. <https://www.smart-cleaners.cz/> [online]. © 2023 smart-cleaners. [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: https://www.smart-cleaners.cz/miniserial-myti-nadobi-je-veda/tenzidy_detergenty/
- [76] SEDLAŘÍKOVÁ, PH.D., Ing.Jana. *CHEMIE A TECHNOLOGIE TENZIDŮ II* [online]. [cit. 2023-08-11]. FAKULTA TECHNOLOGICKÁ, UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ.
- [77] Ocelový nerez plech 0,7mm. <https://www.promodely.cz/> [online]. [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://www.promodely.cz/Ocelovy-nerez-plech-0-7mm-d4054.htm>
- [78] NÁVOD - Inkousty a fixy
- [79] Vlastní zdroj

8. Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnoty drsnosti v závislosti na konkrétním druhu tryskacího prostředku [24] [28]	21
Tabulka 2: Ukázka vybraných brusných kotoučů [29].....	23
Tabulka 3: Druhy zrnitosti [29]	23
Tabulka 4: Druhy tvrdosti [29].....	23
Tabulka 5: Hodnocení lesklosti [45]	28
Tabulka 6: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – bez úprav.....	40
Tabulka 7: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – po pasivaci	41
Tabulka 8: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – po broušení	41
Tabulka 9: Ukázka vzorku z nízkouhlíkové oceli – žárově Zn, galvanicky Zn, ZnNi.....	42
Tabulka 10: Složení feritické korozivzdorné oceli typu AISI430 [77]	43
Tabulka 11: Ukázka vzorku z korozivzdorné oceli – bez úprav, tryskaný povrch	43
Tabulka 12: Ukázka panelů z hliníkové slitiny bez úprav, pasivací a jiných způsobů.....	44
Tabulka 13: Ukázka vzorku z mědi – bez úprav, tryskaný povrch	45
Tabulka 14: Chemické složení Cu-DHP [68].....	45
Tabulka 15: Ukázka vzorku z mosazi – bez úprav, tryskaný povrch	46
Tabulka 16: Chemické složení mosazi [69]	46
Tabulka 17: Příměsí, které jsou povoleny. [69]	46
Tabulka 18: Přehled použitých chemických prostředků a jejich provozní vlastnosti	49
Tabulka 19: Ukázka nanesených inkoustů Arcotest na hliníkové oceli, žárovém Zn.....	56
Tabulka 20: Ukázka Hliníkové slitiny po pasivaci SuTec 609 EC	57
Tabulka 21: Ukázka nízkouhlíkové oceli povlaku ZnNi s černou pasivací	58
Tabulka 22: Ukázka hliníkové slitiny po pasivaci SurTec 609 EC a povlaku ZnNi na nízkouhlíkové oceli	61

9. Seznam obrázků

Obrázek 1: Základní parametry odmašťování	15
Obrázek 2: Způsob působení tenzidů při odmašťování [75]	17
Obrázek 3: Plastová a keramická omílací tělíska [14]	22
Obrázek 4: Povrchové vrstvy na leštěném povrchu [22].....	25
Obrázek 5: Střední hodnota drsnosti Ra [50]	26
Obrázek 6: Hloubka drsnosti Rz [50]	27
Obrázek 7: Drsnoměr SURFTEST SJ-210, MITUTOYO [44].....	27
Obrázek 8: Leskoměr TQC GL0010 [45].....	28
Obrázek 9: Ukázka kapky, která má velmi dobrou smáčivost. [33].....	29
Obrázek 10: Ukázka kapky, která má střední povrchovou energii. [33].....	30
Obrázek 11: Ukázka kapky, která povrch špatně smáčí. [33]	30
Obrázek 12: Vyhodnocení smáčivosti v souvislosti s kontaktním úhlem [32]	30
Obrázek 13: Vyvažování destičky [35]	32
Obrázek 14: Tenziometr měřící smáčivost [35]	32
Obrázek 15: První krok [79].....	33
Obrázek 16:Druhý krok [79]	33
Obrázek 17: Fixy, inkousty značky Arcotest [78].....	34
Obrázek 18: Zařazení fluorescence [47].....	35
Obrázek 19: Princip fluorescence [48]	36
Obrázek 20: Recognoil 3W [54].....	36
Obrázek 21: Recognoil QB [79].....	37
Obrázek 22: SITA CleanoSpector; snímací hlava – detail [56]	37
Obrázek 23: Infračervený spektrometr ALPHA II [59]	38
Obrázek 24: Ultrazvuková čistička K-2LE [71] Obrázek 25: Horkovzdušná pistole [72]..	48
Obrázek 26: Magnetické míchadlo Witeg [73]	48
Obrázek 27: Otryskané vzorky	50
Obrázek 28: Ofukovací balonek [79]	50
Obrázek 29: Vzorek, který se měřil v ose x; y	51
Obrázek 30: Ukázka měření vzorku na třech místech.....	57

10. Seznam grafů

Graf 1: Drsnost vzorků hodnocených materiálů bez úpravy	51
Graf 2: Drsnost tryskaných vzorků u hodnocených materiálů	52
Graf 3: Drsnost ocelových broušených vzorků	52
Graf 4: Drsnost vzorků z povlaku Zn	52
Graf 5: Drsnost pasivovaných vzorků z nízkouhlíkové oceli, hliníkové slitiny.....	53
Graf 6: Lesk – vzorky materiálů bez úpravy	54
Graf 7: Lesk – tryskané vzorky materiálů	54
Graf 8: Lesk – povlaky Zn.....	55
Graf 9: Lesk – pasivace nízkouhlíkové oceli, Al slitiny.....	55
Graf 10: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky materiálů bez úpravy – Recognoil 3W	58
Graf 11: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky tryskaných materiálů – Recognoil 3W	59
Graf 12: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky broušené – Recognoil 3W.....	59
Graf 13: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s povlaky Zn – Recognoil 3W	60
Graf 14: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s pasivací nízkouhlíkové oceli a hliníku – Recognoil 3W	60
Graf 15: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky materiálů bez úpravy – Recognoil QB	62
Graf 16: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky tryskaných materiálů – Recognoil QB.....	63
Graf 17: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky broušené – Recognoil QB.....	63
Graf 18: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s povlaky Zn – Recognoil QB.....	64
Graf 19: Hodnoty fluorescence F.U. vzorky s pasivací nízkouhlíkové oceli a hliníku – Recognoil QB	64
Graf 20: Před odmaštěním Recognoil 3W vs QB.....	65
Graf 21: Po odmaštěním Recognoil 3W vs QB.....	65

11. Přílohy