

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Studium vlivu drsnosti ocelového substrátu na adhezi tenkého nátěrového systému

Study of Influence Roughness Steel Substrate on Adhesion Thin Skin of Paint System

Student:

Miroslav Soral

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Miroslav Soural**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Studium vlivu drsnosti ocelového substrátu na adhezi tenkého
nátěrového systému
Study of Influence Roughness Steel Substrate on Adhesion Thin Skin of
Paint System

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte charakter a vlastnosti povrchu substrátu po mechanické povrchové úpravě před aplikací nátěrového systému.
2. Prostudujte mechanismus adheze ocelového substrátu a tenkého nátěrového systému.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu včetně technicko-ekonomického zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.


BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013
Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě *19.5.2014*
.....

Soral
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 19. 5. 2019

.....
Soral

Miroslav Soral, Polní 9

podpis studenta

789 01 Zábřeh

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Soural, M. *Studium vlivu drsnosti ocelového substrátu na adhezi tenkého nátěrového systému*. Ostrava: katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2014, 44 s. Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

V teoretické části bakalářské práce jsou popsány povrchové úpravy před nanesením nátěrového systému, povrch a jeho vlastnosti. Dále hodnocení drsnosti povrchu a přilnavost substrátu. V experimentální části je hodnocena přilnavost nátěrového systému k otryskaným materiálům a to dvěma způsoby, mřížkovou zkouškou a odtrhovou zkouškou. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách a z výsledků experimentálních zkoušek vyplývá, že více vyhovoval substrát z litinové drti, který měl lepší přilnavost.

ANNOTATIONS OF THE THESIS

Soural, M. *Study of Influence Roughness Steel Substrate on Adhesion Thin Skin of Paint System*. Ostrava: Department of mechanical technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2014, 44 p. Head of the thesis: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

In the theoretical part of the thesis is describes the surface treatment prior to application of the coating system, surface and its properties. Further evaluation of surface roughness and adhesion substrate. In the experimental part of the thesis is assessment of adhesion of the coating system to blasting materials in two ways, cross-cut test and tear test. The measurement results are shown in tables, and the results of experimental tests that the more suited the substrate of blast units which have a better adhesion.

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ÚVOD.....	9
1 ČIŠTĚNÍ A PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY	10
1.1 MECHANICKÉ ÚPRAVY POVRCHU.....	10
1.1.1 Otryskávání.....	10
1.1.2 Omílání	13
1.1.3 Broušení.....	14
1.1.4 Kartáčování.....	14
1.1.5 Leštění	14
1.2 CHEMICKÉ ÚPRAVY POVRCHU	15
1.2.1 Odmašťování	15
1.2.2 Moření	16
2 POVRCH A JEHO VLASTNOSTI.....	16
2.1 STRUKTURA POVRCHU	17
2.2 VLASTNOSTI POVRCHU	17
2.2.1 Fyzikální vlastnosti povrchu.....	18
2.2.2 Geometrické a mechanické vlastnosti povrchu	18
2.2.3 Chemické vlastnosti povrchu.....	20
3 DRSNOST POVRCHU	20
3.1 HODNOCENÍ DRSNOSTI POVRCHU	22
4 ADHEZE SUBSTRÁTU	22
5 NÁTĚROVÉ SYSTÉMY	23
5.1 SLOŽENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT	23
5.1.1 Dělení nátěrových hmot.....	24

5.1.2 Složení nátěrových hmot	24
5.2 NANÁŠENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT	25
5.2.1 Nanášení nátěrových hmot štětcem	26
5.2.2 Nanášení nátěrových hmot navalováním.....	26
5.2.3 Nanášení nátěrových hmot namáčením	27
5.2.4 Nanášení nátěrových hmot poléváním	27
5.2.5 Nanášení nátěrových hmot pneumatickým stříkáním	27
5.3 ÚPRAVY NÁTĚROVÝCH HMOT PO NANÁŠENÍ.....	28
5.3.1 Sušení nátěrových hmot.....	28
5.3.2 Broušení nátěrů.....	28
5.3.3 Leštění nátěrů	28
6 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....	29
6.1 POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....	30
6.1.1 Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků.....	30
6.2 STANOVENÍ DRSNOSTI POVRCHU DLE ČSN EN ISO 4287	31
6.3 APLIKACE NÁTĚRU ALKYTON	33
6.3.1 Stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808 pomocí zubové měrky	33
6.3.2 Stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808	34
6.4 ZKOUŠKY PŘILNAVOSTI NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU	35
6.4.1 Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2.....	35
6.4.2 Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1	37
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	43

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

A/B	Adhezní poškození mezi podkladem a první vrstvou (základem)
B	Kohézní poškození první vrstvy
B/Y	Adhezní poškození mezi první vrstvou a tělískem
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
H_i	Maximální hodnota suché vrstvy [μm]
ISO	Mezinárodní norma
L	Délka měřeného úseku hodnot drsnosti [mm]
L_0	Minimální hodnota suché vrstvy [μm]
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu [-]
Rp	Největší výška výstupků profilu [μm]
Rq	Střední kvadratická úchylka profilu [μm]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu [-]
Rv	Největší hloubka prohlubní profilu [μm]
Rz	Největší výška profilu [μm]
Z/Y	Adhezní poškození mezi lepidlem a zkušebním tělískem
n	Počet měření tloušťky suché vrstvy
λ_c	Filtr profilu, který vymezuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti
$\bar{\sigma}$	Průměrná hodnota suché vrstvy [μm]

ÚVOD

Povrchové úpravy jsou důležitou součástí strojírenských technologií, neboť zabezpečují ochranu výrobků proti korozi, jejich vnější vzhled a také upravují nebo mění jejich funkční vlastnosti. Nejvíce používaným způsobem ochrany kovových materiálů proti atmosférickým vlivům jsou nátěry. Důvod jejich použití je především kvůli vysokému ochrannému účinku, jsou snadno aplikovatelné a ekonomicky výhodné. Pro dobrou přilnavost nátěru je velice důležitá čistota podkladu. [1]

Správnou přípravou povrchu podkladového materiálu dosáhneme stejnoměrného vzhledu, dostatečné přilnavosti nátěrového systému k substrátu a dobrou odolností vůči korozi. Povrch se většinou upravuje dvoustupňově a je rozdělen na dvě základní skupiny pracovních operací: [1]

