

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vliv předúprav a čistoty povrchu na adhezi nátěrových
hmot

Autor: Bc. Lenka Koudelková

Vedoucí práce: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Praha 2018

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Koudelková** Jméno: **Lenka** Osobní číslo: **419971**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní a materiálové inženýrství**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Vliv předúprav a čistoty povrchu na adhezi nátěrových hmot

Název diplomové práce anglicky:

Effect of pretreatment and surface cleanliness on adhesion of paints

Pokyny pro vypracování:

1. Předúpravy povrchu a nátěrové hmoty
2. Způsoby hodnocení vlastností povrchu a nátěrových hmot
3. Vliv druhu předúpravy a stupně zamaštění na adhezi nátěrových hmot
4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

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: **23.04.2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **10.08.2018**

Platnost zadání diplomové práce: **10.08.2018**

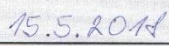

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

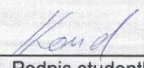

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
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.


15.5.2018
Datum převzetí zadání


Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím podkladů, které jsem uvedla v příloženém seznamu a poskytnutých konzultací.

V Praze dne:

.....

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Michalu Zoubkovi za uvedení do dané problematiky, zaškolení na laboratorním vybavení a odborné rady, které mi v průběhu vypracování práce poskytovali. Dále bych také ráda poděkovala paní Ing. Ireně Kubelkové za změření chemického složení ocelových vzorků spektrometrem Q4 Tasman.

Tato práce byla vypracována na základě podpory centra kompetence CVPÚ (Centrum výzkumu povrchových úprav) – aktivita WP2 TE02000011.

Anotace

Jméno autora:	Bc. Lenka Koudelková
Název diplomové práce:	Vliv předúprav a čistoty povrchu na adhezi nátěrových hmot
Anglický název:	Effect of pretreatment and surface cleanliness on adhesion of paints
Akademický rok:	2017/2018
Studijní program:	Výrobní a materiálové inženýrství
Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran: 102 Počet obrázků: 62 Počet tabulek: 53 Počet příloh: 11
Klíčová slova:	předúpravy povrchu, čistota, nátěrová hmota, přilnavost nátěru, nečistoty, mastnota
Keywords:	surface pre-treatment, cleanliness, coating, coating adhesion, contaminants, grease
Abstrakt:	V teoretické části této práce jsou popsány mechanické i chemické předúpravy povrchu a jeho čistota. Zabývá se také problematikou nátěrových hmot. Dále jsou v ní uvedeny některé způsoby hodnocení vlastností povrchu a nátěrových hmot. Experimentální část hodnotí vliv různých předúprav a čistoty povrchu na adhezi nátěrových hmot. Nejdůležitějším parametrem sledovaným po předúpravě byla drsnost povrchu. Čistota povrchu byla hodnocena více metodami.
Abstract:	The theoretical part of this thesis describes mechanical and chemical pre-treatments of surface and surface cleanliness. It also deals with the issue of coatings. There are also introduced some ways to evaluate the properties of the surface and coatings. The experimental part evaluates the effect of different pre-treatment and surface cleanliness on the coatings adhesion. The most important parameter monitored after pre-treatment was surface roughness. The surface cleanliness was evaluated by several methods.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Čistota povrchu	9
2.1. Druhy nečistot	9
2.1.1. Cizí (ulpělé) nečistoty	10
2.1.2. Vlastní (vázané) nečistoty	10
2.2. Vazby nečistot s povrchem	10
2.2.1. Chemická vazba	11
2.2.2. Adhezní vazba.....	11
2.2.3. Adsorpční vazba	11
2.3. Vliv nečistot na vlastnosti povlaků nátěrových hmot	11
3. Předúpravy povrchu	13
3.1. Mechanické předúpravy	13
3.1.1. Tryskání	13
3.1.2. Tryskací prostředky (abraziva)	14
3.1.3. Tryskací zařízení	17
3.1.4. Omílání	18
3.1.5. Broušení	19
3.1.6. Leštění.....	20
3.1.7. Kartáčování	20
3.2. Chemické předúpravy	21
3.2.1. Odmašťování.....	21
3.2.2. Moření.....	23
3.3. Speciální způsoby.....	25
3.3.1. Laserový způsob předúpravy povrchu	25
3.3.2. Předúprava plasmou.....	25
3.3.3. Opalování plamenem	26
3.3.4. Čištění kapalinou o vysokém tlaku	26
4. Nátěrové hmoty.....	27
4.1. Základní složky nátěrových hmot	27
4.1.1. Filmotvorné látky.....	27
4.1.2. Pigmenty, plniva, barviva	28
4.1.3. Těkavé složky (rozpuštědla, ředidla)	28
4.1.4. Ostatní přísady (aditiva).....	28
4.2. Terminologie	29
5. Způsoby hodnocení vlastností povrchu	30
5.1. Čistota	30
5.1.1. Hodnocení stupně zarezavění a přípravy ocelového podkladu.....	30
5.1.2. Stanovení prachu na ocelovém povrchu	32
5.1.3. Stanovení povrchového napětí pomocí fixů	33

5.1.4.	Detekce nečistot přístrojem Recognoil	34
5.2.	Drsnost	35
5.2.1.	Hodnocení drsnosti	35
6.	Způsoby hodnocení vlastností nátěrových hmot	37
6.1.	Přilnavost.....	37
6.1.1.	Odtrhová zkouška	37
6.1.2.	Mřížková zkouška.....	38
6.1.3.	Zkouška křížovým řezem.....	40
6.2.	Tloušťka	41
7.	Experimentální část.....	43
7.1.	Vzorky.....	43
7.2.	Návrh experimentu.....	44
7.2.1.	Značení vzorků	45
7.3.	Nátěrové hmoty.....	46
7.3.1.	CP 55.....	46
7.3.2.	LV EPS 620	46
7.3.3.	Aplikace nátěrových hmot.....	47
7.4.	Operace prováděné po všech předúpravách.....	48
7.4.1.	Bez další úpravy (B)	48
7.4.2.	Ofuk stlačeným vzduchem (F).....	48
7.4.3.	Odmašťování (O).....	49
7.4.4.	Zamaštění povrchu (nanesení olejového filmu) (M)	49
7.5.	Měření prováděné na testovaných vzorcích.....	51
7.6.	Zhodnocení použitých předúprav	53
7.6.1.	Bez mechanické předúpravy (-)	53
7.6.2.	Tryskání umělým korundem (A)	57
7.6.3.	Tryskání ocelovou drtí (B).....	62
7.6.4.	Tryskání křemenným pískem (C)	66
7.6.5.	Ruční broušení (D).....	71
7.6.6.	Leštění (E).....	76
7.6.7.	Frézování (F).....	79
7.6.8.	Strojní broušení (G)	83
7.7.	Celkové porovnání předúprav	87
8.	Technicko-ekonomické zhodnocení	92
9.	Závěr	93
	Seznam obrázků.....	98
	Seznam tabulek	100
	Seznam příloh	102

1. Úvod

Předúpravy povrchu jsou velice důležitým procesem před nanášením nátěrových hmot (i před jinými povrchovými úpravami). Měly by vést především ke zlepšení výsledných vlastností povrchových úprav. U nátěrových hmot se může jednat například o přilnavost, vzhled atd. To ovšem platí pouze, pokud jsou předúpravy provedeny správně, a pokud se použije předúprava vhodná pro následující povrchovou úpravu. Různou předúpravou je možné dosáhnout různých parametrů povrchu, a ne všechny se hodí pro následnou aplikaci nátěrových hmot. Roli v tomto případě může hrát dosažená drsnost, profil povrchu (periodický, aperiodický), nastavení procesu předúpravy i prostředky použité k předúpravě (např. typ abraziva). Některými předúpravami (hlavně mechanickými) se na povrch výrobku navíc dostávají nečistoty, jako je abrazivo, prach, mastnota aj. Pokud tedy není důsledně dodržen pracovní postup, nebo pracovník zanedbá či vynechá některou z operací předúprav, mohou být výsledné vlastnosti nátěrů zhoršené zbylými nečistotami. Tato práce zkoumá, jak moc závisí přilnavost nátěrů na použité předúpravě a čistotě povrchu.

Cílem této diplomové práce je zpracovat rešerši technologií předúprav povrchu a nátěrových hmot. Dále by měla seznámit se způsoby, jakými lze hodnotit vlastnosti povrchu po předúpravách, a také se způsoby hodnocení vlastností nátěrových hmot. Práce by také měla ukázat, jaký vliv mají různé předúpravy a čistota povrchu na adhezi (přilnavost) nátěrových hmot. A ze zjištěných výsledků zhodnotit použité předúpravy z technicko-ekonomického hlediska.

2. Čistota povrchu

Povrch kovu není nikdy úplně čistý. Vždy se na něm usazují nečistoty, se kterými přišel do styku při výrobě, transportu, manipulaci nebo skladování. Dále se na povrchu mohou vyskytovat také nečistoty vznikající při výrobě, jako jsou okuje, nebo korozní produkty vznikající expozicí materiálu v korozním prostředí. Množství nečistot, které se na povrchu vyskytují, se pohybuje v širokém rozmezí. Od velmi tenké vrstvy nečistot, která na povrchu zůstává po nedostatečném předešlém očištění nebo zbytků mastnoty po doteku rukou, až po několikamilimetrovou vrstvu vazelíny nebo vosku přítomnou po konzervování povrchu. [1]

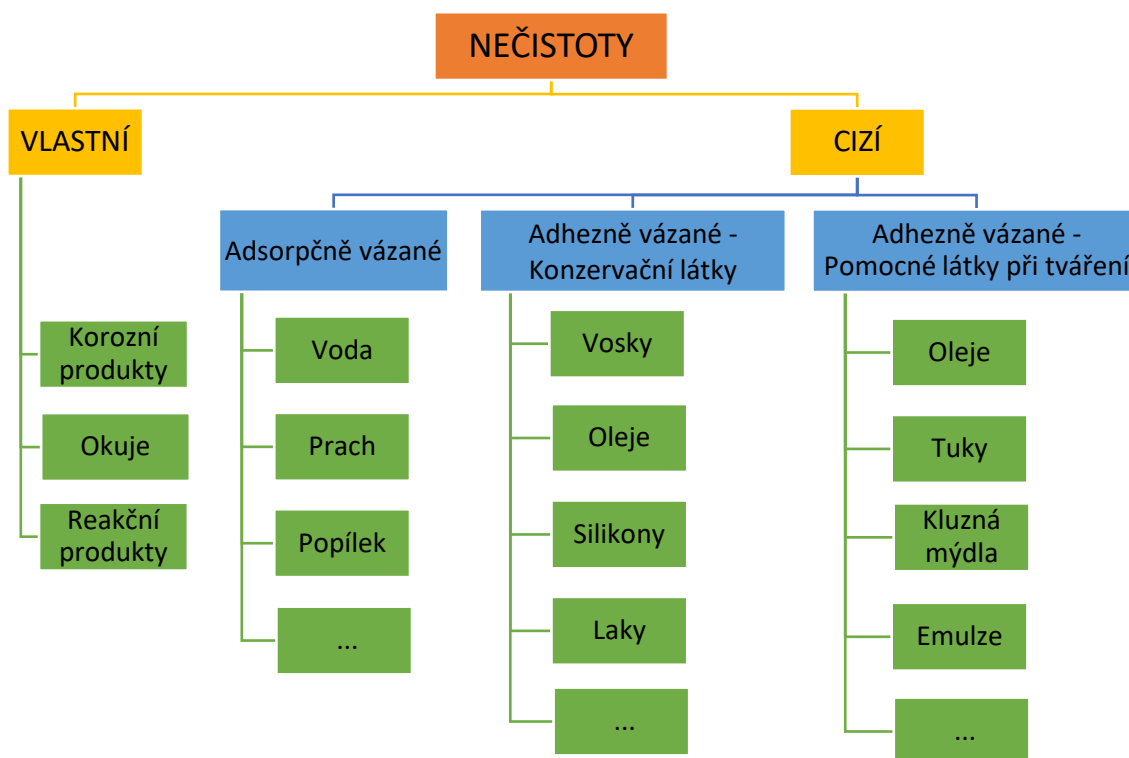
Příprava povrchu a jeho stav významně ovlivňují kvalitu a životnost následné povrchové úpravy. Povrch materiálu je nutné před aplikací povrchové úpravy zbavit všech nečistot a korozních zplodin, aby nezhoršovaly její celkovou jakost. Nedůslednost při předúpravách se nemusí projevit ihned po dokončení povrchové úpravy, ale i po určitém čase, kdy dochází k porušení celistvosti a přilnavosti povrchové úpravy. Na povlaku se pak projevují vady, jako je například pórovitost, odlupování, nebo vznik puchýřů u nátěrových hmot. [2; 3]

2.1. Druhy nečistot

Nečistoty, které se na povrchu materiálu vyskytují, mají velmi rozdílný charakter z hlediska struktury i chemického složení. Některé vznikají chemickou přeměnou základního materiálu (okuje, korozní produkty) a jiné na povrchu ulpívají při různých procesech nebo skladování (např. prach, emulze). Povrch materiálu může být znečištěn také mastnotou. Ta potom na povrchu materiálu funguje jako pojivo mezi jednotlivými ulpívajícími nečistotami, i mezi těmito nečistotami a základním materiálem. Nečistoty na povrchu materiálu bývají často minerální oleje, tuky, konzervační prostředky, kaly, nečistoty anorganického původu, ale také zplodiny koroze různých kovů a produkty reakcí. [3]

Nečistoty lze podle povahy rozdělit do dvou skupin (viz Obr. 1):

- cizí (ulpělé) nečistoty,
- vlastní (vázané) nečistoty.



Obr. 1: Druhy nečistot na povrchu [4]

2.1.1. Cizí (ulpělé) nečistoty

Jedná se o nečistoty, které drží na povrchu nebo v dutinách jen pomocí fyzikálních (adhezních a adsorpčních) sil a tvoří vrstvu různé tloušťky a vlhkosti. Do této skupiny patří zbytky mastných látek (např. zbytky olejů, emulzí, past apod.), kovové nečistoty (např. třísky, prach) a nerozpustné anorganické nečistoty (např. zbytky brusných a leštících prostředků, grafit, slévárenský písek, anorganické soli, prach z ovzduší apod.). Někdy je lze hmatem nebo zrakem jen těžko postřehnout, ale vždy musí být z povrchu odstraněny. [2; 5]

2.1.2. Vlastní (vázané) nečistoty

Vlastní nečistoty jsou ke kovu vázané chemisorpcí. Jedná se tedy o spojení nečistoty s kovem určitou chemickou vazbou. Nejčastěji jde o produkty chemických přeměn po tepelném zpracování, jako jsou okuje, směs bezvodých oxidů železa a rez nebo směs oxidů železa s obsahem volné i vázané vody. Korozní produkty mají větší specifický objem než základní kov, a proto mohou při nárůstu pod nátěrem způsobit jeho mechanické porušení. I nepatrné známky rzi nepříznivě ovlivňují trvanlivost nátěrového systému, protože jsou základem budoucího korozního procesu. [2; 5]

2.2. Vazby nečistot s povrchem

Nečistoty na povrchu ulpívají různou silou. Některé lze lehce setřít nebo ofouknout stlačeným vzduchem (např. suchý prach), jiné naopak bez porušení kovu nelze mechanicky odstranit. [1]

Pro spojení nečistot s kovovým povrchem se uplatňují tři druhy vazeb:

- chemická vazba,
- adhezní vazba,
- adsorpční vazba.

2.2.1. Chemická vazba

Chemická vazba je přítomná pouze u nečistot, jako jsou oxidy, hydroxidy, uhličitany, sulfidy nebo jiné chemické sloučeniny, které vznikají chemickou přeměnou kovu při reakci s prostředím. Jedná se o produkty tepelného zpracování nebo zplodiny vzniklé působením korozního prostředí. Chemická vazba se utváří reakcí atomů kovu s atomy nebo molekulami látek z okolního prostředí, čímž vzniká velmi silná vazba. Proto se nečistoty spojené s povrchem chemickou vazbou (vlastní nečistoty) obtížně odstraňují. K jejich odstranění se využívají metody mechanické (tryskání, broušení, kartáčování, omílání aj.) nebo chemické (moření, odrezování, dekapování). [3; 6]

2.2.2. Adhezní vazba

Kvůli adhezi ulpívají na kovovém povrchu nečistoty nejrůznějšího druhu. Jedná se například o kovové nečistoty, jako jsou částice zbylé po mechanickém opracování (třísky, kovový prach) nebo nerozpustné anorganické nečistoty, ke kterým lze uvést jako příklad prach z ovzduší, grafit, brusivo aj. Na povrchu materiálu jsou drženy pomocí molekulárních sil. Pevné částice mohou být na povrchu zakotveny také mechanicky, a to třeba vlivem nerovností. [3]

2.2.3. Adsorpční vazba

Adsorpční vazba nečistot ke kovovému povrchu je mnohem silnější než vazba adhezní, ale zároveň slabší než vazba chemická. Adsorpce se častěji než u tuhých (krystalických) substancí vyskytuje u rozpuštěných látek a kapalných nebo voskových substancí nerozpustných ve vodě. Řadí se sem hlavně rezidua mastných látek, jako jsou konzervační látky, chladicí kapaliny, brusné a leštící pasty, řezné oleje nebo oleje využívané při tváření aj. Tuhy, oleje a jiné mastnoty tedy ulpívají na povrchu pomocí fyzikálních sil a lze je odstranit prostřednictvím chemické předúpravy povrchu známé jako odmašťování. [3]

2.3. Vliv nečistot na vlastnosti povlaků nátěrových hmot

Přítomnost mastných látek na povrchu tvoří bariéru mezi kovem a nátěrem a vždy snižuje jeho přilnavost. To je považováno za nežádoucí jev, i když se ho v některých případech využívá. Například pro snadnější snímatelnost nátěru se stěny kabin pro stříkání nátěrových hmot uměle zamašťují. Mastnota se ovšem při nanášení může do

nátěru také rozptýlit, a tím změnit jeho vlastnosti. Mastnota pak zpomaluje zasychání nátěru nebo mu úplně zamezí, povrch nátěru je mastný aj. [1]

Kromě mastnoty mohou vlastnosti povlaku ovlivňovat i anorganické sloučeniny rozpustné ve vodě. Ty mohou na povrchu zůstat při nedostatečném oplachu po povrchových úpravách. Tyto látky pak mohou působit dvojitým způsobem. Buď mohou přímo napadat nátěr pomocí chemických reakcí a měnit tak jeho chemické vlastnosti, a tedy i přilnavost (převážně alkalické látky), nebo mohou způsobit korozi kovu pod nátěrem a vytvořit puchýře v nátěru (hlavně kyselé látky). [1]

Dalším činitelem, který ovlivňuje povlak NH je vlhkost. Mokrý kov natírat nelze, protože výsledná přilnavost nátěru by byla nevyhovující. Ke zhoršení přilnavosti ovšem stačí i okem nepostřehnutelná nebo absorbovaná vlhkost na povrchu kovu. Ta je většinou výsledkem nedostatečného osušení povrchu, k čemuž dochází často při natírání venkovních konstrukcí (hlavně za nepříznivých povětrnostních podmínek). Kromě toho může vlhkost obsahovat rozpuštěné chemikálie, které působí vždy nepříznivě. V takových případech má na přilnavost nátěru vliv i kvalita NH a způsob aplikace nátěru. [1]

3. Předúpravy povrchu

Technologické procesy, které patří do přípravy povrchu materiálu, se označují jako předběžné úpravy povrchu nebo také předúpravy povrchu. Jejich cílem je odstranit z povrchu materiálu všechny nečistoty a dosáhnout zlepšení podmínek a kvality povrchu potřebné pro nanesení povrchové úpravy. Kromě čistoty je důležitým faktorem pro hodnocení kvality povrchu z hlediska vhodnosti pro povrchovou úpravu i tvar a stupeň drsnosti. [2; 3]

Vhodnou předúpravou lze zajistit dostatečnou přilnavost finálních povlaků, homogenní vzhled konečné úpravy i dobrou odolnost proti opotřebení nebo korozi. Předúprava je obvykle dvoustupňová a podle pracovních operací se dělí na:

- mechanické předúpravy povrchu,
- chemické předúpravy povrchu.

Volba způsobu předúpravy a jejího provedení záleží na stavu povrchu a jeho čistotě před předúpravou a na účelu a typu následující povrchové úpravy. Kvalitně předupravený povrch je základní podmínkou úspěchu následných povrchových úprav. Operace předúprav se někdy používají také pro konečnou úpravu povrchu výrobků (např. kvůli vzhledu u korozivzdorných ocelí nebo skla). [5; 7]

3.1. Mechanické předúpravy

Mezi mechanické předúpravy povrchu se řadí takové postupy zpracování, které nejsou přednostně určeny k dodání tvaru a rozměrů součásti, ale vytváří na jejím povrchu požadovanou jakost a kvalitu. Tu je obvykle možné hodnotit podle drsnosti. Cílem mechanických předúprav je hlavně:

- očistit povrch od nečistot (písku, rzi, okují, grafitu),
- zajistit podmínky pro vyhovující přilnavost následujících povlaků,
- zajistit podmínky pro zvýšení odolnosti proti korozi,
- vytvořit vzhled povrchu odpovídající požadavkům,
- zlepšit mechanické vlastnosti povrchu. [7]

Těchto požadavků lze docílit jednou nebo několika technologiemi předúprav, mezi které patří tryskání, omílání, broušení, kartáčování, leštění, hydrofinašování, speciální procesy aj. Některé z těchto technologií jsou přiblíženy v následujících podkapitolách.

3.1.1. Tryskání

Tryskání patří mezi nejrozšířenější a nejúčinnější technologii mechanických předúprav povrchu. Uplatňuje se nejen jako předúprava povrchu před následující

povrchovou úpravou, ale i jako konečná úprava pro zlepšení mechanických vlastností. Při tryskání je na povrch předmětu velkou rychlostí vrhán vhodný tryskací materiál. Při dopadu jednotlivých zrn tryskacího materiálu (abraziva) se z povrchu uvolňují ulpělé nečistoty a korozní produkty a současně dochází k plastickým deformacím otryskávaného předmětu. [8; 9]

Účinek tryskání je dán kinetickou energií, jejíž hodnota závisí na rychlosti, hmotnosti a úhlu dopadu abraziva. Velikost kinetické (pohybové) energie je pak dána vztahem:

$$Ek = \frac{1}{2}mv^2, \quad (1)$$

kde Ek – kinetická energie [J]

m – hmotnost abraziva [kg]

v – výstupní rychlost tryskacího prostředku [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

3.1.2. Tryskací prostředky (abraziva)

Tryskací prostředky jsou obvykle suché, sypké materiály různých druhů (kovové, nekovové). Vyrábí se v různých tvarech (ostré, tupé, oválné, sekaný drát apod.) a velikostech zrn neboli frakcích, přičemž se velikost zrn pohybuje od několika desetin milimetru až po jednotky milimetrů. Tryskací prostředky se liší hmotností, tvrdostí a dalšími vlastnostmi, podle kterých se potom vhodně přiřazují pro jednotlivé aplikace. [10; 11]

Ostrá, tvrdá zrna při dopadu vysekávají z povrchu částice kovu, čímž se z předmětu odstraňuje rez, okuje a jiné nečistoty. Dochází také ke zdrsnění povrchu, které závisí na použitém druhu a velikosti zrn tryskacího prostředku. Výsledný stav povrchu po tryskání také závisí na úhlu dopadu zrn. Naproti tomu, při dopadu tupých a tvrdých zrn nedochází k úběru materiálu, ale díky otloukání se povrch očistí, deformačně zpevní a zůstane pokryt malými důlky. Tento princip využívá například kuličkování. [7]

Volba tryskacího prostředku ovlivňuje výsledné vlastnosti povrchu, jako je čistota, drsnost nebo struktura a zároveň má velký vliv na plošný výkon tryskání. Dále má také typ tryskacího prostředku vliv na životnost tryskacích zařízení a jeho produktivitu. [10; 11]

Dělení tryskacích prostředků

Tryskací prostředky se dají dělit podle různých hledisek, která jsou uvedena níže.

1. Podle typu materiálu tryskacích prostředků:

- kovové,
- nekovové.

2. Podle původu tryskacího prostředku:

- přírodní,
- syntetické.

3. Podle tvaru zrna tryskacího prostředku:

- ostrohranné (drtě),
- oblé (granuláty).

Tab. 1: Příklady kovových a nekovových tryskacích prostředků [8; 10]

Kovové tryskací prostředky	Nekovové syntetické tryskací prostředky	Nekovové přírodní tryskací prostředky
<ul style="list-style-type: none">• ocelový granulát• ocelová drť• litinový granulát• litinová drť• nerezový granulát• nerezová drť• granulát z neželezných kovů• sekaný drát• granit (speciální směs ocelové drtě a granulátu)• ...	<ul style="list-style-type: none">• umělý korund bílý• umělý korund hnědý• karbid křemíku SiC• balotina• drcené sklo• strusky (uhelné, ocelářské,..)• plastové abrazivo• keramické abrazivo• suchý led• ...	<ul style="list-style-type: none">• křemenný písek• olivínový písek• přírodní korund• ilmenit• zirkon• staurolit• drcený vápenec• drcené pecky• drcené ořechové skořápky• drcené ulity mořských korýšů• ...

V Tab. 1 jsou uvedeny konkrétní typy kovových a nekovových tryskacích prostředků. Některé z nich jsou podrobněji popsány v dalších odstavcích.

Umělý korund

Umělý korund Al_2O_3 se vyrábí ve dvou podobách, a to jako bílý nebo hnědý korund. Umělý hnědý korund je nejtvrdší nekovový tryskací prostředek. Používá se hlavně pro čištění kovových výrobků, odstraňování otřepů, předúpravu povrchů před žárovým stříkáním, odstraňování korozních produktů, zdrsnění povrchu, matování (např. skla) aj. Účinnost abraziva závisí na velikosti zrna. [10]

Hnědý korund využívají k tryskání převážně země bývalého východního bloku, bílý korund naopak v zemích na západě Evropy. Toto rozdělení je dáno hlavně historickými faktory a rozmístěním závodů vyrábějících korund. Z hlediska opotřebení je příznivější hnědý korund, protože je odolnější a opotřebovává se pomaleji. Naproti tomu je bílý korund užitečnější v aplikacích vyžadujících vysokou čistotu tryskacího prostředku (např. v leteckém průmyslu), protože se i nejmenší znečištění abraziva ihned

projeví jeho zešednutím. A to je signálem pro výměnu náplně tryskacího prostředku. Výsledky tryskání za použití bílého nebo hnědého korundu jsou téměř shodné. [10]

Ocelový granulát

Ocelový granulát je kulatý tryskací prostředek vyráběný z nadeutektoidní speciálně zušlechtnuté oceli (měrná hmotnost $7,7 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Má sorbitickou strukturu, která je tvořena homogenním popuštěným martenzitem, díky čemuž dobře odolává únavě rázům a otěru. Nejčastěji se toto abrazivum využívá k čištění hutních polotovarů, svařenců nebo odlitků v tryskacích zařízeních s metacími koly. Životnost granulátu závisí na typu tryskaného materiálu. Přibližné chemické složení granulátu je uvedeno v Tab. 2. [11]

Tab. 2: Přibližné chemické složení ocelového granulátu [11]

	% C	% Mn	% Si	% P	% S
Ocelový granulát	0,75 až 1,2	0,6 až 1,1	0,6 až 1,1	max 0,04	max 0,04

Ocelová drť

Ocelová drť patří mezi ostrohranné kovové tryskací prostředky. Vyrábí se drcením ocelového granulátu s větším průměrem zrna, který je speciálně tepelně zpracovaný. Z toho plyne, že chemické složení ocelové drtě je shodné s chemickým složením ocelového granulátu typu S (min. obsah C je 0,75 %). Ocelová drť je velmi účinným prostředkem k čištění a úpravě povrchu, který se využívá hlavně v pneumatických tryskačích. V tryskacích zařízeních s metacími koly se kvůli nadměrnému abrazivnímu opotřebení, způsobenému značným objemovým výkonem (desítky tun za hodinu), využívá ocelová drť jen výjimečně. Použitím ostrohranné drtě se životnost lopatek metacích kol často sníží jen na několik hodin, čímž dochází ke značnému zvýšení nákladů. Míra opotřebení závisí značně na tvrdosti ocelové drtě, proto jsou v Tab. 3 uvedeny stupně tvrdosti, ve kterých se ocelová drť standardně vyrábí. [11]

Tab. 3: Stupně tvrdosti ocelové drtě [11]

stupeň tvrdosti dle DIN	GH	GL	GP
stupeň tvrdosti dle ČSN	GA	GB	GC
tvrdost HRC	64 - 69	54 - 59	45 - 52
odchylka tvrdosti HRC	± 2	± 2	± 2
tvrdost HV1	800 - 900	600 - 700	450 - 550
odchylka tvrdosti HV1	± 60	± 45	± 40

GP – ocelová ostrohranná drť s nejnižší tvrdostí; jednotlivá zrna se při tryskání rychle zakulacují; lze ji použít v tryskacích zařízeních s metacími koly; hodí se pro odstraňování okují [11]

GL – středně tvrdá ostrohranná drť; při tryskání dochází k postupnému zakulacení zrn; hodí se pro přípravu povrchu k dalším operacím, resp. pro odstranění okují [11]

GH – ocelová drť s vysokou tvrdostí; v průběhu tryskání nedochází k zakulacování; běžně se používá ve vzduchových tryskách; pro tryskací zařízení s metacími koly se používá v případech, kdy není hlavním ekonomickým kritériem životnost metací jednotky [11]

Křemenný písek

Křemenný písek je nejrozšířenějším abrazivem pro volné tryskání na venkovních dočasných pracovištích. Časté použití tohoto abraziva je dáno především nízkou cenou, protože jeho technologické vlastnosti odpovídají spíše průměru (střední houževnatost, nízká životnost, specifická měrná hmotnost $2,6 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Vyrábí se v několika skupinách zrnitosti: 0,1-0,3 mm; 0,1-0,5 mm; 0,2-0,8 mm; 0,4-0,8 mm; 0,8-1,2 mm; 1,0-1,6 mm; 2,0-3,0 mm; 3,0-5,0 mm. Velkou nevýhodou tohoto abraziva je vysoký stupeň zdravotní závadnosti (nebezpečí vzniku silikózy). Silikóza je chronické onemocnění plic, které postihuje pracovníky při dlouhodobé inhalaci malých částic abraziva (zejména oxidu křemičitého). [10]

3.1.3. Tryskací zařízení

Tryskání lze podle konstrukce a principu tryskacích zařízení rozdělit na dva způsoby:

- pneumatické (tlakovzdušné),
- mechanické (metacími koly).

Pneumatické tryskání

Při pneumatickém tryskání se pro urychlení tryskacího prostředku využívá stlačený vzduch, který je vysokou rychlostí přiváděn do trysky. Směs vzduchu a tryskacího prostředku pak dopadá na povrch materiálu pod daným úhlem a vzdáleností od konce trysky. Pneumatické tryskání lze dále rozdělit podle způsobu, jakým jsou částice abraziva přivedeny do trysky na:

- tlakový způsob (tryskací prostředek je z tlakové nádoby pod tlakem přiveden do trysky),
- sací způsob (tryskací prostředek je nasáván injektorovým způsobem),
- spádový způsob (tryskací prostředek vlivem gravitace padá ze zásobníku).

Pneumatické tryskání umožňuje otryskávání i velmi členitých součástí a zařízení. Je možné ho použít i ve volném prostoru pro otryskání různých konstrukcí, přičemž se využívá křemenný písek. Ten se již nezachycuje do zásobníku a není regenerován.

V procesech s regenerací tryskacího prostředku se vždy používá tryskací prostředek kovový. [1]

Ze způsobů pneumatického tryskání se nejvíce používá způsob tlakový. Abrazivum je při něm ze zásobníku pod tlakem přivedeno do hadice, ve které proudí vzduch, a spolu se vzduchem je následně unášeno hadicí až do trysky. Díky jedinému přívodu se s tryskou snadno manipuluje, ale průchodem abrazivního tryskacího materiálu dochází k většímu opotřebení přívodu (hadice). [1]

Mechanické tryskání

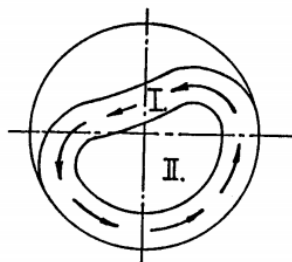
Při mechanickém tryskání se pro urychlení tryskacího prostředku využívá metacích kol. Tryskací prostředek je ze zásobníku nejčastěji veden do středu metací jednotky, která se skládá z lopatek umístěných mezi dvěma disky. Odtud je abrazivum rotujícími lopatkami za působení odstředivé síly vrháno proti tryskané součásti. Rychlost dopadajícího abraziva bývá běžně kolem $80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Mechanická tryskací zařízení je možné konstruovat v různých velikostech a tvarech, jako např. stolové, komorové, bubnové nebo průběžné. [1; 5]

Výhodou mechanického tryskání je vysoký výkon a oproti pneumatickému i lepší hospodárnost. Toho se využívá především při otryskávání hutního materiálu, plechů, trubek atd., kde je z důvodu provozních nákladů tryskání pomocí metacích kol výhodnější. Nevýhodou je naopak nedokonalé usměrnění tryskacího paprsku a opotřebenování lopatek metacího kola. [1; 5]

Na podobném principu jako tryskání funguje i tzv. hydrofinišování, při kterém je povrch otryskáván brusivem s kapalinou (vodou), která je urychlována vzduchem ze směšovacích pistolí. Tímto postupem se získává homogenní povrch s relativně nízkou drsností, který je vhodný i pro galvanické pokovení. Tekutinou je zároveň možné povrch i abrazivum ihned odmašťovat, čímž se zlepší čistota povrchu po tryskání. [5]

3.1.4. Omílání

Omílání patří mezi mechanické způsoby předúprav povrchu, při kterém je úběr materiálu a jeho vyhlazování vyvoláno vzájemným působením omílaných výrobků a omílacích prostředků. Používá se zejména pro hromadnou úpravu drobných, tvarově náročných součástek (např. nábytkové kování, bižuterie aj.). Velké součásti (cca nad 1 kg) je při omílání nutné v zařízení upevnit. Omílání se využívá pro vyhlazování povrchů jako brusná a leštící operace (lze dosáhnout drsnosti až $0,3 \text{ Ra}$), k zaoblování hran, k odstranění ostrin nebo okují (korozních produktů) i ke zpevnění povrchu součástí. Samotný proces probíhá v bubnech nebo zvonech a podle používaných strojů se omílání dále dělí na rotační, vibrační a odstředivé. [5; 7]



Obr. 2: Schéma rozvrstvení materiálu v bubnu při omílání [5]

Při omílání se v bubnu formují dvě oblasti, viz Obr. 2. Oblast I. má tvar prstence, stále se převaluje a sleduje stoupání stěny bubnu až do okamžiku, kdy se od stěny odtrhne a jako aktivní vrstva padá na převalující se směs předmětů a brusiva (jádro, oblast II.). Dále klesá až do dolní části bubnu, kde narazí na stěnu a cyklus se opakuje. Vlastní jádro (oblast II.) se převaluje jen velmi mírně. Rozhraní mezi oblastmi není přesně odděleno. Tloušťku prstence a jádra lze měnit v závislosti na podmínkách omílání. V aktivní vrstvě (v oblasti I.) probíhá 90 % veškerého úběru materiálu. [1; 7]

Omílání probíhá za sucha nebo v kapalném prostředí (kapaliny s chemickými prostředky). Kapalina tlumí nárazy součástí a omílacích tělísek a má vliv na smáčivost jejich povrchů. Chemický prostředek převádí částice omlétoho materiálu do suspenze, čímž se docílí očištění povrchu součástí i povrchu samotných omílacích tělísek. Dále chemický prostředek odmašťuje omílané součásti a chrání jejich povrch před korozi. [1; 5]

Omílací i chemické prostředky se volí podle druhu omílací operace. Například pro hrubování se běžně využívají větší omílací prostředky s vyšší tvrdostí a hrubší zrnitostí. Velikostí zrna i druhem pojiva lze řídit úběrovou rychlost a drsnost povrchu součástí z různých materiálů. Jako omílací tělíska se používají přírodní nebo umělé kameny (korund, křemen, vápenec, čedič), kovová tělesa nebo organické materiály. Během omílání dochází k jejich obrušování a vyhlazování, čímž se snižuje jejich ubírací schopnost. Živostnost přírodních omílacích prostředků je z tohoto důvodu nízká. [5; 7]

Výsledek omílání závisí na průměru bubnu, jeho otáčkách, tvaru a velikosti součástí, době omílání, druhu a velikosti omílacích tělísek, zaplnění bubnu, poměru množství součástek a omílacích tělísek (obvykle bývá 1:3) a na druhu a množství omílací kapaliny. [5]

3.1.5. Broušení

Broušení je třískové obrábění povrchu za použití nástroje s brusivem. Účelem broušení je kromě odstranění nečistot a korozních zplodin z povrchu kovu i vyrovnání nerovností povrchu a dosažení jeho optimální drsnosti. Broušení se obvykle provádí po jednotlivých operacích, při kterých je povrch součásti postupně vybrušován na stále nižší drsnost, přičemž se poslední operací musí dosáhnout požadované drsnosti. [12]

První operace, při které dochází k největšímu úběru materiálu z povrchu součásti, se označuje jako hrubé broušení. Používá se při něm nástroj s brusivem o takové zrnitosti, aby se spolehlivě odbrousily základní nerovnosti nebo vady výchozího povrchu. Po hrubém broušení následuje další operace, při které jsou nerovnosti z první operace broušeny nástrojem s brusivem o menší zrnitosti. Postup se opakuje až do poslední operace, kdy se používá nástroj s brusivem o takové zrnitosti, aby byla dosažena požadovaná drsnost povrchu. Počet operací pak tedy závisí na stavu výchozího povrchu a požadované kvalitě a drsnosti povrchu finálního. [12]

Broušení se využívá jak pro úpravu funkčních ploch, kde je kladený velký důraz na geometrickou přesnost výrobku a finální drsnost, tak i pro dekorativní účely, kde na výsledné přesnosti tolik nezáleží. [12]

V praxi se používají přenosné i pevně zabudované brusky, které mohou být poháněné pneumaticky nebo elektromotorem. Brusné kotouče se obvykle vyrábí z umělého korundu nebo karbidu křemíku. Brusivo může být nalepeno na papíru, textilu nebo plsti, anebo může být přidáváno na brusný kotouč volně ve formě brusné pasty. [1]

3.1.6. Leštění

Leštění je technologie, při které jsou odstraňovány nejjemnější stopy po předchozím jemném broušení (příp. kartáčování). Jeho cílem je dosáhnout velmi nízké drsnosti (pod 0,1 Ra). Dosažený stupeň lesku závisí na leštícím nástroji a jeho obvodové rychlosti, ale také na použité leštící pastě. V místě styku leštěného předmětu s kotoučem dochází k lokálnímu ohřátí materiálu na značně vysokou teplotu. Jejím vlivem a působením některých komponentů leštících past dochází k plastickým deformacím v tenké stykové ploše. [12]

Pro předlešťování se využívají tvrdší látkové kotouče a mastnější i ostřejší pasty. Leštící nástroj zároveň dosahuje vyšších obvodových rychlostí. Pro dolešťování potom nástroje dosahují nižších obvodových rychlostí a používají se měkké kotouče a sušší jemnější pasty. Obvodové rychlosti leštících nástrojů se pohybují mezi 26 až 36 m·s⁻¹. Jako abraziva pro leštění se používají oxid hlinitý, chromitý a železitý, jemný přírodní i umělý korund, vídeňské vápno aj. [1; 7]

3.1.7. Kartáčování

Kartáčování je technika úpravy povrchu předmětu, která se používá jednak jako čistící operace pro odstranění hrubých nečistot (rzi, starých nátěrů aj.), nebo jako operace prováděná po broušení ke zjemnění povrchu nebo k odstranění oxidické vrstvy, která vznikla po předchozím broušení. Pro matování a čištění se využívají drátěné kartáče, u kterých je jejich účinek závislý na průměru, druhu a délce použitých drátků kartáče a také na rychlosti, jakou se nástroj otáčí. K dokončovacím operacím se používají měkké

a pružné kotouče z přírodních i umělých vláken. Elasticita nástroje je výhodná zejména u členitých výrobků. [7; 12]

3.2. Chemické předúpravy

Chemické předúpravy povrchu zahrnují takové operace, při kterých chemická činidla reagují s nečistotami ulpělými nebo chemicky vázanými k povrchu. Mezi tyto předúpravy patří odmašťování, moření, chemické a elektrolytické leštění, dekapování a odrezování. Neodstraněné mastnoty a jiné nečistoty (starý nátěr, rez, okuje) ovlivňují vzhled, přilnavost i jiné vlastnosti konečného povlaku. Kvůli své nestálosti mohou mastnoty vlivem rozkladu vytvářet vhodné prostředí pro vznik koroze. Proto jsou chemické úpravy povrchu důležité a jejich důsledným provedením lze vhodně ovlivnit přilnavost, dokonalost, ochrannou schopnost a trvanlivost následných povrchových vrstev. [4; 7]

Pokud se pro přípravu povrchu využívají různé chemické předúpravy, zařazuje se mezi jednotlivé operace technologický oplach, aby nedošlo ke znehodnocení lázní s chemikáliemi. Chemické předúpravy se provádí v uzavřených odvětrávaných pracovištích, aby bylo zajištěno, že zplodiny (vznikající například z reakcí při moření) nebudou mít negativní dopad na životní prostředí a zdraví pracovníků.