- mechanické úpravy povrchu
- chemické úpravy povrchu

Technologie opracování povrchu před aplikací povlaku má vliv na drsnost povrchu. Očištěný povrch v kontaktu s okolním korozním prostředím intenzivněji reaguje za vzniku chemických sloučenin, které v závislosti na čase mění hodnotu drsnosti povrchu. Tato změna může vést ke zhoršení přilnavosti používaných ochranných povlaků. To je charakteristické zejména pro aplikaci ochranných nátěrových systémů na kovové podklady v terénních podmínkách (stožáry, mostní konstrukce, velkoobjemové nádrže apod.). [1]

1 ČIŠTĚNÍ A PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY

Povrch kovů může být znečištěný látkami, které jsou mechanicky vázány k povrchu (mastnoty, zbytky past, mazadla, prach apod.) nebo látkami vázanými chemicky (oxidy, rez, okuje apod.). Proto je důležité před aplikací povrchových úprav povrch nejprve těchto nečistot zbavit a tím vytvořit kovově čistý povrch. [1]

Nečistoty, které jsou vázány mechanicky se odstraňují odmašťováním, chemicky vázané nečistoty obvykle mořením nebo mechanickými úpravami (otryskávání, broušení, omílání). Těmito úpravami získáme také vhodnou mikrostrukturu a mikrogeometrii povrchu. Při vyšších požadavcích se provádí ještě mechanické nebo chemické leštění. [1]

1.1 MECHANICKÉ ÚPRAVY POVRCHU [1]

- otryskávání
- omílání
- broušení
- kartáčování
- leštění

Účelem těchto úprav je čištění povrchu materiálu, vytvoření podmínek pro zakotvení povlaku, zlepšení mechanických vlastností (zvýšení pevnosti, meze únavy), vzhledové požadavky. [1]

1.1.1 Otryskávání

Otryskávání je mechanická úprava kovového povrchu, kde se tryskáci materiál vrhá vysokou rychlostí proti povrchu. Touto metodou lze dosáhnout vhodné drsnosti a zpevnění povrchu. Kvantitativní účinek tryskání závisí na rychlosti letu zrna, úhlu dopadu, jakosti substrátu. [1]

Výkon otryskávání se reguluje (tzv. úběr): [1]

- druhem otryskávacího materiálu
- velikostí zrn
- tlakem
- úhlem a vzdáleností tryskání

- velikostí trysky

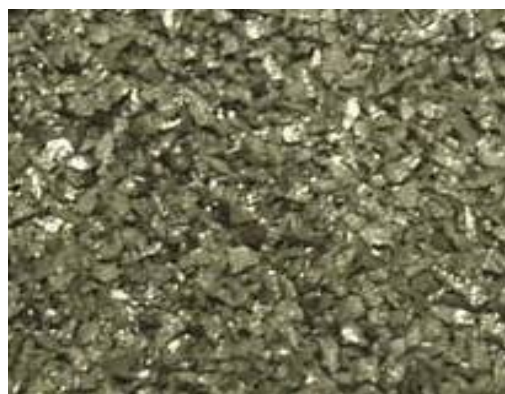
Jako tryskací hmoty se nejvíce používají:

- křemičitý písek – používá se tříděný nebo sklářský písek. Výhradně je používán při tryskání pneumatickém a do tlaku max. 0,3 MPa a má mít ostrohranná zrna. Dále je levný, má malou úběrovou schopnost a tříští se. [1]



Obrázek č. 1 - Křemičitý písek [2]

- litinová drť – je dražší než zmiňovaný křemičitý písek, ale na druhou stranu je hospodárnější a hygieničtější. Má větší úběrovou schopnost i trvanlivost (asi 60x větší než křemičitý písek), používá se do tlaku 0,7 MPa. Je nevhodující pro otryskávání nerezavějících ocelí a barevných kovů. [1]



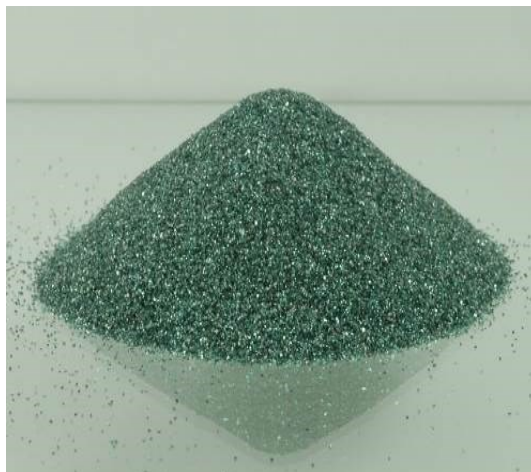
Obrázek č. 2 - Litinová drť [3]

- sekany drát – z uvedených materiálů má největší pevnost. Jako abrazivum se zde využívá patentovaný drát o vysoké pevnosti 160 MPa, který je nasekaný na válečky. Je sice 5x dražší než litinová drť, ale je hospodárnější jelikož se dále neštěpí a nedrtí. [1]



Obrázek č. 3 - Sekaný drát [4]

- brusiva – oproti křemičitému písku mají ostřejší zrno, dále jsou stejnoměrnější a trvanlivější a jejich provoz je méně prašný. Mezi brusiva patří například karbid křemíku, umělý korund atd. [1]



Obrázek č. 4 - Brusivo [5]

- balotina – jsou to skleněné kuličky, které se vyrábí granulací skla. Používají se pro vyhlazování, snížení drsnosti až o 50 % a také pro leštění v suspenzích po předchozím vyhlazení brusivem. Jelikož se jedná o skleněné kuličky, které mají poměrně malou pevnost, tak jsou šetrné vůči povrchu. [1]



Obrázek č. 5 - *Balotina* [6]

1.1.2 Omílání

Je to mechanický proces, který se používá pro úpravu povrchu malých předmětů. Je vhodné zejména pro malé předměty oblých tvarů do váhy asi 1 kg. Při omílání větších předmětů je musíme upevnit do přípravku v omílacím zařízení. Jako omílací prostředek se používají kamenné oblázky, ocelové broky, křemenný písek apod. [1]

Výhody omílání: [1]

- odstraňuje se namáhavé ruční broušení a leštění
- dochází ke snížení výrobních nákladů, provoz je levný
- vyšší výrobnost
- malá zmetkovitost
- zpevňuje se povrch a zvyšuje se korozní odolnost

Nevýhody omílání: [1]

- nerovnoměrný úběr z povrchu předmětu, nemůžou se omílat předměty, u kterých otupení hran znamená poškození výrobku
- možnost poškození členitých výrobků

1.1.3 Broušení

Touto mechanickou úpravou se většinou základní povrch připravuje pro kartáčování nebo leštění. Broušení slouží hlavně k odstranění nerovností z povrchu. Jako pracovní nástroje se používají kotouče nebo pásy, na kterých jsou nalepené brusné částice. Jedná se spolu s leštěním o nejnákladnější mechanickou úpravu. Z tohoto důvodu se volí pouze tam, kde jsou maximální nároky na jakost povrchu. [1]