Cílem chemických (nebo také chemicko-fyzikálních) předúprav povrchu je:

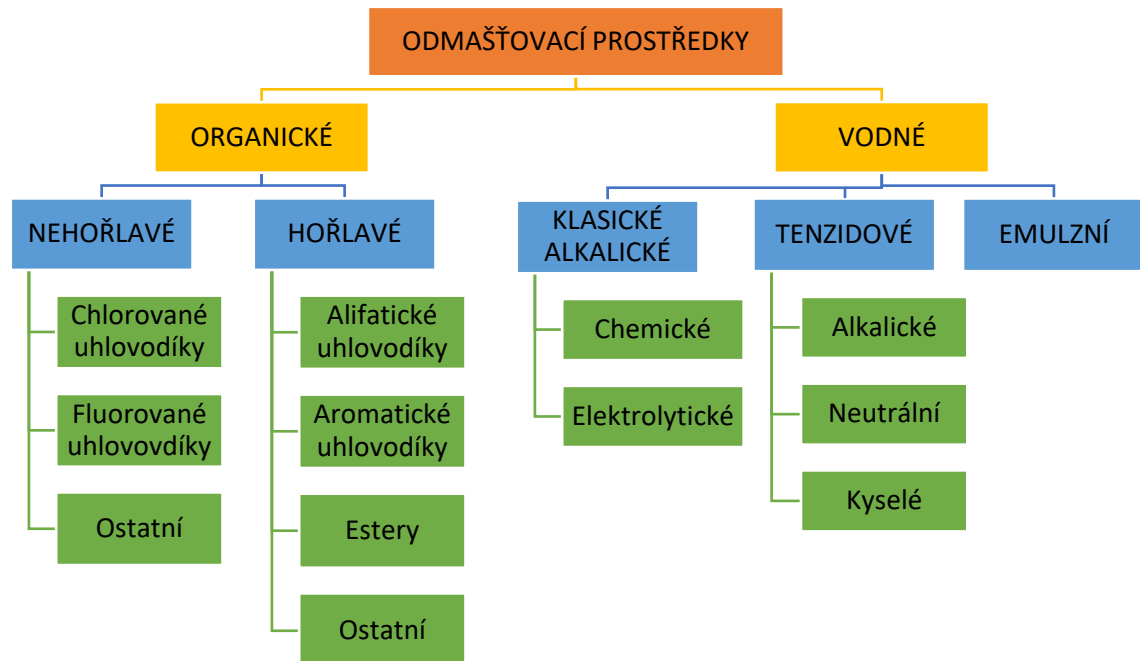
- odstranit cizí i vlastní nečistoty chemickým (resp. chemicko-fyzikálním) narušením jejich vazby k podkladu pomocí vhodného nástroje,
- odstranit případné vady povrchu a strukturální nedostatky povrchu,
- zvětšit skutečnou plochu povrchu,
- aktivovat povrch. [4]

3.2.1. Odmašťování

Odmašťování je technologický postup k odstranění všech druhů ulpělých nečistot, které jsou k povrchu kovu vázány fyzikální adsorpcí (např. látky tukového charakteru), nebo adhezními silami (anorganické nečistoty, prach, kovové třísky aj.). Tyto nečistoty lze odstranit snadněji než chemicky vázané a bez změny kovového povrchu. Účelem odmašťování je uvolnit nečistoty z povrchu, převést je do roztoku nebo emulze a zabránit jejich opětovnému vyloučení na povrchu kovu. [12]

Odmašťování se běžně využívá k přípravě povrchu před konečnou povrchovou úpravou a jeho provedení má výrazný vliv na další technologické operace a kvalitu povrchové úpravy. Pokud se použije špatný druh odmaštění nebo se součást dostatečně neodmastí, dochází k nerovnoměrnému moření a snižuje se přilnavost povlaků k základnímu kovovému materiálu. V ochranném povlaku se pak navíc mohou vyskytovat další nepravidelnosti a vady. Praxe ukazuje, že příčiny špatné nebo

nedokonalé povrchové úpravy souvisí většinou s nedokonalým odmaštěním nebo špatně zvoleným způsobem odmaštění a odmašťovacím prostředkem. Pro odmašťování existuje velké množství prostředků a způsobů provedení. Hlavní rozdělení odmašťovacích prostředků je schematicky naznačeno na Obr. 3. [13; 14]



Obr. 3: Schéma dělení odmašťovacích prostředků [14]

Odmašťování lze podle druhu použitých prostředků dělit na:

- odmašťování organickými prostředky (rozpouštědly),
- odmašťování vodnými prostředky (roztoky).

Tyto způsoby kombinuje odmašťování emulzní. Odmašťování je také možné rozdělit podle způsobu aplikace na odmašťování ponorem, postřikem a u rozpouštědel i odmašťování v parách. Proces odmašťování lze také zrychlit ultrazvukem. Zvláštním druhem odmašťování je pak odmašťování elektrolytické. Použitím elektrolytického odmašťování, odmašťování s využitím ultrazvuku nebo odmašťování vodní parou a tlakovou vodou se zvyšuje účinnost odmašťovacích roztoků. Rozdíly mezi jednotlivými typy odmašťování jsou v energetické i ekologické náročnosti a ve stupni čistoty, které lze daným způsobem dosáhnout. Pokud jednotlivé způsoby pro odmaštění nevyhovují nebo jsou nedostatečné, musí se vhodně zkombinovat. [14]

3.2.1.1. Odmašťování organickými prostředky (rozpouštědly)

Jedná se o poměrně jednoduchý proces s vysokým čistícím účinkem, kterým lze odstranit i silné vrstvy mastných nečistot. Nevýhodou tohoto způsobu odmašťování je, že jej nelze použít pro vlhké povrchy, nelze jím odstraňovat heteropolární nečistoty (anorganické soli, pot, otisky prstů) a musí se dodržovat přísné bezpečnostní předpisy pro práci s rozpouštědly, které souvisí i s jejich obtížnou likvidací. Organická rozpouštědla

se podle hořlavosti dají rozdělit do dvou skupin na hořlavá (např. benzín, petrolej, benzen, aceton) a nehořlavá (hlavně chlorované uhlovodíky – např. trichlorethylen, perchlorethylen a fluorované uhlovodíky – např. ledon, fluorethen). K praktickému použití se kvůli svým nevýhodám (hořlavost, toxicita, nestálost) rozšířilo jen několik organických rozpouštědel. [7; 13; 14]

Odmašťování v organických rozpouštědlech se používá hlavně pro mezioperační odmaštění při obrábění, hrubé odmaštění před alkalickým odmašťováním a odmaštění před lakováním. Díky technické jednoduchosti, poměrně nízkým nákladům a uspokojivé účinnosti čištění se využívá zejména v menších podnicích. [13; 14]

3.2.1.2. Odmašťování vodnými prostředky (roztoky)

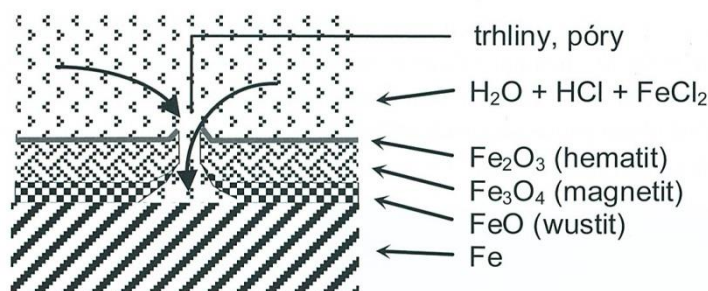
Pro odmašťování se v tomto případě využívá celá řada odmašťovacích přípravků. Složení odmašťovacích vodných lázní může být velmi různorodé a závisí na míře vstupního znečištění, typu mastnot a nečistot, druhu základního materiálu, způsobu aplikace odmašťovací lázně (ponorem, postřikem,...) a podmínkách odmašťování (teplota, doba odmašťování,...). Vodné odmašťovací prostředky se běžně skládají z anorganické složky (určující pH lázně a její chemický charakter), povrchově aktivních látek (způsobujících čistící a odmašťovací účinek lázně) a dalších pomocných látek (regulujících pěnovost, komplexotvornost aj.). Pomocné látky dále způsobují inhibiční nebo pasivační schopnost prostředku, určují emulgační nebo deemulgační efekt a mají desinfekční účinek. Z chemického hlediska je poměr anorganických a organických látek v lázních velmi široký. Lázně se mohou skládat i z čistě organických složek, nebo naopak jen z těch anorganických. [13; 14]

Odmašťování ve vodných roztocích lze podle používaných prostředků dělit na:

- odmašťování klasickými alkalickými prostředky,
- odmašťování tenzidovými prostředky,
- odmašťování emulzními prostředky.

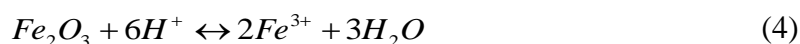
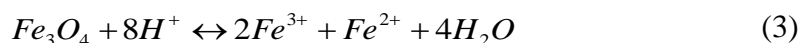
3.2.2. Moření

Moření je chemický způsob odstraňování korozních zplodin z povrchu materiálu, při kterém dochází k přeměně nerozpustných korozních zplodin na látky ve vodě rozpustné. Mořením se odstraňují okuje (oxidy vzniklé za vysokých teplot při tepelném zpracování nebo výrobě oceli) i produkty atmosférické koroze tak, aby bylo dosaženo kovově čistého povrchu. Jako lázně se pro moření oceli využívají roztoky kyselin. Mezi často používané kyseliny pro moření oceli patří kyselina sírová, chlorovodíková a fosforečná. Dále lze pro moření využít také směsi kyselin. Při procesu moření kyselina rozpouští nejen korozní produkty, ale i samotný kov. [1]



Obr. 4: Princip moření a složení oxidů v okujích [15]

Vrstva okují na povrchu oceli se skládá z různých oxidů železa, jejichž poměr závisí na podmínkách jejich vzniku, a které se v kyselinách rozpouští různou rychlostí. Tyto oxidy se nazývají wüstit (FeO), magnetit (Fe_3O_4) a hematit (Fe_2O_3). A jejich uspořádání je na Obr. 4. Nejvíce rozpustný je wüstit (nejblíže kovu) a naopak nejobtížněji rozpustný je hematit (nejdále od čistého kovu). Proto je výhodné, aby bylo ve vrstvě okují wüstitu co nejvíce, a aby se k němu lázeň dostala co nejdříve (např. skrz póry nebo trhliny ve vrstvičce). Při moření kyselinou chlorovodíkovou dochází ve vodě k disociaci kyseliny na ionty H^+ a Cl^- a reakce s oxidy železa se uskutečňují dle následujících rovnic:



Ionty Fe^{3+} se pak dále redukuje na Fe^{2+} , které spolu s Cl^- vytváří chlorid železnatý.



Kyseliny však nejrychleji reagují s ocelí (základním materiálem), při čemž dochází k rozpouštění čistého železa za vzniku vodíku. Ten dále difunduje do materiálu a způsobuje vodíkové křehnutí. Rovnice této reakce pro moření v kyselině chlorovodíkové je uvedena níže.



Běžný proces moření je takový, že kyselina nejdříve působí na okuje a postupně je rozpouští. Vrstva okují není nikdy dokonale souvislá a bývá velmi porézní. Díky pórům se kyselina snadno dostává k základnímu ocelovému materiálu a rozpouští ho. Vznikající vodík pak proniká pod okuje, kde se slučováním zvětšuje jeho objem a tlakem na vrstvičku okují pak napomáhá k jejímu odtržení. Moření tedy využívá fyzikálně-chemických reakcí. [16]

Nevýhodou vzniku vodíku je jeho difuze do základního materiálu, čímž vzniká vodíková křehkost. Atomární vodík při moření proniká do mřížky kovu, kde se slučuje do větších molekul. Ke slučování dochází především v drobných dutinách, v blízkosti

vměstků a jiných nečistot v mřížce kovu. V těchto místech pak lokálně narůstají tlaky (až na několik set atmosfér), které způsobují deformaci mřížky a dochází ke změně mechanických vlastností mořené oceli. Tyto změny jsou výraznější především u tenkostěnných výrobků a projevují se nejčastěji nižší tažností a pevností v ohybu. Tento stav je označován jako vodíková křehkost. [1]

Při delším stání na vzduchu vodík z kovu uniká. Tento proces lze urychlit také zahřátím součásti. Tím může ovšem dojít k dalšímu nepříznivému vlivu vodíku, a to po aplikaci nátěru. Příkladem může být nátěr, který zasychá za zvýšených teplot. Vodík se kvůli vyšším teplotám začne uvolňovat z krystalové mřížky a způsobuje v nátěru vady (různě velké puchýře). Tyto vady se nemusí projevit ihned, ale mohou nastat i po delší době. U válcovaných součástí pak mohou být puchýře seřazeny ve směru válcování podle toho, jak docházelo k hromadění vodíku v místech zaválcovaných nečistot. [1]

3.3. Speciální způsoby

3.3.1. Laserový způsob předúpravy povrchu

Pro předúpravu pomocí laseru se obvykle používá laser pulzní. Laserové pulzy mají vysokou energii, která se dopadem na znečištěný povrch mění na energii tepelnou. Ta je absorbována nečistotami, čímž dojde k jejich odpaření a očištění povrchu. Předúprava laserem je šetrná k základnímu kovu a lze s ní nahradit technologie založené na použití rozpouštědel (moření, odmašťování), mechanické metody (jako je např. tryskání a kartáčování) nebo jiné čisticí procesy. Výhodou použití laseru je, že nedochází k přímému kontaktu nástroje s povrchem materiálu, jako je tomu u mechanických předúprav, čímž je eliminována možnost cizího znečištění. Další výhodou laseru je také možnost provádět předúpravu selektivně (jen na některých místech povrchu). Tuto technologii lze využít i k odstranění laků a povlaků z povrchu kovu. [17; 18]

3.3.2. Předúprava plasmou

Povrchová úprava plasmou se realizuje především kvůli změně povrchové energie a s ní souvisejícími vlastnostmi, jako je např. smáčivost. Prostřednictvím této technologie dochází k modifikaci vlastností povrchu bez změny vnitřní struktury materiálu. V praxi se úprava plasmou využívá mimo jiné pro modifikaci fólií nebo různých plastových dílů, jejichž povrch má být předupraven (např. před pokovením, potiskem nebo lepením). Pomocí plazmových výbojů je také možné z povrchu odstraňovat různé nečistoty, jako jsou tuky, mastnota, prach nebo i bakterie. Tato technologie pracuje při nízkých teplotách, což je výhodné především pro plasty a umožňuje tedy čištění materiálů s nízkou teplotou degradace (např. PET). [19; 20]

3.3.3. Opalování plamenem

Opalování plamenem je možné použít k odstraňování rzi z masivních předmětů. Při této technologii se používá speciální hořák, kterým se přejíždí po povrchu předmětu. Díky různé roztažnosti základního materiálu (kovu) a korozních produktů se rez z povrchu uvolňuje a tlakem plynu je odfouknuta. Zbylá rez se plamenem vysušuje a unikají z ní těkavé složky, které urychlují korozi. [5]

3.3.4. Čištění kapalinou o vysokém tlaku

Při čištění kapalinou se využívá vodního paprsku o vysoké výtokové rychlosti, který je vrhán na upravovanou součást. Používá se hlavně pro odstranění hrubých nečistot nebo odstranění starých podkorodovaných nátěrů. Čištění kapalinou o vysokém tlaku klade nároky na speciální vysokotlaké zařízení a závisí na možnostech čištění odpadních vod. [21]

4. Nátěrové hmoty

Nátěrové hmoty (NH) jsou takové hmoty, které se v tekutém, těstovitém nebo práškovitém stavu pomocí různých technik nanáší na podkladový materiál a vytváří na něm nátěrový film. Ten po vytvrzení tvoří souvislý povlak (nátěr) mající ochranný, dekorativní nebo jiný specifický účinek. Podle počtu nanesených vrstev NH se nátěrové systémy dělí na jednovrstvé nebo vícevrstvé. [21; 22]

Nátěrové hmoty lze dělit podle charakteristických vlastností na transparentní a pigmentované.

Transparentní nátěrové hmoty (tj. laky) – na povrchu vytváří průhledný až průsvitný film. Skládají se pouze z filmotvorných složek nebo rozpouštědel, ve kterých jsou filmotvorné složky rozpuštěny.

Pigmentované nátěrové hmoty – na povrchu vždy vytváří krycí neprůhledný film (např. emaily, tmely). Jedná se vlastně o transparentní NH, ve kterých jsou jemně rozptýleny pigmenty a/nebo plniva.

Nátěrové hmoty je možné dělit i z dalších hledisek, např. podle účelu použití (vnitřní, venkovní, speciální), podle použití a pořadí v nátěrovém systému (napouštěcí, základní, vrchní, ...) nebo podle způsobu zasychání (chemickými pochody - díky vnitřním přeměnám filmotvorných složek, fyzikálními pochody – pouze odpařením rozpouštědel nebo kombinací obou). [7; 22]

4.1. Základní složky nátěrových hmot

Pro výrobu nátěrových hmot se používá široké spektrum surovin. Nejdůležitějším aspektem k jejich výběru je šetrnost k životnímu prostředí. Nelze tedy využívat antikoročních pigmentů na bázi olova a chromu. Složky nátěrových hmot nesmí být toxické, a ani nátěrová hmota jako celek nesmí být fyziologicky závadná. Stále se řeší také snižování obsahu organických rozpouštědel v NH. Surovin, které se pro výrobu NH používají, je velké množství a dají se rozdělit podle své funkce v NH na:

- filmotvorné látky (pojiva, změkčovadla),
- pigmenty, plniva, barviva,
- těkavé složky (rozpouštědla, ředidla),
- ostatní přísady (aditiva). [22]

4.1.1. Filmotvorné látky

Filmotvorné látky, jako jsou pojiva a změkčovadla, jsou hlavně netěkavé organické látky, které umožňují vytvářet tuhý souvislý film různých tloušťek. Filmotvorné látky zajišťují správnou soudržnost nátěrové hmoty, přilnavost k podkladu

a také mají zásadní vliv na ochrannou schopnost nátěru a jeho životnost. Filmotvorné látky také ovlivňují další vlastnosti, jako jsou odolnost, lesk, pružnost, ohebnost a tvrdost nátěru. [22; 23]

Dříve se jako pojivové složky NH používaly přírodní pryskyřice (např. kalafuna) a rostlinné oleje (např. lněný). V současné době se přírodní suroviny využívají jen minimálně a používá se jejich chemicky upravená forma (např. deriváty celulózy). Moderní nátěrové hmoty se vyrábí hlavně ze syntetických pryskyřic. Velice významné jsou pryskyřice epoxidové, polyuretanové, silikonové, melaminoformaldehydové, různé modifikace akrylátových pryskyřic a další. [22]

4.1.2. Pigmenty, plniva, barviva

Pigmenty jsou tuhá zrna nebo částice stejné velikosti, která jsou nerozpustná v pojivech a rozpouštědlech. Zajišťují v nátěru jeho barevný odstín a krycí schopnost. Kromě toho musí pigmenty vykazovat ještě další vlastnosti, např. světlostálost, odolnost vůči povětrnostním vlivům, a musí být co nejméně reaktivní s okolím. Pigmenty mohou mít organický, anorganický nebo smíšený původ. Obecně odolávají povětrnostním vlivům organické pigmenty méně než anorganické. Příkladem anorganických pigmentů jsou např. titanová běloba, zinková běloba, železité pigmenty a grafit. Samostatnou skupinu pak tvoří pigmenty antikorozi (např. fosforečnan zinečnatý nebo zinkový prach). [22; 23]

Rozdíl mezi pojivy a barvivy je v jejich rozpustnosti. Barviva jsou na rozdíl od pigmentů v pojivu rozpustná (nebo jsou přímo kapalná). [23]

Plniva jsou v podstatě stejná jako pigmenty, ale mají výrazně nižší index lomu. Pomocí těchto částic lze docílit zesílení struktury povlaku. [22]

4.1.3. Těkavé složky (rozpouštědla, ředidla)

Těkavé složky NH slouží hlavně ke zlepšení a vůbec umožnění aplikace NH na podkladový materiál. Pokud by zbytky těkavých složek zůstaly v nátěrovém filmu i po vytvrzení, zhoršila by se odolnost nátěru, což je nežádoucí. [21; 23]

Rozpouštědla slouží k rozpouštění filmotvorných látek. Jedná se třeba o toluen, xylen, etylalkohol, etylacetát a další. Obecně je lze rozdělit na pravá a nepravá. [21]

Ředidla jsou rozpouštědla nebo jejich směsi, která slouží ke snížení viskozity nátěrových hmot, aby se dosáhlo vhodné konzistence pro danou technologii nanášení. [22]

4.1.4. Ostatní přísady (aditiva)

Aditiva jsou přísady, které se do nátěrových hmot přidávají za účelem dalšího zlepšení jejich vlastností. Vysoké nároky, které jsou v současnosti na NH kladeny,

by bez nich nebylo možné splnit. Účinky aditiv mohou být třeba rychlejší dispergace pigmentů, zabránění pění NH, omezení usazování pigmentů a tvorby škraloupu a jiné. [22; 23]

4.2. Terminologie

Termíny a zkratky z oblasti nátěrových hmot nemusí být rozšířeny v povědomí. V této kapitole jsou uvedeny a vysvětleny některé z nich.

WFT (Wet Film Thickness) – tloušťka mokré vrstvy nátěru, tj. ihned po aplikaci

DFT (Dry Film Thickness) – tloušťka suché vrstvy nátěru, tj. po vytvrzení

Obsah sušiny – je poměr netěkavých látek nátěrové hmoty k jejímu celkovému objemu. Obsah sušiny lze stanovit jako poměr tloušťky suché vrstvy k tloušťce mokré vrstvy nátěru naneseného ve stanovené tloušťce v laboratorních podmínkách, přičemž se neuvažují žádné ztráty NH. [24]

$$\text{Obsah sušiny} = \frac{\text{Tloušťka suchého nátěrového filmu}}{\text{Tloušťka mokrého nátěrového filmu}} \cdot 100 \quad [\text{obj. \%}] \quad (7)$$

Obsah VOC (Volatile Organic Compound) – znamená obsah těkavých organických látek, který je určen vahou těkavého organického rozpouštědla na 1 litr nátěrové hmoty. [25]

Teoretická vydatnost – se při dané tloušťce suchého nátěrového filmu na zcela hladkém povrchu vypočítá podle vzorce (8). [24]

$$\text{Teoretická vydatnost} = \frac{\text{Obsah sušiny} [\text{obj. \%}] \cdot 10}{\text{DFT} [\mu\text{m}]} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{l}^{-1}] \quad (8)$$

5. Způsoby hodnocení vlastností povrchu

Cílem předúprav povrchu je docílit určitých vlastností a stavu povrchu, které mají pozitivní vliv na výsledný vzhled a kvalitu nátěru. Funkčnost ochranných povlaků z nátěrových hmot se významně odvíjí od stavu povrchu bezprostředně před nanesením nátěru. Nejvíce funkci povlaku ovlivňuje profil povrchu, přítomnost rzi a okují, přítomnost nečistot na povrchu včetně solí, prachu, olejů a mastnot. Nejdůležitějšími parametry povrchu, které se před nanesením nátěrové hmoty hodnotí, jsou tedy drsnost a čistota podkladu.

5.1. Čistota

Čistotu povrchu lze hodnotit z různých hledisek. Existuje spousta různých metod hodnocení čistoty povrchu, jako je např. stupeň zarezavění a přípravy ocelového podkladu (ČSN EN ISO 8501-1 a 2), konduktometrické stanovení solí rozpustných ve vodě (ČSN EN ISO 8502-9), extrakce rozpustných nečistot – Breslova metoda (ČSN EN ISO 8502-6), stanovení prachu na ocelovém povrchu (ČSN EN ISO 8502-3) a mnoho dalších.

Metody ke stanovení čistící schopnosti využívaných procesů a čistících přípravků nebo ke stanovení stupně čistoty povrchu lze obecně rozdělit na metody přímé a nepřímé. Pomocí přímých metod lze detekovat zamaštění a nečistoty přímo na povrchu zkoumaných součástí. Nepřímé metody naopak využívají rozpouštědel, pomocí kterých se znečišťující látky z povrchu extrahují. Množství znečištění se následně zjistí analýzou z rozpouštědla. [26]

Problematika čistoty povrchu je velice rozsáhlá. V následujících podkapitolách jsou tedy rozebrány pouze metody, které byly použity v experimentální části diplomové práce.

5.1.1. Hodnocení stupně zarezavění a přípravy ocelového podkladu

Stupně přípravy ocelového podkladu se hodnotí dle ČSN EN ISO 8501-1:2007, nebo podobných zahraničních norem. Principem hodnocení čistoty povrchu touto metodou je porovnávání vzhledu povrchu s fotografickými standardy uvedenými v normě. Norma ukazuje vyobrazení standardů výchozího stavu ocelových povrchů před předúpravou a stanovuje stupeň zarezavění podle abecedy A, B, C a D, jejichž popis je uveden v Tab. 4.

Tab. 4: Stupně zarezavění povrchu [27]

A	Téměř celý povrch je pokryt pevně ulpívajícími okujemi, ale nevykazuje viditelné známky rzi
B	Povrch, ze kterého se odlupují okuje a začíná se na něm tvořit vrstva rzi.
C	Okuje z povrchu oceli už odkorodovaly, nebo je lze odstranit kartáčováním. Při prohlídce povrchu oceli bez zvětšení lze jen výjimečně objevit důlkovou korozi.
D	Okuje z povrchu oceli už odkorodovaly a povrch oceli při prohlídce bez zvětšení vykazuje důlkovou korozi

Po předúpravě lze následně vyhodnotit stupeň přípravy povrchu. Stupně přípravy, kterých lze dosáhnout tryskáním, jsou:

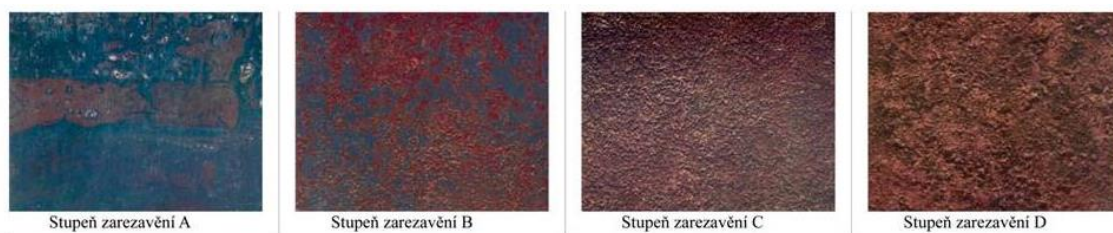
- A Sa 2_{1/2}, A Sa 3;
- B Sa 1, B Sa 2, B Sa 2_{1/2}, B Sa 3;
- C Sa 1, C Sa 2, C Sa 2_{1/2}, C Sa 3;
- D Sa 1, D Sa 2, D Sa 2_{1/2}, D Sa 3;

Stupně přípravy povrchu získané ručním a mechanizovaným čištěním jsou B St 2, B St 3, C St 2, C St 3, D St 2, D St 3. Slovní definice jednotlivých stupňů přípravy povrchu pro tryskání a ruční a mechanizované čištění jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5: Definice stupňů přípravy (čistoty) povrchu [27]

ČSN ISO 8501-1, OZNAČENÍ	ČSN ISO 8501-1, popis či požadavek	ČSN ISO 8501-1, OZNAČENÍ	ČSN ISO 8501-1, popis či požadavek
Sa3 – vizuálně čistý ocelový povrch	Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okuje, rez, zbytky nátěrů a cizích látek. Povrch musí vykazovat jednotný kovový vzhled.	St 2 – důkladné ruční a mechanizované čištění	Při prohlídce bez zvětšení se nezjistí přítomnost olejů, mastnot a nečistot včetně nepřilnavých vrstev okujů, rzi, nátěrů a cizích látek.
Sa2 – důkladné tryskání	Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot, nečistot a téměř žádné okuje, rez, nátěry a cizí látky. Všechny zbytky nečistot musí být pevně přilnavé.	St 3 – velmi důkladné ruční a mechanizované čištění	Odpovídá stupni St2, ale čištění musí být mnohem důkladnější a povrch musí vykazovat kovový odstín daný podkladem.
Sa1 – lehké otryskání	Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot, nečistot stejně jako nepřilnavé okuje, rez, nátěry a cizí látky. Všechny zbytky nečistot musí být pevně přilnavé.		
Sa 2 _{1/2} – velmi důkladné otryskání	Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okuje, rez, zbytky nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé stopy nečistot musí být pouze ve formě skvrn nebo pásů.		

Pro vizuální srovnání stupně zarezavění povrchu a stupně přípravy povrchu slouží fotografické vzory, které jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 8501-1:2007. Snímky na Obr. 5 a Obr. 6 představující stupně zarezavění a stupně přípravy povrchu jsou pouze ilustrační a nenahrazují fotografické vzory z uvedené normy. Pro správné vyhodnocení je důležité použít originální standardy.



Obr. 5: Výchozí stav za tepla válcovaného ocelového povrchu – stupně zarezavění [27]

Pro hypotetický stupeň přípravy A Sa 1 neexistuje fotografický vzor. Tento stupeň je ve skutečnosti nedosažitelný nebo naprosto nevyhovující pro aplikaci nátěrů či povlaků.



B Sa 1



C Sa 1



D Sa 1

Pro hypotetický stupeň přípravy A Sa 2 neexistuje fotografický vzor. Tento stupeň je ve skutečnosti nedosažitelný nebo naprosto nevyhovující pro aplikaci nátěrů či povlaků.



B Sa 2



C Sa 2



D Sa 2



A Sa 2 $\frac{1}{2}$



B Sa 2 $\frac{1}{2}$



C Sa 2 $\frac{1}{2}$



D Sa 2 $\frac{1}{2}$



A Sa 3



B Sa 3



C Sa 3



D Sa 3

Obr. 6: Stupně přípravy povrchu získané tryskáním [27]

Fotografické standardy byly připraveny suchým tryskáním křemenným pískem. Použitím jiného abraziva se může výsledný vzhled lišit. Nejvíce je rozdíl znatelný u nejvyšších stupňů přípravy povrchu Sa 2 $\frac{1}{2}$ a Sa 3. Obecně platí, že výsledný vzhled povrchu závisí na vlastní barvě oceli, barvě odstraňovaných okují a korozních zplodin, stavu povrchu před předúpravou, kvalitě osvětlení, různých úhlech dopadu abraziva a případně jeho zasekání do povrchu. Základem pro vytvoření kvalitního ochranného povlaku je zhodnocení stupně přípravy povrchu a dodržení stanovených parametrů jakosti před nanesením první vrstvy ochranného povlaku. [27; 28]

5.1.2. Stanovení prachu na ocelovém povrchu

Tato metoda popsána normou ČSN EN ISO 8502-3:2017 umožňuje stanovit množství a velikost částic prachu zbylých na ocelovém povrchu připraveném pro natírání.

Před samotným natřením jsou uvedeny požadavky, jaké má otryskaný povrch splňovat a také, že musí být zbaven veškerých nečistot včetně olejů, mastnot a prachu. Prach na otryskaném povrchu může snižovat přilnavost organických povlaků, a proto je třeba hodnotit jeho množství a velikost. [29]

Stanovení se provádí pomocí průhledné lepicí pásky. Na začátku každé zkoušky se z role odmotají a odstraní první 3 vrstvy navinutí. Z role se následně odstříhne pásek o délce 150 mm a pevně se přitiskne na zkoušený povrch. S lepicí páskou se musí manipulovat opatrně a je možné se jí dotýkat pouze na koncích. Páska se zachyceným prachem se ze zkoušeného povrchu sejme, nalepí na kontrastní povrch a následně se odhadne množství zachyceného prachu srovnáním s referenčními vyobrazeními. Velikost se hodnotí podle tříd velikosti částic prachu, viz Tab. 6. [29]

Tab. 6: Třídy velikostí částic prachu [29]

Třída	Popis částic
0	Částice neviditelné ani při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (průměr částic menší než 50 μm)
2	Částice právě viditelné prostým okem (mezi 50 μm a 100 μm)
3	Částice zřetelně viditelné prostým okem (částice o průměru do 0,5 mm)
4	Částice o průměru 0,5 mm až 2,5 mm
5	Částice s průměrem větším než 2,5 mm

Pokud páska vykazuje celkovou změnu barvy, která je způsobena mikroskopickým prachem z hodnoceného povrchu (velikost do 50 μm), zaznamenává se jako stupeň množství 5 a třída velikosti 1. [29]

5.1.3. Stanovení povrchového napětí pomocí fixů

Povrchové napětí vychází ze vzájemné přitažlivosti molekul. Molekuly uvnitř látky se vzájemně přitahují shodnou kohezní silou, takže jsou v energetické rovnováze. Na molekuly na povrchu působí oproti tomu tato kohezní síla pouze směrem dovnitř látky. V opačném směru pak na povrchové molekuly působí fáze, s níž je látka v kontaktu. Tím na povrchu látky vzniká určité napětí, které se označuje jako povrchové napětí a je udáváno v $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$ (milinewton na metr). [1; 30]

Pokud je povrchové napětí nízké, kapalina povrch tuhé látky nesmáčí a zůstává na něm ve formě kapek. Ke smáčení povrchu dojde, pokud se povrchové napětí zvýší. Nízké povrchové napětí může být dáno specifikací samotného materiálu např. u plastů. V případě kovů je důvodem nízkého povrchového napětí často znečištění povrchu (např. olej, mastnota, otisky prstů) a lze ho zvýšit důkladným odmaštěním. [30; 31]

Obecně lze říci, že čím vyšší je povrchové napětí, tím lépe je povrch daného materiálu smáčen a tím lépe k němu nátěrová hmota přilne. Jako obecný limit pro dobrou

nebo uspokojivou přilnavost je udávána hodnota $38 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$. Při povrchovém napětí nižším, než je tato hodnota, bude výsledná přilnavost špatná. [31]

Pro hodnocení povrchového napětí se využívají fixy nebo inkousty. Při experimentu se postupuje tak, že se nejprve použije testovací fix střední hodnoty povrchového napětí (např. $38 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$) a na povrch testovaného materiálu se fixem nanese linka dlouhá cca 20 mm. Pokud se v této lince inkoustu nevytváří bublinky, ani se neslévá, znamená to, že povrchové napětí je stejné nebo vyšší než povrchové napětí fixu. V tom případě se dále použije fix s vyšší hodnotou a postup se opakuje, dokud nedojde ke slítí do drobných oddělených kapek. Obdobně se postupuje i pokud se už na začátku měření linka nanesená fixem s hodnotou $38 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$ rozdělí do kapiček. V takovém případě se dále postupuje použitím fixů s nižší hodnotou. Čím vyšší hodnota fixu se na povrchu neslévá, tím má povrch vyšší povrchové napětí a je čistější. [31]

5.1.4. Detekce nečistot přístrojem Recognoil

Přístroj Recognoil vyvinutý firmou TechTest, s. r. o. využívá pro detekci znečištění povrchu metodu zjednodušené UV-VIS spektroskopie. Princip spočívá v ozařování povrchu kovů UV zářením o vlnové délce 365 nm a sledování projevů fluorescence nečistot ve viditelném spektru. Zařízení je možné propojit s tabletem nebo počítačem a po přiložení k ocelovému povrchu se provede analýza kontaminujících látek. Samotné měření trvá jen několik sekund, a kromě číselných výstupů (např. hodnota intenzity fluorescence) udává i obrazová data, která dávají dobrý přehled o rozložení nebo procentuálním zastoupení nečistot na vyhodnocované ploše. Plocha, kterou zařízení snímá, má velikost 12x18 mm. Fotografie přístroje používaného při experimentu je na Obr. 7. [32; 33]



Obr. 7: Přístroj Recognoil od firmy TechTest, s. r. o.

Fluorescence se výrazně projevuje u mastnot, a proto lze přístroj Recognoil využít například ke kontrole účinnosti odmašťování. Zbylé nečistoty zvyšují hodnoty fluorescence, a proto platí, že čím je hodnota fluorescence nižší, tím důkladnější odmaštění bylo. Opačně lze také přístroj využít ke kontrole nanesení správné a rovnoměrné tloušťky olejového filmu (např. olejové emulze na nerezové plechy před tvářením). [32; 33]

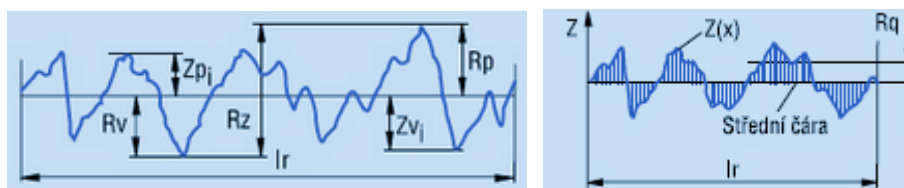
Hodnocení kvality odmaštění nezávisí pouze na vlastnostech znečištění (mastnoty), ale také na vlastnostech podkladu. Jednou z vlastností povrchu, která výrazně ovlivňuje zamaštění, je drsnost. Čím větší je drsnost povrchu, tím větší je i plocha povrchu, na které může mastnota ulpět. Další parametry, které ovlivňují, jaké množství mastnoty se na povrchu zachytí, jsou tvar drsnosti (periodický, aperiodický), povrchové napětí povrchu, povrchové napětí mastnoty, viskozita zamaštění a jiné. [34]

5.2. Drsnost

Drsnost lze popsat jako nerovnost povrchu, která vzniká při výrobě součásti nebo její předúpravou. Závisí na použité technologii a zvolených technologických podmínkách. Drsnost je charakteristická vlastnost povrchu, která ovlivňuje přilnutí nátěrové hmoty k podkladu.

Nerovnosti povrchu jsou pro zakotvení nátěru výhodné, protože zvětšují stykovou plochu nátěru s podkladem. Praxe ukazuje, že nátěr na leštěném povrchu vykazuje menší přilnavost než na povrchu zdrsněném. Příliš vysoká drsnost podkladu je ovšem také nevýhodná. Vrcholky nerovností lze potom nátěrem jen těžko překrýt a nátěrový film je u některých vrcholků nadměrně zeslaben, nebo úplně porušen. Vrcholky nerovností tak mohou zůstat odkryté, čímž je zhoršena korozní odolnost nátěru. A od těchto míst může docházet k podkorodování zbylého nátěru. [1]

Drsnost povrchu se hodnotí v příčném i podélném směru a posuzuje se podle různých parametrů. V této práci jsou blíže popsány jen ty, které byly měřeny při provádění experimentu. Definice odpovídají normě ČSN EN ISO 4287:1997. Schémata profilu drsnosti jsou na Obr. 8.



Obr. 8: Schémata profilu drsnosti [35]

R_a – průměrná aritmetická odchylka profilu – Jedná se o střední aritmetickou odchylku profilu drsnosti od střední čáry uvnitř základní délky.

R_z – maximální výška profilu – Je součtem rozměru nejvyššího výstupku R_p a nejnižší rýhy R_v uvnitř základní délky.