Broušení se dělí na pět základních skupin úpravy povrchu a to je hrubování, hlazení, jemné hlazení, předlešťování a jemné předlešťování. Hrubování a hlazení slouží k odstranění větších a středních nerovností, jemné hlazení jako úprava pro galvanické povlaky, předlešťování je poslední operace před galvanickým pokovováním a jemné předlešťování je závěrečná operace před leštěním. [1]

1.1.4 Kartáčování

Používá se k odstranění hrubých nečistot, jako jsou například rzi nebo staré nátěry apod. Na tyto nečistoty se používají kartáče s ocelovými dráty. Znečištěné kartáče čistíme mořením a odmašťováním. Kartáčováním však většinou nedosáhneme úplného odstranění všech nečistot. Dále se kartáčování používá ke zjemnění upraveného povrchu před leštěním a také k dosažení stejnosměrného vzhledu. Na toto se využívají kartáče s přírodními nebo umělými vlákny, na nichž dobře drží brusné pasty. [8]

1.1.5 Leštění

Leštěním se docílí konečná požadovaná jakost povrchu, byla-li předchozí úprava broušením správná. Používá se také pro získání lesku u galvanických povlaků. Dochází k odstranění nejjemnějších stop po předchozích operacích za dosažení velmi nízké drsnosti. Pro leštění se používají látkové kotouče a leštící pasty. [1]

1.2 CHEMICKÉ ÚPRAVY POVRCHU [1]

- odmašťování
- moření
- leštění

Tyto úpravy se většinou používají pro přípravu povrchu pro různé povlaky. Mají především význam v odstraňování nečistot z povrchu. [1]

Nečistoty lze rozdělit do dvou skupin:

- ulpělé nečistoty – vázány k povrchu adhezními silami. Patří sem různé mastnoty, zbytky brusných a leštících past, kovové nečistoty atd. Protože sem patří hlavně mastné látky, tak tyto nečistoty odstraňujeme odmašťováním.
- vlastní nečistoty – jsou s kovem spojeny určitou chemickou vazbou. Vznikají nejvíce jako produkt koroze, rez a okuje. K odstranění dochází mechanickým čištěním nebo chemickým mořením. [1]

1.2.1 Odmašťování

Odmašťováním se odstraňují všechny druhy ulpělých nečistot z povrchu. Úkolem odmašťovacích prostředků je uvolnění nečistot z povrchu, převedení do roztoku nebo emulze a zabránění jejich zpětnému vyloučení na kovovém povrchu. [8]

Odmašťování lze rozdělit podle druhu probíhajících pochodů a použitých prostředků: [8]

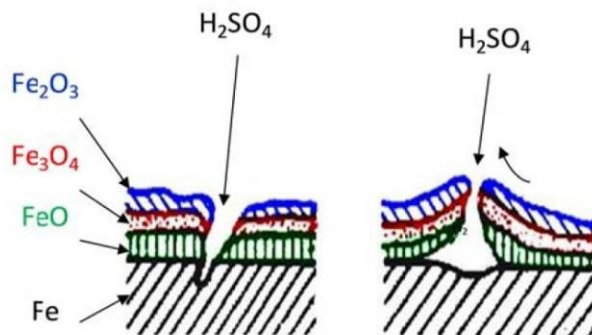
- ve vodných alkalických roztocích
- v organických rozpouštědlech
- odmašťování emulzní

Podle způsobu aplikace ev. styku s rozpouštědly rozlišujeme:

- odmašťování ponorem
- odmašťování postřikem
- odmašťování v parách
- odmašťování ultrazvukem
- odmašťování elektrolytické

1.2.2 Moření

Touto chemickou úpravou odstraňujeme oxidické nečistoty (rez, okuje). Pomocí kyselin se oxidy převedou na rozpuštěné soli díky čemuž se lehce z povrchu opláchnou vodou. Nejčastěji se používá kyselina sírová, kyselina solná a kyselina fosforečná. [1]



Obrázek č. 6 - Princip odlupování nečistot a oxidů kyselinou [7]

2 POVRCH A JEHO VLASTNOSTI

Povrch je obecně rozhraní dvou rozličných prostředí, u kovových materiálů se musíme zabývat strukturou i vlastnostmi povrchů různě připravených. Struktura zahrnuje různé rozměry od atomů až po makroskopický popis. [8]

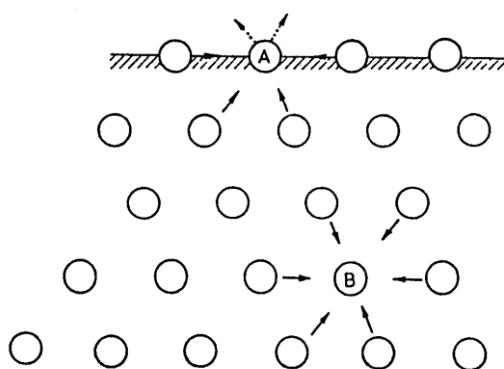
Převážná část vlastností těles souvisí víceméně s povrchem, např. drsnost povrchu ovlivňuje další fyzikální vlastnosti (odraz světla, opotřebení ap.). Ve většině případů je skutečný povrch prostředníkem působení vnějších podmínek, a proto je potřeba se zabývat i vlastnostmi nebo změnami materiálu pod povrchem. Tento objem nazýváme povrchovou vrstvou, na rozdíl od povlaku, který se vytváří nebo vzniká na povrchu slitiny nebo kovu. [8]

O povrchových vlastnostech rozhoduje: [8]

- struktura povrchu
- vlastnosti povrchu

2.1 STRUKTURA POVRCHU

Volný povrch kovů představuje zejména povrch velkého souboru zrn, které tvoří hranici mezi pevnou fází a okolím. Povrch takového tělesa i z chemicky čistého kovu je fyzikálně velmi složitý systém. Nejjednodušší situace nastává u monokrystalů, u kterých jsou hraniční roviny určeny orientací a typem mřížky. Jednou z charakteristických vlastností každého povrchu pevné fáze je skoková změna symetrie sil působících na atomová jádra krystalové mřížky. [8]



Obrázek č. 7 - Schéma sil působících na atom v povrchu (A) a uvnitř krystalu (B) [8]

O struktuře a tvaru povrchu rozhoduje povrchová energie. Aby byly plochy v povrchu stabilní, musí být tato energie minimální. O geometrické struktuře rozhoduje elektronová struktura. [8]