R_q – průměrná kvadratická odchylka drsnosti – Jde o střední kvadratickou hodnotu odchylek vybraného profilu drsnosti uvnitř základní délky. [35]

5.2.1. Hodnocení drsnosti

Možností hodnocení drsnosti existuje celá řada. Drsnost lze hodnotit metodou vizuální – komparativní, při které se využívá etalonů (komparátorů) drsnosti. Další

možností je měření drsnosti za použití drsnoměrů a profiloměrů. Profiloměry lze změřit bodově hodnotu R_{max} , kdežto drsnoměry proměřují profil povrchu v určité délce a dávají hodnoty dalších parametrů jako je R_a , R_z , R_q a další. Další metodou pro určení profilu povrchu je také metoda repliky pomocí pásky. Nejmodernějšími způsoby měření drsnosti je měření optickými přístroji, digitalizovanými mikroskopy a profilprojektory. V dalších podkapitolách jsou přiblíženy pouze ty metody, které byly použity při experimentu. [36; 37; 38]

5.2.1.1. Hodnocení profilu povrchu komparátorem

Hodnocením profilu povrchu pomocí komparátorů se zabývají normy ČSN EN ISO 8503-1 a ČSN EN ISO 8503-2. Komparátory jsou standardizované ocelové etalony drsnosti, které slouží k porovnání s vyhodnocovaným povrchem. Při porovnávání je třeba vzít v úvahu způsob předúpravy podkladu. Pro tryskaný povrch je například možné vybrat ze dvou etalonů, etalon pro drť nebo granulát (ostrohranné nebo oblé abrazivum). [37; 38]

5.2.1.2. Hodnocení profilu povrchu drsnoměrem

Tato metoda je ve strojírenství nejčastěji používaná. Jedná se o dotykovou metodu měření drsnosti, která spočívá v posouvání měřícího hrotu na nastavené délce po povrchu, přičemž jsou snímány jeho příčné pohyby. Výsledkem je změřený profil drsnosti, ze kterého přístroj vyhodnocuje další parametry drsnosti (R_a , R_z ,..). Příkladem takového drsnoměru může být přístroj Mitutoyo SJ 301, který byl použit při experimentu a jeho fotografie je na Obr. 9. [39]



Obr. 9: Drsnoměr Mitutoyo SJ-301

6. Způsoby hodnocení vlastností nátěrových hmot

U tekutých nátěrových hmot je možné hodnotit spoustu vlastností. Před samotným rozmícháním a nanesením NH se například subjektivně hodnotí vzhled, pach, případný škraloup (jeho tloušťka), rozvrstvení hmoty (např. poměr odděleného pojiva k celkovému objemu vzorku) nebo usazeniny (více v normě ČSN EN ISO 1513:2010). Při samotném nanášení se podle techniky nanášení u nátěrových hmot hodnotí roztíratelnost, slévavost nebo stříkatelnost. Dále je také možné hodnotit zasychání nátěrových hmot a po vytvrzení nátěrové hmoty například vzhled, tvrdost, přilnavost, tloušťku nebo lesk nátěru. V této kapitole jsou blíže vysvětleny pouze ty zkoušky vlastností nátěrů, které byly využity v experimentu. [40]

Vzhled

Vizuální hodnocení nátěru je potřeba provést vždy, a to na 100 % jeho plochy. Při této kontrole se hodnotí případné vady povlaku, které v nátěru vznikly z různých důvodů.

6.1. Přilnavost

Přilnavost je vlastnost nátěrů, která vyjadřuje souhrn sil, pomocí nichž je nátěr zakotven k povrchu podkladu (substrátu). Absolutní přilnavost je obtížné stanovit, a proto se využívá relativního hodnocení přilnavosti, například pomocí stupňů přilnavosti. [40]

Při zkouškách přilnavosti se většinou hodnotí, jak velký odpor nátěr klade, například při odtrhávání z povrchu (podkladu). Přilnavost nezávisí pouze na kvalitě a druhu nátěrové hmoty nebo vlastnostech nátěru (tloušťka, počet vrstev atd.), ale také na vlastnostech podkladu (jeho úpravě, čistotě, aj.) [40]

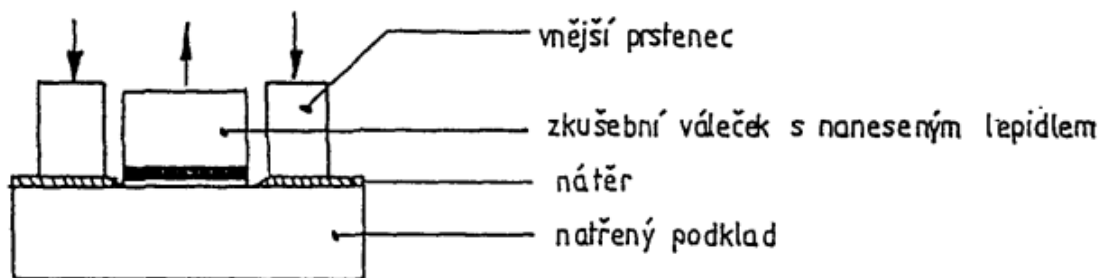
6.1.1. Odtrhová zkouška

Při této zkoušce, která je popsána normami ČSN EN ISO 4624:2016 a ČSN EN ISO 16276-1:2007, se přilnavost hodnotí pomocí tahového napětí, které je zapotřebí k odtržení nebo roztržení nátěru ve směru kolmo k podkladu. Výsledkem je hodnota minimálního tahového napětí, které je zapotřebí buď k roztržení nejslabší mezifáze (adhezní lom), nebo nejslabší složky (kohezní lom) z hodnoceného systému. V ploše odtrhu se tak může vyskytnout lom adhezní, kohezní nebo jejich kombinace. [40; 41]

Zkoušku je možné provádět na různých podkladových materiálech a různých zkušebních zařízeních. Následující postup odtrhové zkoušky platí pro zkoušení pouze z jedné strany, při použití jednoho zkušebního tělíska a pro tuhé podklady. To odpovídá metodě B dle ČSN EN ISO 4624:2016. Zkušební tělíska mají tvar válečku a průměr 20 mm.

Při zkoušce se postupuje tak, že se nejprve brusným papírem zdrsní vyhodnocovaný povlak a zkušební tělísko. Následně se povrchy odmastí a na styčnou

plochu zkušebního tělíska se nanese vhodné lepidlo (jeho soudržnost musí být vyšší než přilnavost a soudržnost zkoušeného nátěru). Zkušební tělísko se potom tlakem přilepí na zdrsněné a odmaštěné místo povlaku. Po době potřebné k vytvrzení lepidla se povlak v okolí panenky (zkušebního tělíska) prořízne a ověří se její správné přilepení. Na zkušební tělísko se nasadí přístroj (vnější prsteneček) a postupně se zvyšuje napětí, dokud nedojde k roztržení. Schéma zkoušky je naznačeno na Obr. 10. K roztržení zkušebního systému by mělo dojít do 90 s od počátku zatěžování. Po roztržení se odečte hodnota dosaženého napětí. [40; 41]



Obr. 10: Schéma odtrhové zkoušky, metoda B [40]

Odrhová pevnost je dána vztahem:

$$\sigma = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \quad [MPa], \quad (9)$$

kde F je odtrhová síla a d je průměr zkušebního tělíska.

Po zaznamenání dosaženého napětí při roztržení se dále hodnotí charakter lomové plochy. Charakter lomové plochy se zapisuje v procentuálním zastoupení jednotlivých typů lomu, které jsou vyjmenovány v Tab. 7. [40; 41]

Tab. 7: Typy porušení nátěru při odtrhové zkoušce [40]

A	Kohezní lom v podkladu
A/B	Adhezní lom mezi podkladem a první vrstvou nátěru
B	Kohezní lom první vrstvy nátěru
B/C	Adhezní lom mezi první a druhou vrstvou nátěru
-	Kohezní lom poslední vrstvy
-/Y	Adhezní lom mezi poslední vrstvou nátěru a lepidlem
Y	Kohezní lom v lepidle
Y/Z	Adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním tělískem

Výsledek zkoušky závisí kromě mechanických vlastností zkoušeného nátěrového systému také na druhu podkladového materiálu a jeho přípravě, způsobu nanesení NH a podmínkách zasychání nátěru, stáří nátěru a na dalších faktorech. [41]

6.1.2. Mřížková zkouška

Mřížková zkouška, popsaná normou ČSN EN ISO 2409:2013, spočívá ve vytvoření řezů (ve tvaru mřížky) do nátěru a následném vizuálním porovnání

se stupnicí. Jde o poměrně jednoduchou zkoušku, kterou lze provést v laboratoři i v provozních podmínkách. Podmínky zkoušky se liší pro tvrdý nebo měkký podklad a zkouška není vhodná pro nátěry s tloušťkou nad 250 μm . [40; 42]

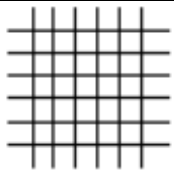
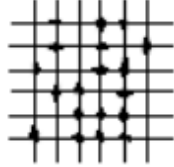

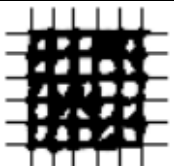
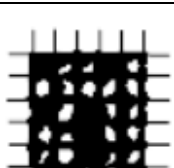
Zkouška se provádí na podkladu o tloušťce nejméně 0,25 mm a rozměrech 150x100 mm, na který se nanese nátěr a nechá se po stanovenou dobu zaschnout. Následně se změří tloušťka suchého nátěrového filmu (DFT). Samotná zkouška se pak provádí pomocí speciálního nože, kterým se do nátěru vyřízne 6 řezů v jednom směru a poté 6 řezů na ně kolmých, čím vznikne mřížka. Řezy musí být provedeny tak, aby byl nátěr proříznut až na základní materiál. Vzdálenost mezi řezy závisí na tloušťce nátěru (DFT) a je určena normou ČSN EN ISO 2409:2013, viz Tab. 8. Čtverečky mřížky tak zaujímají plochu o definované velikosti. Případné části nátěru, které se odloupnou již při řezání mřížky, se z povrchu opatrně odstraní měkkým štětcem a přes mřížku se přelepí lepicí páska a uhladí, aby byl zajištěn dobrý kontakt s nátěrem. Následně se lepicí páska z povrchu strhne tažením pod úhlem 60°. [40; 42]

Tab. 8: Vzdálenost mezi řezy mřížky v závislosti na typu podkladu a tloušťce nátěru [42]

Tloušťka nátěru [μm]	Podklad	Vzdálenost mezi řezy
0 – 60	tvrdý podklad	1 mm
0 – 60	měkký podklad	2 mm
61 – 120	měkký i tvrdý podklad	2 mm
121 – 250	měkký i tvrdý podklad	3 mm

Po odtržení pásky se hodnotí rozsah poškození nátěru a vzhled mřížky se porovnává s pěti klasifikačními stupni uvedenými v Tab. 9.

Tab. 9: Vyhodnocení mřížkové zkoušky [42]

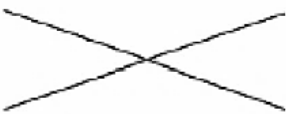





Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem
0	Hrany řezů jsou úplně hladké a žádný čtverec mřížky není poškozen.	
1	V místech křížení řezů dochází k odloupení malých kousků povlaku. Poškozená plocha je menší než 5 %.	
2	Nátěr se odlupuje podél řezů nebo v místech křížení. Poškozená plocha je mezi 5 % a 15 % mřížky.	
3	Povlak se částečně nebo úplně odlupuje ve velkých pásech podél řezů a/nebo v různých místech čtverců. Poškozená plocha se pohybuje mezi 15 % a 35 % mřížky.	
4	Povlak se zcela odlupuje ve velkých pásech podél řezů a/nebo jsou některé čtverce částečně nebo úplně odloupeny. Poškozená plocha se pohybuje mezi 35 % a 65 % mřížky.	
5	Jakákoliv míra odlupování, která nemůže být klasifikována ani stupněm 4.	-

6.1.3. Zkouška křížovým řezem

Zkouška křížovým řezem je popsána v normě ČSN EN ISO 16276-2:2007 a přilnavost nátěru určuje podobně jako mřížková zkouška, vizuálním zhodnocením a srovnáním s kvalifikačním stupněm.

Postup zkoušky je následující. Na čistém a suchém povrchu se nožem skrz nátěr vytvoří dva řezy o délce 40 mm, které se kříží pod úhlem 30° - 45°. K dosažení správného tvaru a délky křížového řezu je možné využít vodící šablonu. Důležité ale vždy je, aby byl nátěr proříznut až na podklad. Po provedení řezů se povrch opatrně očistí štětcem a přes plochu řezů se přilepí a přimáčkne lepicí páska (podobně jako v případě mřížkové zkoušky). Po odtržení pásky se plocha křížového řezu vizuálně hodnotí a porovnává se se stupnicí uvedenou v normě ČSN EN ISO 16276-2:2007, viz Tab. 10. [43]

Tab. 10: Hodnocení výsledků křížového řezu [43]

Klasifikace	Popis	Vzhled
Stupeň 0	Žádný odlup ani odpadávající povlak.	
Stupeň 1	Velmi malý odlup podél řezů nebo v jejich průsečíku.	
Stupeň 2	Roztřepené odlupy podél řezů, které jsou ale menší než 1,5 mm na každé straně.	
Stupeň 3	Roztřepené odlupy jsou podél skoro celé délky řezů, ale maximálně do 3 mm na obou stranách.	
Stupeň 4	Odstranění povlaku z většiny plochy křížového řezu.	
Stupeň 5	Odstranění povlaku v ploše mimo křížový řez.	

6.2. Tloušťka

Tloušťka nátěru je velmi důležitý parametr. Ovlivňuje další vlastnosti nátěru a jeho odolnost. Nedostatečná tloušťka nátěru může snižovat jeho životnost a protikorozní ochranu. Naopak není vhodná ani příliš vysoká tloušťka, protože může dojít k samovolnému popraskání nátěru vlivem různé rychlosti zasychání. Proto je důležité vždy dodržovat tloušťku předepsanou a kontrolovat ji.

Tloušťka nátěrů je udávána v mikrometrech. Metody měření tloušťky nátěrů jsou popsány v normě ČSN EN ISO 2808:2007 a rozdělují se do dvou skupin na nedestruktivní a destruktivní. Mezi nedestruktivní metody patří např. metoda magnetického toku, metoda vířivých proudů nebo elektromagnetická metoda. Výhodou těchto metod je, že neporušují nátěr, ale na druhou stranu jejich přesnost závisí na druhu podkladu i na fyzikálně mechanických vlastnostech nátěru. Druhou skupinou jsou metody destruktivní, mezi které se řadí například metoda vpichová nebo metoda mokré stopy. Výhodou těchto metod je jednoduchost přístrojového vybavení a rychlé a relativně přesné stanovení. Nevýhodou je potom samozřejmě poškození nátěru. [40]

Pro vyhodnocení tloušťky platí kritérium 80/20, které říká, že tloušťky suchého filmu nižší než 80 % jeho nominální tloušťky jsou nepřijatelné. Dále také platí, že pouze 20 % naměřených hodnot může být nižších, než je požadovaná hodnota, přičemž ale musí být průměrná tloušťka stále vyšší nebo rovna tloušťce nominální. Největší tloušťka suchého nátěrového filmu nesmí přesáhnout trojnásobek nominální tloušťky. [44]

7. Experimentální část

Experimentální část diplomové práce je zaměřena na sledování a hodnocení vlivu jednotlivých předúprav a stupně zamaštění na přílnavost nátěrových hmot. Pro porovnání jednotlivých předúprav bylo důležité sledovat stav a vlastnosti povrchu po předúpravách a v případě dodatečného zamaštění také vlastnosti povrchu před samotným nanesením nátěrových hmot. Sledovanými parametry povrchu před nanesením nátěrových hmot byly především drsnost, povrchové napětí (smáčivost povrchu), prašnost a čistota (měřena přístrojem Recognoil). Tyto parametry byly následně porovnány s výsledky zkoušek přílnavosti po vytvrzení nátěrových hmot, jako je odtrhová zkouška, mřížková zkouška a zkouška křížovým řezem. Po předúpravě byly na vzorky nanесeny dva typy nátěrových hmot, a to vodou ředitelná nátěrová hmota Viton CP55 a epoxidová nátěrová hmota LV EPS 620. Experiment se uskutečnil v prostorách a na vybavení laboratoří Ústavu strojírenské technologie ČVUT v Praze.

7.1. Vzorky

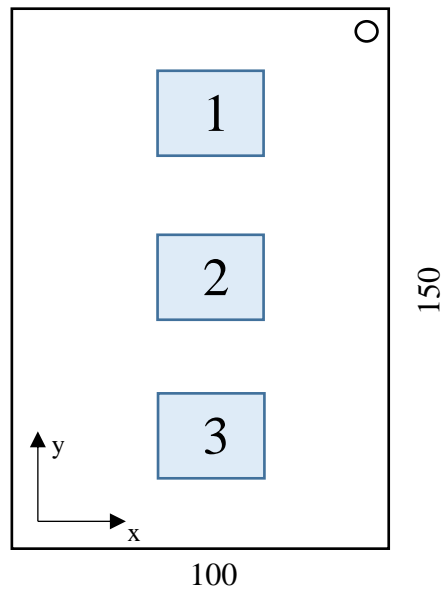
Pro experiment byly, jako materiál pro předúpravy povrchu a podklad pro nátěrové hmoty, použity ocelové desky o rozměrech 150 mm x 100 mm x 3 mm. Tyto desky byly vyrobeny z oceli S235JR a jejich chemické složení s nejvíce zastoupenými prvky změřené stolním spektrometrem Q4 Tasman je uvedeno v Tab. 11. Kompletní protokol z měření (včetně stopových obsahů některých prvků) je uveden v Příloze I.

Tab. 11: Chemické složení ocelových vzorků

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Ni	% Cu	% Al	% P	% S	% Fe
0,100	0,020	0,794	0,018	0,015	0,047	0,048	< 0,005	< 0,150	98,650

Pouze při předúpravě leštěním byly pro experiment použity vzorky z nerezové oceli ČSN 1.4301 (AISI 304), které byly připraveny externě a leštěný povrch byl překryt ochrannou folií. Tyto vzorky měly rozměry 150 mm x 100 mm x 1 mm.

Na vzorcích se také při všech experimentech pečlivě měřila tři místa, která jsou vyznačena ve schématu vzorku, viz Obr. 11 (vymezení těchto ploch bylo docíleno pomocí šablony). V těchto místech byla měřena drsnost povrchu po předúpravě, zachycovány snímky přístrojem Recognoil a po nanesení a vytvrzení nátěrových hmot se v těchto místech také prováděly odtrhové zkoušky, mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem.



Obr. 11: Schéma vzorku se zvýrazněnými místy měření

7.2. Návrh experimentu

Z mechanických předúprav bylo pro experiment vybráno tryskání (korundem, ocelovou drtí a křemenným pískem), broušení (ruční, strojní) a leštění. Dále se také jedna z předúprav provedla frézováním, které se sice do typických mechanických předúprav nezařazuje, ale stav (pravidelné dráhy po frézovacím nástroji) a vlastnosti frézovaného povrchu by mohly mít také vliv na přilnavost nátěrových hmot, a proto bylo frézování do experimentu zahrnuto.

Po mechanických předúpravách se část vzorků odložila a byly použity bez dalších úprav, další část vzorků (u technologií, kde to mělo smysl) se po předúpravě (např. po tryskání) ofoukla stlačeným vzduchem, aby se z povrchu odstranily nežádoucí částice. Další část vzorků se po předúpravě ofoukla stlačeným vzduchem a odmastila. A poslední část testovaných vzorků se po předúpravě ofoukla stlačeným vzduchem, odmastila a následně byla na povrch vzorků nanášena určitá vrstva mastnoty (film oleje).

Další sadou vzorků byly pro experiment vzorky bez mechanické předúpravy, které se ale upravovaly předúpravami chemickými. Část vzorků byla pouze odmaštěna, další část byla odmaštěna s následným nanášením definované vrstvy mastnoty (olejového filmu). Další část vzorků byla odmaštěna a mořena. A poslední část vzorků byla odmaštěna, mořena a následně byla na vzorky nanášena definovaná vrstva mastnoty.

Každou předúpravou povrchu a následným upravením povrchu byly připraveny 4 vzorky, z nichž 2 vzorky byly opatřeny epoxidovou nátěrovou hmotou a 2 vzorky vodou ředitelnou nátěrovou hmotou.

7.2.1. Značení vzorků

Pro lepší orientaci v práci bylo zvoleno značení vzorků podle následujícího pravidla:

XX-XX

-
1. Nátěrová hmota (vodou ředitelná, epoxidová)
 2. Předúprava (tryskání, broušení, leštění...)
 3. Operace po předúpravě (ofuk, odmaštění, nanesení vrstvy oleje)
 4. Pořadové číslo (1,2)

První pozice je obsazovaná podle typu nátěrové hmoty. Symboly pro označování jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12: První pozice v označování vzorků

V	Vodou ředitelná nátěrová hmota
E	Epoxidová nátěrová hmota

Druhá pozice je značena písmenky ze začátku abecedy, které představují použité technologie předúprav dle následující Tab. 13.

Tab. 13: Druhá pozice při označování vzorků

-	Bez mechanické předúpravy (pouze chemické)
A	Tryskání umělým korundem
B	Tryskání ocelovou drtí
C	Tryskání křemenným pískem
D	Ruční broušení
E	Leštění
F	Frézování
G	Strojní broušení

Třetí pozice závisí na operacích, které byly se vzorky provedeny po předúpravě. Označování vzorků po mechanických předúpravách je pořád stejné. Jedinou výjimku tvoří ofuk, který u některých technologiích neměl velký význam, a proto byl vynechán. U vzorků bez mechanické předúpravy, kde se objevují jiné operace jako je například moření, bylo značení upraveno, viz Tab. 14.

Tab. 14: Třetí pozice při označování vzorků

Po mechanických předúpravách (A-G)		Bez mechanické předúpravy (-)	
B	Bez úpravy	O	Odmaštění
F	Ofuk (stlačeným vzduchem)	M	Odmaštění + zamaštění
O	Ofuk + odmaštění	Ř	Odmaštění + moření
M	Ofuk + odmaštění + zamaštění	K	Odmaštění + moření + zamaštění

Poslední (čtvrtá) pozice označuje pouze pořadové číslo vzorků 1 nebo 2, protože pro každou technologii, resp. stupeň předúpravy a pro danou nátěrovou hmotu byly vytvořeny dva vzorky.

Označení vzorku EA-F1 tak znamená, že jde o vzorek předupravený tryskáním umělým korundem s následným ofouknutím stlačeným vzduchem, na který byla nanесena epoxidová nátěrová hmota. Poslední číslo 1 znamená, že jde o první vzorek. Označení V-M2 naproti tomu znamená, že se jedná o vzorek, který nebyl nijak mechanicky upraven (tudíž má na sobě okuje, rez aj.). V tomto stavu byl odmaštěn a následně byl na jeho povrch nanесen definovaný film oleje (vrstva mastnoty). Číslovka 2 na konci ukazuje, že jde o druhý vzorek.

7.3. Nátěrové hmoty

Jak již bylo zmíněno na začátku kapitoly, pro experiment byly použity dvě nátěrové hmoty. První nátěrovou hmotou byla vodou ředitelná nátěrová hmota Viton CP55 a druhou byla epoxidová dvousložková antikorozi ní nátěrová hmota LV EPS 620. Bližší charakteristika těchto produktů je uvedena v dalších podkapitolách.

7.3.1. CP 55

Samozákladující antikorozi ní vodou ředitelná nátěrová hmota CP 55 vyrobená firmou Viton, s. r. o., Veselí nad Lužnicí je vhodná na kov (ocelové konstrukce, okapy, potrubí, odlitky, dopravníky aj.) pro venkovní i vnitřní prostředí. Dále má výbornou přilnavost i na dřevěných a minerálních podkladech. Povrch musí být před nanесením nátěrové hmoty suchý a teplota povrchu a vzduchu nesmí být při nanášení nižší než 8 °C, což bylo v laboratorních podmínkách splněno. Nátěrovou hmotu CP 55 lze nanášet vzduchovým stříkáním, štětcem i válečkem. Parametry CP 55 převzaté z informací na obalu jsou v Tab. 15.

Tab. 15: Parametry CP 55

Hustota	1,2 – 1,4	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	ČSN 673012
Butoxyethanol	<0,1	%	-
Obsah netěkavých složek	67	%	EN ISO 3251
Obsah VOC	75	$\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	-

7.3.2. LV EPS 620

LV EPS 620 je základní 2K epoxidová antikorozi ní nátěrová hmota na železné a neželezné kovy vyrobená firmou Synpo, a. s., Pardubice. Tužení se provádí tužidlem LV BU45 N v objemovém poměru 6:1 (pryskyřice:tužidlo). K ředění slouží ředidlo LV PA 600, přičemž maximální ředění odpovídá 10 %. Technický list LV EPS 620 je uveden v Příloze II. V Tab. 16 jsou uvedeny některé parametry ze štítku a technického listu nátěrové hmoty.

Tab. 16: Parametry LV EPS 620

Hustota	1,3	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	ČSN 673012
Obsah organických rozpouštědel	0,440	$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$	-
Obsah celk. organického uhlíku	0,300	$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$	-
Obsah netěkavých složek (2h/140°C)	39	% obj.	EN ISO 3251
Obj. sušina aplikační směsi	30	% obj.	-
Obsah těžkých kovů	neobsahuje		-

7.3.2.1. LV BU45 N

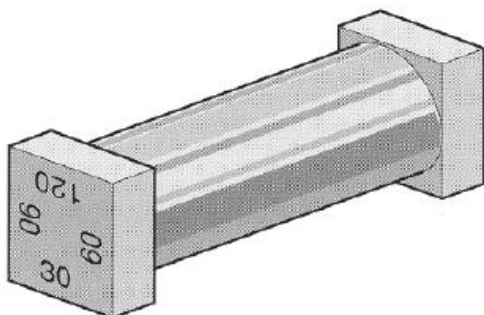
Jedná se o tužidlo (tvrdidlo) do nátěrových hmot systému Akrylmetal a Veromix od výrobce Synpo, a. s. Podle typu nátěrové hmoty se užívá v různých poměrech tužidla a pryskyřice. Poměr tužení použitý v experimentu s nátěrovou hmotou LV EPS 620 byl 6:1 (pryskyřice:tužidlo). Parametry LV BU45 N převzaté z informací na štítku jsou v Tab. 17.

Tab. 17: Parametry LV BU45 N

Hustota	0,995	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	ČSN 673012
Obsah organických rozpouštědel	0,550	$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$	-
Obsah celkového organického uhlíku	0,390	$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$	-

7.3.3. Aplikace nátěrových hmot

Aby bylo po každé technologii předúpravy dosaženo rovnoměrné tloušťky nátěru v celé ploše, bylo pro nanášení nátěrových hmot použito čtyřhranné nanášecí pravítko BAKER od výrobce TQC (označení VF1501-068), jehož schéma je na Obr. 12. Jako optimální suchá tloušťka (DFT) pro testování nátěru byla zvolena tloušťka nátěru 80 μm . Na vzorcích bez mechanické předúpravy bylo experimentálně zjištěno, že redukce obou nátěrových hmot je vysoká, a ani při použití hrany nanášecího pravítka s největší tloušťkou vrstvy (120 μm) nelze dosáhnout 80 μm DFT. Z tohoto důvodu byla pod nanášecí pravítko přidána fólie o známé tloušťce (180 μm), čímž bylo možné nanést povlaky větší tloušťky a experiment byl zopakován. Tímto experimentem byla stanovena tloušťka vodou ředitelné nátěrové hmoty CP 55 v mokřém stavu (WFT) na 270 μm (folie 180 μm + 90 μm nanášecí pravítko) a tloušťka epoxidové nátěrové hmoty LV EPS 620 v mokřém stavu (WFT) na 300 μm (folie 180 μm + 120 μm nanášecí pravítko). Pro všechny předúpravy povrchu se aplikace nátěrových hmot prováděla stejným způsobem za teploty 25 °C a relativní vlhkosti 45 %. Aplikace nátěrových hmot nanášecím pravítkem s využitím folie je na Obr. 13.



Obr. 12: Čtyřhranné nanášecí pravítko [40] Obr. 13: Aplikace NH pomocí pravítka a folie

Vytvrzení obou nátěrových hmot probíhalo volně na vzduchu za teploty 25 °C a zkoušky přilnavosti byly provedeny týden (168 h) po aplikaci.

7.4. Operace prováděné po všech předúpravách

Pro stanovení vlivu čistoty povrchu na přilnavost nátěrových hmot se po každé technologii předúpravy do experimentu zařadily další operace. Pro zvýšení čistoty povrchu to byl ofuk stlačeným vzduchem a odmašťování. A naopak pro demonstraci zhoršení čistoty povrchu se na povrch nanesl definovaný olejový film (vrstva mastnoty). Část vzorků, která se použila bez jakýchkoliv dalších úprav, měla představovat výchozí stav povrchu po dané technologii předúpravy. Tyto operace a příprava vzorků s daným stupněm čistoty jsou rozebrány v následujících podkapitolách.

7.4.1. Bez další úpravy (B)

Část vzorků se po dané předúpravě použila přesně ve výchozím stavu bez dalších úprav. Tyto vzorky slouží jako srovnávací a mají simulovat stav v praxi, kdy by například venkovní konstrukce nebyla po předúpravě dostatečně očištěna, a jaký by to mělo vliv na přilnavost nátěrové hmoty.

7.4.2. Ofuk stlačeným vzduchem (F)

Ofuk stlačeným vzduchem je důležitý především pro technologie, jako je tryskání, kde mohou na povrchu zůstat částice cizího materiálu (abraziva). Tyto částice mohou v důsledku zhoršovat kvalitu naneseného povlaku a celistvost vrstvy. Pokud by byly částice abraziva zbylé na povrchu větší než tloušťka nanesené vrstvy nátěrové hmoty, budou z povlaku vystupovat a při expozici vzorku se korozní prostředí vadou dostane přímo k podkladu. Ofukem je možné tyto částice odstranit, nebo alespoň snížit jejich množství. Ofuk při experimentu probíhal pistolí napojenou na centrální vedení stlačeného vzduchu halových laboratoří Fakulty strojní ČVUT, které je pod tlakem 6 bar. Vzorky, které byly po předúpravě ofouknuty, jsou v práci značeny písmenkem F na třetí pozici.

7.4.3. Odmašťování (O)

Odmašťování je další z operací, kterou se odstraňují nečistoty ulpělé na povrchu. Oproti ofuku, který dokáže z povrchu odstranit pouze nečistoty ulpívající adhezními silami (částice, prach atd.), lze odmaštěním odstranit i nečistoty, které jsou ke kovu vázány fyzikální adsorpcí (např. mastnoty). Mastnota může na povrchu vzorků zůstat i po předúpravě. Příkladem může být tryskání zamaštěného povrchu, kdy se mastnota přenesla na abrazivo a z něho zase zpětně na otryskaný povrch. Z tohoto důvodu bylo do experimentu po každé předúpravě zařazeno i odmašťování. Parametry povrchu zjištěné po předúpravě (např. při měření Recognoilem) pak nejsou zkresleny případnou mastnotou, ale odpovídají drsnosti a tvarovému profilu povrchu.

Samotné odmašťování při experimentu probíhalo v ultrazvukové odmašťovací vaně K-2IE od firmy Kraintek, viz Obr. 14, ve které byl namíchán 10% roztok přípravku Star 75 PN. Objem výsledného roztoku byl 3 l, takže příprava proběhla smícháním 300 ml odmašťovacího prostředku Star 75 PN a 2,7 l demineralizované vody. Technický list tohoto alkalického přípravku je uveden v Příloze III. Do lázně byly vloženy vždy současně dva vzorky a odmašťování trvalo 5 minut při teplotě 60 °C. Intenzita ultrazvuku byla nastavena na stupeň 9. Po odmaštění byl proveden oplach v demineralizované vodě.



Obr. 14: Odmašťování v průmyslové ultrazvukové vaně K-2IE a oplach

7.4.4. Zamaštění povrchu (nanesení olejového filmu) (M)

Pro srovnání vlivu mastnoty na přilnavost nátěrových hmot se po předúpravě (jako jedna z operací) provedlo zamaštění povrchu nanesením olejového filmu na povrch vzorku. V praxi se na povrch součástí může mastnota dostat různými způsoby, například při konzervaci povrchu, při samotné předúpravě povrchu použitím emulzí, zamaštěného abraziva apod.

Nanášení olejové vrstvy se provádělo ve speciálně upravené nádobě, viz Obr. 15, která byla upnutá ke stojanu a opatřená vypouštěcím ventilem u dna nádoby. Do nádoby se umístil vzorek, který byl zavěšený pomocí zahnutého drátku tak, aby se nedotýkal stěn ani dna nádoby. Následně se do nádoby opatrně (po stěně) nalila 10% směs motorového oleje MOGUL DIESEL DT 15W-40 rozpuštěného v technickém benzínu tak, aby byl celý vzorek ponořen. Ponoření vzorku trvalo 4 minuty, po kterých se otevřel vypouštěcí ventil. Vypouštěcí ventil byl pootočen do určité polohy (asi o 30°), která byla zaznamenána, aby vypouštění probíhalo pokaždé stejnou rychlostí. Poté, co vytekl celý obsah nádoby, se vzorek z nádoby vyjmul a osušil horkovzdušnou pistolí. Tím došlo k odtěkání technického benzínu a na povrchu vzorku zbyla pouze vrstvička oleje.



Obr. 15: Zařízení pro nanášení olejové vrstvy

7.4.4.1. Motorový olej MOGUL DIESEL DT 15W-40

Jedná se o minerální motorový olej určený pro mazání velmi namáhaných naftových motorů nákladních automobilů, autobusů, lodí, lokomotiv, těžkých strojů ve stavebnictví, zemědělství aj. Je vyroben z jakostních ropných základových olejů a výrobcem je společnost Paramo, Pardubice. Parametry motorového oleje převzaté z technických informací o produktu jsou uvedeny v Tab. 18. Technické informace o oleji jsou připojeny v Příloze IV.

Tab. 18: Parametry motorového oleje MOGUL DIESEL DT 15W-40

Kinematická viskozita při 100 °C	14,4	mm ² ·s ⁻¹	ČSN EN ISO 3104
Viskozitní index	135		ČSN ISO 2909
Bod vzplanutí	225	°C	ČSN EN ISO 2592
Bod tekutosti	-30	°C	ČSN ISO 3016
TBN (Total Base Number)	9,2	mg KOH·g ⁻¹	ČSN ISO 3771
Odparnost podle Noacka	10,0	% hm.	DIN 51 581

Tento olej byl vybrán zejména kvůli jeho povaze, protože lze zachytit pomocí metody fluorescence. To je důležité pro následné měření přístrojem Recognoil, při kterém budou jasně viditelné rozdíly mezi vzorky po předúpravě, po odmaštění a po nanesení vrstvy oleje. Do olejů, které nelze podle metody fluorescence zjistit, by bylo nutné přidat fluorescenční přísady. Další důležitou vlastností oleje je rozpustnost v některém rozpouštědle, v tomto případě v technickém benzínu.

7.4.4.2. Technický benzín

Technický benzín patří do skupiny organických rozpouštědel. Při experimentu byl použit technický benzín od výrobce Severochema, Liberec, jehož parametry jsou uvedeny v následující Tab. 19.

Tab. 19: Parametry technického benzínu

Hustota	0,695-0,725	g·cm ⁻¹
VOC (Volatile Organic Compounds)	0,99	kg·kg ⁻¹
TOC (Total Organic Carbon)	0,85	kg·kg ⁻¹
Sušina	0	obj. %

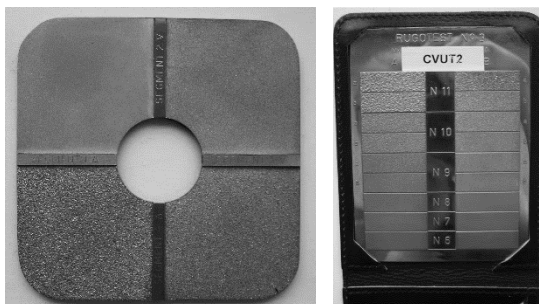
7.5. Měření prováděné na testovaných vzorcích

Před každou předúpravou se na vzorcích hodnotil dle ČSN EN ISO 8501-1:2007 stupeň zarezavění povrchu. Toto hodnocení čistoty bylo blíže popsáno v kapitole 5.1.1. Podle stejné normy se u tryskaných vzorků hodnotil také stupeň přípravy ocelového podkladu.

Po předúpravě danou technologií a dalších operacích – B (bez úpravy), F (ofuk) a O (odmaštění) se na těchto vzorcích stanovoval prach dle ČSN EN ISO 8502-3:2017. K vyhodnocení velikosti a množství částic prachu se používala testovací sada TQC SP3200 Dust Test Kit, která vychází ze zmíněné normy.

Dalším parametrem povrchu, který se po předúpravách hodnotil, byla drsnost. Ta se stanovovala na odmaštěných vzorcích (O), aby nebyla ovlivněna např. zbylými částicemi abraziva. Pro její hodnocení se používaly dvě metody. První bylo hodnocení profilu povrchu pomocí komparátorů dle ČSN EN ISO 8503-1 a 2 a druhou hodnocení

profilu povrchu drsnoměrem. Komparátory, které se pro hodnocení drsnosti při experimentu používaly, byly ISO komparátor Elcometer 125 a Rugotest N°3, viz Obr. 16. Drsnoměr, kterým se zjišťovaly parametry drsnosti Ra, Rz a Rq, byl přístroj Mitutoyo SJ 301. Tento přístroj byl již zmíněn v kapitole o hodnocení profilu drsnoměrem (5.2.1.2), kde je také jeho fotografie, viz Obr. 9.



Obr. 16: ISO komparátor Elcometer 125 (vlevo) a Rugotest N°3 (vpravo)

Po předúpravách a dalších operacích B, F, O a M se na všech vzorcích měřila také čistota jejich povrchu. K tomuto účelu se stanovovalo povrchové napětí vzorků pomocí testovacích fix (kapitola 5.1.3). Použity byly testovací fixy Arcotest od společnosti Proinex Instruments, s. r. o. s hodnotami povrchového napětí 30, 34, 38, 42, 48 a 58 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, viz Obr. 17. Dále se také na všech vzorcích měřila fluorescence nečistot přístrojem Recognoil od firmy TechTest, s. r. o. Fotografie a princip tohoto přístroje je v kapitole 5.1.4.



Obr. 17: Testovací fixy Arcotest

Po nanesení nátěrových hmot a jejich vytvrzení se hodnotil vzhled povlaků, jejich tloušťka a přilnavost.

Měření tloušťky bylo při experimentu provedeno v souladu s normou ČSN EN ISO 2808:2007. K měření tloušťky povlaku se používal digitální tloušťkoměr Elcometer 456 Mark 4, osazený pravoúhlou sondou FNF1, která v případě stanovení tloušťky povlaku nátěrové hmoty pracovala na principu magnetické indukce, což podle zmíněné normy odpovídá metodě 7C. Snímek přístroje je na Obr. 18.



Obr. 18: Digitální tloušťkoměr Elcometer 456

Odrhová zkouška se prováděla v souladu s normou ČSN EN ISO 4624:2016 podle Metody B (metoda pro zkoušení pouze z jedné strany, při použití jednoho zkušebního tělíska a pro tuhé podklady). Pro provedení odtrhové zkoušky se používal automatický hydraulický odtrhoměr Elcometer 510, zkušební tělíska s jmenovitým průměrem 20 mm a příslušenství pro oříznutí povlaku okolo zkušebního tělíska. Toto vybavení je na Obr. 19. Pro nalepení tělísek se používalo dvousložkové akrylové strukturální lepidlo 3M Scotch-Weld DP 810 a odtrhová zkouška se prováděla 24 h po nalepení. Při vyhodnocování se procentuální zastoupení jednotlivých typů lomů v odtrhu oproti uvedené normě nezaokrouhlovalo na desítky.



Obr. 19: Příslušenství k provedení odtrhové zkoušky

Mřížková zkouška přilnavosti se v experimentu hodnotila dle ČSN EN ISO 2409:2013. Pro její provedení se používal ořezávací nůž s jedním ostřím, lepicí textilní páska 3M 3939 a nástroj pro vedení řezů se skládacími planžetami ZEHNTNER ZCF 2088.

Zkouška přilnavosti křížovým řezem se v experimentu hodnotila dle ČSN EN ISO 16276-2:2007. A při jejím provádění se používal ořezávací nůž s jedním ostřím, lepicí textilní páska 3M 3939 a šablona pro zkoušku SP 300 od společnosti TQC.

7.6. Zhodnocení použitých předúprav

7.6.1. Bez mechanické předúpravy (-)

Tato sada vzorků byla pro experiment použita bez mechanické předúpravy, tj. ve stavu vzorků v jakém byly dodány. Jako další operace byly použity pouze chemické

úpravy. V sadě bylo 16 vzorků, přičemž se každé 4 vzorky následně upravily různými způsoby (viz Tab. 14):

- Odmaštění (O)
- Odmaštění + zamaštění (nanesení vrstvy oleje) (M)
- Odmaštění + moření (Ř)
- Odmaštění + moření + zamaštění (nanesení vrstvy oleje) (K)

Odmaštění a zamaštění vzorků se provedlo tak, jak bylo popsáno v kapitolách 7.4.3 a 7.4.4. Z každých 4 vzorků po dané úpravě se na 2 vzorky aplikovala vodou ředitelná NH CP 55 a na 2 vzorky epoxidová NH LV EPS 620.

7.6.1.1. Moření

Moření probíhalo při pokojové teplotě na odmaštěných vzorcích, které byly v držáku spuštěny do lázně s 15% kyselinou chlorovodíkovou (HCl). Ta byla připravena ředěním koncentrovanější 35% HCl. Doba moření se odvíjela od množství oxidických zplodin na povrchu vzorků. Moření trvalo 45 minut, dokud už na povrchu vzorků nebyly žádné viditelné okuje ani stopy rzi. Následně byl proveden oplach. Rozdíl ve vzhledu vzorků je ukázán na Obr. 20.