2.2 VLASTNOSTI POVRCHU [8]

- fyzikální vlastnosti
- geometrické a mechanické
- chemické

2.2.1 Fyzikální vlastnosti povrchu

Typickými fyzikálními vlastnostmi povrchu jsou emise. Z povrchu kovu se mohou za určitých podmínek uvolňovat elektrony, a to ohřevem na vysokou teplotu nebo vnějším dopadem elektronů – jedná se o tepelné nebo sekundární emisi. [8]

K uvolnění elektronu se musí vynaložit výstupní práce, která závisí na elektrických podmínkách a teplotě – obecně čím je těsnější uspořádání v kovu, tím je větší práce. [8]

Elektrické vlastnosti povrchu jsou určeny elektronovým stavem. Oproti teoretickým modelům se vykytují na reálných površích nejen změny vazebních sil a potenciálů (což mění hustotu elektronů a energetických stavů), ale i poruchy mřížkové, adsorbované vrstvy a změny složení. Toto vše je důležité u polovodičů a projeví se ve změně elektrických vlastností povrchu. [8]

Z hlediska vedení proudu je významný vliv povrchu u kontaktů. Kontakt zařazený v elektrickém obvodu představuje elektrický odpor. Odpor vzniká pohybem elektronů v matici, vlivem povrchové vrstvy vznikající působením okolní atmosféry nebo je důsledkem elektrické zátěže při přestupu proudu z jednoho tělesa na druhé. Tam kde se dvě tělesa, kterými prochází proud spojí, dojde ke zvětšení hustoty a odporu. [8]

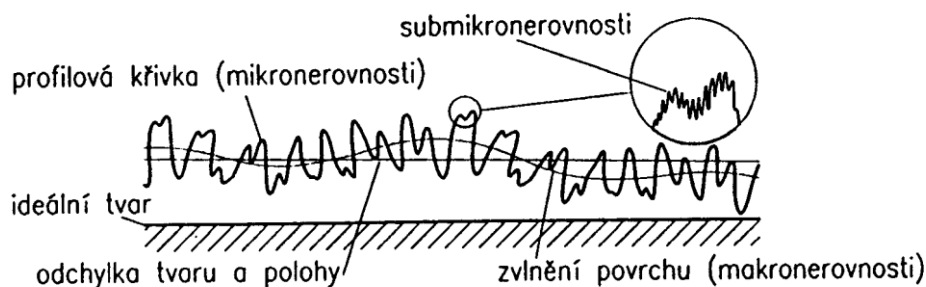
V okamžiku spínání a vypínání silnoproudých kontaktů dochází ke vzniku elektrických výbojů, které působí na povrchu kontaktu a porušují ho. Díky čemuž může nastat nejen opalování kontaktů (úbytek materiálu), ale i přenos složek jednoho kontaktu na druhý. [8]

2.2.2 Geometrické a mechanické vlastnosti povrchu

Z hlediska funkce jsou geometrické vlastnosti povrchu v mnoha případech rozhodující nebo velmi důležité. Jestliže ani povrch monokrystalů s úplnými atomovými rovinami nemůžeme pokládat za dokonale rovinný, tím větší jsou rozdíly u polykrystalického materiálu, kde se navíc vytváří vrstvy odlišné struktury, odlišných vlastností nebo složení. Příkladem je vznik oxidu hliníku tloušťky 0,003 až 0,004 nm na povrchu čistého kovu. [8]

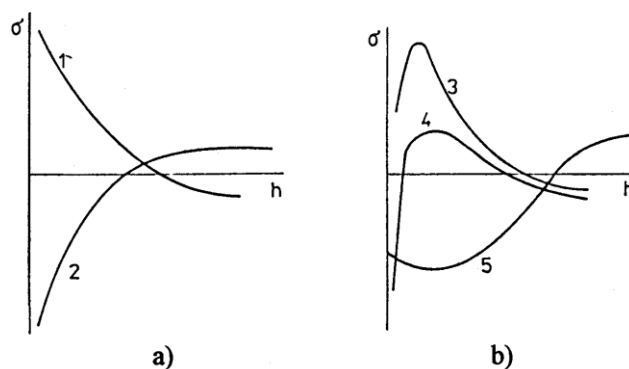
Odchytky od ideální rovnosti mohou vzniknout při výrobě součásti nebo přípravě povrchu, ale také jako důsledek změn vyvolaných vnějšími silami nebo prostředím. Mohou

vznikat nerovnosti vlivem skluzových pásů. Tyto nerovnosti nastávají při plastické deformaci. Polykrystalická vrstva s mnoha poruchami může vzniknout při leštění povrchu monokrystalu. [8]



Obrázek č. 8 - Základní pojmy geometrie povrchu [8]

Také mechanické vlastnosti ovlivňují funkčnost povrchu. Nejčastější metodou hodnocení těchto vlastností je měření tvrdosti. Podle typu materiálu nebo velikosti zařízení je měřena tvrdost různé tloušťky povrchové vrstvy. S mechanickými vlastnostmi souvisí i pnutí, které vzniká jako důsledek technologický podmínek zpracování tj. tváření, lití, tuhnutí atd. Příčinou vzniku pnutí jsou nehomogenity elastických a plastických deformací v jednotlivých místech povrchových vrstev nebo fázové a nerovnovážné stavy, které vyvolaly technologické operace nebo působení vnějších sil. S hloubkou pod povrchem se průběh zbytkových pnutí mění podle příčin vzniku plastických deformací a jejich interakce s okolím. Rozhodujícími faktory jsou velikost a průběh pnutí i tloušťka povrchu. Na obrázku jsou uvedeny charakteristické průběhy pnutí. Na obrázku č. 9 jsou ukázány charakteristické průběhy pnutí. První dva (a) jsou výsledkem mechanických nebo tepelných účinků, složitější průběhy (b) jsou vyvolány působením různých mechanismů. [8]



Obrázek č. 9 - Typické průběhy zbytkových pnutí pod povrchem [8]

2.2.3 Chemické vlastnosti povrchu

Chemické vlastnosti jsou změny chemického složení nebo oxidačních stavů prvků na mezifázovém rozhraní. U povrchu pevných látek jde zejména o rozhraní s kapalinami a plyny. Změny čistého povrchu kovů začínají adsorpcí a chemisorpcí. Základem těchto dějů je anodická oxidace (rozpuštění kovů) s katodickou redukcí, tj. redukce kyslíku nebo vylučování vodíku. [8]