Obr. 20: Vzhled vzorku před mořením (vlevo) a po moření (vpravo)

7.6.1.2. Vyhodnocení

U vzorků bez mechanických předúprav se nehodnotil prach na ocelovém podkladu, protože nebyly provedeny žádné mechanické předúpravy. Vzorky před úpravami vykazovaly dle ČSN EN ISO 8501-1 stupeň zarezavění A. Drsnost vzorků po odmaštění a po moření byla vyhodnocována pokaždé na dvou vzorcích, ve všech 3 místech a ve směru příčném i podélném. Kompletní naměřené hodnoty a podmínky měření jsou v Příloze VI a průměrné hodnoty parametrů drsnosti jsou uvedeny v Tab. 20.

Tab. 20: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků bez mech. předúpravy (-)

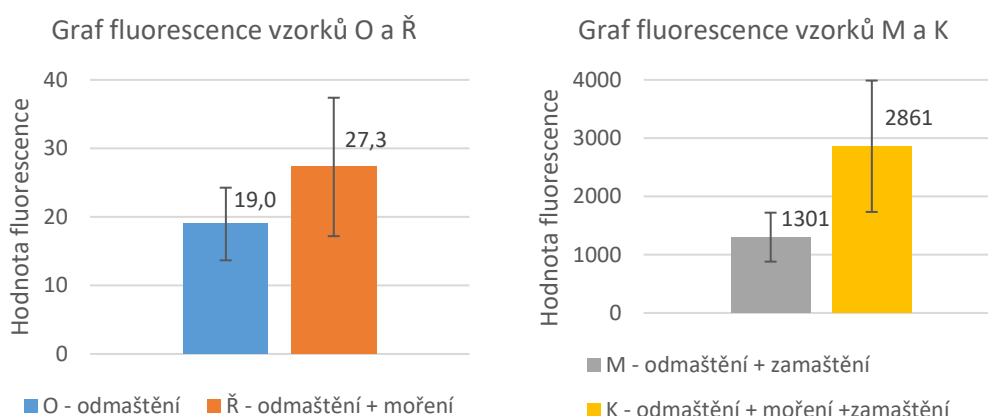
Vzorky	směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
O – Odmaštění	X	0,63	3,32	0,77
	Y	0,60	3,38	0,77
Ř – Odmaštění + moření	X	1,00	5,44	1,23
	Y	0,98	5,39	1,22

Povrchová napětí vzorků po různých úpravách jsou v Tab. 21.

Tab. 21: Povrchová napětí vzorků bez mech. předúpravy (-)

Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
O – Odmaštění	>58
M – Odmaštění + zamaštění	<30
Ř – Odmaštění + moření	>58
K – Odmaštění + moření + zamaštění	30 – 34

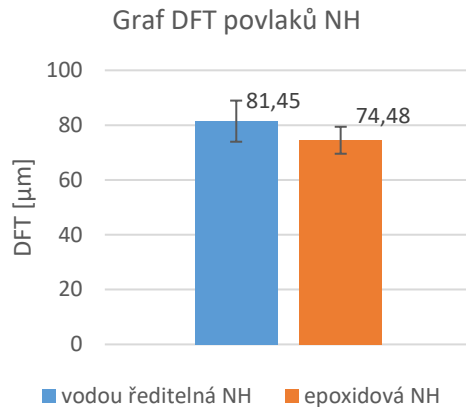
Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami, které byly naměřeny pro jednotlivé úpravy pomocí přístroje Recognoil, jsou uvedeny v grafech na Obr. 21. Konkrétní hodnoty pro jednotlivé vzorky a místa měření jsou uvedeny v Příloze VII.



Obr. 21: Grafy hodnot fluorescence vzorků O, M, Ř, K bez mechanické předúpravy (-)

Po nanesení a vytvrzení nátěrové hmoty se povrch vizuálně zkontroloval. Na všech vzorcích byl souvislý nátěr bez viditelných vad. Odhalený povrch bez nátěru byl ovšem u vzorků po moření velice náchylný a během týdne od aplikace NH zkorodoval. Koroze se ale nerozšířila k měřeným místům.

Dále se měřila tloušťka povlaku. Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné NH CP 55 a epoxidové NH LV EPS 620 ze všech vzorků bez mech. předúpravy jsou na Obr. 22. Kompletní tabulka DFT jednotlivých vzorků je v Příloze VIII.



Obr. 22: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH na vzorcích bez mech. předúpravy (-)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo na většině vzorků klasifikace 0. Pouze zamaštěný vzorek E-M1 se v místě 2 porušil za klasifikace 1 a vzorky po moření a zamaštění V-K1 (místo 2) a V-K2 (místo 1) dosáhly klasifikace 5. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Při zkoušce křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 se dosáhlo podobných výsledků jako u mřížkové zkoušky, přičemž většina vzorků dosáhla klasifikace 0. Pouze vzorek V-K2 v místě 3 vykazoval klasifikaci 5. Kompletní výsledky zkoušky křížovým řezem jednotlivých vzorků jsou v Příloze X.

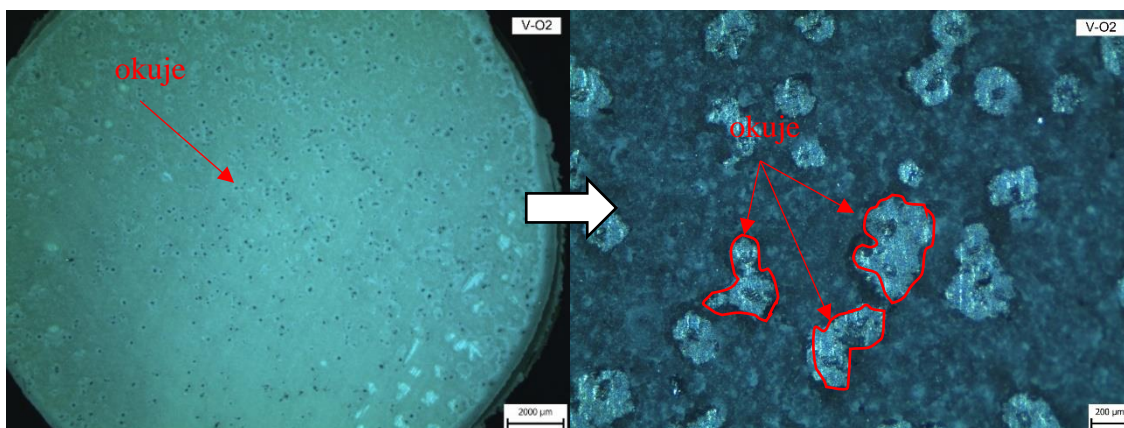
Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 22. Snímek celé sady vzorků bez mechanické předúpravy (-) po zkouškách přilnavosti je v Příloze XI a na přiloženém DVD.

Tab. 22: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků bez mech. předúpravy (-)

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]				VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]			
			A	A/B	B	B/Y				A	A/B	B	B/Y
V-O1	1	4,61	0	25	25	50	E-O1	1	7,55	0	0	100	0
	3	6,20	5	35	50	10		3	6,24	0	0	100	0
V-O2	2	9,03	5	10	85	0	E-O2	2	7,51	0	0	100	0
V-M1	1	4,21	3	80	5	12	E-M1	1	7,40	0	10	90	0
	3	5,54	5	85	5	5		3	7,38	0	0	100	0
V-M2	2	5,09	5	55	30	10	E-M2	2	5,86	0	60	40	0
V-Ř1	1	7,90	0	50	50	0	E-Ř1	1	6,81	0	0	100	0
	3	9,38	0	35	65	0		3	6,09	0	0	100	0
V-Ř2	2	7,31	0	60	35	5	E-Ř2	2	6,72	0	0	100	0
V-K1	1	4,62	0	100	0	0	E-K1	1	6,21	0	5	95	0
	3	4,86	0	100	0	0		3	6,77	0	0	100	0
V-K2	2	9,80	0	15	80	5	E-K2	2	6,02	0	0	100	0

7.6.1.3. Diskuze výsledků

Povrch vzorků byl před zahájením chemických úprav pokryt vrstvou okují. Přesto byla drsnost povrchu relativně nízká. Po moření se hodnoty parametrů drsnosti lehce zvýšily, což může být dáno odstraněním vrstvy okují a odmořováním povrchu v různých místech různou rychlostí, podle pokrývající vrstvy. Výsledky z přístroje Recognitoil a test povrchového napětí ukázaly, že povrch vzorků po operacích O a Ř by měl být dobře očištěný a odmaštěný. Rozdíly v hodnotách fluorescence jsou u takto nízkých hodnot dány především různým „pozadím“ tj. materiálem, který je snímán a stavem jeho povrchu. U vzorků O byl tedy snímán povrch s okujemi (oxidy železa) a u vzorků Ř odmořený povrch, který ale vykazoval vyšší drsnost. Povrchové napětí po obou úpravách bylo vyšší než $58 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$ (fixy s vyššími hodnotami povrchového napětí nebyly pro experiment k dispozici). To ukazuje na dobrou čistotu povrchu. Přesto se ale pomocí odtrhových zkoušek u vodou ředitelné NH dosáhlo relativně slabých výsledků. Při odtrhávání nátěrů u vzorků, ze kterých nebyly odstraněny okuje, se dokonce v případě této NH povedlo odtrhnout část základního materiálu, tedy okují z jeho povrchu. Detailní snímek z mikroskopu, který dokumentuje okuje v lomové ploše, je na Obr. 23.



Obr. 23: Okuje v lomové ploše odtrhu

V případě epoxidové NH docházelo k většině lomů uvnitř NH (kohezní porušení), a proto byly výsledné hodnoty odtrhové pevnosti podobné. U zamaštěných vzorků M a K se největší rozdíl projevil při stanovování čistoty povrchu přístrojem Recognitoil. Vzorky K dosáhly výrazně vyšších hodnot fluorescence než vzorky M. To bylo dáno větší tloušťkou mastnoty, která se na povrchu mořených vzorků vlivem vyšší drsnosti zachytila. U vodou ředitelného nátěru potom vlivem mastnoty došlo ke snížení odtrhových napětí a charakter lomu byl převážně adhezní (mezi podkladem a nátěrem).

7.6.2. Tryskání umělým korundem (A)

Tryskání umělým korundem probíhalo na pneumatickém tlakovém zařízení od firmy S.A.F. Praha, s. r. o., typ PTZ 100 T. Tento tryskač byl současně připojen k odlučovací prachu od firmy S.A.F. Praha, s. r. o., typu OP-1V-SF. Tryska měla průměr

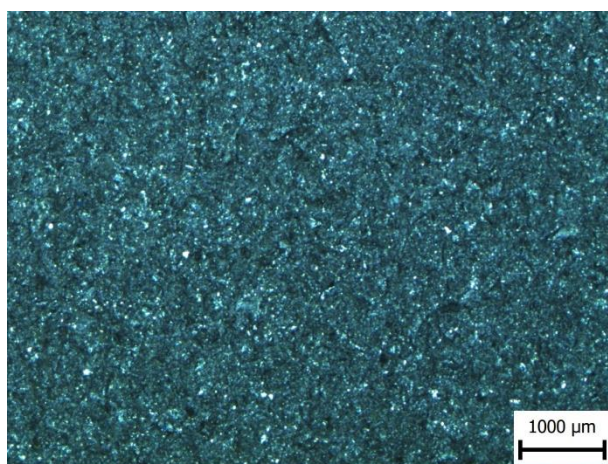
8 mm a tlak vzduchu, který urychloval abrazivum, byl nastaven na 2,5 bar. Jako abrazivum se použil umělý hnědý korund A96 od společnosti Abranova o zrnitosti (frakci) F 36. Této zrnitosti se podle dokumentů výrobce dosahuje tříděním na síťových třídičkách. Jedná se o velmi tvrdé ostrohranné abrazivum, které se hodí pro tryskání v tlakových i injektorových kabinách (nebo komorách) s recyklací abraziva. Chemické složení hnědého korundu je v Tab. 23. Tvrdost tohoto abraziva odpovídá přibližně 9 Mohs a sypná hmotnost se u něj dle zrnitosti pohybuje mezi 1,9 a 1,6 g·cm⁻³. [45]

Tab. 23: Chemické složení hnědého korundu [45]

Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaO	MgO
< 95,5 %	> 0,3 %	< 1,4 %	1,5-3,0 %	< 0,4 %	< 0,5 %

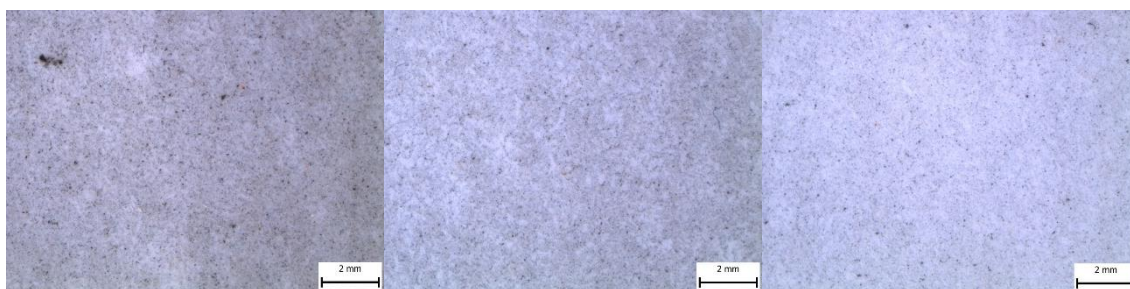
7.6.2.1. Vyhodnocení

Vzorky před technologií tryskání umělým hnědým korundem odpovídaly dle ČSN EN ISO 8501-1 stupni zarezavění A (povrch pokrytý okujemi, ale bez známek rzi). Po otryskání se stupeň přípravy povrchu určil jako A Sa 3. Snímek povrchu po otryskání je na Obr. 24. Tento i další snímky z mikroskopu v plném rozlišení jsou obsahem přiloženého DVD.



Obr. 24: Detailní snímek povrchu po otryskání umělým korundem (vzorek VA-B1)

Po provedení dalších úprav povrchu – B (bez úpravy), F (ofuk), O (odmaštění), M (zamaštění) se na vzorcích B, F a O stanovil prach dle ČSN EN ISO 8502-3. Snímky z mikroskopu dokumentující velikost a množství částic jsou na Obr. 25. Snímky v plném rozlišení jsou na přiloženém DVD a snímek záznamu stanovení prachu je v Příloze V.



Obr. 25: Stanovení prachu na vzorcích – EA-B1 (vlevo), EA-F1 (uprostřed) a EA-O1 (vpravo)

Výsledky stanovení velikosti a množství částic prachu na vzorcích po tryskání umělým korundem (A) jsou v Tab. 24.

Tab. 24: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po technologii A

Testované vzorky	B – bez úpravy	F – ofuk	O – odmaštění
Množství částic	5	5	5
Velikost částic	3	2	1

Drsnost povrchu se u tryskaných povrchů hodnotila také pomocí komparátorů. Hodnocení probíhalo na odmaštěných vzorcích. Podle ISO komparátoru se povrch nejvíce blížil segmentu 2 (což odpovídá střední drsnosti). Podle Rugotestu N°3 se povrch nejvíce podobal hodnocení BN9a. Hodnocení drsnosti pomocí komparátorů pomohlo při následném nastavování podmínek měření na drsnoměru. Průměrné hodnoty parametrů drsnosti zjištěné drsnoměrem jsou uvedeny v Tab. 25. Kompletní naměřené hodnoty a podmínky měření jsou v Příloze VI.

Tab. 25: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po technologii A

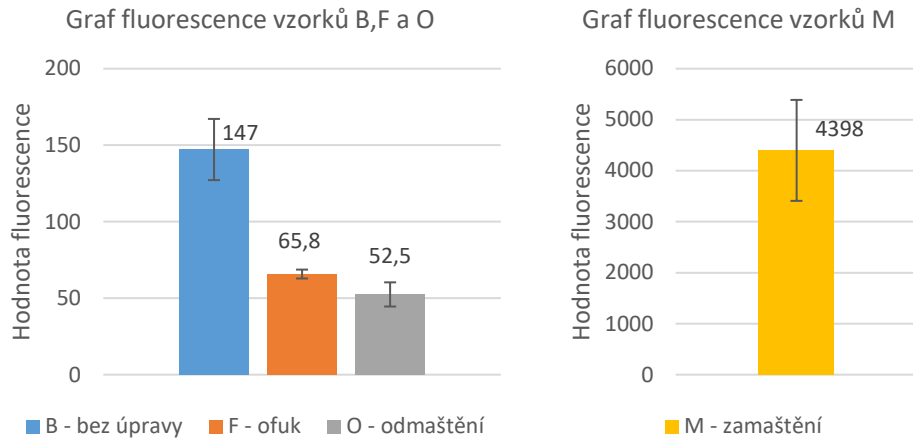
směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
X	5,30	38,75	6,81
Y	5,36	39,15	6,87

Povrchová napětí vzorků po tryskání umělým korundem a dalších operacích jsou v Tab. 26.

Tab. 26: Povrchová napětí vzorků po tryskání umělým korundem (A)

Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
B – bez úpravy	>58
F – ofuk	>58
O – odmaštění	>58
M – zamaštění	30 – 34

Dalším měřením prováděným na vzorcích bylo hodnocení čistoty povrchu pomocí přístroje Recognoil. Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami jsou pro jednotlivé operace uvedeny v Obr. 26. Kompletní naměřené hodnoty jsou v Příloze VII.



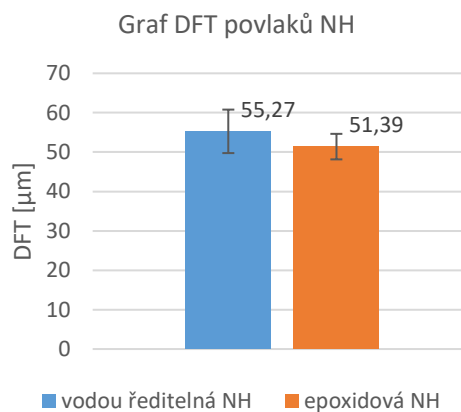
Obr. 26: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po technologii A

Po vytvrzení NH se povrch vzorků vizuálně zkontroloval. Většina vzorků dosáhla souvislého nátěru bez viditelných vad. Pouze u zamaštěných vzorků (M) s epoxidovou NH se na povrchu nátěru vytvořila v malé míře struktura pomerančové kůry, viz Obr. 27.



Obr. 27: Vady epoxidového nátěru na zamaštěném povrchu (vzorek EA-M2)

Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné NH CP 55 a epoxidové NH LV EPS 620 jsou na Obr. 28. Kompletní tabulka tloušťek DFT je v Příloze VIII.



Obr. 28: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po tryskání umělým korundem (A)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo na většině vzorků klasifikace 0 (u vzorků s vodou ředitelným nátěrem dokonce u všech). Vzorky bez další úpravy (B) s epoxidovou NH vykazovaly lehce nižší přilnavost a byly klasifikovány

stupněm 1. A dále zamaštěné vzorky s epoxidovou nátěrovou hmotou dosáhly klasifikace 2 (EA-M1) a 4 (EA-M2). Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Při zkoušce křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 se dosáhlo podobných výsledků jako u mřížkové zkoušky a většina vzorků byla klasifikována stupněm 0. Pouze zamaštěné vzorky dosáhly horšího hodnocení, a to VA-M2 klasifikace 2 a EA-M2 klasifikace 1. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze X.

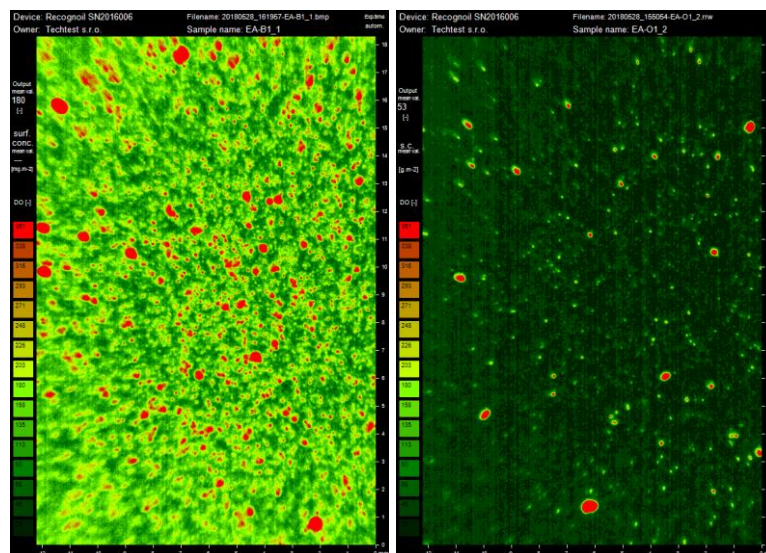
Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 27. Snímek celé sady vzorků po tryskání umělým korundem a zkouškách přilnavosti je v Příloze XI a na přiloženém DVD.

Tab. 27: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po tryskání umělým korundem (A)

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]				VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]			
			A/B	B	B/Y	Y				A/B	B	B/Y	Y
VA-B1	1	12,36	0	35	60	5	EA-B1	1	6,47	0	100	0	0
	3	10,45	0	25	60	15		3	7,08	0	100	0	0
VA-B2	2	12,98	0	30	60	10	EA-B2	2	6,96	0	100	0	0
VA-F1	1	13,23	0	35	50	15	EA-F1	1	7,37	0	100	0	0
	3	15,04	0	15	70	15		3	6,10	0	100	0	0
VA-F2	2	11,11	0	65	35	0	EA-F2	2	6,95	0	100	0	0
VA-O1	1	11,02	0	95	5	0	EA-O1	1	7,03	0	100	0	0
	3	11,27	0	55	45	0		3	7,07	0	100	0	0
VA-O2	2	13,09	0	50	30	20	EA-O2	2	5,89	0	100	0	0
VA-M1	1	9,83	45	50	5	0	EA-M1	1	2,18	100	0	0	0
	3	10,28	80	5	15	0		3	4,03	100	0	0	0
VA-M2	2	10,53	0	90	10	0	EA-M2	2	5,75	95	5	0	0

7.6.2.2. Diskuze výsledků

Množství prachu se na vzorcích po tryskání hnědým korundem hodnotilo stupněm 5, protože došlo k celkové změně barvy pásky vlivem mikroskopického prachu, který zůstal zakotvený v nerovnostech povrchu. Drsnost aperiodického profilu dosažená tryskáním je poměrně vysoká a parametr Rz ukazuje velký rozdíl nejhlubší prohlubně a nejvyššího výstupku. Hodnoty parametrů v příčném i podélném směru jsou přibližně shodné. Hodnoty fluorescence povrchu byly vyšší u vzorků bez dalších úprav (B) a zamaštěných vzorků (M). V prvním případě měly vyšší hodnoty fluorescence na svědomí nejspíše zbytky prachu a abraziva na povrchu vzorků. To je dobře vidět při srovnání výsledků měření přístrojem Recognoil vzorků bez dalších úprav (B) a odmaštěných vzorků (O), viz Obr. 29. Rozdíl čistoty povrchu je jasně patrný díky pevně nastavenému limitu 361 jednotek u obou snímků (hodnoty fluorescence > 361 jednotek jsou na snímcích fluorescenčních map reprezentovány červenou barvou).



Obr. 29: Snímky fluorescence nečistot na povrchu vzorků EA-B1 a EA-O1

Tloušťky povlaků, kterých se po nanesení nátěrových hmot dosáhlo při této technologii přípravy (A), jsou výrazně menší než tloušťky získané technologií bez mechanické předúpravy (-). To může souviset hlavně s drsností povrchu, kdy nátěrové hmoty zatekly do prohlubní povrchu a výsledně změřená tloušťka NH pak byla menší. Podle suché tloušťky nátěru (DFT) se také prováděla mřížková zkouška, kdy se kvůli menší tloušťce zvolil rozestup jednotlivých řezů 1 mm. Odtrhová zkouška vodou ředitelného nátěru prokázala, že přilnavost vzorků B, F a O byla výborná. K porušení docházelo převážně v nátěrové hmotě nebo ve spojení NH a lepidla, přičemž průměrná odtrhová pevnost se pohybovala okolo 12 MPa. U zamaštěných vzorků pak docházelo k porušení mezi podkladem a v. ř. nátěrovou hmotou nebo k porušení uvnitř nátěrové hmoty. Odtrhové pevnosti těchto zamaštěných vzorků se pohybovaly okolo 10 MPa. Při zkouškách epoxidové NH se vzorky B, F a O porušily vždy 100% v nátěrové hmotě a jejich odtrhová pevnost se v průměru pohybovala okolo 6,8 MPa. Zamaštěné vzorky (M) potom vykazovaly hlavně charakter lomu A/B a odtrhová pevnost se snížila průměrně na 4 MPa. U předúpravy tryskáním hnědým korundem tedy přilnavost NH nejvíce snižuje mastnota na povrchu vzorků.

7.6.3. Tryskání ocelovou drtí (B)

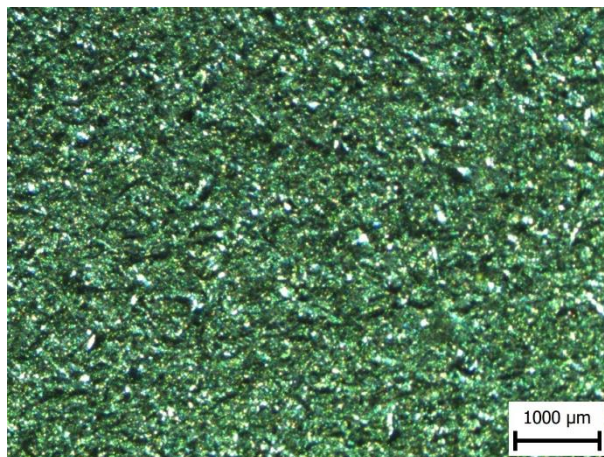
Tryskání ocelovou drtí se provádělo na tryskači ŠKODA TVS 1.2/1, který byl připojen k odlučovači prachu od firmy S.A.F. Praha, s. r. o., typu OP-1V-SF. Tlak byl při tryskání nastaven na 0,2 MPa a tryska měla průměr 14 mm. Abrazivem byla ocelová drť GL 18, která má tvrdost 570-650 HV (53-59 HRC). Jde o středně tvrdou ostrohrannou drť, u které dochází vlivem tryskání k postupnému zakulacování jednotlivých zrn. Zrnitost 18 pak znamená, že velikost zrn tohoto abraziva se pohybuje mezi 0,71-1,4 mm. Chemické složení ocelové drtě je v Tab. 28. [45]

Tab. 28: Chemické složení ocelové drtě GL 18 [45]

C [%]	Si [%]	Mn [%]	S [%]	P [%]	Fe
0,8-1,2	min. 0,4	0,6-1,2	max. 0,05	max. 0,05	zbytek

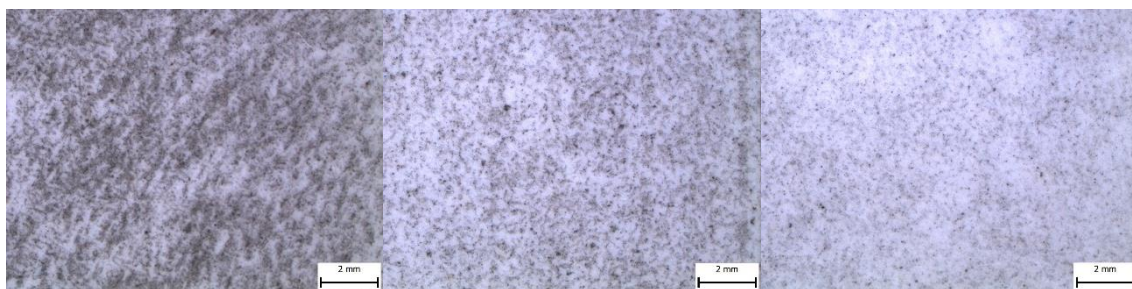
7.6.3.1. Vyhodnocení

Před zahájením tryskání vykazovalo všech 16 vzorků ze sady dle ČSN EN ISO 8501-1 stupeň zarezavění A. Po otryskání odpovídal stupeň přípravy povrchu A Sa 3. Detailní snímek povrchu po otryskání ocelovou drtí je na Obr. 30. Tento i další snímky z mikroskopu v plném rozlišení jsou obsahem přiloženého DVD.



Obr. 30: Snímek povrchu po tryskání ocelovou drtí (vzorek VB-F2)

Po otryskání a dalších úpravách se na povrchu vzorků B, F a O stanovoval prach dle ČSN EN ISO 8502-3. Snímky z mikroskopu dokumentující velikost a množství částic jsou na Obr. 31. Výsledky stanovení velikosti a množství částic jsou v Tab. 29. Snímek záznamu stanovení prachu je v Příloze V.



Obr. 31: Snímky prachu na vzorcích EB-B1 (vlevo), EB-F1 (uprostřed) a EB-O1 (vpravo)

Tab. 29: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po tryskání ocelovou drtí (B)

Testované vzorky	B – bez úpravy	F – ofuk	O – odmaštění
Množství částic	5	5	5
Velikost částic	2	2	1

Dalším parametrem povrchu hodnoceným po tryskání ocelovou drtí byla drsnost. Ta se stanovovala na odmaštěných vzorcích pomocí komparátorů a drsnoměrem. Drsnost povrchu podle ISO komparátoru odpovídala segmentu 2 (střední drsnosti) a podle

Rugotestu N°3 hodnocení BN9a. Podle těchto srovnávacích zkoušek se následně provedlo základní nastavení drsnoměru. Průměrné hodnoty parametrů drsnosti zjištěné drsnoměrem jsou uvedeny v Tab. 30. Kompletní naměřené hodnoty a podmínky měření jsou v Příloze VI.

Tab. 30: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po tryskání ocelovou drtí (B)

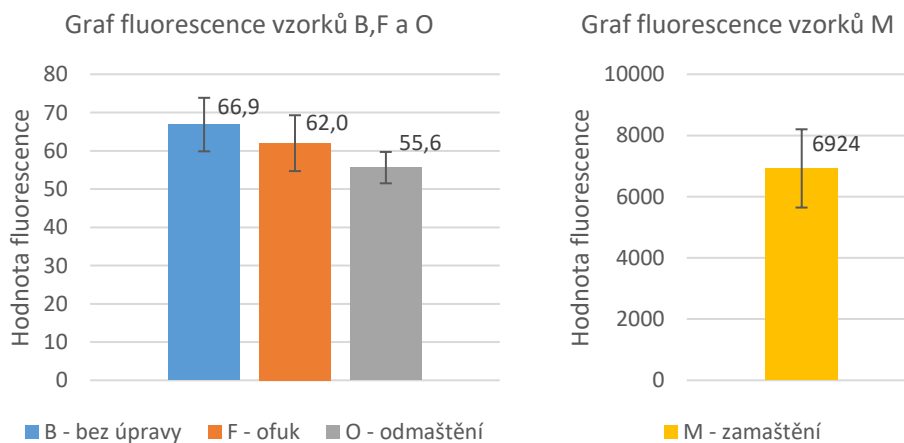
směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
X	6,50	47,33	8,42
Y	6,21	44,73	8,00

Povrchová napětí vzorků po tryskání ocelovou drtí a dalších úpravách jsou v Tab. 31.

Tab. 31: Povrchová napětí vzorků po tryskání ocelovou drtí (B)

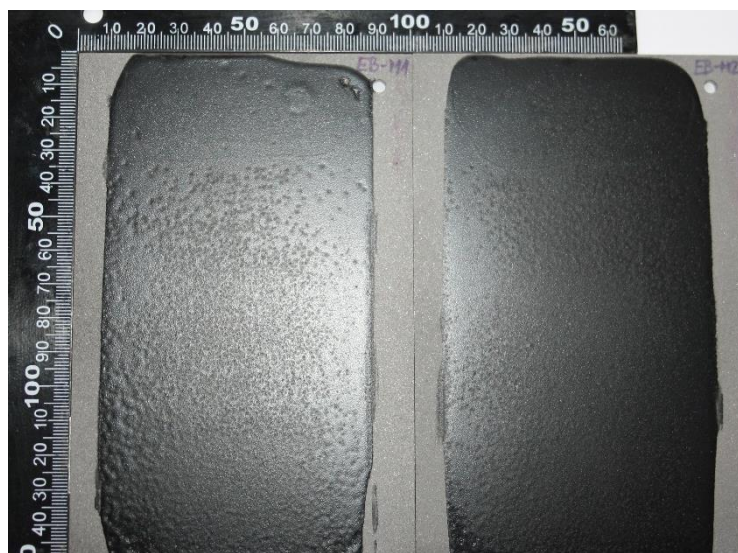
Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
B – bez úpravy	>58
F – ofuk	>58
O – odmaštění	>58
M – zamaštění	30 – 34

Dále se povrch vzorků po všech dalších operacích B, F, O a M hodnotil z hlediska čistoty přístrojem Recognoil. Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami jsou pro jednotlivé operace uvedeny v Obr. 32. Kompletní naměřené hodnoty jsou v Příloze VII.



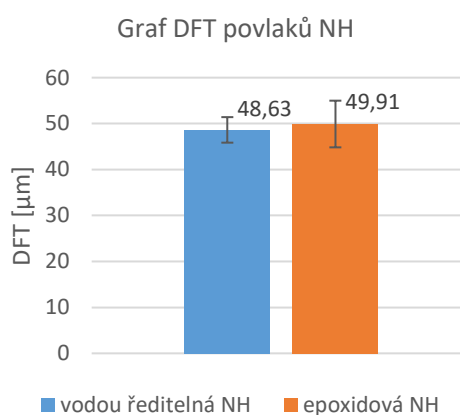
Obr. 32: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po tryskání ocelovou drtí (B)

Po vytvrzení NH se vizuálně zhodnotil vzhled nátěrů. Všechny nátěry z vodou ředitelné NH měly jednotný vzhled a souvislou vrstvu. Nátěry z epoxidové NH tohoto vzhledu dosáhly jen po úpravách B, F a O. U zamaštěných vzorků (M) s epoxidovou NH se na povrchu nátěru výrazně projevila struktura pomerančové kůry a nátěr měl v sobě drobné kráterky, viz Obr. 33.



Obr. 33: Vady epoxidových nátěrů na zamaštěných vzorcích po tryskání ocel. drtí (B)

Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH jsou na Obr. 34. Kompletní tabulka tloušťek DFT je v Příloze VIII.



Obr. 34: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po tryskání ocelovou drtí (B)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo na všech vzorcích po operacích B, F a O (opatřených epoxidovou i vodou ředitelnou NH) klasifikace 0. Vodou ředitelné nátěry na zamaštěných vzorcích (M) měly špatnou přilnavost a vykazovaly stupeň 4. Epoxidové nátěry na zamaštěných vzorcích (M) byly klasifikovány stupněm 2 (EB-M1) a 5 (EB-M2). Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Při zkoušce křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 se dosáhlo podobných výsledků jako u mřížkové zkoušky a většina vzorků dosáhla klasifikace 0. Pouze zamaštěné vzorky dosáhly horšího hodnocení, a to VB-M2 klasifikace 5 a EA-M2 klasifikace 2. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze X.

Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 32. Snímek celé sady vzorků po zkouškách přilnavosti je v Příloze XI a na DVD.

Tab. 32: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po tryskání ocelovou drtí (B)

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]				VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]			
			A/B	B	B/Y	Y				A/B	B	B/Y	Y
VB-B1	1	14,33	0	35	10	55	EB-B1	1	9,01	0	100	0	0
	3	12,89	0	50	35	15		3	10,46	0	100	0	0
VB-B2	2	15,00	0	45	35	20	EB-B2	2	9,51	0	100	0	0
VB-F1	1	13,24	0	30	70	0	EB-F1	1	7,08	0	100	0	0
	3	14,21	0	35	60	5		3	9,00	0	100	0	0
VB-F2	2	14,04	0	35	55	10	EB-F2	2	12,03	0	90	10	0
VB-O1	1	15,04	0	45	20	35	EB-O1	1	8,26	0	100	0	0
	3	14,07	0	35	30	35		3	7,75	0	100	0	0
VB-O2	2	13,73	0	45	30	25	EB-O2	2	7,98	0	100	0	0
VB-M1	1	7,59	90	0	10	0	EB-M1	1	2,16	100	0	0	0
	3	5,15	100	0	0	0		3	2,00	100	0	0	0
VB-M2	2	7,08	95	5	0	0	EB-M2	2	3,30	100	0	0	0

7.6.3.2. Diskuze výsledků

Množství prachu na vzorcích po tryskání ocelovou drtí bylo hodnoceno stupněm 5, protože podobně jako u tryskání umělým korundem (A) došlo k celkové změně barvy pásky vlivem mikroskopického prachu. Drsnost dosažená tryskáním ocelovou drtí je ještě vyšší než drsnost po tryskání korundem. Hodnoty fluorescence povrchu se pro vzorky bez úpravy (B), ofouknuté (F) a odmaštěné (O) výrazně nelišily, což může být dáno tím, že čistá ocelová drť sama o sobě nevykazuje fluorescenci. Tloušťka nátěrů obou použitých NH je ještě menší než u tryskání korundem, což může souviset s drsností, která je po této předúpravě vyšší. Pomocí hodnocení přilnavosti nátěrů bylo zjištěno, že největší vliv na ní má zamaštění povrchu. Odtrhová zkouška vodou ředitelných nátěrů ukázala dobrou přilnavost na vzorcích B, F a O, u kterých docházelo k porušení v nátěrové hmotě, ve spojení NH a lepidla, nebo dokonce v lepidle. Odtrhové pevnosti těchto v. ř. nátěrů se pohybovaly okolo 14 MPa. U zamaštěných vzorků pak docházelo hlavně k porušení mezi podkladem a v. ř. nátěrovou hmotou při odtrhových pevnostech okolo 7 MPa. Při odtrhové zkoušce epoxidové NH se většina vzorků B, F a O porušila 100% v nátěrové hmotě a jejich odtrhová pevnost se v průměru pohybovala okolo 9 MPa. Zamaštěné vzorky (M) měly charakter lomu 100 % A/B a průměrná odtrhová pevnost byla velice nízká (2,5 MPa).

7.6.4. Tryskání křemenným pískem (C)

Křemenný písek jako abrazivo nelze použít opakovaně, protože se dopadem na povrch oceli rozbíjí, a není tedy vhodný k použití v uzavřených okruzích. Dále také vykazuje zdravotní závadnost. Z těchto důvodů proběhlo tryskání křemenným pískem pomocí mobilního tryskacího přístroje IBIX 9 bez recyklace abraziva. Zásobník tohoto zařízení má objem 9 l a po vytryskání veškerého abraziva musí být doplněn abrazivem

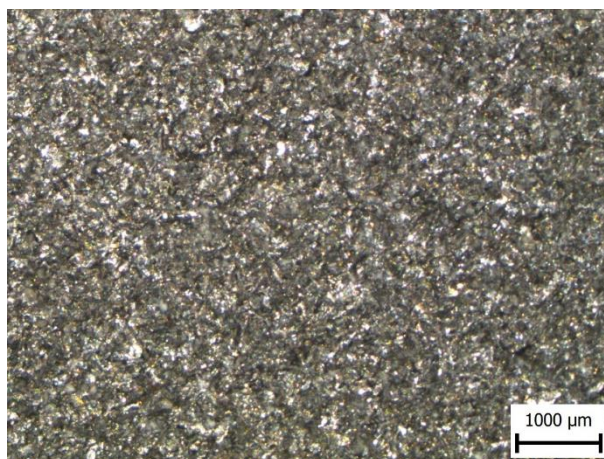
novým. Jako abrazivum byl použit křemenný písek 30/31 (výrobce Provodínské písky, a. s.), který má zrnitost 0,3 mm – 1 mm. Jedná se o ostrohranné abrazivum přírodního původu. Průběh tryskání je na Obr. 35. Při tryskání byl použit tlak 5,5 bar a průměr ústí trysky byl 3 mm.



Obr. 35: Tryskání křemenným pískem

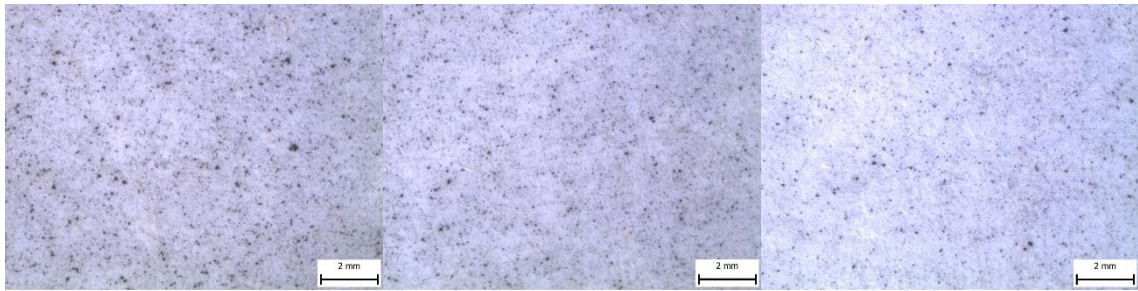
7.6.4.1. Vyhodnocení

Před tryskáním vykazovaly všechny vzorky dle ČSN EN ISO 8501-1 stupeň zarezavění A. Po otryskání odpovídal stupeň přípravy povrchu A Sa 3. Detailní snímek povrchu po otryskání křemenným pískem je na Obr. 36. Tento i další snímky z mikroskopu v plném rozlišení jsou obsahem příloženého DVD.



Obr. 36: Snímek povrchu po tryskání křemenným pískem (vzorek VC-B1)

Po tryskání a dalších úpravách se na povrchu vzorků B, F a O stanovoval prach dle ČSN EN ISO 8502-3. Snímky z mikroskopu dokumentující velikost a množství částic jsou na Obr. 37. Výsledky stanovení velikosti a množství částic jsou v Tab. 33. Snímek záznamu stanovení prachu je v Příloze V.



Obr. 37: Snímky prachu na vzorcích VC-B1 (vlevo), VC-F1 (uprostřed) a VC-O1 (vpravo)

Tab. 33: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po tryskání křem. pískem (C)

Testované vzorky	B – bez úpravy	F – ofuk	O – odmaštění
Množství částic	5	5	5
Velikost částic	3	3	2

Po tryskání křemenným pískem se na odmaštěných vzorcích stanovovala drsnost. Drsnost povrchu podle ISO komparátoru odpovídala segmentu 2 (střední drsnosti) a podle Rugotestu N°3 odpovídala BN9a. Průměrné hodnoty parametrů drsnosti zjištěné drsnoměrem jsou uvedeny v Tab. 34. Kompletní naměřené hodnoty a podmínky měření jsou v Příloze VI.

Tab. 34: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po tryskání křemenným pískem (C)

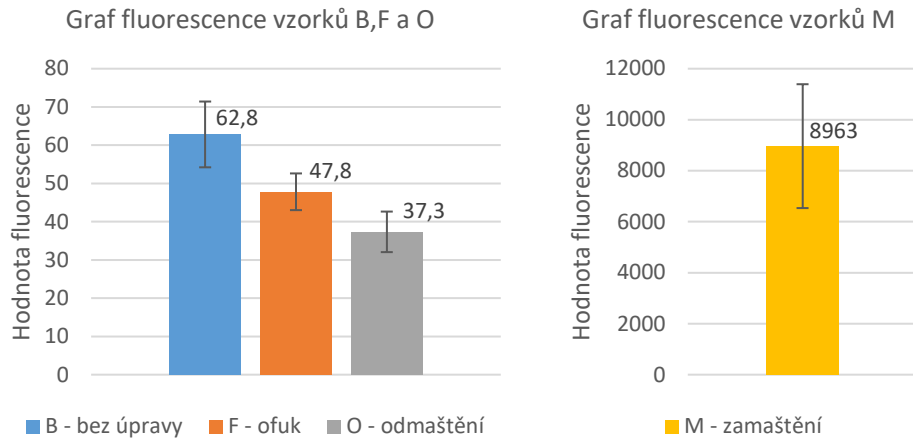
směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
X	7,02	46,65	8,88
Y	8,23	56,82	10,53

Povrchová napětí vzorků po tryskání křemenným pískem jsou v Tab. 35.

Tab. 35: Povrchová napětí vzorků po tryskání křemenným pískem (C)

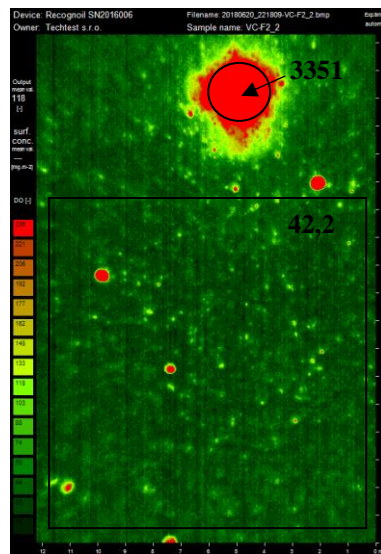
Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
B – bez úpravy	>58
F – ofuk	>58
O – odmaštění	>58
M – zamaštění	30 – 34

Povrch vzorků po všech dalších operacích B, F, O a M se hodnotil z hlediska čistoty také přístrojem Recognoil. Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami jsou pro jednotlivé operace uvedeny v Obr. 38. Kompletní naměřené hodnoty jsou v Příloze VII. Všechny snímky získané přístrojem Recognoil jsou na přiloženém DVD.



Obr. 38: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po tryskání křem. pískem (C)

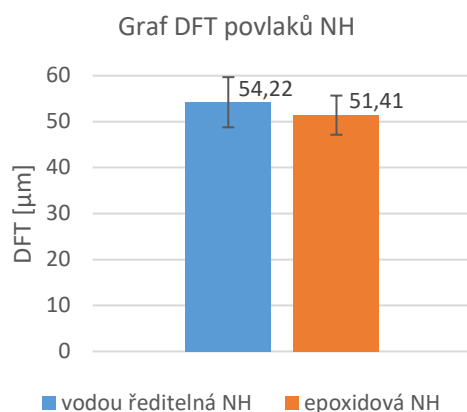
Hodnota fluorescence zjištěná na vzorku VC-F2 v místě 2 byla ze statistiky vyřazena, protože by neúměrně zvyšovala průměrnou hodnotu fluorescence ofouknutých vzorků. Toto místo vykazovalo hodnotu fluorescence 118, která byla způsobena nečistotou v horní části snímku, viz Obr. 39. Protože se jedná o ofouknutý vzorek, mohlo ke kontaminaci dojít ze stlačeného vzduchu přítomností vlhkosti (vody) nebo mastnoty. Pokud se vybere oblast snímku bez nečistoty, odpovídá hodnota fluorescence 42,2, což se už blíží průměrné fluorescenci ofouknutých vzorků.



Obr. 39: Znečištění povrchu vzorku VC-F2 v místě 2

Po vytvrzení NH se vizuálně zhodnotil vzhled nátěrů. Vzhled nátěrů byl stejný jako po předúpravě tryskáním ocelovou drtí. Všechny nátěry disponovaly souvislou vrstvou bez viditelných vad, pouze u zamaštěných vzorků (M) s epoxidovou NH se na povrchu nátěru vytvořila struktura pomerančové kůry s drobnými kráterky.

Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH jsou na Obr. 40. Kompletní tabulka tloušťek DFT je v Příloze VIII.



Obr. 40: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po tryskání křem. pískem (C)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo na všech vzorcích po operacích B, F a O (opatřených epoxidovou i vodou ředitelnou NH) klasifikace 0. Epoxidové i vodou ředitelné nátěry měly na zamaštěných vzorcích (M) velmi špatnou přilnavost a byly hodnoceny stupněm 5. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Při zkoušce křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 se dosáhlo shodných výsledků jako u mřížkové zkoušky. Vzorky po operacích B, F a O dosáhly klasifikace 0 a zamaštěné vzorky klasifikace 5. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze X.

Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 36. Snímek celé sady vzorků po zkouškách přilnavosti je v Příloze XI a na DVD.

Tab. 36: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po tryskání křemenným pískem

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]				VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]			
			A/B	B	B/Y	Y				A/B	B	B/Y	Y
VC-B1	1	10,08	0	97	3	0	EC-B1	1	8,04	0	100	0	0
	3	10,41	0	95	5	0		3	7,78	0	100	0	0
VC-B2	2	10,81	0	80	20	0	EC-B2	2	6,62	0	100	0	0
VC-F1	1	9,63	0	60	40	0	EC-F1	1	8,07	0	100	0	0
	3	10,84	0	55	45	0		3	8,84	0	100	0	0
VC-F2	2	10,32	0	65	30	5	EC-F2	2	8,90	0	100	0	0
VC-O1	1	12,93	0	25	55	20	EC-O1	1	11,22	0	85	10	5
	3	12,61	0	50	30	20		3	11,65	0	80	15	5
VC-O2	2	12,40	0	40	60	0	EC-O2	2	7,36	0	100	0	0
VC-M1	1	7,41	100	0	0	0	EC-M1	1	2,47	100	0	0	0
	3	5,40	100	0	0	0		3	1,83	100	0	0	0
VC-M2	2	5,86	100	0	0	0	EC-M2	2	1,78	100	0	0	0

7.6.4.2. Diskuze výsledků

Množství prachu na vzorcích po tryskání křemenným pískem bylo hodnoceno stupněm 5, protože podobně jako u předchozích typů tryskání došlo k celkové změně barvy pásky vlivem mikroskopického prachu. Drsnost dosažená tryskáním křemenným

pískem je nejvyšší ze všech prováděných předúprav. Hodnoty fluorescence povrchu se od sebe po různých úpravách (B, F a O) lišily výrazněji než po tryskání ocelovou drtí a u odmaštěných vzorků se dosáhlo velmi nízké hodnoty fluorescence 37,2. Tloušťka nátěrů obou použitých NH se opět (jako u předchozích typů tryskání) pohybuje okolo 50 μm a je tedy výrazně menší než u vzorků bez mech. předúpravy. Pomocí hodnocení přilnavosti nátěrů bylo zjištěno, že největší vliv na ní má zamaštění povrchu. Odtrhová zkouška vodou ředitelného nátěru ukázala dobrou přilnavost vzorků B, F a O, u kterých docházelo k porušení převážně v nátěrové hmotě nebo ve spojení NH a lepidla. Odtrhové pevnosti se u B a F pohybovaly okolo 10 MPa a u odmaštěných vzorků (O) byly odtrhové pevnosti ještě vyšší (okolo 12 MPa). U zamaštěných vzorků pak docházelo ke 100% lomu A/B (adhezní porušení) a průměrná odtrhová pevnost byla 6,2 MPa. Při odtrhové zkoušce epoxidové NH se všechny vzorky B, F porušily 100% v nátěrové hmotě. Průměrná odtrhová pevnost vzorků po B byla 7,5 MPa, po F to pak bylo 8,6 MPa. Odmaštěné vzorky (O) měly ještě vyšší přilnavost a lom se tak uskutečnil částečně i mezi NH a lepidlem. Odtrhové pevnosti se v tomto případě pohybovaly okolo 11 MPa. Zamaštěné vzorky (M) měly charakter lomu 100 % A/B a průměrná odtrhová pevnost byla velice nízká (2 MPa).

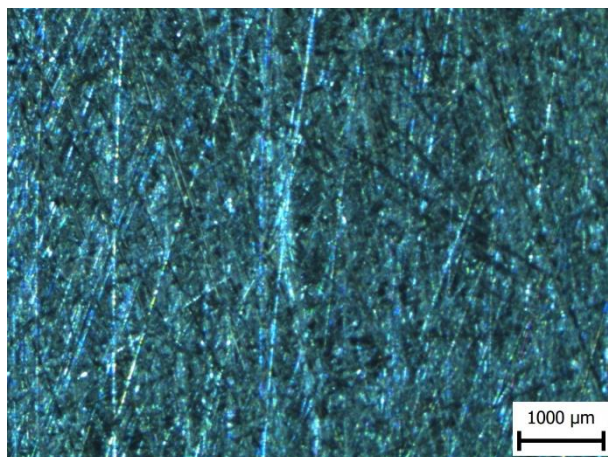
7.6.5. Ruční broušení (D)

Ruční broušení probíhalo pomocí akumulární vrtačky BOSCH GSR 14,4 V-EC Professional, přičemž se do sklíčidla vložil nástavec s brusným papírem na suchý zip Klingspor PS 22 N o zrnitosti P 24. Tento brusný papír má korundová zrna uchycená v pojivu z umělé pryskyřice. Průměr nástavce s brusným papírem byl 125 mm.

Broušení vzorků bylo obtížné, a proto se obrousilo pouze 12 vzorků. Čistota a parametry povrchu před nanesením nátěrů se změřily pro všechny operace B, F, O a M, ale nátěry a jejich přilnavost se dále stanovovala u vzorků, kde se očekávaly největší rozdíly, tj. po operacích B, O a M.

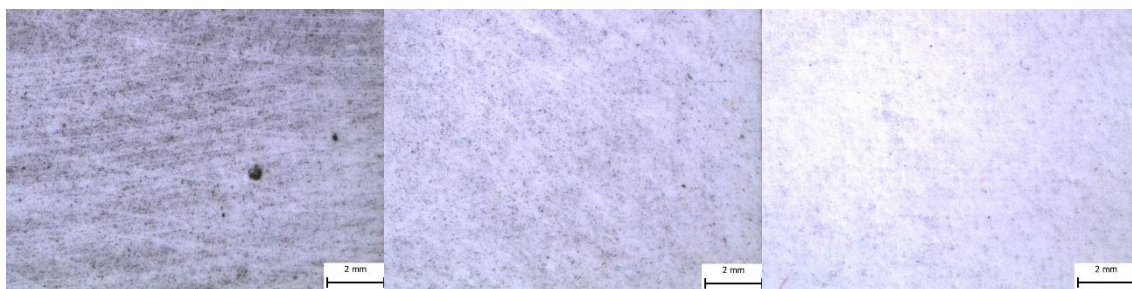
7.6.5.1. Vyhodnocení

Před ručním broušením vykazovaly všechny vzorky ze sady dle ČSN EN ISO 8501-1 stupeň zarezavění A. Detailní snímek povrchu po ručním broušení je na Obr. 41. Tento i další snímky z mikroskopu v plném rozlišení jsou obsahem příloženého DVD.



Obr. 41: Snímek povrchu po ručním broušení (vzorek VD-B1)

Po broušení a dalších úpravách se na povrchu vzorků B, F a O stanovoval prach dle ČSN EN ISO 8502-3. Snímky z mikroskopu dokumentující velikost a množství částic jsou na Obr. 42. Výsledky stanovení velikosti a množství částic prachu jsou v Tab. 37. Snímek záznamu stanovení prachu je v Příloze V.



Obr. 42: Snímky prachu na vzorcích VD-B1 (vlevo), VD-F1 (uprostřed) a VD-O1 (vpravo)

Tab. 37: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po ručním broušení (D)

Testované vzorky	B – bez úpravy	F – ofuk	O – odmaštění
Množství částic	5	4	2
Velikost částic	3	2	1

Po ručním broušení se na odmaštěných vzorcích stanovovala drsnost pomocí drsnoměru. Průměrné hodnoty parametrů drsnosti jsou uvedeny v Tab. 38. Kompletní naměřené hodnoty a podmínky měření jsou v Příloze VI.

Tab. 38: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po ručním broušení (D)

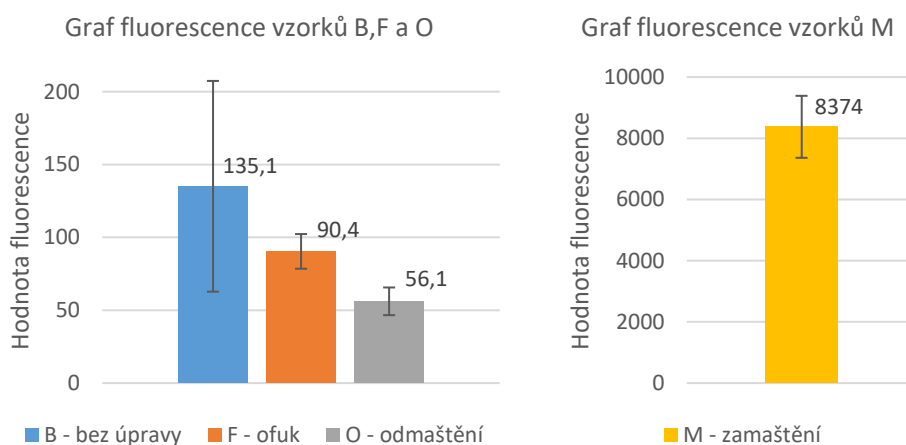
směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
X	2,28	16,90	2,94
Y	2,66	19,55	3,35

Povrchová napětí vzorků po ručním broušení a dalších operacích jsou v Tab. 39.

Tab. 39: Povrchová napětí vzorků po ručním broušení (D)

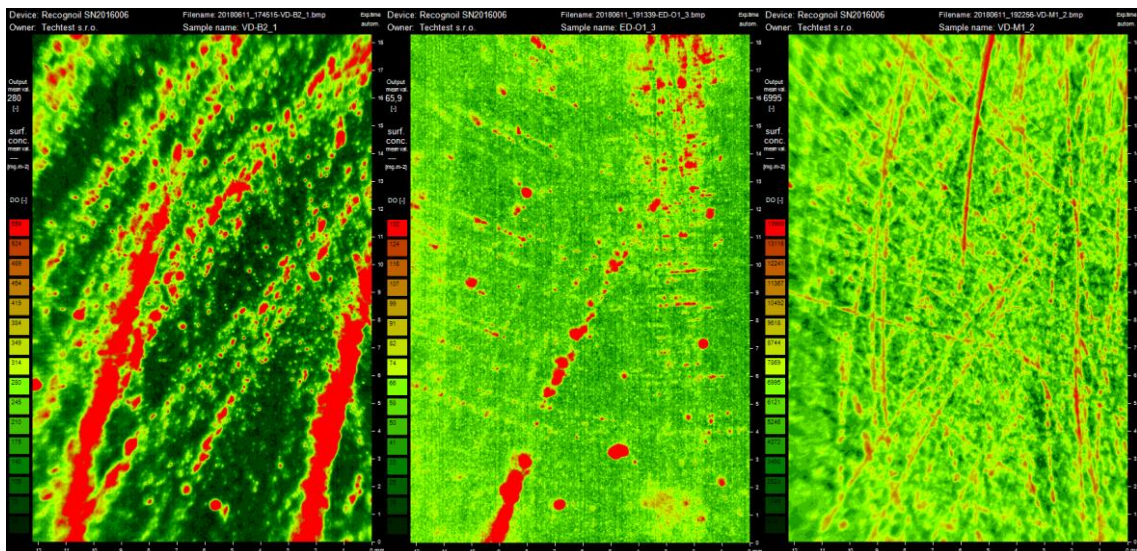
Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
B – bez úpravy	>58
F – ofuk	>58
O – odmaštění	>58
M – zamaštění	<30

Povrch vzorků po všech operacích B, F, O a M se hodnotil z hlediska čistoty také přístrojem Recognoil. Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami jsou pro jednotlivé operace uvedeny v Obr. 43. Kompletní naměřené hodnoty jsou v Příloze VII.



Obr. 43: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po ručním broušení (D)

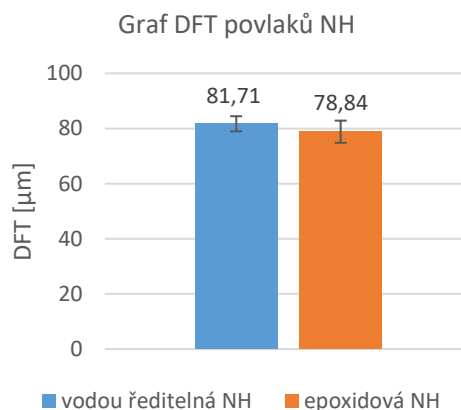
Hodnoty fluorescence zjištěné u vzorků B (tj. bez úpravy ve stavu ihned po broušení) vykazují velký rozptyl, který je způsoben nejspíše vyšším množstvím prachu a nečistot, které se držely v rýhách po broušení. Dalším důvodem vyšších hodnot fluorescence v rýhách může být jev, kdy se díky nerovnosti (rýže) může do detektoru přístroje odrazit více paprsků, a tím zdánlivě vyhodnotit větší znečištění. Z tohoto důvodu jsou pravděpodobně vyšší i naměřené hodnoty fluorescence na vzorcích F a O. Zamaštěné vzorky dosahují tak vysokých hodnot fluorescence, že tyto odchylky už nemají výrazný vliv. I u nich je ale fluorescence v rýhách vyšší, kvůli ukotvení většího množství mastnoty. Snímek dokumentující vyšší hodnoty fluorescence v rýhách je na Obr. 44.



Obr. 44: Vyšší hodnoty fluorescence v ryhách, vzorek VD-B2(vlevo), ED-O1(uprostřed), VD-M1 (vpravo)

Po vytvoření NH se vizuálně zhodnotil vzhled nátěrů. Všechny nátěry dosáhly souvislé vrstvy bez viditelných vad.

Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH jsou na Obr. 45. Kompletní tabulka tloušťek DFT je v Příloze VIII.



Obr. 45: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po ručním broušení (D)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo na všech vzorcích po operacích B a O (opatřených epoxidovou i vodou ředitelnou NH) klasifikace 0. Zamaštěné vzorky (M) natřené vodou ředitelnou NH měly podobnou přilnavost, vzorek VD-M2 byl hodnocen stupněm 0 a vzorek VD-M1 stupněm 1. Zamaštěné vzorky (M) natřené epoxidovou NH měly nedostatečnou přilnavost. Vzorek ED-M1 odpovídal klasifikaci 4 a vzorek ED-M2 klasifikaci 5. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Při zkoušce křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 se u vzorků B a O dosáhlo dobré přilnavosti, přičemž většina vzorků byla klasifikována stupněm 0, pouze vzorek VD-O2 dosáhl stupně 1. Výsledky u zamaštěných vzorků byly horší, a to vzorek VD-M2 stupeň 2 a ED-M2 stupeň 3. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze X.

Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 40. Snímek celé sady vzorků po zkouškách přilnavosti je v Příloze XI a na příloženém DVD.

Tab. 40: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po ručním broušení (D)

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]					VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]	
			A	A/B	B	B/Y	Y				A/B	B
VD-B1	1	7,52	0	0	90	10	0	ED-B1	1	7,48	0	100
	3	9,52	0	0	95	5	0		3	8,83	0	100
VD-B2	2	7,00	0	0	90	10	0	ED-B2	2	7,31	0	100
VD-O1	1	7,06	0	0	95	5	0	ED-O1	1	7,53	0	100
	3	6,73	0	0	75	20	5		3	7,74	0	100
VD-O2	2	8,56	0	0	95	5	0	ED-O2	2	8,64	0	100
VD-M1	1	8,63	1	5	94	0	0	ED-M1	1	1,59	97	3
	3	8,14	1	5	94	0	0		3	3,18	100	0
VD-M2	2	8,12	1	5	94	0	0	ED-M2	2	3,88	100	0

7.6.5.2. Diskuze výsledků

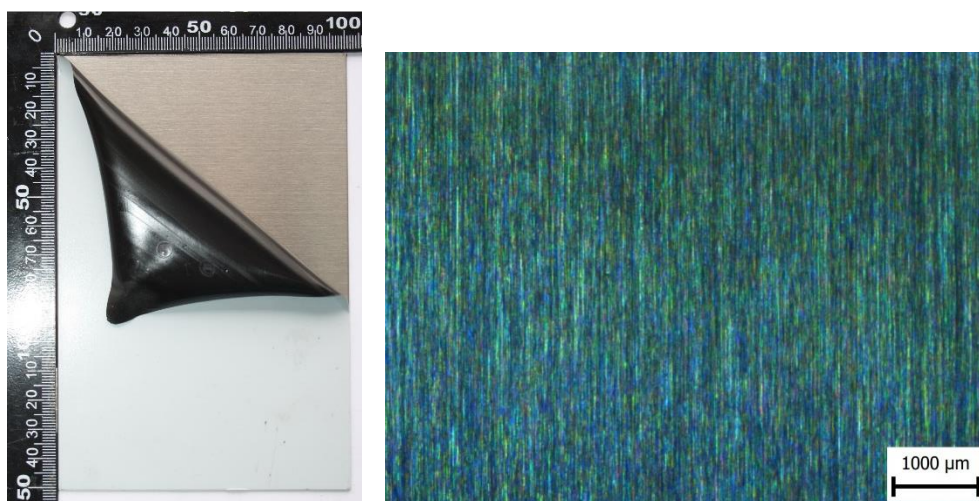
Prach na vzorcích bez úpravy (B) po ručním broušení zachycený na pásce kopíroval profil broušeného povrchu. To také dokazovaly snímky ze zařízení Recognoil, u kterých se daleko více projevovала fluorescence v rýhách profilu. U vzorků F a O se i přes očištění, které potvrzují výsledky povrchového napětí (fixy), dosáhlo vyšších hodnot fluorescence než u technologie bez mech. předúpravy (-) nebo předúpravách tryskáním (A, B, C). To může být dáno odrazem paprsků vyzářeného světla od nerovností (rýh) v povrchu, který zaznamená detektor a vyhodnotí pak vyšší fluorescenci. Naměřená drsnost dosažená touto předúpravou byla nižší než u tryskání a vzhledem k nepravidelným pohybům při ručním broušení nebyl znatelný rozdíl drsnosti v příčném a podélném směru. Tloušťka nátěrů (DFT) dosažená na vzorcích po ručním broušení byla podobná jako po technologii bez mech. předúpravy (-) a u obou NH se pohybovala okolo 80 μm . Odtrhová zkouška vodou ředitelného nátěru ukázala dobrou přilnavost všech vzorků B, O i M. K porušení těchto vzorků docházelo převážně v nátěrové hmotě. Odtrhové pevnosti u B a O byly menší než u tryskaných vzorků a pohybovaly se okolo 7,5 MPa. Zamaštěné vzorky dosáhly lepší odtrhové pevnosti než po tryskání a to průměrně 8,3 MPa. V jejich případě se ale lom uskutečnil i mezi podkladem a nátěrem (A/B), ten se vyskytoval v rýhách po broušení. Na zkušebních těliscích byly po zkoušce také znatelné odlesky oceli, která se nejspíše odtrhla z vrcholků nerovností (charakter lomu A). Při odtrhové zkoušce epoxidové NH se všechny vzorky B a O odtrhly v nátěrové hmotě a jejich průměrná odtrhová pevnost byla 7,9 MPa. Zamaštěné vzorky (M) se odtrhly převážně adhezně mezi podkladem a NH, přičemž se odtrhová pevnost pohybovala okolo 3 MPa.

7.6.6. Leštění (E)

Leštěné vzorky nebyly připravovány v laboratořích FS ČVUT, ale byly dodány už v připraveném stavu a jejich vyleštěný povrch byl překrytý ochrannou folií. Jako u jediné technologie předúpravy byl použit jiný materiál vzorků, a to nerezová ocel ČSN 1.4301 (AISI 304).

7.6.6.1. Vyhodnocení

U těchto vzorků se nevyhodnocoval původní stav povrchu ani množství a velikost prachu na jeho povrchu, protože byl překryt ochrannou folií, která ho před usazením nečistot chránila. Z tohoto důvodu se neprováděl a nevyhodnocoval ani ofuk (F). Fotografie vzorku s ochrannou folií a detailní snímek struktury povrchu po leštění jsou na Obr. 46.



Obr. 46: Vzorek s ochrannou folií a detailní snímek leštěného povrchu (E), vzorek (VE-B1)

Drsnost leštěných vzorků se hodnotila na odmaštěných vzorcích pomocí drsnoměru. Průměrné hodnoty parametrů drsnosti jsou uvedeny v Tab. 41. Kompletní naměřené hodnoty a podmínky měření jsou v Příloze VI.

Tab. 41: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po leštění (E)

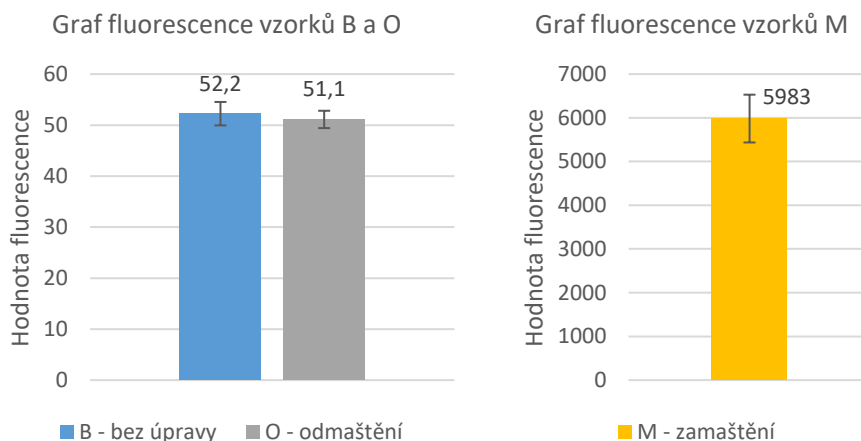
směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
X	0,04	0,25	0,05
Y	0,13	0,86	0,16

Povrchová napětí vzorků po leštění a dalších operacích jsou v Tab. 42.

Tab. 42: Povrchová napětí vzorků po leštění (E)

Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
B – bez úpravy	34-38
O – odmaštění	42-48
M – zamaštění	<30

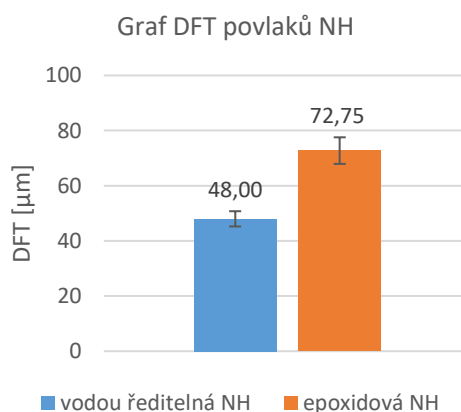
Povrch vzorků se po operacích B, O a M hodnotil z hlediska čistoty přístrojem Recognoil. Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami jsou pro jednotlivé operace uvedeny v Obr. 47. Kompletní naměřené hodnoty jsou v Příloze VII. Všechny snímky získané přístrojem Recognoil jsou na přiloženém DVD.



Obr. 47: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po leštění (E)

Hodnoty fluorescence vzorků bez úpravy (B) a odmaštěných (O) jsou téměř shodné, což dokazuje, že ochranná folie správně plnila svůj účel a povrch nebyl silně znečištěný. Rozptyl naměřených hodnot je také velice nízký.

Po vytvrzení NH se vizuálně zhodnotil vzhled nátěrů. Všechny nátěry dosáhly souvislé vrstvy bez viditelných vad. Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH jsou na Obr. 48. Kompletní tabulka naměřených tloušťek DFT je v Příloze VIII.



Obr. 48: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po leštění (E)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo na odmaštěných vzorcích (opatřených epoxidovou i vodou ředitelnou NH) klasifikace 0. Zamaštěné vzorky (M) natřené vodou ředitelnou NH dosáhly taktéž klasifikace 0, ale zamaštěné vzorky natřené epoxidovou NH měly nedostatečnou přilnavost a byly hodnoceny stupněm 5. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 u odmaštěných vzorků ukázala dobrá přilnavost obou NH, přičemž vzorek VE-O2 byl klasifikován stupněm 0 a vzorek EE-O2 dosáhl stupně 1. Ze zamaštěných vzorků dopadl dobře VE-M2, který byl klasifikován stupněm 1. Nejhorší přilnavost byla u zamaštěného vzorku s epoxidovou NH ED-M2, který dosáhl stupně 5. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze X.

Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 43. Snímek celé sady leštěných vzorků po zkouškách přilnavosti je v Příloze XI a na DVD.

Tab. 43: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po leštění (E)

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]				VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]			
			A/B	B	B/Y	Y				A/B	B	B/Y	Y
VE-O1	1	4,30	5	75	10	10	EE-O1	1	3,69	0	100	0	0
	3	4,60	0	85	15	0		3	3,17	0	100	0	0
VE-O2	2	4,97	0	50	15	35	EE-O2	2	3,42	0	100	0	0
VE-M1	1	3,80	20	75	5	0	EE-M1	1	2,04	90	10	0	0
	3	3,59	15	85	0	0		3	0,54	95	5	0	0
VE-M2	2	3,75	30	50	20	0	EE-M2	2	0,32	100	0	0	0

7.6.6.2. Diskuze výsledků

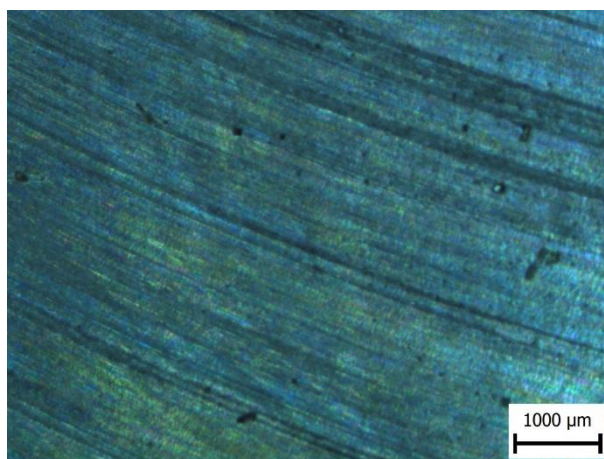
Povrch nerezové oceli po leštění vykazoval periodický profil. I přes to, že byla drsnost leštěných vzorků velmi nízká, ukazovaly parametry drsnosti rozdíl hodnot v příčném a podélném směru. Hodnoty parametrů drsnosti dosahovaly ve směru Y více než trojnásobku hodnot parametrů ve směru X. Povrchové napětí vzorků vycházelo nižší než u předchozích technologií. To ovšem nemusí znamenat větší znečištění povrchu. Čím menší má povrch drsnost, tím hůře se inkoust z fixy zakotví na povrchu, a tak může dojít k vytvoření kapiček snáze. Proto může tato metoda hodnocení čistoty pro různé drsnosti povrchů zkreslovat. Měřením čistoty pomocí přístroje Recognoil se zjistilo, že na povrchu nejsou výrazné nečistoty a hodnoty fluorescence odmaštěných vzorků byly srovnatelné s hodnotami z ostatních technologií předúprav. Navíc byly hodnoty odchylek velmi malé. Tloušťka nátěrů (DFT) dosažených po leštění se u daných typů nátěrových hmot velmi liší. K těmto výsledkům je nutné podotknout, že nanášení obou typů NH na leštěný povrch bylo velice obtížné, protože k podkladu nechtěly přilnout. Odtrhové pevnosti obou nátěrových hmot při odtrhové zkoušce byly poměrně nízké. U vodou ředitelné NH sice docházelo k lomu převážně v nátěru, ale odtrhové pevnosti odmaštěných vzorků (O) se pohybovaly okolo 4,5 MPa a zamaštěných vzorků (M) okolo 3,7 MPa. U epoxidového nátěru na odmaštěných vzorcích došlo ke 100% koheznímu lomu v nátěru s průměrnou odtrhovou pevností 3,43 MPa. U zamaštěných vzorků s epoxidovým nátěrem docházelo převážně k adheznímu lomu mezi podkladem a nátěrem a odtrhové pevnosti se pohybovaly od 0,3 MPa do 2 MPa. Snížené hodnoty odtrhových pevností mohou být způsobeny také průhybem, který může u tenkých vzorků nastat.

7.6.7. Frézování (F)

Frézování není typickou předúpravou povrchu před nanášením NH, ale do experimentu se zařadilo kvůli parametrům povrchu, kterých lze frézováním dosáhnout. Frézování probíhalo na stolní frézce ALG 200. Nástrojem byla nástrčná čelní fréza AKKO MAKINA AFM90-SD1305-D080-A27-Z06-H o průměru 80 mm. Protože velikost frézy nestačila pro úpravu celého povrchu, uskutečnily se dva přejezdy. Parametry frézování byly hloubka řezu 0,2 mm, otáčky 600 ot·min⁻¹ a posuv 10 mm·min⁻¹. Při frézování se kvůli chlazení použila olejová emulze. Ta se pak výrazně projevila při stanovování čistoty povrchu. Protože byla příprava vzorků časově náročná, vytvořilo se v této sadě pouze 12 vzorků a nátěrová hmota se nanasla na vzorky pouze po operacích B, O a M.

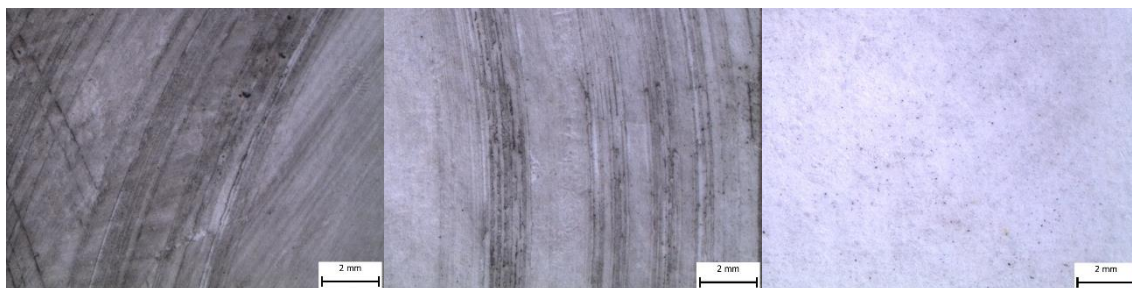
7.6.7.1. Vyhodnocení

Před frézováním odpovídal stav povrchu vzorků dle ČSN EN ISO 8501-1 stupni zarezavění A. Snímek povrchu po frézování je na Obr. 49. Tento i další snímky z mikroskopu v plném rozlišení jsou obsahem příloženého DVD.



Obr. 49: Detailní snímek povrchu po frézování (vzorek VF-B1)

Po provedení dalších úprav povrchu se na vzorcích B, F a O stanovil prach dle ČSN EN ISO 8502-3. Snímky z mikroskopu dokumentující velikost a množství částic prachu jsou na Obr. 50. Výsledky stanovení velikosti a množství částic prachu jsou v Tab. 44. Snímek záznamu ze stanovení prachu je v Příloze V a na příloženém DVD.



Obr. 50: Snímky prachu na vzorcích VF-B2 (vlevo), EF-F1 (uprostřed) a EF-O1 (vpravo)

Tab. 44: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po frézování (F)

Testované vzorky	B – bez úpravy	F – ofuk	O – odmaštění
Množství částic	5	5	1
Velikost částic	4	4	1

Po frézování se na odmaštěných vzorcích stanovovala drsnost pomocí drsnoměru. Průměrné hodnoty parametrů drsnosti jsou uvedeny v Tab. 45. Kompletní naměřené hodnoty a podmínky měření jsou v Příloze VI.

Tab. 45: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po frézování (F)

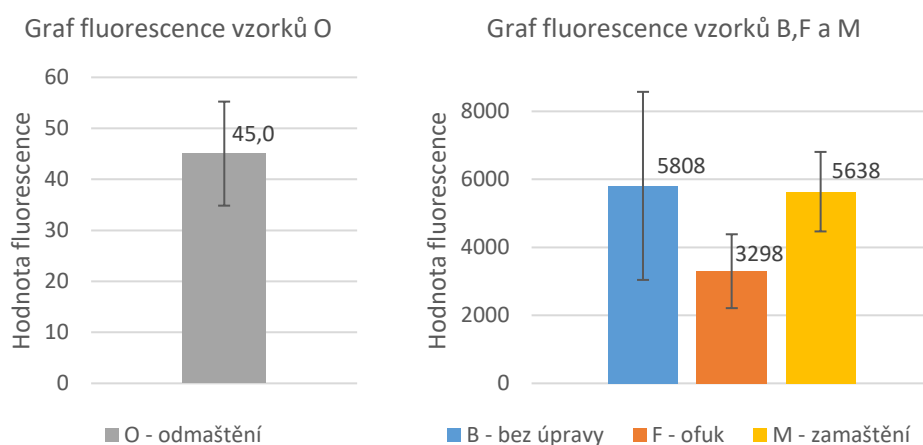
směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
X	0,73	3,71	0,89
Y	0,60	3,18	0,75

Povrchová napětí vzorků po frézování a dalších operacích jsou v Tab. 46.