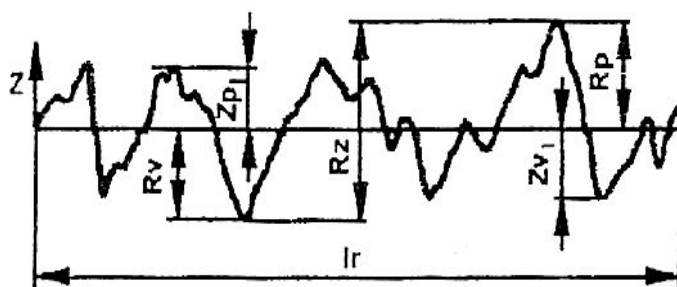
Ušlechtilost je jedna z chemických vlastností kovového povrchu, kterou jde vysvětlit jako snadnost, s jakou atom kovu ztrácí elektrony a přechází do roztoku. Je určena standartním potenciálem, jehož hodnoty jsou uvedeny v tabulkách. Kovy, které mají kladný potenciál nazýváme ušlechtilými. [8]

Další chemickou vlastností může být rozpouštění kovu, které může probíhat jak v aktivním tak v pasivním stavu. Anodické rozpouštění v aktivním stavu probíhá u většiny kovových povrchů, které nejsou pokryty žádným filmem. Na povrchu vznikají se stykem s atmosférou nebo s vhodnými roztoky sloučeniny (nejčastěji oxidy), které ovlivňují přechod iontů kovu do roztoku a aniontů z elektrolytu na povrch kovu. [8]

3 DRSNOST POVRCHU

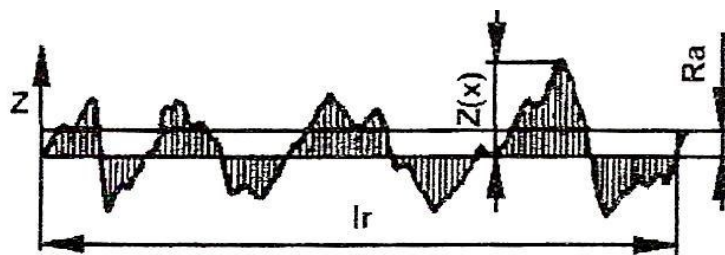
Je to souhrn jednotlivých nerovností skutečného povrchu, tj. prohlubní a výstupků, jejichž výška je menší než mezní výška nerovností v délce měřeného úseku. Drsnost povrchu je charakterizována jednotlivými parametry v mikrometrech: [9]

- R_v – největší hloubka prohlubně profilu – hloubka Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky l_r , (viz. obr.)
- R_p – největší výška výstupku profilu – výška Z_p největšího výstupku profilu v rozsahu základní délky l_r , (viz. obr.)
- R_z – největší výška profilu – součet výšky Z_p největšího výstupku a hloubky Z_v nejnižší prohlubně v rozsahu základní délky l_r , (viz. obr.)



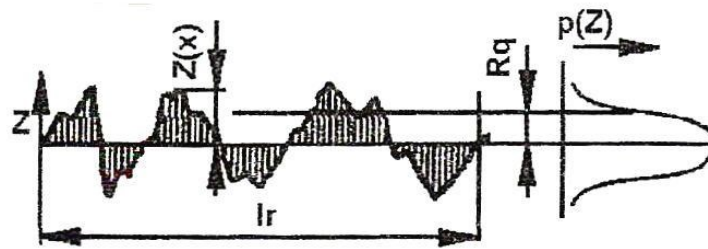
Obrázek č. 10 - Parametry drsnosti R_v , R_p , R_z [9]

- R_a – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu – aritmetický průměr absolutních hodnot $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r , (viz. obr.). Vypovídací schopnost je nízká, protože parametr R_a nereaguje citlivě na extrémní výšky hrotů profilu a hloubky rýh profilu. [9]



Obrázek č. 11 - Parametr drsnosti R_a [9]

- R_q – průměrná kvadratická odchylka profilu – střední kvadratická hodnota $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r , (viz. obr.). Parametr R_q má význam při statistickém pozorování profilu povrchu. [9]



Obrázek č. 12 - Parametr drsnosti R_q [9]

3.1 HODNOCENÍ DRSNOSTI POVRCHU

Parametry drsnosti povrchu můžeme zjistit různými měřicími metodami a přístroji. Rozdělujeme na dva způsoby: [9]

- Kvalitativní hodnocení drsnosti povrchu – povrch hodnocený srovnáním s etalony nebo nepřímo provedením otisku povrchu s následným hodnocením otisku povrchu ve srovnání s etalony.
- Kvantitativní hodnocení drsnosti povrchu – grafickým záznamem nebo přímo měřicím zařízením zjišťujeme jednotlivé parametry drsnosti.

4 ADHEZE SUBSTRÁTU

Adheze (přilnavost) je soubor fyzikálních, chemických a mechanických sil vztažených na jednotku plochy, kterými jsou dvě rozdílné fáze vázané k sobě. Je to schopnost nátěrového systému a ocelového substrátu vytvořit mezi sebou pevnou vazbu. [12]

Adheze je velmi důležitou vlastností systému substrát – tenká vrstva. Závisí na druhu substrátu a nátěrového systému, na technologii nanášení nátěrového systému a také na předúpravě povrchu substrátu. [12]

Adheze se podle vzniku popisuje pěti následujícími mechanismy: [12]

- mechanická adheze – jedná se o tzv. suchý zip, kdy dvě fáze do sebe čistě mechanicky zapadají.
- chemická vazba – dvě fáze vzájemně vytváří sloučeninu, díky které drží pohromadě.
- elektrostatická přitažlivost – vzniká mezi dvěma opačně nabitými povrchy.
- difuzní adheze – fáze vzájemně difundují do sebe.
- disperzní adheze – je dána přitažlivostí Van der Waalsových sil.

5 NÁTĚROVÉ SYSTÉMY

Organické nátěrové systémy slouží k zabránění korozi ocelových výrobků a konstrukcí a tím zvýší jejich životnost. Ochrana oceli nátěrem je ekonomicky velice výhodná a jedná se nejběžnější způsob jak ochránit výrobek před korozi. Nátěry zabraňují přístupu agresivních složek a vody k povrchu chráněného kovu. Nanesený nátěrový systém je hotový, ucelený ochranný povlak jedné nebo několika vrstev. Podle účelu nátěru rozeznáváme nátěr: [1]

- ochranný (odolný povětrnosti, mořské vodě, chemickému prostředí, vyšší teplotě atd.)
- dekorativní
- signální (pro bezpečnostní návěští)
- maskovací
- speciální (světélkující, elektrovodivý)

5.1 SLOŽENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT

Nátěrová hmota je pojem pro všechny výrobky, které jsou používány k provádění nátěrů. Jedná se o organické látky různých druhů, které jsou nanášeny v těstovitém nebo tekutém stavu a vytváří na předmětu potřebný povlak požadovaných vlastností. [1]

5.1.1 Dělení nátěrových hmot [1]

- transparentní (průhledný nátěrový film – lak nebo fermež)
- pigmentové (neprůhledný film – email, tmel, barva)

5.1.2 Složení nátěrových hmot

- filmotvorné složky (pojiva) – jsou to netěkavé látky, které mají schopnost vytvořit tenkou souvislou vrstvu a vázat disperbované částice pigmentu a plniv v zaschnutém filmu. Pojiva se od sebe odlišují fyzikálními vlastnostmi nebo chemickým složením. Požadované nátěrové vlastnosti se dosahují kombinacemi různých filmotvorných látek. Tyto látky mohou být vysychavé oleje, přírodní a umělé živce, deriváty celulózy a kaučuku, asfalty atd. [1]
- těkavé složky (rozpouštědla) – slouží k rozpouštění pojiv při výrobě nátěrových hmot a také k úpravě jejich viskozity (konzistence). Mezi nejběžnější rozpouštědla patří benzíny, alkoholy (metanol, etanol), ketony, estery kyseliny octové atd. [1]
- pigmenty – jsou to anorganické nebo organické částičky rozptýleny v pojivě. Dodávají nátěrům krycí schopnost, tvrdost, barevný odstín, zvyšují tepelnou a korozní odolnost. Dělí se do tří skupin: [1]
 - a) inhibitorové pigmenty (zinková žluť, suřík, zásaditý chroman olovnatý atd.)
 - b) neutrální pigmenty (chroman olovnatý, titanová běloba, zinková běloba atd.)
 - c) stimulační pigmenty (grafit, saze atd.)
- plnidla – jsou to jemně rozemleté minerální látky (mastek, křída) nerozpustné v pojivech, které vhodně upravují technologické vlastnosti nátěrového povlaku. [1]
- aditiva – sušidla, emulgátory, zvláčňovadla atd. jsou přísady do nátěrových hmot obsahujících vysychavé oleje. Používají se při výrobě glyptalových nátěrových hmot. Základní účinnou složkou jsou jejich roztoky v organických rozpouštědlech nebo kovová mýdla. [1]

5.2 NANÁŠENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT

Správná volba technologie nanášení nátěrů je jeden z nejdůležitějších faktorů, který rozhoduje o celkové životnosti nátěrů a také ovlivňuje jejich jakost. Je mnoho způsobů nanášení nátěrových hmot a každý má své výhody a nevýhody. Při volbě správného způsobu nanášení je potřeba přihlížet k povaze nátěrové hmoty, k povaze natíraného předmětu atd., za nichž se nátěr zhotovuje. [1]

Hlediska pro volbu technologie nanášení: [1]

- předmět (velikost, tvar a množství)
- požadované finální vlastnosti zhotovovaného nátěru (vzhled, tloušťka, stupeň korozního namáhání)
- kvalita povrchu materiálu (pórovitost, stupeň čistoty, předběžné úpravy atd.)
- vlastnosti použitých nátěrových hmot (slévatelnost, tekutost rozpouštědel, měrná vodivost atd.)

Nanášení nátěrových hmot: [1]

- štětcem
- navalováním
- namáčením
- poléváním
- pneumatickým stříkáním
- stříkání ohřátých nátěrových hmot
- vysokotlakým stříkáním

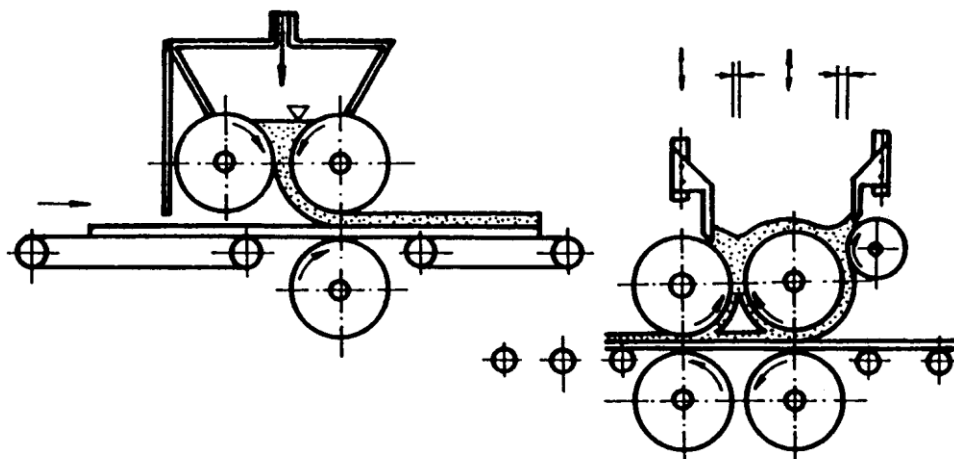
5.2.1 Nanášení nátěrových hmot štětcem

Nanášení štětcem patří mezi nejstarší a nejpoužívanější způsoby. Vyžaduje řemeslnou zručnost, vhodné odborně udržované kvalitní štětce, které se vyrábí v různých velikostech a provedeních a délka štětín nemá být delší než 5 cm. Delší štětiny se používají pro řidší nátěrové hmoty a kratší pro hustší nátěrové hmoty. [1]

Používá se především na menší plochy nebo tam kde by jiné metody nedosáhly potřebné kvality. Výhodou této metody jsou minimální ztráty nátěrové hmoty. Postup natírání se provádí tak, že se štětec ponoří do nátěrové hmoty, po několika okamžicích se nátěrová hmota vytře o hranu nádoby, aby se odstranil její přebytek, a pak se nátěrová hmota nanese třemi až čtyřmi tahy na povrch předmětu. [1]