Tab. 46: Povrchová napětí vzorků po frézování (F)

Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
B – bez úpravy	30-34
F – ofuk	30-34
O – odmaštění	>58
M – zamaštění	<30

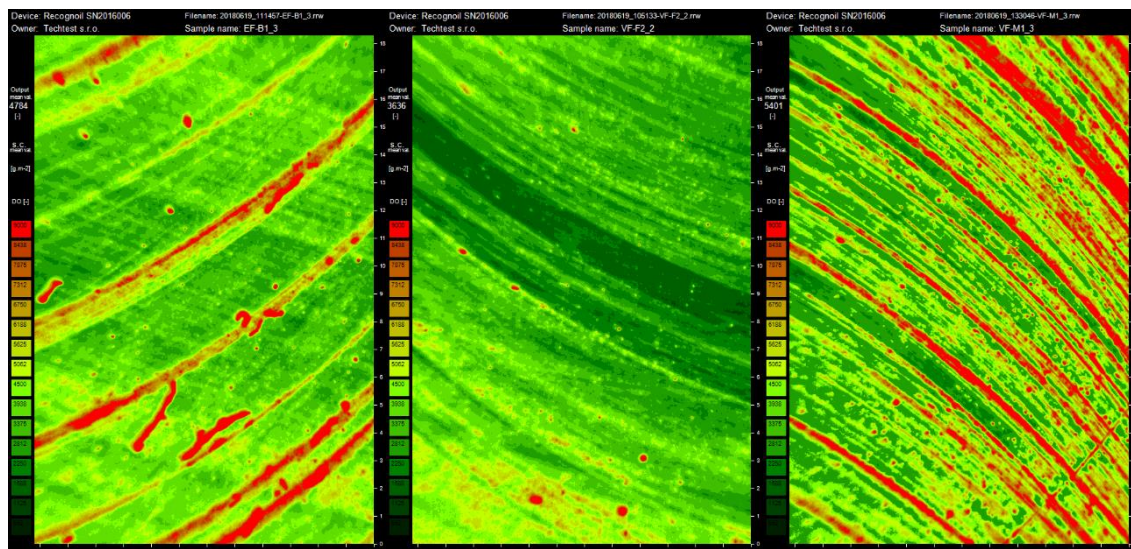
Povrch vzorků po všech operacích B, F, O a M se hodnotil z hlediska čistoty také přístrojem Recognoil. Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami jsou pro jednotlivé operace uvedeny v Obr. 51. Kompletní naměřené hodnoty jsou v Příloze VII. Snímky získané přístrojem Recognoil jsou na příloženém DVD.



Obr. 51: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po frézování (F)

Vysoké hodnoty fluorescence vzorků B a F jsou způsobeny olejovou emulzí. Ta je na vzorcích nepravidelně rozptýlena ve větší nebo menší vrstvě, což způsobuje velký rozptyl naměřených hodnot. Nejvyšší hodnoty jsou (podobně jako u ručního broušení)

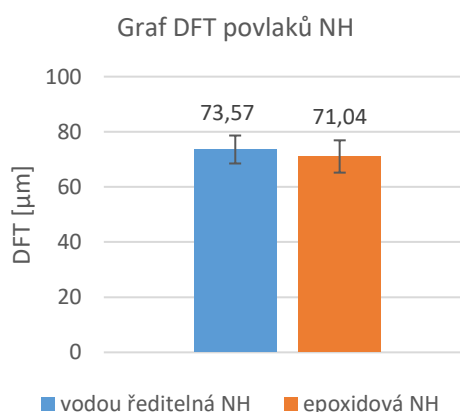
naměřeny v rýhách v povrchu. Příčiny tohoto jevu byly popsány již v kapitole o ručním broušení (7.6.5). U zamaštěných vzorků se potom opět v nerovnostech (rýhách) zakotvilo nejvíce mastnoty. Snímky ukazující fluorescenci nečistot broušených vzorků jsou na Obr. 52. Rozdíl čistoty povrchu vzorků je jasně patrný díky pevně nastavenému limitu 9000 jednotek fluorescence u všech snímků.



Obr. 52: Vyšší hodnoty fluorescence v rýhách, vzorek EF-B1 (vlevo), VF-F2 (uprostřed) a VF-M1 (vpravo)

Po vytvrzení NH se vizuálně zhodnotil vzhled nátěrů. Všechny nátěry dosáhly souvislé vrstvy bez viditelných vad.

Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH jsou na Obr. 53. Kompletní tabulka tlouštěk DFT je v Příloze VIII.



Obr. 53: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po frézování (F)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo u všech odmaštěných vzorků klasifikace 0. Vzorky bez úpravy (B) dosáhly u epoxidového nátěru také klasifikace 0 a u vodou ředitelného klasifikace 3 (VF-B1) a 5 (VF-B2). Zamaštěné vzorky (M) opatřené epoxidovou NH měly nedostatečnou přilnavost a odpovídaly stupni 5. Zamaštěné vzorky (M) opatřené vodou ředitelnou NH dosáhly klasifikace 1. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Při zkoušce křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 se u vzorků B a O dosáhlo podobných výsledků, přičemž většina vzorků byla klasifikována stupněm 0, pouze vzorek VF-B2 dosáhl klasifikace 5. Zamaštěné vzorky (M) odpovídaly klasifikaci 1 (VF-M2) a 5 (EF-M2). Kompletní tabulka výsledků je v Příloze X.

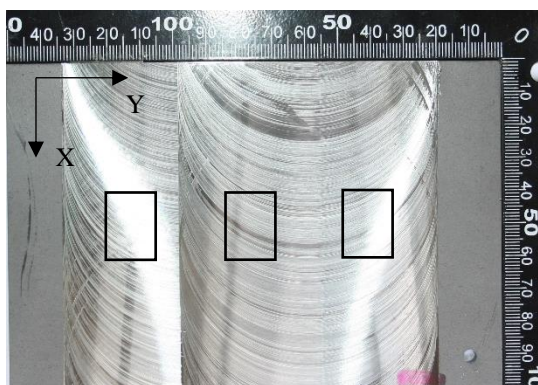
Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 47. Snímek celé sady vzorků po frézování je v Příloze XI a na přiloženém DVD.

Tab. 47: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po frézování (F)

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]				VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]			
			A	A/B	B	B/Y				A	A/B	B	B/Y
VF-B1	1	6,41	0	0	97	3	EF-B1	1	6,51	0	0	100	0
	3	10,11	0	2	88	10		3	6,95	0	0	97	3
VF-B2	2	8,86	0	5	95	0	EF-B2	2	7,76	0	0	90	10
VF-O1	1	11,64	0	0	95	5	EF-O1	1	8,36	0	0	100	0
	3	8,60	0	0	90	10		3	7,61	0	0	100	0
VF-O2	2	8,79	0	0	85	15	EF-O2	2	7,08	0	0	100	0
VF-M1	1	8,50	0	0	90	10	EF-M1	1	1,73	0	85	15	0
	3	8,06	0	0	100	0		3	3,17	0	95	5	0
VF-M2	2	7,61	5	20	73	2	EF-M2	2	1,19	0	97	3	0

7.6.7.2. Diskuze výsledků

Po frézování byl povrch vzorků silně znečištěn. Jednalo se o olejovou emulzi, kterou byl povrch vzorku chlazen, drobné částice ocelového prachu i větší třísky z procesu frézování. Silné znečištění je znatelné na snímcích povrchu z mikroskopu, vyhodnocení prachu i výsledcích zařízení Recognoil. Částice prachu na povrchu vzorků díky emulzi ulpívaly ještě silněji. Ofouknutím (F) vzorků se dosáhlo jen částečného snížení množství nečistot (odstranění největších třísek z frézování). Hodnoty fluorescence povrchu B a F se nejvíce blížily hodnotám zamaštěných vzorků a rozložení mastnoty bylo již popsáno výše. Protože jsou stopy od frézy pravidelné, očekával se periodický profil povrchu a různé hodnoty drsnosti ve směru X a Y. Průměrné drsnosti povrchu se v těchto směrech ovšem výrazně neliší. Je to způsobeno místy, ve kterých se frézovaný povrch hodnotil, viz Obr. 54. V každém místě se totiž dráhy po fréze ubíraly jiným směrem a zprůměrováním naměřených hodnot pak vyšly drsnosti ve směru X a Y téměř shodné.



Obr. 54: Vzorek po frézování se zvýrazněnými místy, ve kterých se provádělo měření

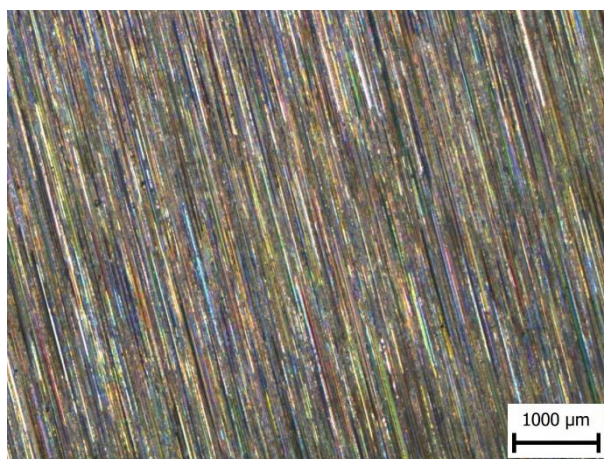
Tloušťky povlaků (DFT) na frézovaném povrchu se blíží tloušťkám povlaků získaných po technologii bez mech. předúpravy (-) (viz kapitola 7.6.1). Zkoušky přílnavosti ukázaly, že nejvíce je přílnavost zhoršená u vzorků B (bez dalších úprav) a M (po zamaštění). U obou je na vině mastnota (ať už z olejové emulze z procesu, nebo ta uměle dodaná). Z mřížkové a křížové zkoušky vyšly také zajímavé závěry. Vodou ředitelná NH byla nejvíce náchylná na znečištění ve formě olejové emulze a nečistot z procesu frézování (u vzorků B došlo k porušení při klasifikaci 5). A epoxidová NH snášela nejhůře umělé zamaštění motorovým olejem (vzorky M s epoxidovou NH dosáhly klasifikace 5).

7.6.8. Strojní broušení (G)

Strojní broušení se provádělo na rovinné brusce TOS BPH 20 v prostorách laboratoří FS ČVUT. Jako nástroj byl použit plochý brousící kotouč 250x25x76 A9960M8V, který má průměr 250 mm a šířku 25 mm. Kotouč se skládal z červeně barvených zrn bílého korundu o zrnitosti 60 a keramického pojiva. Tvrdost kotouče M znamená střední tvrdost. Při broušení byly nastaveny následující parametry, otáčky 3060 ot·min⁻¹ a obvodová rychlost 40 m·s⁻¹. Úběr materiálu (tedy hloubka řezu) se neprováděl nastavením stroje, ale byl ovlivňován tepelnou roztažností materiálu. To znamená, že broušením bez chlazení se vzorky zahřívaly, tím zvyšovaly svůj objem a přebytečný materiál se potom broušením dále odstraňoval. Tento postup pro odstranění povrchové vrstvy okují postačoval.

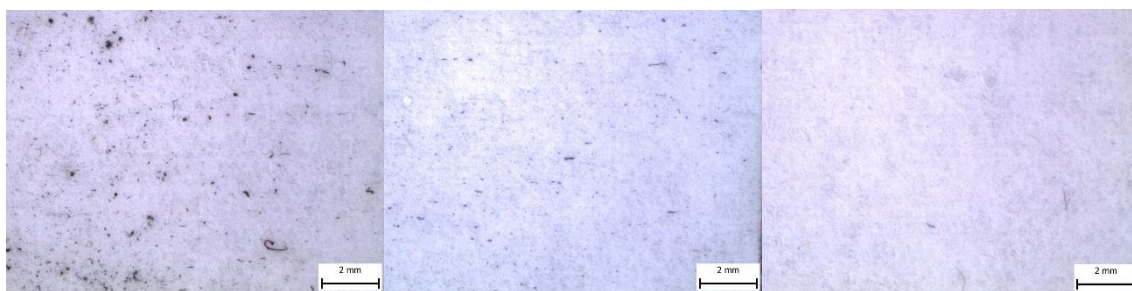
7.6.8.1. Vyhodnocení

Před samotným broušením odpovídalo všech 16 vzorků ze sady dle ČSN EN ISO 8501-1 stupni zarezavění A. Detailní snímek povrchu po strojním broušení je na Obr. 55. Tento i další snímky z mikroskopu v plném rozlišení jsou obsahem příloženého DVD.



Obr. 55: Snímek povrchu po strojním broušení (vzorek VG-B1)

Po strojním broušení a dalších úpravách (B, F a O) se na povrchu těchto vzorků stanovoval prach dle ČSN EN ISO 8502-3. Snímky z mikroskopu dokumentující velikost a množství částic jsou na Obr. 56. Výsledky stanovení velikosti a množství částic jsou v Tab. 48. Snímek záznamu ze stanovení prachu je v Příloze V a v plném rozlišení na přiloženém DVD.



Obr. 56: Snímky prachu na vzorcích VG-B1 (vlevo), EG-F1 (uprostřed) a EG-O1 (vpravo)

Tab. 48: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po strojním broušení (G)

Testované vzorky	B – bez úpravy	F – ofuk	O – odmaštění
Množství částic	4	2	1
Velikost částic	3	1	0

Drsnost se po strojním broušení stanovovala na odmaštěných vzorcích (O) pomocí drsnoměru. Průměrné hodnoty parametrů drsnosti zjištěné drsnoměrem jsou uvedeny v Tab. 49. Kompletní naměřené hodnoty vzorků a podmínky měření jsou v Příloze VI.

Tab. 49: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po strojním broušení (G)

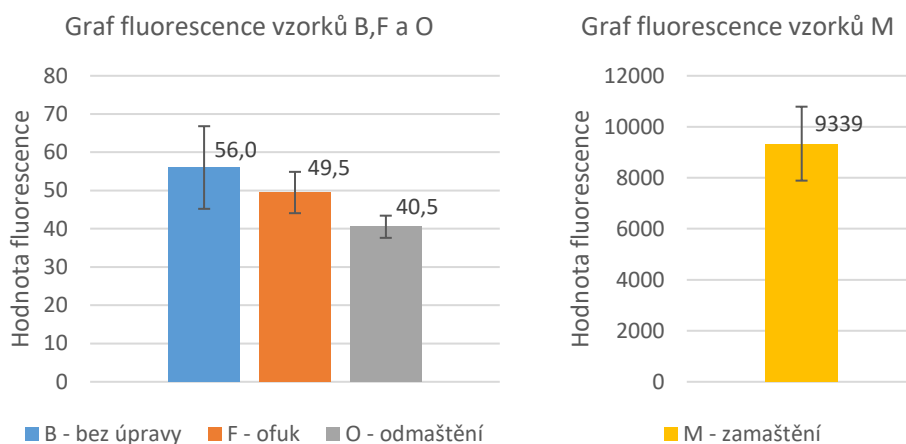
směr	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
X	0,31	2,00	0,42
Y	1,65	8,32	2,04

Povrchová napětí vzorků po strojním broušení a dalších úpravách jsou v Tab. 50.

Tab. 50: Povrchová napětí vzorků po strojním broušení (G)

Vzorky	Povrchové napětí [$\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$]
B – bez úpravy	42-48
F – ofuk	42-48
O – odmaštění	>58
M – zamaštění	<30

Povrch vzorků po všech dalších operacích B, F, O a M se hodnotil z hlediska čistoty také přístrojem Recognoil. Průměrné hodnoty fluorescence se směrodatnými odchylkami jsou pro jednotlivé operace uvedeny v Obr. 57. Kompletní naměřené hodnoty jednotlivých vzorků jsou v Příloze VII. Všechny snímky získané přístrojem Recognoil jsou na přiloženém DVD.



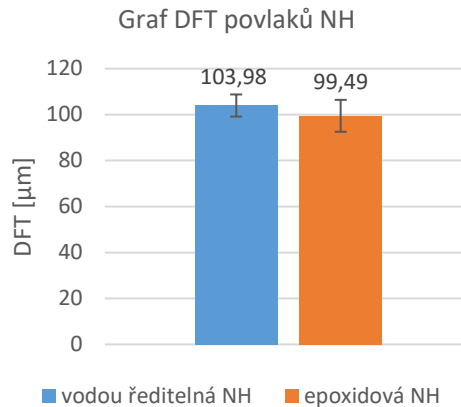
Obr. 57: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po strojním broušení (G)

Po vytvrzení NH se vizuálně zhodnotil vzhled nátěrů. Většina nátěrů dosáhla souvislé vrstvy bez viditelných vad. Pouze na zamaštěných vzorcích s epoxidovým nátěrem se vlivem mastnoty v místě, ze kterého byla nátěrová hmota při aplikaci roztahována nanášecím pravitkem, vytvořil nerovnoměrný povlak, viz Obr. 58.



Obr. 58: Vada epoxidových nátěrů na zamaštěných vzorcích po strojním broušení (G)

Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH jsou na Obr. 59. Kompletní tabulka tloušťek DFT je v Příloze VIII.



Obr. 59: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po strojním broušení (G)

Při mřížkové zkoušce dle ČSN EN ISO 2409 se dosáhlo na všech vzorcích po operacích B, F a O (opatřených epoxidovou i vodou ředitelnou NH) klasifikace 0. Přilnavost vodou ředitelných nátěrů na zamaštěných vzorcích byla stejně dobrá a dosáhla klasifikace 0. Naproti tomu epoxidové nátěry na zamaštěných vzorcích dosáhly velmi špatné přilnavosti a výsledek mřížkové zkoušky byl hodnocen stupněm 4 (vzorek EG-M1) a 5 (vzorek EG-M2). Kompletní tabulka výsledků je v Příloze IX.

Při zkoušce křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 se dosáhlo dobrých výsledků přilnavosti obou NH u vzorků F a O, které byly klasifikovány stupněm 0. Vzorky bez úpravy (B), tj. ve stavu ihned po broušení, dosáhly u obou NH klasifikace 1. Nejhůře dopadl epoxidový nátěr na zamaštěném vzorku (EG-M2), přičemž jeho přilnavost byla ohodnocena stupněm 2. Kompletní tabulka výsledků je v Příloze X.

Dalším měřením byla odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 4624. Výsledná odtrhová napětí jednotlivých vzorků a charaktery lomu jsou zaznamenány v Tab. 51. Snímek celé sady strojně broušených vzorků po zkouškách přilnavosti je v Příloze XI.

Tab. 51: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po strojním broušení (G)

VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]			VZOREK	Místo	MPa	Charakter lomu [%]		
			A/B	B	B/Y				A/B	B	B/Y
VG-B1	1	5,24	20	60	20	EG-B1	1	8,00	0	100	0
	3	4,87	40	45	15		3	7,31	0	100	0
VG-B2	2	4,55	5	65	30	EG-B2	2	5,82	0	100	0
VG-F1	1	4,92	15	70	15	EG-F1	1	7,60	0	100	0
	3	4,68	10	60	30		3	7,35	0	100	0
VG-F2	2	5,39	5	85	10	EG-F2	2	7,22	0	100	0
VG-O1	1	5,28	20	75	5	EG-O1	1	8,56	0	100	0
	3	4,98	35	55	10		3	8,51	0	100	0
VG-O2	2	5,48	50	45	5	EG-O2	2	7,84	0	100	0
VG-M1	1	5,30	85	15	0	EG-M1	1	3,75	90	10	0
	3	4,60	90	10	0		3	4,32	95	5	0
VG-M2	2	3,82	90	10	0	EG-M2	2	4,89	90	10	0

7.6.8.2. Diskuze výsledků

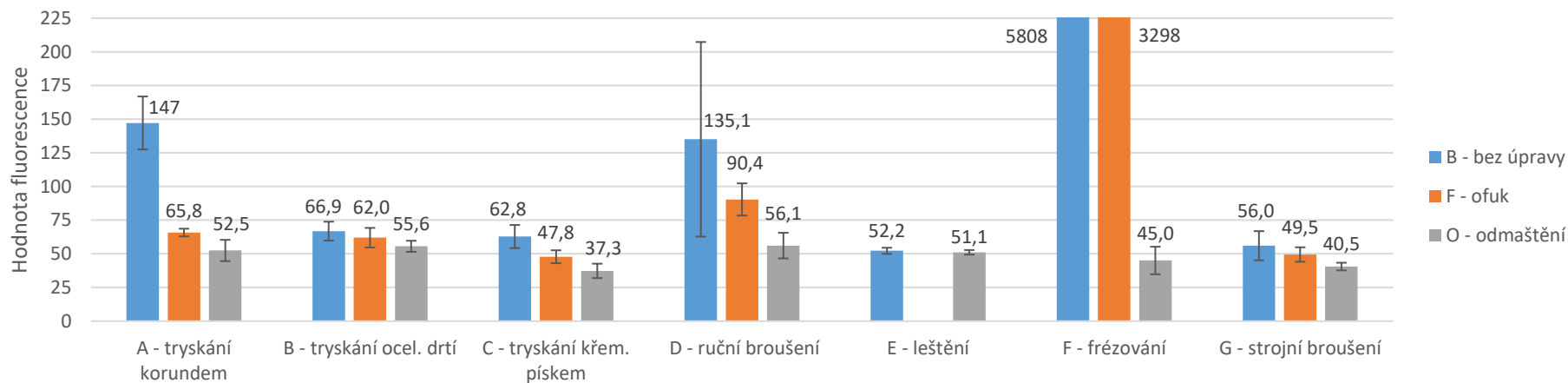
Po strojním broušení se z hlediska množství a velikosti částic prachu na povrchu vzorků dosáhlo nejlepší čistoty ze všech mechanických předúprav povrchu. Výsledky měření drsnosti také ukazují podstatný rozdíl hodnot parametrů drsnosti v různých směrech. Hodnoty parametrů drsnosti ve směru Y jsou přibližně 5x vyšší než ve směru X. Při porovnání s parametry dosaženými jinými mechanickými předúpravami (A-F) se ale stále jedná o poměrně nízkou drsnost. Povrchové napětí vzorků B a F vycházelo 42-48 mN·m⁻¹, což je vzhledem k nízkému množství nečistot na povrchu horší výsledek, než jaký byl očekáván. Důvodem může být nízká drsnost povrchu, při které podobně jako u leštěných vzorků (E) vyšly hodnoty zjištěného povrchového napětí nižší. Měřením čistoty povrchu pomocí přístroje Recognoil nebylo výrazné znečištění zaznamenáno a hodnoty fluorescence vzorků B, F a O jsou srovnatelné nebo dokonce nižší než hodnoty z ostatních technologií předúprav. Dosažené tloušťky nátěrů (DFT) obou NH na vzorcích po strojním broušení byly ze všech měřených tlouštěk nejvyšší. Zkoušky přilnavosti NH dopadly opět nejhůře pro zamaštěné vzorky s epoxidovým nátěrem. Odrhové pevnosti těchto vzorků se pohybovaly okolo 4 MPa a docházelo především k porušení mezi nátěrem a podkladem. Epoxidové nátěry po operacích B, F a O se oproti tomu odtrhávaly 100% v nátěru a průměrná hodnota odtrhové pevnosti odpovídala 7,6 MPa. U vodou ředitelného nátěru byl v případě vzorků B, F a O charakter lomu různorodější, ale největší část představovalo stále porušení v nátěru (odtrhové pevnosti se pohybovaly okolo 5 MPa). Vodou ředitelný nátěr na zamaštěných vzorcích (M) se naopak odtrhával převážně adhezně od podkladu (charakter A/B), odtrhové pevnosti byly nižší a pohybovaly se okolo 4,5 MPa.

7.7. Celkové porovnání předúprav

7.7.1.1. Čistota povrchu

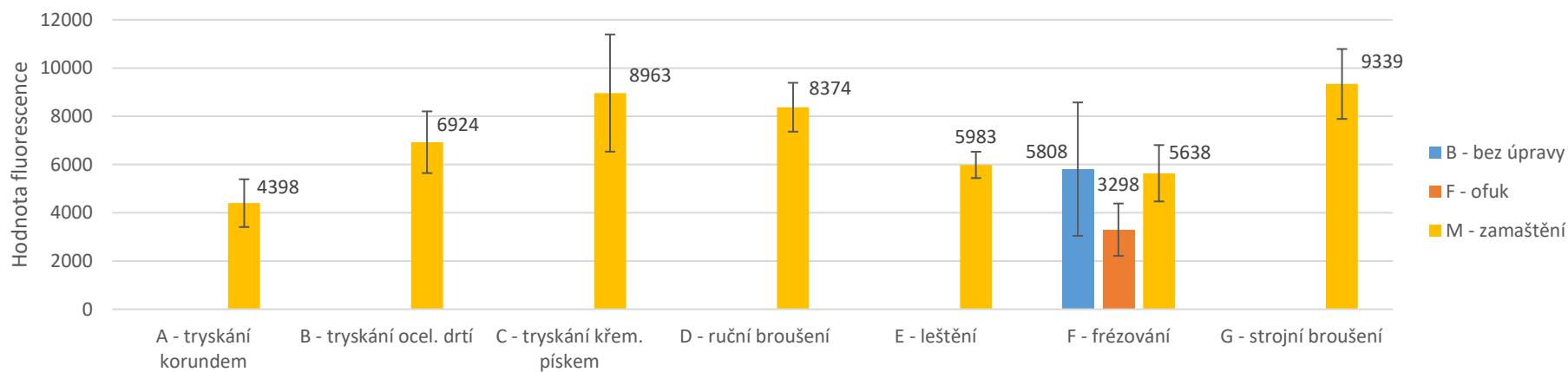
Pomocí různých předúprav se při experimentu dosáhlo různé čistoty povrchu. Ta byla stanovována pomocí množství a velikosti prachu na povrchu vzorků, testovacími fixy a přístrojem Recognoil. Všechny mechanické i chemické (moření) předúpravy prokázaly, že jimi lze z povrchu dobře odstranit vrstvu okují, která by měla nepříznivý vliv na přilnavost nátěru, viz kapitola 7.6.1. Při jednotlivých předúpravách se ale na povrch vzorků dostávali další nečistoty, jako je třeba kovový prach, brusivo, abrazivum nebo olejová emulze, které způsobovali cizí znečištění povrchu. Nejcitlivěji tyto nečistoty hodnotil metodou fluorescence přístroj Recognoil. Srovnání průměrných naměřených hodnot fluorescence vzorků B (bez úpravy), F (ofuk), O (odmaštění) a M (zamaštění) po různých mechanických předúpravách je na Obr. 60 a Obr. 61.

Graf závislosti fluorescence vzorků na použitých předúpravách a dalších operacích



Obr. 60: Porovnání fluorescence vzorků B, F a O po mechanických předúpravách

Graf závislosti fluorescence vzorků na použitých předúpravách a dalších operacích



Obr. 61: Porovnání fluorescence zamaštěných vzorků po mechanických předúpravách

Z grafu na Obr. 60 lze říci, že nejvyšších hodnot fluorescence dosáhly u všech technologií předúprav vzorky bez úpravy (B), tj. ve stavu ihned po předúpravě. Z těch bylo znečištění s přehledem nejvyšší u frézovaných vzorků, k jejichž chlazení se používala olejová emulze. Další vysokých hodnot se dosáhlo také po tryskání umělým korundem a ručním broušením. U těchto předúprav je vysoká i směrodatná odchylka měření, což ukazuje, že znečištění povrchu nebylo ve všech místech rovnoměrné. V případě tryskání mohlo na povrchu vzorků v některých místech zůstat více korundového abraziva, které následně vykazovalo fluorescenci. U broušení je vysoká směrodatná odchylka dána hlavně tím, že uvolněné brusivo a kovový prach zůstávaly převážně v rýhách po broušení, které pak vykazovaly výraznou fluorescenci. Vyšší fluorescence rýh může také souviset s odrazem paprsků, kdy se vlivem rýh v povrchu do detektoru přístroje odrazí více paprsků, a tím se zdánlivě vyhodnotí vyšší znečištění. To by vysvětlovalo vyšší hodnoty fluorescence i u ofouknutých (F) a odmaštěných (O) vzorků po ručním broušení.

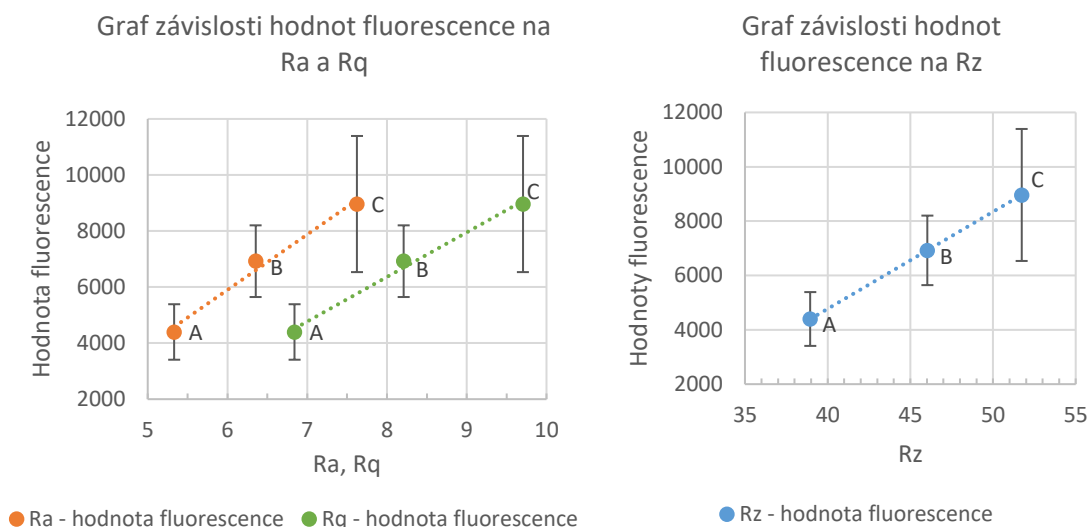
Ofukem (F) i odmaštěním (O) vzorků se u všech mechanických předúprav dosáhlo snížení hodnot fluorescence (což znamená zvýšení čistoty povrchu). A u většiny předúprav došlo také ke snížení směrodatné odchylky naměřených dat. Z toho lze usuzovat, že povrch byl díky ofuku a odmaštění vždy čistější a případné zbytkové nečistoty byly menší a rovnoměrněji rozložené.

Na Obr. 61 je srovnání zamaštěných vzorků (M) po různých mech. předúpravách, ke kterému se přiřadily ještě vzorky po frézování (B a F), které se zamaštěným vzorkům (kvůli použité olejové emulzi) hodnotami fluorescence nejvíce blížily. U frézovaných vzorků bez úpravy (B), tj. ve stavu ihned po frézování, se podle změřených dat dosáhlo dokonce vyšších hodnot fluorescence než u zamaštěných vzorků (M). Tedy těch, na které byl olejový film po odmaštění nanesen úmyslně. Důvodem jsou různé typy olejů, které mohou vykazovat jinou fluorescenci, ale také přítomnost třísek z frézování a kovového prachu na povrchu vzorků.

7.7.1.2. Závislost zamaštění na drsnosti povrchu

Vzorky po tryskání (umělým korundem A, ocelovou drtí B a křemenným pískem C) měly díky použití ostrohranných abraziv podobný (aperiodický) charakter a vzhled povrchu. U těchto vzorků se tedy mohly porovnávat některé vlastnosti povrchu s dosaženou drsností. Drsnost po tryskání umělým korundem (A) byla nejnižší, o něco vyšší drsnosti se dosáhlo tryskáním ocelovou drtí (B) a nejvyšší drsnost se docílila tryskáním křemenným pískem (C). Závislost hodnot fluorescence zamaštěných vzorků na drsnosti po tryskání (Obr. 62) ukazuje, že čím větší je po tryskání drsnost povrchu, tím vyšší jsou i změřené hodnoty fluorescence povrchu. To znamená, že s vyšší drsností povrchu se v jeho nerovnostech zachytí větší množství mastnoty. Důkazem, že vyšší

hodnoty fluorescence má na svědomí pouze množství mastnoty, je fakt, že před samotným zamaštěním vykazovaly odmaštěné vzorky po všech typech tryskání podobné hodnoty fluorescence (viz Obr. 60). Vyšší ukotvení mastnoty na drsnějších vzorcích by také bylo vhodné ověřit stanovením zamaštění z hmotnostního rozdílu. Použité vzorky ovšem (kvůli jejich hmotnosti) nebylo možné na dostupných analytických vahách vážit.



Obr. 62: Grafy závislosti hodnot fluorescence na parametrech drsnosti u tryskání A, B, C

Vyšší mastnota vzorků následně znamená nižší přilnavost povlaků NH, což se potvrdilo při odtrhových zkouškách epoxidových i vodou ředitelných nátěrů na zamaštěných vzorcích. Tab. 52 ukazuje průměrné hodnoty parametrů drsnosti po různých typech tryskání, hodnoty fluorescence a přibližné odtrhové pevnosti nátěrů na zamaštěných tryskaných vzorcích. Přesné hodnoty odtrhových pevností jednotlivých vzorků a charaktery lomu nebo parametry drsnosti pro směr X a Y jsou v příslušných kapitolách o daných typech tryskání.

Tab. 52: Přehled parametrů povrchu na tryskaných zamaštěných vzorcích

Předúprava	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Hodnota fluorescence	Odrhové pevnosti nátěrů [MPa]	
					vodou ředitelný	epoxidový
A – tryskání korundem	5,3	38,9	6,8	4398	10,2	4,0
B – tryskání ocel. drtí	6,4	46,0	8,2	6924	6,6	2,5
C – tryskání křem. pískem	7,6	51,7	9,7	8963	6,2	2,0

7.7.1.3. Přilnavost nátěrů

Přilnavost vodou ředitelné nátěrové hmoty CP 55 byla nejvíce ovlivňována čistotou povrchu a jeho drsností. Po předúpravách povrchu se na vzorcích prováděli další operace, jako B (bez úpravy), F (ofuk), O (odmaštění), M (zamaštění) a v případě chemických předúprav také Ř (moření). Mořením se u vzorků bez mech. předúpravy (7.6.1) dosáhlo zvýšení odtrhové pevnosti vlivem odstranění okují z povrchu. Podobně se také u většiny mechanických předúprav dosáhlo očištěním povrchu F (ofukem) a O (odmaštěním) po

předúpravě zvýšení odtrhové pevnosti. Charaktery lomů vodou ředitelných nátěrů ovšem zůstávaly podobné. Nejvýznamnějšího rozdílu v přilnavosti nátěrů se u všech použitých předúprav povrchu shodně dosahovalo na zamaštěných vzorcích (M), kde byla přilnavost nátěrů nejhorší. Z odtrhových napětí odmaštěných vzorků po různých předúpravách je také patrné, že při vyšších drsnostech povrchu (např. po tryskání) byly odtrhové pevnosti daleko vyšší (nad 10 MPa) než u povrchů s nízkou drsností, např. po leštění. Odmaštěné vzorky na leštěném povrchu dosahovaly odtrhových pevností okolo 4,5 MPa. Z výsledků odtrhových pevností odmaštěných vzorků po strojním broušení (G) je také možné usuzovat, že periodický profil povrchu může přilnavost zhoršovat. Tento výsledek by ale bylo nutné znovu a důkladněji prověřit.

U epoxidových nátěrů LV EPS 620 se dosáhlo podobných závěrů jako u nátěrů vodou ředitelných. Nejhorší přilnavost vykazovaly u všech předúprav nátěry na zamaštěných vzorcích (M). U nich se také lom uskutečnil převážně mezi nátěrem a podkladem. Rozdíly v odtrhových pevnostech vzorků po F (ofuku) a O (odmaštění) nebyly u epoxidových nátěrů moc výrazné a příliš se nelišily ani odtrhové pevnosti nátěrů na odmaštěných vzorcích po různých předúpravách (kromě leštění). Odtrhové pevnosti těchto vzorků se většinou pohybovaly mezi 6 MPa a 8 MPa. To bylo dáno hlavně charakterem lomu, který byl převážně kohezní a docházelo k němu uvnitř nátěrové hmoty. Proto nebyly žádné výrazné rozdíly měřitelné. I přes to se ale u velice drsných povrchů po tryskání ocel. drtí (B) a křem. pískem (C) dosáhlo v některých případech odtrhového napětí nad 9 MPa. Nátěry na odmaštěných leštěných površích se odtrhávaly za napětí okolo 3,5 MPa, což je výrazně nižší hodnota. Proto lze říci, že přilnavost epoxidové NH také závisí na drsnosti.

8. Technicko-ekonomické zhodnocení

Obecně nelze říci, že je jedna předúprava lepší než jiná. Každá předúprava má své výhody a nevýhody a lze pro ni najít vhodné uplatnění. Výběr optimální předúpravy vždy závisí na konkrétní aplikaci, možnostech firmy a požadavcích na výrobek. Například tryskáním se dosahuje výborných parametrů povrchu (vhodných pro aplikaci NH), což bylo ověřeno i v experimentu. Nelze ho ale použít pro všechny výrobky. Tryskáním tenkých plechů by mohlo dojít k jejich deformaci, a tedy k nevratnému poškození. Proto se v takovém případě použije spíše strojní broušení. Dále také výběr předúpravy závisí na použitelnosti dané technologie. Některé způsoby předúprav není možné použít například pro složité výrobky nebo na úpravu již instalovaných venkovních konstrukcí.

Kromě technické stránky je nutné zhodnotit také tu ekonomickou. Při výběru dané technologie předúpravy je (vedle nákladů na samotné provedení předúpravy) nutné zhodnotit také životnost nátěru, které se tímto procesem dosáhne. Nízká životnost nátěru s sebou totiž přináší nemalé náklady, které je nutné vynaložit na jeho případnou opravu. Životnost nátěrů úzce souvisí s jejich přilnavostí, která je dána především čistotou povrchu a jeho parametry po předúpravě. Z tohoto důvodu se u předúprav použitých v experimentu provedlo bodové hodnocení (na stupnici od 0 do 10) čistoty povrchu a jeho drsnosti, které měly na přilnavost nátěrů největší vliv, viz Tab. 53.

Tab. 53: Hodnocení zkoumaných předúprav z hlediska drsnosti a čistoty povrchu

Kritérium	Drsnost povrchu	Čistota povrchu	Σ
Bez mechanické předúpravy (-)	3	7	10
Tryskání umělým korundem (A)	8	5	13
Tryskání ocelovou drtí (B)	9	6	15
Tryskání křemenným pískem (C)	10	6	16
Ruční broušení (D)	6	5	11
Leštění (E)	1	-	1
Frézování (F)	3	1	4
Strojní broušení (G)	4	6	10

Z tohoto hodnocení vychází nejlépe všechny technologie tryskání, u kterých byly při experimentu také nejlepší výsledky přilnavosti. Naopak nejhůř dopadly technologie frézování a leštění. U frézování je největším problémem silné znečištění povrchu olejovou emulzí. Leštěním se zase dosáhlo velmi nízké drsnosti, která není pro ukotvení NH vhodná a čistotu povrchu nelze hodnotit, protože leštění bylo prováděno externě a povrch byl pravděpodobně před nanesením ochranné folie očištěn.

9. Závěr

Cílem této práce bylo (kromě rešeršní části) hlavně zkoumání vlivu předúprav a čistoty povrchu na adhezi nátěrových hmot. Z toho důvodu se provedlo osm různých typů předúprav, po kterých se hodnotily dosažené parametry povrchu. Kromě toho se po každé předúpravě simuloval následným ofukem, odmaštěním nebo přidaným zamaštěním různý stupeň čistoty. Vliv těchto předúprav na přilnavost se následně zkoumal pro dvě nátěrové hmoty, epoxidovou LV EPS 620 a vodou ředitelnou CP 55.

Výsledky experimentu ukazují, že z hlediska čistoty ovlivňuje přilnavost obou nátěrových hmot nejvíce mastnota. Na množství mastnoty, které se na povrchu zachytí, má potom největší vliv drsnost povrchu. U tryskaných vzorků se ukázala závislost, že čím větší je drsnost povrchu, tím větší množství mastnoty se na něm zachytí. To má potom nepříznivý dopad na přilnavost nátěrových hmot, která je s vyšším množstvím mastnoty horší. Zároveň se ale u drsných očištěných povrchů dosáhlo nejlepší přilnavosti nátěrů a nejvyšších odtrhových pevností. Z toho lze vyvodit závěr, že nejlepší přilnavosti nátěrových hmot se dosáhne na dostatečně zdrsňeném povrchu, u kterého se ale po předúpravě důsledně dodrží očištění povrchu. Při experimentu byly také odhaleny nedostatky metod stanovování čistoty pomocí testovacích fix nebo přístroje Recognoil, které byly ovlivněny drsností povrchu, nebo výraznými rýhami. Na základě měření při experimentu se jako spolehlivější jeví přístroj Recognoil, který umožňuje i větší rozlišení rozdílů ve znečištění povrchu.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] KALEDOVÁ, Andrea. *Technologie nátěrových hmot II.: povrchové úpravy a způsoby předúpravy materiálů*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav polymerních materiálů, 2003. ISBN 80-7194-555-2.
- [2] LUKAVSKÝ, Ladislav, Stanislav BOUŠKA a Václav FIALA. *Nátěrové hmoty: 1. díl*. 3. upr. vyd. Praha: Merkur, 1993. ISBN 80-7032-301-9.
- [3] KUDLÁČEK, Jan. Problematika předúprav povrchu: část 1.-nečistoty. *Povrchová úprava* [online]. 2007, (3), 5-7 [cit. 2018-05-08]. ISSN 1801-707X.
- [4] JANKURA, Daniel. *Materiály v strojárské výroby a technológie ich finalizácie*. Vydanie prvé. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2011. ISBN 978-80-553-0786-2.
- [5] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7082-668-1.
- [6] KOPŘIVA, Andreas. *Porovnání účinnosti odmašťovacích prostředků*. Praha, 2015. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Jan Kudláček.
- [7] NOVOTNÝ, Jiljí. *Technologie I: slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1996, 227 s. ISBN 80-01-01420-7.
- [8] HANSEL, Dave. Abrasive blasting systems. *Metal Finishing* [online]. 1999, 97(5), 29-55 [cit. 2018-05-12]. DOI: 10.1016/S0026-0576(99)80758-2. ISSN 00260576. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026057699807582>
- [9] MAREK, Vladimír. Technologie tryskání jako konečná úprava povrchu. *Povrchové úpravy*. 2007, 10(2), 49-52. ISSN 0551-7354.
- [10] SEDLÁČEK, Alexander. Nekovové tryskací prostředky. *Povrcháři* [online]. b.r., 2010(10), 9-12 [cit. 2018-05-12]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201010_povrchari.pdf
- [11] SEDLÁČEK, Alexander. Kovové tryskací prostředky. *Povrcháři* [online]. b.r., 2010(8), 4-7 [cit. 2018-05-12]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201008_povrchari.pdf
- [12] KREIBICH, Viktor a Karel HOCH. *Koroze a technologie povrchových úprav*. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1991.
- [13] SOUKUP, Miloslav a Vladimír RUMML. *Odmašťování v průmyslu a zemědělství*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit., 1978.