5.2.2 Nanášení nátěrových hmot navalováním

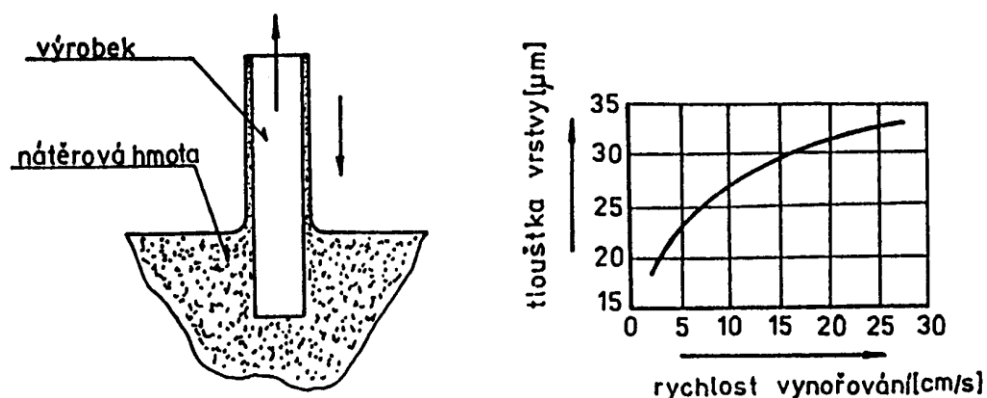
Používá se především na nanášení nátěrových hmot na rovinné plochy (např. linolea, plechy, papírové lepenky, dřevotřískové desky atd.). Předností jsou malé ztráty (2 – 5 %) a možnost dokonalé mechanizace a automatizace. Nanášení se provádí nejméně třemi válci, které jsou ze speciální gumy a nátěrová hmota se dávkuje do stroje čerpadlem. Tloušťku nánosu regulujeme vzdáleností nanášejícího válce, rychlostí a směrem otáčení. [1]



Obrázek č. 13 - Schéma navalovacího stroje [1]

5.2.3 Nanášení nátěrových hmot namáčením

Principem je ponoření předmětu do nádrže s nátěrovou hmotou a poté se rovnoměrnou rychlostí vynořuje. Po vynoření přebytečná nátěrová hmota steče a zbytek vytvoří nátěr. Tloušťka nátěru závisí na konzistenci nátěrové hmoty a rychlosti vynořování. Tato metoda se používá při povrchových úpravách předmětů velkosériové výroby (odlitky, díly jízdních kol, disky automobilových kol atd.). [1]



Obrázek č. 14 - Vliv rychlosti vynořování na tloušťku nátěru [1]

5.2.4 Nanášení nátěrových hmot poléváním

Je to obdoba máčení. Poléváním je možné nanášení nátěrové hmoty na velmi rozměrné výrobky, aniž by byly potřebné velké vany, ztráty a spotřeby nátěrových hmot jsou nižší než u máčení. Nevýhodou je klínovitost nátěru, stékance a kapky na hranách. Výrobky jsou zavěšeny na dopravníku a prochází tunelem, kde se rovnoměrně osprchují nátěrovou hmotou. [1]

5.2.5 Nanášení nátěrových hmot pneumtickým stříkáním

V dnešní době nejrozšířenější způsob nanášení vhodný pro novodobé rychle schnoucí nátěrové hmoty celulózové a syntetické. Používá se především na velké plochy. Stříkání se dá dobře mechanizovat a automatizovat. Nátěr se nanáší stříkací pistolí, ve které je proud nátěrové hmoty. [1]

5.3 ÚPRAVY NÁTĚROVÝCH HMOT PO NANÁŠENÍ

5.3.1 Sušení nátěrových hmot

- Zasychání nátěru na vzduchu – při normální teplotě 20 °C zasychají hmoty lihové, asfaltové, alkydové atd., zasychají jak fyzikálně, tak i chemicky. Musíme vytvořit pro zasychání vhodné podmínky. Optimální teplota zasychání je 18 – 25 °C. Při nižší teplotě se zasychání zpomaluje. Vlhkost vzduchu nesmí přesáhnout 75 %. [1]
- Přisoušení při teplotě 40 – 60 °C – vzduch se ohřívá topnými tělesy, které ohřívá horká voda, pára, plyn, olej atd. Proudění vzduchu v prostorách sušáren zabezpečují ventilátory. Musíme dbát na dokonalou čistotu zařízení, jelikož se vzduchem se pohybují také nečistoty. Vypalovací zařízení jsou komorová nebo průběžná (tunelová). [1]
- Vypalování při teplotě 80 – 250 °C – sem patří různé metody (vypalování infračerveným zářením, indukční vypalování, ultrafialovým zářením, elektronovými zářiči). [1]

5.3.2 Broušení nátěrů

Broušením odstraňujeme povrchové vady a nerovnosti nátěrů a tmelů, které tvoří podklad pro další nátěry. K broušení se používají různé druhy brusných papírů, brusných past, ocelových vln atd. Je potřeba dbát na to, aby nátěr nebyl probroušen až na podkladový materiál, je nutné, aby byl nátěr dostatečně ztvrdlý a dokonale zaschlý. Nátěry se brousí buď za sucha anebo za mokra při použití kapalin. [1]

5.3.3 Leštění nátěrů

Slouží k odstranění drobných vad a ke zvýšení lesku na konečném nátěru. Při leštění se nátěr musí nejprve za mokra vybrousit, poté se může naleštit brusnou a leštící pastou. Leští se podélnými tahy až do úplného vysušení. [1]

6 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Experimentální práce budou mít následující sled činností:

1. Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků
2. Hodnocení povrchu vzorků
 - stanovení drsnosti povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287
3. Aplikace nátěru ALKYTON "by RUST-OLEUM" "na rezavý kov, na kov, i dřevo" – nanášení štětcem
 - stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
 - stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
4. Zkoušky přilnavosti nátěrového systému
 - mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2
 - odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1

6.1 POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

6.1.1 Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků

Jako zkušební materiály byly použity dva vzorky:

- ocelový substrát otryskaný měděnou struskou
- ocelový substrát otryskaný litinovou drtí

Značení zkušebních vzorků:

Vzorky jsou označeny dvěma písmeny, kde první písmeno bude označovat základní materiál vzorků a druhé písmeno nám bude udávat typ nátěru, kterým byly vzorky nanášeny.

První písmeno:

„M“ – měděná struska

„L“ – litinová drť

Druhé písmeno:

„A“ – vzorky natřené nátěrem ALKYTON "by RUST-OLEUM"

Příprava zkušebních vzorků:

Vzorky jsme prvně museli odmastit od nečistot. Odmaštění jsme provedli ponorem v roztoku čistícího a odmašťovacího koncentrátu SIMPLE GREEN s vodou, kde poměr ředění byl 1:10. Doba odmašťování byla přibližně 10 minut, poté následoval dvojnásobný oplach pod studenou tekoucí vodou a to do té doby, než pod úhlem 45° odtékal souvislý proud. Pak jsme vzorky vložili do sušicí pece typu SN 30/4, kterou jsme předehřáli na teplotu 100°C a sušili zhruba 5 minut.