- [14] KUDLÁČEK, Jan. *Optimalizace procesu čištění pro aplikace povrchových úprav*. Praha, 2009. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce Viktor Kreibich.
- [15] KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. *Žárové zinkování*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014, 199 s. ISBN 978-80-905298-2-3.
- [16] ŠTURC, Josef. *Moření oceli*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985, 256 s.
- [17] JEDELSKÝ, J., P. NĚMEC, D. VESELÝ a P. KALENDA. Povrchová úprava materiálů pomocí laseru. *MM Průmyslové spektrum*. b.r., 2005(4), 82. ISSN 1212-2572.
- [18] Laser surface preparation and cleaning. *BS Innoclean* [online]. 2018 [cit. 2018-07-02]. Dostupné z: <https://www.bs-innoclean.lu/nettoyage-laser.php?lg=en>
- [19] PAVLATOVÁ, Monika a Petr ŠPATENKA. Plazmově upravené práškové materiály. *Tribotechnika* [online]. Techpark, o.z., b.r., 2014(4) [cit. 2018-07-02]. ISSN 1338-0524. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42014/plazmove-upravene-praskove-materialy.html>
- [20] TENDERO, Claire, Christelle TIXIER, Pascal TRISTANT, Jean DESMAISON a Philippe LEPRINCE. Atmospheric pressure plasmas: A review. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* [online]. 2006, 61(1), 2-30 [cit. 2018-07-02]. DOI: 10.1016/j.sab.2005.10.003. ISSN 05848547. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0584854705002843>
- [21] KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1999. ISBN 80-01-01472-X.
- [22] KUBÁTOVÁ, Hana. *Nátěry kovů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2000. Profi & hobby. ISBN 80-247-9035-1.
- [23] WEISMANTEL, Guy. *Paint handbook*. New York: McGraw-Hill, 1981. ISBN 0-07-069061-8.
- [24] HEMPEL. *Jak vybrat správný nátěrový systém*. Brno, 2017. Dostupné také z: <http://www.hempel.cz/cs-CZ/Products/Segments/protective/media-center>
- [25] PERGE INTERNATIONAL, S.R.O. *Popis a zkratky: International Protective Coatings*. b.r. Dostupné také z: http://www.perge.cz/data/blob/xzajimavosti-application_pdf-20080821120148-6070-popis-a-zkratky.pdf
- [26] KUDLÁČEK, Jan a Petr CHÁBERA. Vyhodnocování čistoty povrchu. *MM Průmyslové spektrum*. b.r., 2013(5), 104. ISSN 1212-2572.

- [27] NEVĚČNÝ, Petr. Stupně přípravy ocelového podkladu dle ČSN ISO 8501-1 a podobných norem. *Povrchové úpravy*. Praha: PRESS AGENCY, 2012, 2012(2), 2-5. ISSN 0551-7354.
- [28] ČSN EN ISO 8501-1. *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*. 1.11.2007. 2007.
- [29] ČSN EN ISO 8502-3. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepicí páskou)*. 1.9.2017. 2017.
- [30] Fixy a inkousty pro určení povrchového napětí. *Gamin* [online]. 2018 [cit. 2018-07-04]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/fixy-a-inkousty/>
- [31] Arcotest - Fixy a inkousty. *Proinex Instruments* [online]. 2017 [cit. 2018-07-04]. Dostupné z: <http://www.proinex.cz/cs/61-arcotest-fixy-a-inkousty.html>
- [32] TechTest s.r.o. Recognoil. *Techtest.eu* [online]. 2015 [cit. 2018-07-04]. Dostupné z: <http://www.techtest.eu/indexCS.html>
- [33] CHÁBERA, Petr a Jan KUDLÁČEK. Nové možnosti detekce čistoty povrchu metodou UV-VIS spektroskopie. *Povrcháři*. 2015, 2015(1), 5-7. ISSN 1802-9833.
- [34] PACÁK, Lukáš a Jan KUDLÁČEK. Detekce mastných nečistot v praxi. *Povrcháři*. 2012, 2012(1), 10-13. ISSN 1802-9833. Dostupné také z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201201_povrchari.pdf
- [35] Drsnost povrchu dle DIN EN ISO. *Hommel-etamic* [online]. JENOPTIK, b.r. [cit. 2018-07-07]. Dostupné z: <https://www.hommel-etamic.cz/cz/technicke-informace/drsnost-povrchu-dle-din-en-iso/>
- [36] Příprava povrchu. *Gamin* [online]. 2018 [cit. 2018-07-03]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/priprava-povrchu-preduprava/>
- [37] ČSN EN ISO 8503-1. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů - Část 1: Specifikace a definice pro hodnocení otryskaných povrchů s pomocí ISO komparátorů profilu povrchu*. 1.8.2012. 2012.
- [38] ČSN EN ISO 8503-2. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů - Část 2: Hodnocení profilu povrchu otryskané oceli komparátorem*. 1.8.2012. 2012.

- [39] Měření drsnosti povrchu - drsnoměry profiloměry. *Proinex instruments* [online]. b.r. [cit. 2018-07-03]. Dostupné z: http://www.proinex.cz/cs/blog/10_mereni-drsnosti-povrchu
- [40] *Hodnocení vlastností nátěrových hmot* [online]. Pardubice, 2001-2002 [cit. 2018-06-12]. Dostupné z: <https://fcht.upce.cz/sites/default/files/public/luva3059/hodnoc-mech-vlast.pdf>. Studijní materiál. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická Ústav polymerních materiálů Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků.
- [41] ČSN EN ISO 4624. *Nátěrové hmoty - Odrhová zkouška přilnavosti*. 2016.
- [42] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška: Paints and varnishes - Cross-cut test*. 2013.
- [43] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. 2008.
- [44] DRAŠNAR, Petr. Kontrola kvality protikorozi ochrany. *MM Průmyslové spektrum*. 2015, 2015(12), 128. ISSN 1212-2572.
- [45] Abraziva a tryskáčské materiály. *ABRANOVA, s.r.o.* [online]. 2018 [cit. 2018-07-10]. Dostupné z: <http://abranova.cz/produkty>

Seznam obrázků

Obr. 1: Druhy nečistot na povrchu [4]	10
Obr. 2: Schéma rozvrstvení materiálu v bubnu při omílání [5]	19
Obr. 3: Schéma dělení odmašťovacích prostředků [14].....	22
Obr. 4: Princip moření a složení oxidů v okujích [15].....	24
Obr. 5: Výchozí stav za tepla válcovaného ocelového povrchu – stupně zarezavění [27]	32
Obr. 6: Stupně přípravy povrchu získané tryskáním [27]	32
Obr. 7: Přístroj Recognoil od firmy TechTest, s. r. o.....	34
Obr. 8: Schémata profilu drsnosti [35].....	35
Obr. 9: Drsnoměr Mitutoyo SJ-301	36
Obr. 10: Schéma odtrhové zkoušky, metoda B [40]	38
Obr. 11: Schéma vzorku se zvýrazněnými místy měření.....	44
Obr. 12: Čtyřhranné nanášecí pravítko [40].....	48
Obr. 13: Aplikace NH pomocí pravítka a folie	48
Obr. 14:Odmašťování v průmyslové ultrazvukové vaně K-2IE a oplach	49
Obr. 15: Zařízení pro nanášení olejové vrstvy	50
Obr. 16: ISO komparátor Elcometer 125 (vlevo) a Rugotest N°3 (vpravo).....	52
Obr. 17: Testovací fixy Arcotest.....	52
Obr. 18: Digitální tloušťkoměr Elcometer 456	53
Obr. 19: Příslušenství k provedení odtrhové zkoušky.....	53
Obr. 20: Vzhled vzorku před mořením (vlevo) a po moření (vpravo).....	54
Obr. 21: Grafy hodnot fluorescence vzorků O, M, Ř, K bez mechanické předúpravy (-)	55
Obr. 22: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH na vzorcích bez mech. předúpravy (-)	56
Obr. 23: Okuje v lomové ploše odtrhu.....	57
Obr. 24: Detailní snímek povrchu po otryskání umělým korundem (vzorek VA-B1).....	58
Obr. 25: Stanovení prachu na vzorcích – EA-B1 (vlevo), EA-F1 (uprostřed) a EA-O1 (vpravo)	58
Obr. 26: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po technologii A ..	60
Obr. 27: Vady epoxidového nátěru na zamaštěném povrchu (vzorek EA-M2).....	60
Obr. 28: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po tryskání umělým korundem (A)	60
Obr. 29: Snímky fluorescence nečistot na povrchu vzorků EA-B1 a EA-O1	62
Obr. 30: Snímek povrchu po tryskání ocelovou drtí (vzorek VB-F2).....	63
Obr. 31: Snímky prachu na vzorcích EB-B1 (vlevo), EB-F1 (uprostřed) a EB-O1 (vpravo).....	63
Obr. 32: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po tryskání ocelovou drtí (B).....	64
Obr. 33: Vady epoxidových nátěrů na zamaštěných vzorcích po tryskání ocel. drtí (B).....	65
Obr. 34:Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po tryskání ocelovou drtí (B)	65
Obr. 35:Tryskání křemenným pískem.....	67

Obr. 36: Snímek povrchu po tryskání křemenným pískem (vzorek VC-B1).....	67
Obr. 37: Snímky prachu na vzorcích VC-B1 (vlevo), VC-F1 (uprostřed) a VC-O1 (vpravo)....	68
Obr. 38: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po tryskání křem. pískem (C).....	69
Obr. 39: Znečištění povrchu vzorku VC-F2 v místě 2.....	69
Obr. 40: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po tryskání křem. pískem (C)	70
Obr. 41: Snímek povrchu po ručním broušení (vzorek VD-B1).....	72
Obr. 42: Snímky prachu na vzorcích VD-B1 (vlevo), VD-F1 (uprostřed) a VD-O1 (vpravo)...	72
Obr. 43: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po ručním broušení (D).....	73
Obr. 44: Vyšší hodnoty fluorescence v rýhách, vzorek VD-B2 (vlevo), ED-O1 (uprostřed), VD- M1 (vpravo)	74
Obr. 45: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po ručním broušení (D).....	74
Obr. 46: Vzorek s ochrannou folií a detailní snímek leštěného povrchu (E), vzorek (VE-B1) ..	76
Obr. 47: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po leštění (E).....	77
Obr. 48: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po leštění (E).....	77
Obr. 49: Detailní snímek povrchu po frézování (vzorek VF-B1)	79
Obr. 50: Snímky prachu na vzorcích VF-B2 (vlevo), EF-F1 (uprostřed) a EF-O1 (vpravo).....	79
Obr. 51: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po frézování (F) ...	80
Obr. 52: Vyšší hodnoty fluorescence v rýhách, vzorek EF-B1(vlevo), VF-F2 (uprostřed) a VF- M1 (vpravo)	81
Obr. 53: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po frézování (F)	81
Obr. 54: Vzorek po frézování se zvýrazněnými místy, ve kterých se provádělo měření.....	83
Obr. 55: Snímek povrchu po strojním broušení (vzorek VG-B1).....	84
Obr. 56: Snímky prachu na vzorcích VG-B1 (vlevo), EG-F1 (uprostřed) a EG-O1 (vpravo)....	84
Obr. 57: Průměrné hodnoty fluorescence povrchu v závislosti na úpravách po strojním broušení (G).....	85
Obr. 58: Vada epoxidových nátěrů na zamaštěných vzorcích po strojním broušení (G).....	85
Obr. 59: Průměrné hodnoty DFT vodou ředitelné a epoxidové NH po strojním broušení (G)...	86
Obr. 60: Porovnání fluorescence vzorků B, F a O po mechanických předúpravách.....	88
Obr. 61: Porovnání fluorescence zamaštěných vzorků po mechanických předúpravách	88
Obr. 62: Grafy závislosti hodnot fluorescence na parametrech drsnosti u tryskání A, B, C.....	90

Seznam tabulek

Tab. 1: Příklady kovových a nekovových tryskacích prostředků [8; 10].....	15
Tab. 2: Přibližné chemické složení ocelového granulátu [11]	16
Tab. 3: Stupně tvrdosti ocelové drtě [11].....	16
Tab. 4: Stupně zarezavění povrchu [27]	31
Tab. 5: Definice stupňů přípravy (čistoty) povrchu [27]	31
Tab. 6: Třídy velikostí částic prachu [29]	33
Tab. 7: Typy porušení nátěru při odtrhové zkoušce [40]	38
Tab. 8: Vzdálenost mezi řezy mřížky v závislosti na typu podkladu a tloušťce nátěru [42]	39
Tab. 9: Vyhodnocení mřížkové zkoušky [42].....	40
Tab. 10: Hodnocení výsledků křížového řezu [43]	41
Tab. 11: Chemické složení ocelových vzorků	43
Tab. 12: První pozice v označování vzorků	45
Tab. 13: Druhá pozice při označování vzorků	45
Tab. 14: Třetí pozice při označování vzorků.....	45
Tab. 15: Parametry CP 55	46
Tab. 16: Parametry LV EPS 620.....	47
Tab. 17: Parametry LV BU45 N	47
Tab. 18: Parametry motorového oleje MOGUL DIESEL DT 15W-40	51
Tab. 19: Parametry technického benzínu	51
Tab. 20: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků bez mech. předúpravy (-).....	55
Tab. 21: Povrchová napětí vzorků bez mech. předúpravy (-)	55
Tab. 22: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků bez mech. předúpravy (-).....	56
Tab. 23: Chemické složení hnědého korundu [45]	58
Tab. 24: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po technologii A	59
Tab. 25: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po technologii A	59
Tab. 26: Povrchová napětí vzorků po tryskání umělým korundem (A).....	59
Tab. 27: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po tryskání umělým korundem (A)	61
Tab. 28: Chemické složení ocelové drtě GL 18 [45]	63
Tab. 29: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po tryskání ocelovou drtí (B).....	63
Tab. 30: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po tryskání ocelovou drtí (B).....	64
Tab. 31: Povrchová napětí vzorků po tryskání ocelovou drtí (B)	64
Tab. 32: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po tryskání ocelovou drtí (B).....	66
Tab. 33: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po tryskání křem. pískem (C).....	68
Tab. 34: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po tryskání křemenným pískem (C)	68
Tab. 35: Povrchová napětí vzorků po tryskání křemenným pískem (C).....	68
Tab. 36: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po tryskání křemenným pískem.....	70
Tab. 37: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po ručním broušení (D)	72
Tab. 38: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po ručním broušení (D)	72
Tab. 39: Povrchová napětí vzorků po ručním broušení (D).....	73
Tab. 40: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po ručním broušení (D)	75

Tab. 41: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po leštění (E)	76
Tab. 42: Povrchová napětí vzorků po leštění (E)	76
Tab. 43: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po leštění (E)	78
Tab. 44: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po frézování (F)	80
Tab. 45: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po frézování (F)	80
Tab. 46: Povrchová napětí vzorků po frézování (F).....	80
Tab. 47: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po frézování (F)	82
Tab. 48: Výsledky stanovení prachu na ocelovém podkladu po strojním broušení (G)	84
Tab. 49: Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorků po strojním broušení (G)	84
Tab. 50: Povrchová napětí vzorků po strojním broušení (G).....	85
Tab. 51: Odtrhové pevnosti a charakter lomu vzorků po strojním broušení (G)	86
Tab. 52: Přehled parametrů povrchu na tryskaných zamaštěných vzorcích	90
Tab. 53: Hodnocení zkoumaných předúprav z hlediska drsnosti a čistoty povrchu	92

Seznam příloh

- Příloha I – Protokol z měření na stolním spektrometru Q4 Tasman
- Příloha II – Technický list nátěrové hmoty LV EPS 620
- Příloha III – Technický list přípravku Star 75 PN
- Příloha IV – Technické informace motorového oleje MOGUL DIESEL DT 15W-40
- Příloha V – Fotografie záznamů ze stanovení velikosti a množství částic prachu
- Příloha VI – Naměřená data z měření drsnosti vzorků
- Příloha VII – Hodnoty fluorescence povrchu vzorků naměřené přístrojem Recognoil
- Příloha VIII – Naměřené hodnoty tloušťek DFT povlaků obou nátěrových hmot
- Příloha IX – Výsledky mřížkové zkoušky
- Příloha X – Výsledky zkoušky křížovým řezem
- Příloha XI – Fotografie vzorků po zkouškách
- DVD s doplňujícími materiály

Obsah přiloženého DVD:

- Diplomová práce (*.pdf)
- Tabulky s naměřenými hodnotami (*.xlsx)
- Snímky z přístroje Recognoil (*.bmp)
- Snímky z mikroskopu (*.jpg)
- Snímky vzorků po zkouškách přilnavosti (*.jpg)
- Snímky záznamů ze stanovení velikosti a množství částic prachu (*.jpg)

Příloha I – Protokol z měření na stolním spektrometru Q4 Tasman

13.6.2018 16:30:17

Q4 Tasman results

Popis vzorku										
Jakost	Vzorek		Plech	Meril	Kubelkova		Poznamka			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1.	0.099	0.021	0.795	<0.0050	<0.150	0.020	<0.010	0.017	0.048	0.049
2.	0.100	0.021	0.795	<0.0050	<0.150	0.017	<0.010	0.014	0.046	0.048
3.	0.100	0.017	0.791	<0.0050	<0.150	0.017	<0.010	0.013	0.046	0.047
↑↑										
∅	0.100	0.020	0.794	<0.0050	<0.150	0.018	<0.010	0.015	0.047	0.048
↓↓										
σ	0.00071	0.0023	0.0023			0.0017		0.0021	0.0012	0.0010
ν	0.710	11.50	0.290			9.444		14.00	2.553	2.083
	As	B	Bi	Ce	Co	Mg	N	Nb	Pb	Sb
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1.	0.013	<0.0010	<0.010	0.0054	<0.0050	<0.0050	0.021	<0.0010	0.012	<0.010
2.	0.012	<0.0010	<0.010	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.022	<0.0010	<0.010	<0.010
3.	0.012	<0.0010	<0.010	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.021	<0.0010	<0.010	<0.010
↑↑										
∅	0.012	<0.0010	<0.010	0.0051	<0.0050	<0.0050	0.021	<0.0010	0.011	<0.010
↓↓										
σ	0.00071			0.00023			0.00071		0.0012	
ν	5.917			4.510			3.381		10.91	
	Sn	Ta	La	Ti	V	W	Zn	Zr	Se	Fe
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1.	<0.0050	<0.030	<0.0020	<0.0010	<0.0050	<0.010	0.0039	<0.0020	<0.0050	98.64
2.	<0.0050	<0.030	<0.0020	<0.0010	<0.0050	<0.010	0.0037	<0.0020	<0.0050	98.65
3.	<0.0050	<0.030	<0.0020	<0.0010	<0.0050	<0.010	0.0039	<0.0020	<0.0050	98.66
↑↑										
∅	<0.0050	<0.030	<0.0020	<0.0010	<0.0050	<0.010	0.0038	<0.0020	<0.0050	98.65
↓↓										
σ							0.00012			0.0100
ν							3.158			0.010

Fe100
Bruker Elemental

Koncentrace
1/1

Příloha II – Technický list nátěrové hmoty LV EPS 620



LV EPS 620					
Barva epoxidová 2K základní antikorozivní					
Použití	základní nátěr předmětů z železných (např. ocel), lehkých a neželezných kovů a předmětů upravených pozinkováním; teplotní odolnost nátěru max. 130 °C				
VOC g/l (obsah org. rozpouštědel v AS)	< 450 (kategorie - B/c)				
Podklad	dokonale očištěné a odmaštěné povrchy				
Tužení	6 : 1 obj. dílu tužidlo LV BU 45 N				
Ředění	0 – 10 % obj. ředidlo LV PA 600				
Konzistence aplikační směsi	21 ¹⁾ – 45 ²⁾ s/4 mm při 20 °C				
Vydatnost aplikační směsi	8 - 12 m ² /kg				
Způsob nanášení	HVLP ¹⁾ , AIRLESS ²⁾				
Počet nástřiků	2, doba odtékání mezi vrstvami 15 minut při 20 °C				
Doporučená tloušťka	20 - 30 μm				
Doba zpracování aplikační směsi	6 hodin při 20 °C				
Zasychání	3-4 h při 20 °C, 20-30 min při 60 °C				
hustota produktu g/cm ³	obsah organických rozpuštědel kg/kg	obsah celkového organického uhlíku kg/kg	obsah netěkavých látek-sušiny % obj.	obj. sušina aplikační směsi % obj.	obsah těžkých kovů
1,3	0,44	0,3	39	30	neobsahuje
Upozornění	Při práci s výrobkem je třeba dodržovat všechna bezpečnostní opatření, uvedená v bezpečnostním listě a na etiketě. Hořlavá kapalina II. třídy nebezpečnosti. Obsahuje organická rozpouštědla. Výrobek skladujte v suchém prostředí od 10 °C do 25 °C.				

SYNPO, akciová společnost
S. K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice
Tel: 466 067 250 Fax: 466 304 644
e-mail: synpo@synpo.cz

Platnost od června 2007

Příloha III – Technický list přípravku Star 75 PN

EVERSTAR s.r.o.
TECHNICKÝ LIST



STAR[®] 75 PN – “něpěňivý” superkoncentrát - neobsahuje hydroxidy

- ❖ **Charakteristika:** Průmyslový, vodou ředitelný přípravek řady STAR, určený k čištění středně znečištěných povrchů: ocel, litina, nerez, sklo, plast. Přípravek je velmi účinný při odstraňování ropných zbytků a jiných mastnot ze zařízení, polotovarů, podlah atd. Je vhodný pro mezioperační mytí, údržbu, odmašťování, pod práškové, vodou ředitelné, syntetické a nitro barvy, čištění skla při průmyslovém zpracování atd.
- ❖ **Použití:**
 - postřik nízkotlaký a vysokotlaký
 - ultrazvuk
 - namáčecí vany
 - ruční odmašťování
 - profesionální stroje a zařízení
- ❖ **Využití v průmyslu:** strojní průmysl, automobilní průmysl, letecký průmysl, sklářský průmysl, opravárenský průmysl, kolejová vozidla, lakovny, žárové zinkovny, galvanovny, atd.
- ❖ **Způsob ředění:** od 5% do 15%
Doporučujeme vyzkoušet vlastní způsob ředění. Doporučená tvrdost vody (4° N - 14° N). Po každé operaci doporučujeme oplach vodou.
- ❖ **Teplota:** 40° - 60°C – zahřátí zvyšuje účinnost čištění a odmašťování.
- ❖ **Ochrana proti korozi:** lze použít inhibitor koroze v odmašťovací lázni nebo v oplachu.
- ❖ **pH (1% roztok):** ~ 11
- ❖ **Balení:** 5 l kanystr, 10 l kanystr, 30 l kanystr, 200 l sud
- ❖ **Určení koncentrace:** titrační metoda, vodivostní metoda
(bližší informace lze získat na technickém oddělení firmy)

Výrobek se skladuje při teplotách +5°C do +25°C.

Bludovská 18
787 01 Šumperk
Telefon: 583 301 070
Fax: 583 301 089
e-mail: everstar@everstar.cz

IČO: 19013027
DIČ: CZ19013027
www.everstar.cz



Příloha IV – Technické informace motorového oleje MOGUL DIESEL DT 15W-40



Technické informace

MOGUL DIESEL DT SAE 15W-40

OLEJ VELMI VYSOKÉ VÝKONNOSTI PRO NAFTOVÉ MOTORY

Popis:

MOGUL DIESEL DT je celoroční motorový olej velmi vysoké výkonnosti. Je vyroben z vysoce jakostních ropných základových olejů s nízkou odparností, získaných moderní hydrogenační technologií a zušlechťujícími přísadami poslední vývojové generace (inhibitory oxidace a koroze, přísady detergentně disperzanční aj.).

Užití:

Je určen zejména k celoročnímu mazání vysoce namáhaných naftových motorů nákladních automobilů, autobusů, lokomotiv, lodí, mobilních těžkých strojů ve stavebnictví, lesnictví, zemědělství, lehkých užitkových vozidel aj. Uplatňuje se i v případech, kdy se používá méně hodnotného paliva (palivo s vyšším obsahem síry) - účinně potlačuje vznik opotřebení, koroze a vysokoteplotních úsad. Umožňuje splnění přísných emisních limitů a je zárukou dosažení velmi dlouhých výměnných lhůt.

Klasifikace, specifikace:

API CG-4/SL
Odpovídá: MB 228.1,
ACEA E2,
MAN 271,
MTU Type 1,
VOLVO VDS,
Aprobace: TATRA TDS 30/12,
TEDOM 258-2,
AVIA,
ZETOR

Charakteristické vlastnosti:

- zajišťuje dokonalé mazání moderních, vysoce zatížených motorů
- je zárukou bezproblémového celoročního provozu, zajišťuje dobrou startovatelnost za nízkých teplot
- zabraňuje tvorbě vysokoteplotních úsad i nízkoteplotních kalů a udržuje motor v čistotě
- má výborné antioxidační vlastnosti zaručující dlouhodobou životnost oleje
- výborně chrání vnitřní části motoru proti korozi
- umožňuje prodloužit lhůty výměn
- je zárukou splnění přísných emisních limitů

Charakteristické parametry

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma
Kinematická viskozita při 100 °C	mm ² /s	14,4	ČSN EN ISO 3104
Viskozitní index		135	ČSN ISO 2909
Bod vzplanutí	°C	225	ČSN EN ISO 2592
Bod tekutosti	°C	-30	ČSN ISO 3016
TBN	mg KOH/g	9,2	ČSN ISO 3771
Odparnost podle Noacka	% hm.	10,0	DIN 51 581

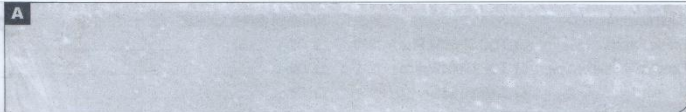
Hodnoty v tabulce jsou hodnotami typickými pro současnou produkci. Závazné parametry a další informace o výrobku jsou obsaženy v TN 23-286 PARAMO, a.s. a v bezpečnostním listu. Výrobek je klasifikován jako **nebezpečný** podle Nařízení EP a Rady č. 1272/2008 (CLP). Bližší informace jsou uvedeny v aktuálním BL na www.mogul.cz


PARAMO, a.s., Přerovská 560, 530 06 Pardubice
tel.: 466 810 111, fax: 466 810 328
<http://www.paramo.cz>, e-mail: paramo@paramo.cz

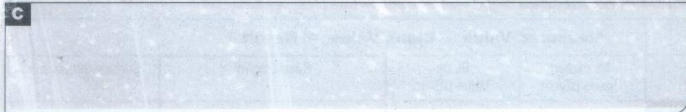
Příloha V – Fotografie záznamů ze stanovení velikosti a množství částic prachu


Pozn.: Snímky z mikroskopu a snímky záznamů v plném rozlišení jsou obsahem příloženého DVD.

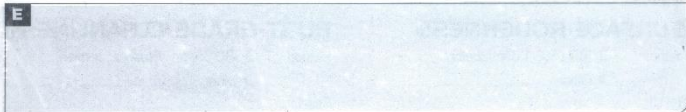
TQC SP3222 DUST TEST KIT REPORT FORM acc. ISO 8502-3
 Company: TRYSKÁMÍ KORUNDEM Name: _____ Date / Time: ____ / ____ / ____

VAR-1 **A** 

EA-D-1 **B** 

VA-F1 **C** 

EA-F1 **D** 

VA-O1 **E** 


1	2	3	4	5
---	---	---	---	---


Test Sample	A	B	C	D	E	Mean
Dust Quantity Rating						
Dust Particle Size*						


* See Display Board for classification
 Site / Location: _____ Surface type: _____ Nature of tested surface: _____
 Adhesive tape type used: TQC SP3209 Other: _____
 Background used: TQC SP3220 Other: _____
 Deviations: No Yes _____


© TQC by info@tqc.eu www.tqc.eu art.nr. SP3222


TQC SP3222 DUST TEST KIT REPORT FORM acc. ISO 8502-3
 Company: TRYSKÁMÍ KORUNDEM Name: _____ Date / Time: ____ / ____ / ____

EA-O1 **A** 

B 

C 

D 

E 

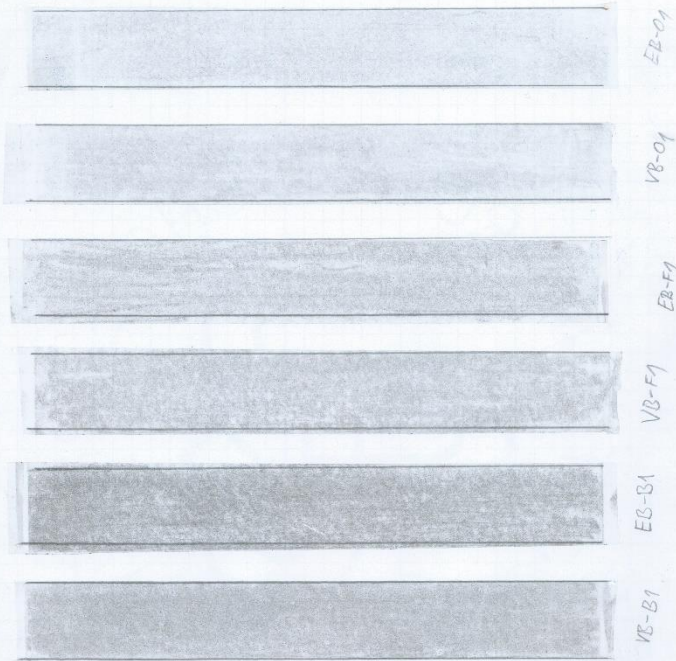
1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Test Sample	A	B	C	D	E	Mean
Dust Quantity Rating						
Dust Particle Size*						

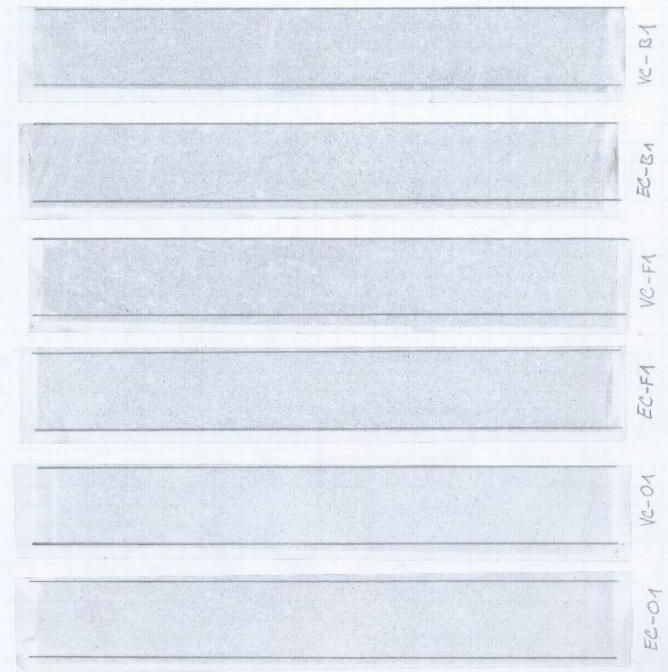
* See Display Board for classification
 Site / Location: _____ Surface type: _____ Nature of tested surface: _____
 Adhesive tape type used: TQC SP3209 Other: _____
 Background used: TQC SP3220 Other: _____
 Deviations: No Yes _____

© TQC by info@tqc.eu www.tqc.eu art.nr. SP3222

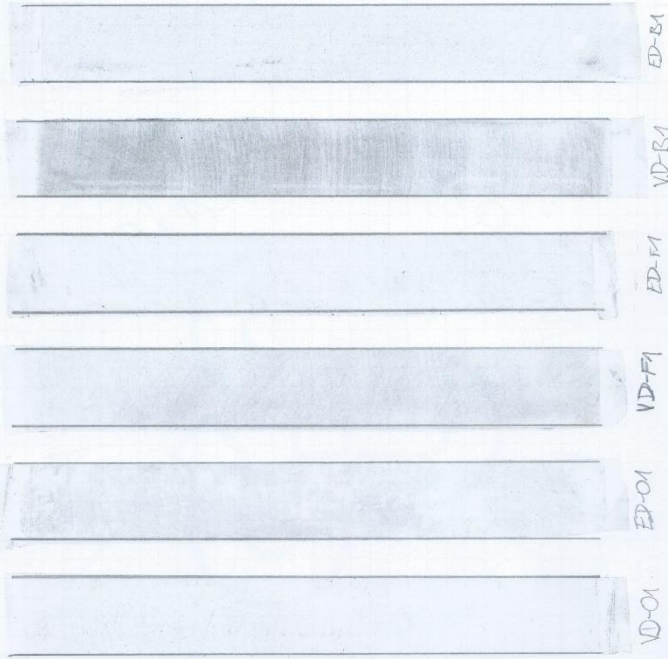
TRYSKÁNÍ OCELOVOU DRTÍ



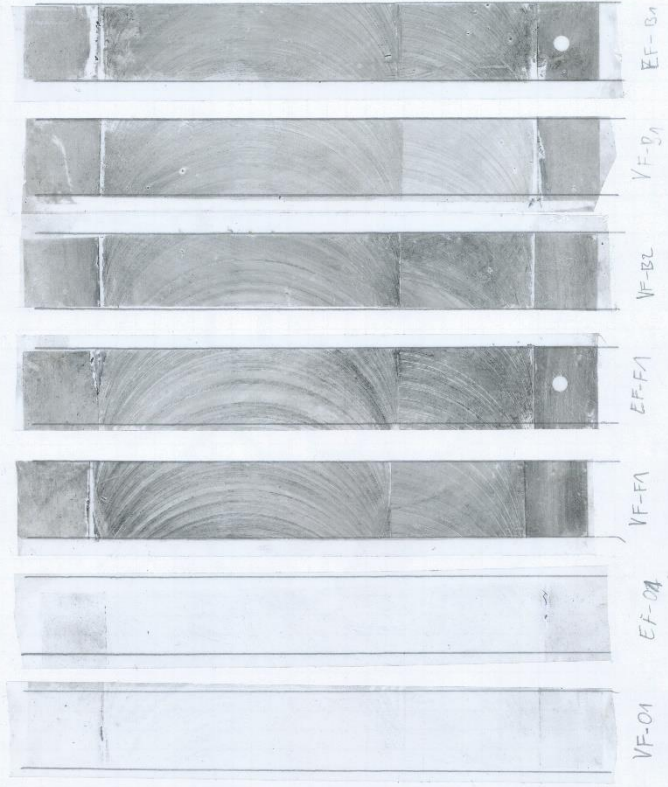
TRYSKÁNÍ KŘEM. PÍSKEM



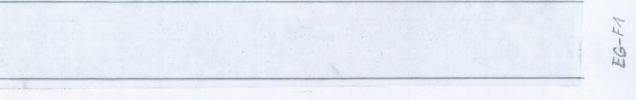
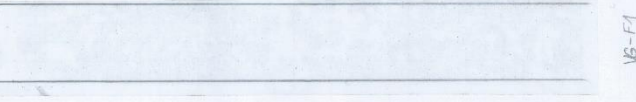
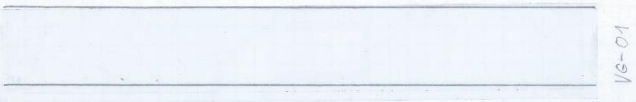
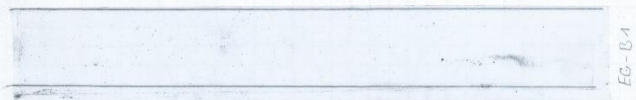
BROUŠENÍ - RUČNÍ



FRÉZOVÁNÍ



BROUŠENÍ - STROJNÍ



Příloha VI – Naměřená data z měření drsnosti vzorků

Parametry drsnosti vzorků Ra, Rz a Rq byly měřeny drsnoměrem Mitutoyo SJ 301. Tento přístroj má různé možnosti nastavení. V Tab. 54 jsou uvedeny parametry a podmínky měření, které se v průběhu měření neměnily. Rychlost měření a λc byly při měření jednotlivých předúprav různé, a proto jsou vždy uvedeny zvlášť.

Tab. 54: Podmínky měření drsnoměrem Mitutoyo SJ 301

Profil drsnosti	R
Etalon drsnosti	ISO'97
Digitální filtr	Gauss
N	5
Range	auto

Tab. 55: Naměřená data vzorků bez mechanické předúpravy (-), $\lambda c=0,25\mu\text{m}$, rychlost= $0,25\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK E-OI	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,85	4,22	1,01	1	0,62	3,32	0,78
	2	0,58	3,60	0,75	2	0,50	2,98	0,69
	3	0,51	2,65	0,63	3	0,63	3,65	0,80

VZOREK V-OI	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,62	3,07	0,77	1	0,76	4,30	0,97
	2	0,64	3,49	0,80	2	0,51	2,88	0,63
	3	0,56	2,90	0,68	3	0,57	3,15	0,72

VZOREK E-ŘI	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	1,11	5,79	1,35	1	0,99	4,33	1,17
	2	1,16	6,51	1,43	2	1,27	7,17	1,56
	3	1,12	6,34	1,42	3	1,03	5,42	1,28

VZOREK V-ŘI	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,78	4,41	0,97	1	0,79	4,68	1,00
	2	1,04	5,43	1,28	2	0,96	5,46	1,22
	3	0,78	4,15	0,95	3	0,84	5,27	1,11

Tab. 56: Naměřená data vzorků tryskaných umělým korundem (A), $\lambda c=2,5 \mu\text{m}$, rychlost= $0,5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK VA-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	5,35	39,13	6,95	1	5,09	36,68	6,47
2	5,47	42,72	7,27	2	6,00	42,64	7,68	
3	5,54	41,18	7,14	3	5,24	43,12	6,93	

VZOREK EA-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	5,40	39,27	6,90	1	5,35	37,91	6,83
2	5,27	36,22	6,60	2	5,55	36,29	6,87	
3	4,79	33,96	6,00	3	4,93	38,27	6,46	

Tab. 57: Naměřená data vzorků tryskaných ocelovou drtí (B), $\lambda c=2,5 \mu\text{m}$, rychlost= $0,5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK VB-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	6,57	48,78	8,58	1	6,51	45,16	8,40
2	6,73	50,35	8,82	2	6,81	51,14	8,81	
3	6,75	47,98	8,71	3	6,80	44,97	8,56	

VZOREK EB-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	6,38	44,07	8,08	1	5,13	42,16	6,78
2	6,29	52,72	8,49	2	6,01	44,28	7,79	
3	6,27	40,07	7,86	3	5,98	40,69	7,63	

Tab. 58: Naměřená data vzorků tryskaných křemenným pískem (C), $\lambda c=2,5 \mu\text{m}$, rychlost= $0,5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK VC-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	7,27	48,63	9,22	1	8,14	55,76	10,53
2	7,38	49,08	9,26	2	10,38	62,36	12,66	
3	7,38	46,91	9,41	3	7,46	50,48	9,33	

VZOREK EC-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	6,77	47,38	8,65	1	9,64	79,00	13,25
2	6,98	48,82	8,88	2	7,61	54,26	9,63	
3	6,36	39,05	7,88	3	6,12	39,03	7,75	

Tab. 59: Naměřená data ručně broušených vzorků (D), $\lambda c=2,5 \mu\text{m}$, rychlost= $0,5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK VD-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	3,10	20,89	4,05	1	2,53	20,93	3,29
2	2,12	17,18	2,74	2	2,49	18,33	3,20	
3	1,57	11,72	1,97	3	2,88	21,09	3,60	

VZOREK ED-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	2,06	17,89	2,68	1	2,55	19,24	3,11
	2	2,19	14,88	2,77	2	1,93	14,26	2,52
	3	2,64	18,85	3,45	3	3,57	23,47	4,37

Tab. 60: Naměřená data leštěných vzorků (E), $\lambda_c=0,25 \mu\text{m}$, rychlost= $0,25 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK VE-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,03	0,17	0,03	1	0,12	0,79	0,15
	2	0,05	0,34	0,07	2	0,12	0,86	0,15
	3	0,03	0,20	0,04	3	0,14	0,82	0,17

VZOREK EE-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,03	0,20	0,04	1	0,12	0,86	0,16
	2	0,05	0,30	0,07	2	0,12	0,88	0,15
	3	0,04	0,26	0,05	3	0,14	0,93	0,18

Tab. 61: Naměřená data frézovaných vzorků (F), $\lambda_c=0,25 \mu\text{m}$, rychlost= $0,25 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK VF-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,22	1,54	0,30	1	0,12	0,71	0,15
	2	0,33	2,20	0,46	2	1,28	6,34	1,57
	3	0,26	1,68	0,33	3	0,72	3,79	0,95

VZOREK EF-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,49	2,92	0,62	1	0,48	2,39	0,59
	2	2,05	8,78	2,40	2	0,53	3,01	0,66
	3	1,01	5,15	1,22	3	0,44	2,86	0,59

Tab. 62: Naměřená data strojně broušených vzorků (G), $\lambda_c=0,25 \mu\text{m}$, rychlost= $0,25 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

VZOREK VG-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,30	2,08	0,40	1	1,54	7,41	1,86
	2	0,30	1,55	0,39	2	1,40	7,43	1,71
	3	0,40	2,63	0,55	3	1,81	8,69	2,22

VZOREK EG-O1	směr x				směr y			
	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Místo	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
	1	0,46	3,41	0,67	1	1,76	8,73	2,14
	2	0,16	0,82	0,19	2	1,57	8,71	1,99
	3	0,22	1,49	0,32	3	1,84	8,96	2,29

Příloha VII – Hodnoty fluorescence povrchu vzorků naměřené přístrojem Recognoil

Pozn.: Snímky z přístroje Recognoil jsou obsahem přiloženého DVD.

Tab. 63: Hodnoty fluorescence vzorků bez mech. předúpravy (-) a po tryskání umělým korundem (A)

0 - BEZ MECHANICKÉ PŘEDÚPRAVY				A – TRYSKÁNÍ KORUNDEM			
VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3	VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3
V-O1	15,7	25,4	12,5	VA-B1	147	137	129
V-O2	15,3	23,9	16,4	VA-B2	112	159	137
E-O1	16,2	12,9	16,5	EA-B1	180	180	133
E-O2	25,9	18,2	28,7	EA-B2	164	150	138
V-M1	1875	1662	1331	VA-F1	60,1	67,4	66,0
V-M2	1324	1770	757	VA-F2	65,8	69,6	70,8
E-M1	1488	1145	436	EA-F1	65,8	62,4	65,5
E-M2	1648	1327	843	EA-F2	67,7	62,9	65,4
V-Ř1	32,0	28,4	20,6	VA-O1	54,5	64,4	64,8
V-Ř2	48,1	36,5	18,0	VA-O2	61,7	47,8	54,7
E-Ř1	10,0	16,2	21,2	EA-O1	39,5	52,9	48,4
E-Ř2	34,5	32,0	30,0	EA-O2	40,5	51,0	49,2
V-K1	3940	3011	2953	VA-M1	5392	3818	5026
V-K2	2044	2450	1165	VA-M2	3562	2980	3937
E-K1	2242	2669	1105	EA-M1	5297	5372	5541
E-K2	3926	3744	5079	EA-M2	5064	2500	4290

Tab. 64: Hodnoty fluorescence vzorků tryskaných ocel. drtí (B) a tryskaných křem. pískem (C)

B – TRYSKÁNÍ OCELOVOU DRTÍ				C – TRYSKÁNÍ KŘEMENNÝM PÍSKEM			
VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3	VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3
VB-B1	80,8	58,1	68,2	VC-B1	71,4	76,5	60,9
VB-B2	75,1	69,6	67,8	VC-B2	55,5	50,1	71,5
EB-B1	57,8	66,5	55,0	EC-B1	56,7	54,0	57,9
EB-B2	69,3	69,5	64,5	EC-B2	56,7	73,4	69,2
VB-F1	54,6	54,0	52,0	VC-F1	55,4	45,0	48,2
VB-F2	62,4	70,0	62,2	VC-F2	39,9	118	40,7
EB-F1	66,6	79,4	61,9	EC-F1	53,0	50,0	48,0
EB-F2	60,5	57,2	63,1	EC-F2	44,5	53,4	47,9
VB-O1	56,4	60,7	58,1	VC-O1	45,4	41,9	44,3
VB-O2	48,5	50,2	59,5	VC-O2	33,3	43,6	32,8
EB-O1	58,3	60,6	52,5	EC-O1	36,9	38,5	38,8
EB-O2	55,8	56,6	50,0	EC-O2	31,5	31,2	29,9
VB-M1	6137	8037	9585	VC-M1	5524	9762	11774
VB-M2	5945	6207	8749	VC-M2	7222	11445	11783
EB-M1	6232	4992	6836	EC-M1	5301	7818	10343
EB-M2	7278	7338	5751	EC-M2	5765	9344	11470

Tab. 65: Hodnoty fluorescence vzorků po ručním broušení (D) a leštění (E)

D – RUČNÍ BROUŠENÍ				E – LEŠTĚNÍ			
VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3	VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3
VD-B1	69,6	64,4	208	VE-B1	53,0	55,7	53,8
VD-B2	280	164	163	VE-B2	52,1	46,8	50,5
ED-B1	84,8	77,9	89,5	EE-B1	53,6	52,1	49,7
ED-B2	246	104	69,4	EE-B2	54,0	53,9	51,7
VD-F1	101	74,6	98,9	VE-O1	53,0	48,5	49,3
VD-F2	89,8	88,8	84,5	VE-O2	51,5	49,3	53,1
ED-F1	116	96,5	88,2	EE-O1	52,4	52,3	52,0
ED-F2	72,3	77,1	96,7	EE-O2	52,2	48,3	51,5
VD-O1	54,2	60,6	60,0	VE-M1	6394	6456	6005
VD-O2	48,1	52,2	51,1	VE-M2	6440	6430	5981
ED-O1	74,0	52,0	65,9	EE-M1	5156	5067	5031
ED-O2	46,3	40,2	68,8	EE-M2	6228	6514	6094
VD-M1	7886	6995	6816				
VD-M2	9426	7242	8191				
ED-M1	9719	7640	8941				
ED-M2	9813	8870	8954				

Tab. 66: Hodnoty fluorescence vzorků po frézování (F) a strojním broušení (G)

F – FRÉZOVÁNÍ				G – STROJNÍ BROUŠENÍ			
VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3	VZOREK	MÍSTO 1	MÍSTO 2	MÍSTO 3
VF-B1	4286	3691	3192	VG-B1	69,8	48,8	47,9
VF-B2	9557	10888	10743	VG-B2	45,7	67,7	46,1
EF-B1	5559	5709	4784	EG-B1	58,2	76,9	43,0
EF-B2	4032	3344	3909	EG-B2	46,2	60,1	61,8
VF-F1	2445	2519	3988	VG-F1	57,2	42,1	47,4
VF-F2	3806	3636	5869	VG-F2	54,9	49,2	48,1
EF-F1	4204	3860	2746	EG-F1	42,0	42,0	47,5
EF-F2	2372	2176	1959	EG-F2	56,6	53,3	53,5
VF-O1	42,3	35,3	34,8	VG-O1	44,7	40,6	40,9
VF-O2	38,2	42,3	39,8	VG-O2	38,2	38,5	35,6
EF-O1	62,6	43,4	70,2	EG-O1	40,3	38,4	46,9
EF-O2	44,2	46,6	40,8	EG-O2	41,5	40,4	40,4
VF-M1	4538	4948	5401	VG-M1	7142	7186	6951
VF-M2	4688	5688	5519	VG-M2	10452	11419	11045
EF-M1	6841	4504	8888	EG-M1	8994	9756	9169
EF-M2	5175	5419	6045	EG-M2	10004	10056	9890

Příloha VIII – Naměřené hodnoty tloušťek DFT povlaků obou nátěrových hmot

Vodou ředitelná NH CP 55

Tab. 67: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích bez mech. předúpravy (-)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
V-O1	91,08	84,8	102,0	5,05	5,5
V-O2	71,18	67,3	75,3	2,32	3,3
V-M1	87,99	80,6	95,0	3,75	4,3
V-M2	92,74	82,6	99,3	5,43	5,9
V-Ř1	76,85	70,7	78,9	1,92	2,5
V-Ř2	79,48	76,6	83,9	2,27	2,9
V-K1	76,27	71,1	82,6	3,29	4,3
V-K2	76,00	73,2	78,1	1,23	1,6

Tab. 68: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po tryskání umělým korundem (A)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
VA-B1	55,91	46,7	69,5	7,11	12,7
VA-B2	51,55	46,2	59,8	4,58	8,9
VA-F1	53,76	47,4	60,2	3,89	7,2
VA-F2	56,51	49,2	69,1	5,97	10,6
VA-O1	50,07	41,6	64,8	6,41	12,8
VA-O2	47,31	39,3	62,7	6,29	13,3
VA-M1	63,62	51,5	74,1	7,58	11,9
VA-M2	63,39	53,5	83,8	7,94	12,5

Tab. 69: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po tryskání ocelovou drtí (B)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
VB-B1	45,82	35,4	60,1	9,00	19,7
VB-B2	47,07	33,2	71,6	11,60	24,6
VB-F1	51,74	38,6	70,8	9,22	17,8
VB-F2	45,37	35,0	61,6	9,52	21,0
VB-O1	49,82	39,2	67,0	8,14	16,3
VB-O2	46,03	30,1	61,2	9,83	21,3
VB-M1	49,95	37,7	66,1	9,74	19,5
VB-M2	53,23	41,3	69,6	8,50	16,0

Tab. 70: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po tryskání křemenným pískem (C)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
VC-B1	58,39	55,0	64,8	2,82	4,8
VC-B2	58,56	54,0	63,9	3,07	5,2
VC-F1	58,76	53,8	66,9	3,41	5,8
VC-F2	57,02	52,3	63,5	3,18	5,6
VC-O1	41,64	38,7	46,7	2,51	6,0
VC-O2	52,23	47,1	57,5	3,08	5,9
VC-M1	51,29	43,4	58,8	4,76	9,3
VC-M2	55,87	52,8	60,2	1,93	3,5

Tab. 71: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po ručním broušení (D)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
VD-B1	80,21	75,9	92,6	4,51	5,6
VD-B2	83,75	81,3	86,8	1,88	2,2
VD-O1	86,95	80,2	91,8	3,56	4,1
VD-O2	79,25	76,9	83,8	2,10	2,7
VD-M1	79,88	77,6	81,4	1,19	1,5
VD-M2	80,21	75,2	82,7	2,21	2,8

Tab. 72: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po leštění (E)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
VE-O1	52,44	44,8	61,0	6,70	12,8
VE-O2	47,69	34,5	62,4	7,97	16,7
VE-M1	44,84	35,0	58,3	7,35	16,4
VE-M2	47,03	32,1	57,5	7,77	16,5

Tab. 73: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po frézování (F)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
VF-B1	77,29	60,7	107,0	10,70	13,8
VF-B2	75,60	64,8	86,4	6,72	8,9
VF-O1	68,01	58,9	88,5	8,56	12,6
VF-O2	81,14	71,5	97,7	7,41	9,1
VF-M1	72,66	58,7	80,0	3,81	5,2
VF-M2	66,71	57,3	86,2	6,96	10,4

Tab. 74: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po strojním broušení (G)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
VG-B1	103,20	99,4	108,0	2,44	2,4
VG-B2	107,80	100,0	116,0	4,22	3,9
VG-F1	103,00	98,9	106,0	1,89	1,8
VG-F2	99,77	96,3	102,0	1,77	1,8
VG-O1	101,60	97,4	106,0	2,60	2,6
VG-O2	98,98	95,6	103,0	2,70	2,7
VG-M1	102,60	97,8	108,0	2,31	2,3
VG-M2	114,90	106,0	124,0	4,67	4,1

Epoxidová NH LV EPS 620

Tab. 75: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích bez mech. předúpravy (-)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
E-O1	82,02	76,0	98,7	7,25	8,8
E-O2	75,34	72,4	85,3	3,90	5,2
E-M1	74,96	68,5	77,9	2,80	3,7
E-M2	64,12	56,6	74,3	6,78	10,6
E-Ř1	76,74	71,6	87,8	3,58	4,7
E-Ř2	77,52	73,9	81,9	2,14	2,8
E-K1	74,39	62,6	85,8	5,78	7,8
E-K2	70,76	58,3	75,4	5,30	7,5

Tab. 76: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po tryskání umělým korundem (A)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
EA-B1	47,89	37,8	70,4	7,95	16,6
EA-B2	57,45	45,6	83,9	12,00	20,9
EA-F1	55,83	47,9	74,7	8,01	14,3
EA-F2	49,62	40,9	64,2	6,54	13,2
EA-O1	49,47	37,8	61,1	5,89	11,9
EA-O2	51,49	44,2	63,9	5,06	9,8
EA-M1	48,56	38,0	59,3	4,60	9,5
EA-M2	50,79	41,9	60,1	4,54	8,9

Tab. 77: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po tryskání ocelovou drtí (B)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
EB-B1	44,13	28,7	70,5	11,60	26,4
EB-B2	48,74	37,0	60,9	6,90	14,2
EB-F1	50,14	38,3	62,1	7,00	14,0
EB-F2	41,34	18,9	77,1	17,20	41,6
EB-O1	54,33	47,1	70,2	7,16	13,2
EB-O2	48,58	37,7	56,8	6,73	13,8
EB-M1	57,18	43,7	70,3	8,74	15,3
EB-M2	54,83	41,9	66,7	8,33	15,2

Tab. 78: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po tryskání křemenným pískem (C)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVYŠŠÍ	σ	CV %
EC-B1	52,59	48,2	56,9	2,69	5,1
EC-B2	59,36	53,3	63,7	2,58	4,3
EC-F1	51,47	42,9	58,3	4,44	8,6
EC-F2	52,89	48,5	62,1	3,75	7,1
EC-O1	43,21	35,1	51,0	4,73	10,9
EC-O2	50,66	45,0	55,4	3,56	7,0
EC-M1	52,66	46,3	60,5	3,93	7,5
EC-M2	48,42	40,6	59,3	4,94	10,2

Tab. 79: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po ručním broušení (D)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
ED-B1	76,49	71,5	80,7	2,87	3,7
ED-B2	78,92	75,6	83,1	2,51	3,2
ED-O1	78,86	73,0	86,9	4,11	5,2
ED-O2	87,20	77,7	97,6	4,96	5,7
ED-M1	76,95	67,5	81,7	3,43	4,5
ED-M2	74,60	55,1	82,5	9,61	12,9

Tab. 80: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po leštění (E)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
EE-O1	64,43	46,6	84,4	8,57	13,3
EE-O2	75,16	59,3	91,2	9,07	12,1
EE-M1	76,24	55,7	92,0	9,54	12,5
EE-M2	75,16	65,5	85,4	6,30	8,4

Tab. 81: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po frézování (F)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
EF-B1	69,84	53,6	86,4	8,31	11,9
EF-B2	69,10	56,7	86,5	9,34	13,5
EF-O1	75,03	64,0	84,3	6,60	8,8
EF-O2	81,84	65,8	91,4	9,19	11,2
EF-M1	65,85	54,4	76,3	6,89	10,5
EF-M2	64,59	55,9	79,4	6,82	10,6

Tab. 82: Naměřené hodnoty DFT v μm na vzorcích po strojním broušení (G)

VZOREK	\bar{X}	NEJNIŽŠÍ	NEJVVYŠŠÍ	σ	CV %
EG-B1	101,50	99,1	105,0	1,48	1,5
EG-B2	112,70	109,0	118,0	2,74	2,4
EG-F1	104,90	102,0	108,0	1,62	1,5
EG-F2	102,90	95,6	110,0	3,85	3,7
EG-O1	94,73	91,4	98,3	1,70	1,8
EG-O2	93,22	90,5	96,3	1,73	1,9
EG-M1	96,16	86,2	101,0	3,40	3,5
EG-M2	89,79	82,7	93,8	2,54	2,8

Příloha IX – Výsledky mřížkové zkoušky

Pozn.: Snímky vzorků po mřížkové zkoušce jsou obsahem příloženého DVD.

Vodou ředitelná NH CP 55

Tab. 83: Výsledky mřížkové zkoušky vodou ředitelné NH na vzorcích po předúpravách -, A, B, C

Bez mechanické předúpravy (-)		Tryskání korundem (A)		Tryskání ocelovou drtí (B)		Tryskání křem. pískem (C)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
V-O1	0	VA-B1	0	VB-B1	0	VC-B1	0
V-O2	0	VA-B2	0	VB-B2	0	VC-B2	0
V-M1	0	VA-F1	0	VB-F1	0	VC-F1	0
V-M2	0	VA-F2	0	VB-F2	0	VC-F2	0
V-Ř1	0	VA-O1	0	VB-O1	0	VC-O1	0
V-Ř2	0	VA-O2	0	VB-O2	0	VC-O2	0
V-K1	5	VA-M1	0	VB-M1	4	VC-M1	5
V-K2	5	VA-M2	0	VB-M2	4	VC-M2	5

Tab. 84: Výsledky mřížkové zkoušky vodou ředitelné NH na vzorcích po předúpravách D, E, F, G

Ruční broušení (D)		Leštění (E)		Frézování (F)		Strojní broušení (G)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
VD-B1	0	VE-O1	0	VF-B1	3	VG-B1	0
VD-B2	0	VE-O2	0	VF-B2	5	VG-B2	0
VD-O1	0	VE-M1	0	VF-O1	0	VG-F1	0
VD-O2	0	VE-M2	0	VF-O2	0	VG-F2	0
VD-M1	1			VF-M1	1	VG-O1	0
VD-M2	0			VF-M2	1	VG-O2	0
						VG-M1	0
						VG-M2	0

Epoxidová NH LV EPS 620

Tab. 85: Výsledky mřížkové zkoušky epoxidové NH na vzorcích po předúpravách -, A, B, C

Bez mechanické předúpravy (-)		Tryskání korundem (A)		Tryskání ocelovou drtí (B)		Tryskání křem. pískem (C)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
E-O1	0	EA-B1	1	EB-B1	0	EC-B1	0
E-O2	0	EA-B2	1	EB-B2	0	EC-B2	0
E-M1	1	EA-F1	0	EB-F1	0	EC-F1	0
E-M2	0	EA-F2	0	EB-F2	0	EC-F2	0
E-Ř1	0	EA-O1	0	EB-O1	0	EC-O1	0
E-Ř2	0	EA-O2	0	EB-O2	0	EC-O2	0
E-K1	0	EA-M1	2	EB-M1	2	EC-M1	5
E-K2	0	EA-M2	4	EB-M2	5	EC-M2	5

Tab. 86: Výsledky mřížkové zkoušky epoxidové NH na vzorcích po předúpravách D, E, F, G

Ruční broušení (D)		Leštění (E)		Frézování (F)		Strojní broušení (G)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
ED-B1	0	EE-O1	0	EF-B1	0	EG-B1	0
ED-B2	0	EE-O2	0	EF-B2	0	EG-B2	0
ED-O1	0	EE-M1	5	EF-O1	0	EG-F1	0
ED-O2	0	EE-M2	5	EF-O2	0	EG-F2	0
ED-M1	4			EF-M1	5	EG-O1	0
ED-M2	5			EF-M2	5	EG-O2	0
						EG-M1	4
						EG-M2	5

Příloha X – Výsledky zkoušky křížovým řezem

Pozn.: Snímky vzorků po zkoušce křížovým řezem jsou obsahem příloženého DVD.

Vodou ředitelná NH CP 55

Tab. 87: Výsledky zkoušky křížovým řezem vodou ředitelné NH na vzorcích po předúpravách -, A, B, C

Bez mechanické předúpravy (-)		Tryskání korundem (A)		Tryskání ocelovou drtí (B)		Tryskání křem. pískem (C)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
V-O2	0	VA-B2	0	VB-B2	0	VC-B2	0
V-M2	0	VA-F2	0	VB-F2	0	VC-F2	0
V-Ř2	0	VA-O2	0	VB-O2	0	VC-O2	0
V-K2	5	VA-M2	2	VB-M2	5	VC-M2	5

Tab. 88: Výsledky zkoušky křížovým řezem vodou ředitelné NH na vzorcích po předúpravách D, E, F, G

Ruční broušení (D)		Leštění (E)		Frézování (F)		Strojní broušení (G)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
VD-B2	0	VE-O2	0	VF-B2	5	VG-B2	1
VD-O2	1	VE-M2	1	VF-O2	0	VG-F2	0
VD-M2	2			VF-M2	1	VG-O2	0
						VG-M2	0

Epoxidová NH LV EPS 620

Tab. 89: Výsledky zkoušky křížovým řezem epoxidové NH na vzorcích po předúpravách -, A, B, C

Bez mechanické předúpravy (-)		Tryskání korundem (A)		Tryskání ocelovou drtí (B)		Tryskání křem. pískem (C)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
E-O2	0	EA-B2	0	EB-B2	0	EC-B2	0
E-M2	0	EA-F2	0	EB-F2	0	EC-F2	0
E-Ř2	0	EA-O2	0	EB-O2	0	EC-O2	0
E-K2	0	EA-M2	1	EB-M2	2	EC-M2	5

Tab. 90: Výsledky zkoušky křížovým řezem epoxidové NH na vzorcích po předúpravách D, E, F, G

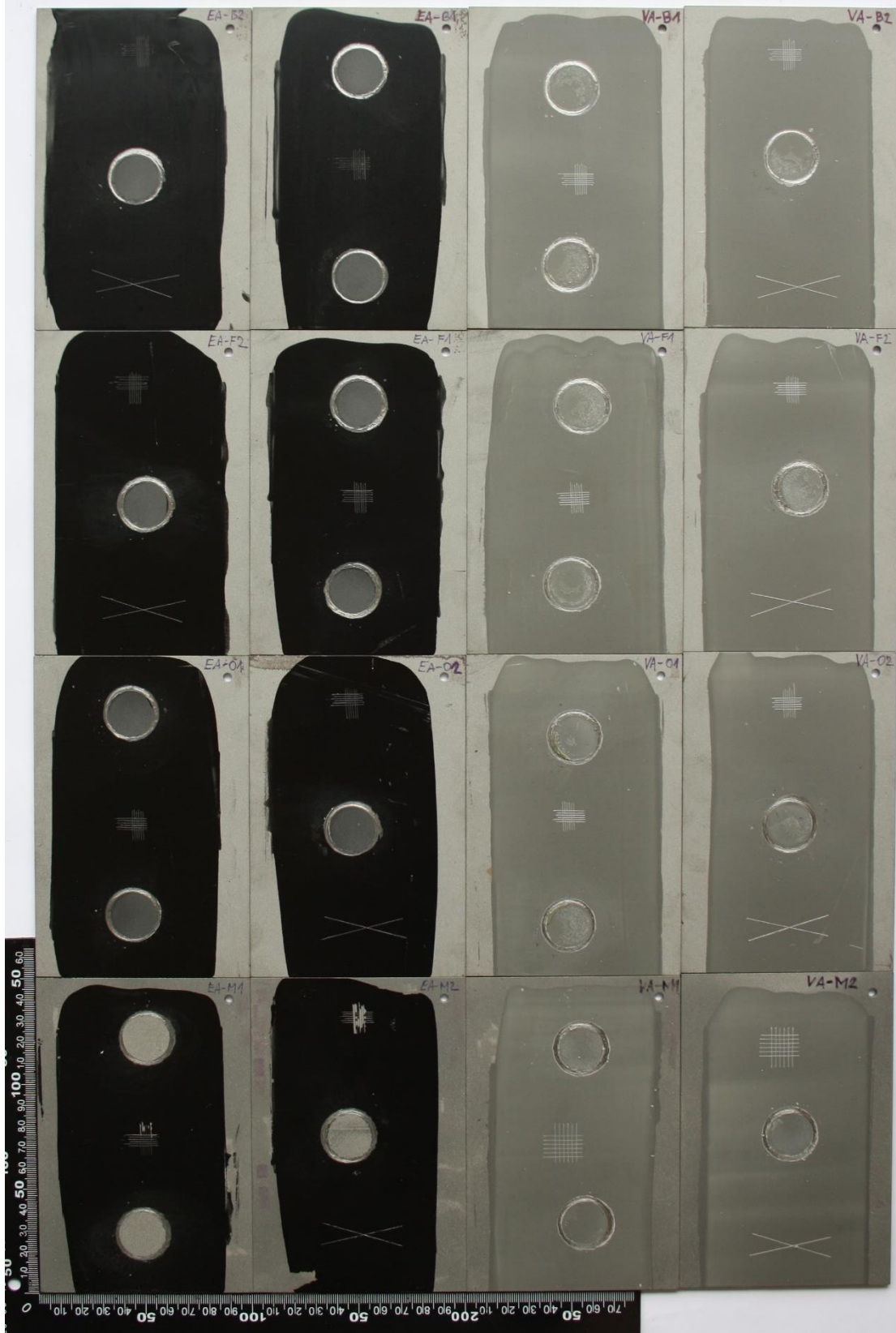
Ruční broušení (D)		Leštění (E)		Frézování (F)		Strojní broušení (G)	
VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ	VZOREK	STUPEŇ
ED-B2	0	EE-O2	1	EF-B2	0	EG-B2	1
ED-O2	0	EE-M2	5	EF-O2	0	EG-F2	0
ED-M2	3			EF-M2	5	EG-O2	0
						EG-M2	2

Příloha XI – Fotografie vzorků po zkouškách



Obr. 63: Sada vzorků bez mech. předúpravy (-)

TRYSKÁNÍ KORUNDEM



Obr. 64: Sada vzorků po tryskání umělým korundem (A)

TRYSKÁNÍ OCELOVOU DRTÍ

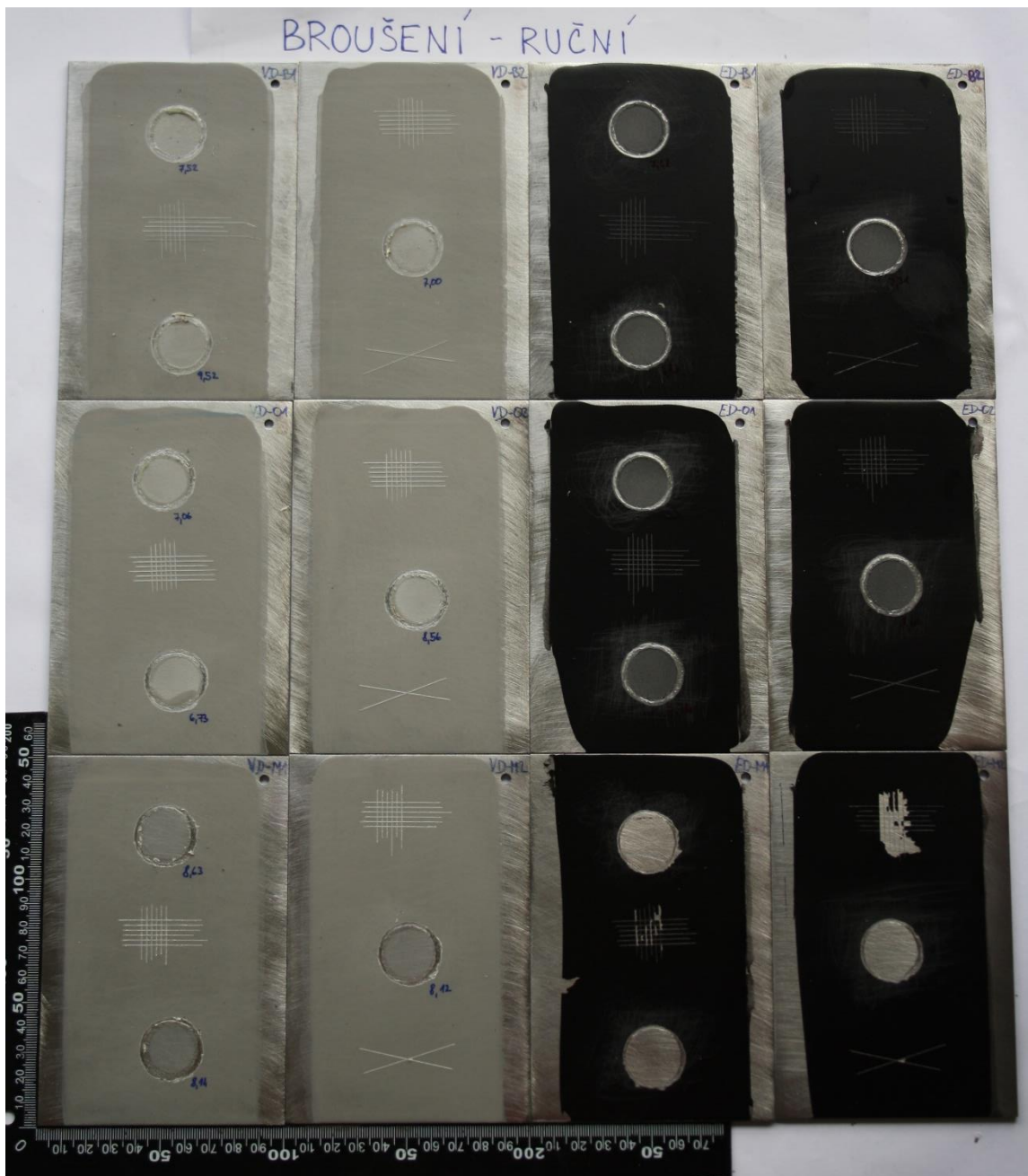


Obr. 65: Sada vzorků po tryskání ocelovou drtí (B)

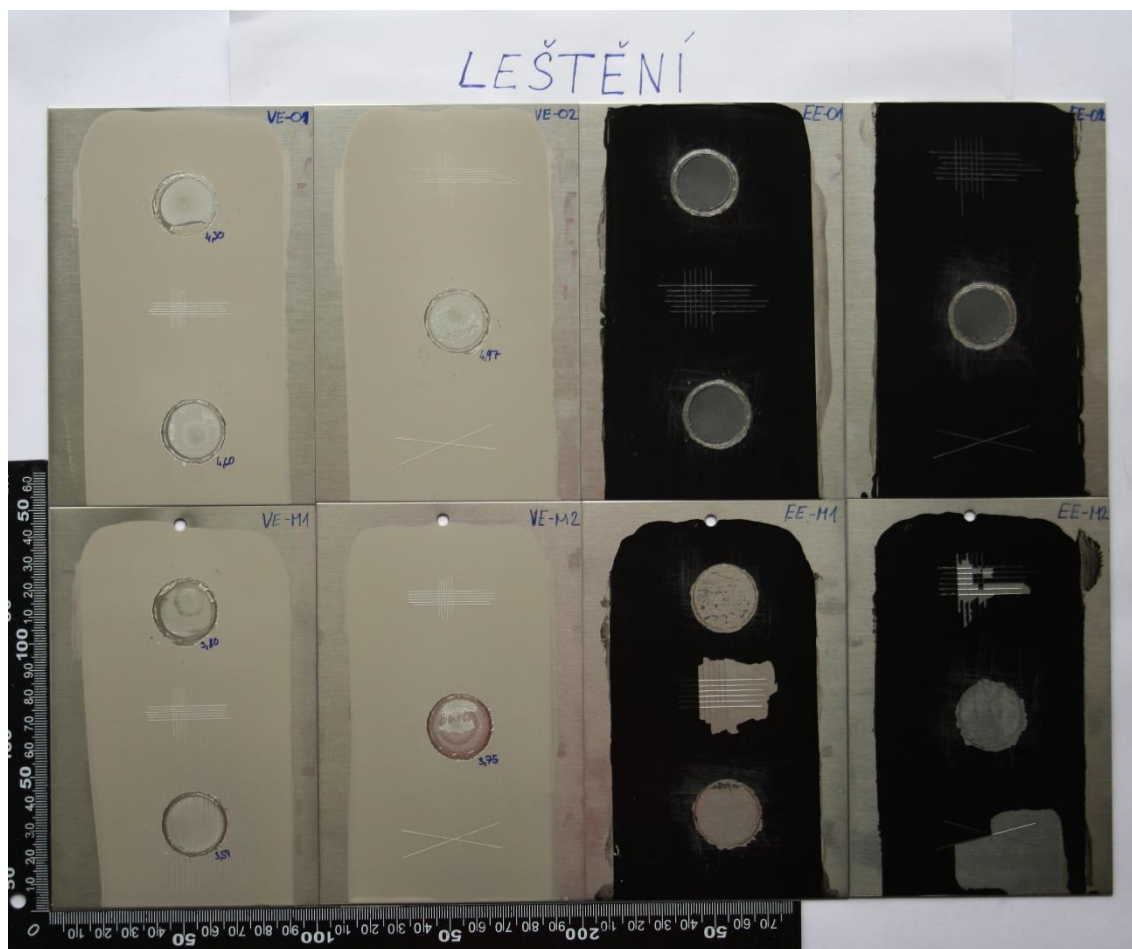
TRYSKÁNÍ KŘEM. PÍSKEM



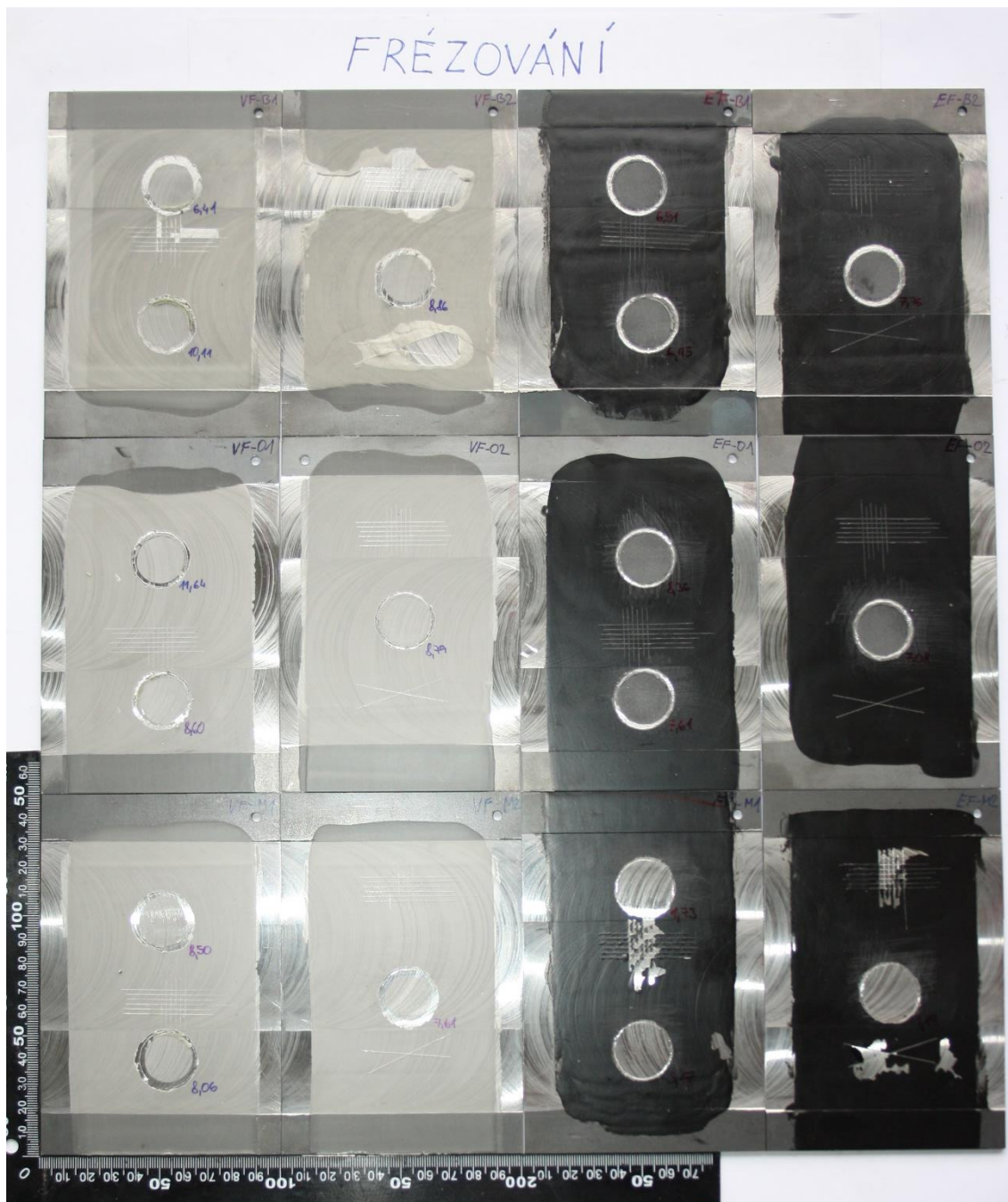
Obr. 66: Sada vzorků po tryskání křemenným pískem (C)



Obr. 67: Sada vzorků po ručním broušení (D)

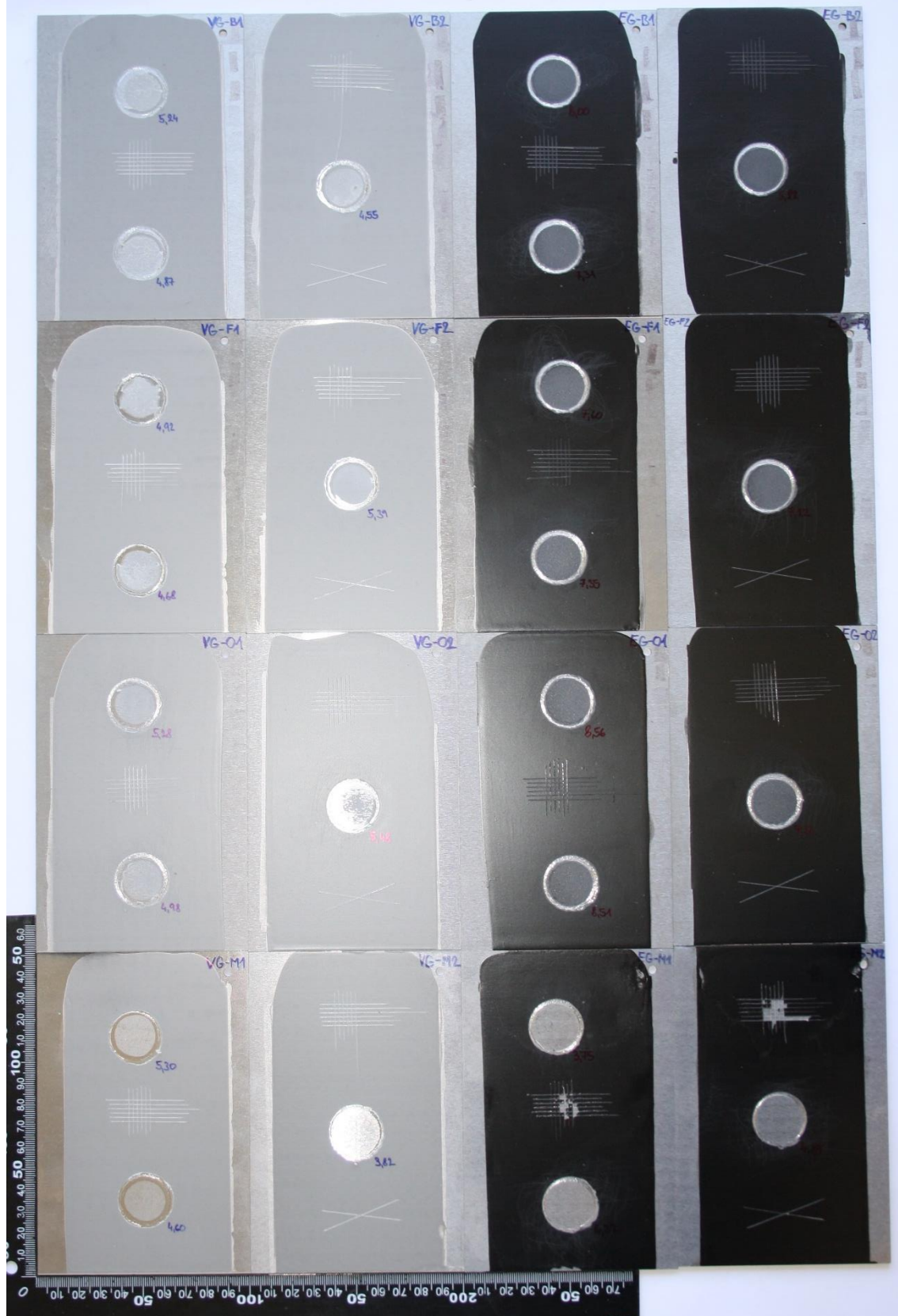


Obr. 68: Sada vzorků po leštění (E)



Obr. 69: Sada vzorků po frézování (F)

BROUŠENÍ - STROJNÍ



Obr. 70: Sada vzorků po strojním broušení (G)