6.2 STANOVENÍ DRSNOSTI POVRCHU DLE ČSN EN ISO 4287

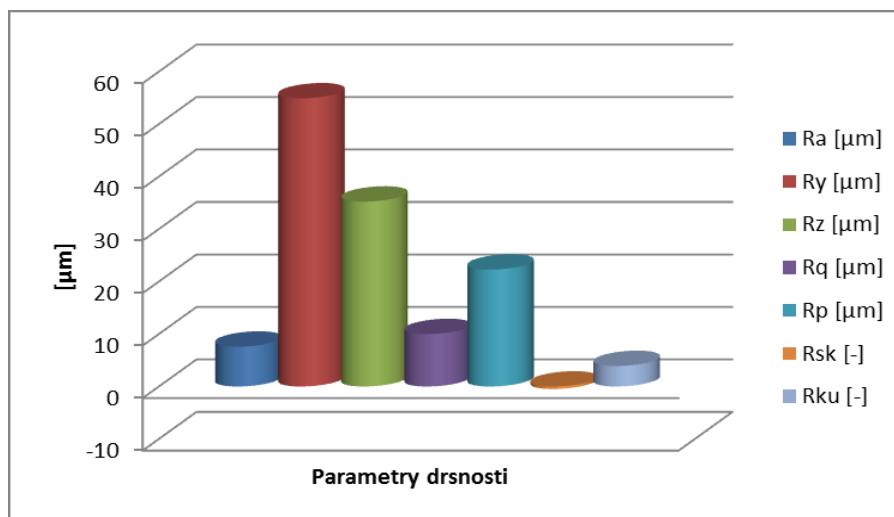
Měření drsnosti se provádělo dotykovým profilometrem, kde byly hodnoty zobrazeny na obrazovce. Měření bylo provedeno 10x a naměřené hodnoty byly zapsány do tabulky.



Obrázek č. 15 – *Dotykový profilometr*

Tabulka č. 1 – *Naměřené hodnoty drsnosti pro litinovou drť*

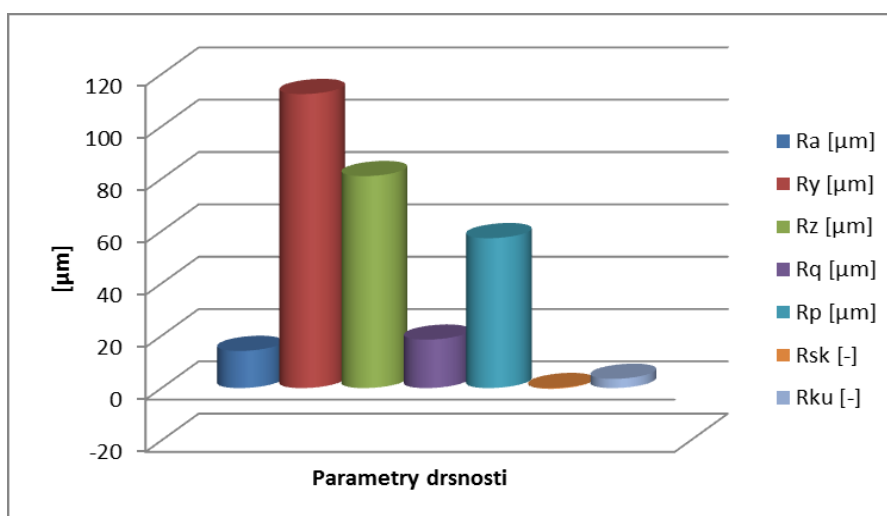
Vzorek: Litinová drť							
Parametry: $\lambda_c = 2,5$ $L = 5$ mm							
Měření	Ra [μm]	Ry [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	8,09	56,55	37,02	10,82	21,94	-0,41	3,75
2	7,98	55,07	35,57	10,68	22,94	-0,36	3,21
3	8,23	59,50	38,10	11,22	22,81	-0,46	3,86
4	7,70	61,01	37,40	10,77	26,04	-0,74	5,03
5	7,85	60,54	37,91	10,89	24,51	-0,56	4,04
6	8,12	57,44	36,21	10,69	25,41	-0,65	4,12
7	6,17	42,31	30,29	7,79	18,69	-0,26	3,09
8	7,14	49,51	32,43	8,95	19,43	-0,44	3,45
9	6,47	52,90	33,95	8,70	20,69	-0,58	4,55
10	8,14	54,22	33,45	9,41	20,30	-0,35	3,99
Ø	7,589	54,905	35,233	9,992	22,276	-0,481	3,909



Graf č. 1 – Průměrné hodnoty parametrů drsnosti litinové drti

Tabulka č. 2 – Naměřené hodnoty drsnosti pro měděnou strusku

Vzorek: Měděná struska							
Parametry: $\lambda_c = 8$ L = 1 mm							
Měření	Ra [μm]	Ry [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	14,81	126,20	79,90	19,30	60,49	-0,10	3,37
2	15,21	124,30	76,42	18,91	59,94	-0,12	3,84
3	13,72	115,50	83,29	17,89	59,93	-0,17	3,70
4	14,21	115,65	78,21	18,24	60,21	-0,14	3,41
5	14,12	116,33	79,33	19,45	62,33	-0,21	3,95
6	15,68	117,20	92,22	20,50	63,39	-0,12	3,48
7	15,49	119,25	91,43	20,15	62,99	-0,11	3,44
8	13,81	98,07	81,52	17,42	47,50	-0,54	3,16
9	13,94	99,91	84,54	19,31	58,61	-0,34	3,12
10	11,03	91,57	63,47	13,98	37,59	-0,85	3,89
Ø	14,202	112,398	81,032	18,515	57,298	-0,27	3,536



Graf č. 2 – Průměrné hodnoty parametrů drsnosti měděné strusky

Z grafů č. 1 a č. 2 lze vyčíst, že průměrné naměřené hodnoty drsností jsou vyšší u měděné strusky.

6.3 APLIKACE NÁTĚRU ALKYTON

6.3.1 Stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808 pomocí zubové měrky

Tabulka č. 3 - Hodnoty tlouštěk mokré vrstvy

Typ vzorku	Průměrná tloušťka mokré vrstvy [μm]
„MA“	100
„LA“	100

Tloušťku mokré vrstvy jsem měřil po každém nátěru, aby se dosáhlo správné a požadované vrstvy povlaku. Měřicím zařízením je zubová měrka se zuby okolo okraje.



Obrázek č. 16 – Zubová měrka nátěrů (rozsah 25-2000 μm)

6.3.2 Stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808

Po uschnutí nátěru bylo možné provést kontrolu tloušťky suché vrstvy, přičemž byla využita nedestruktivní metoda. Měření tloušťky suchého nátěrového systému jsme provedli pomocí ELKOMETRU 141 na dvanácti různých místech a poté tyto hodnoty zprůměrovali. Výsledky měření jsou zaznamenány v tabulce.



Obrázek č. 17 – Elcometer 141

Tabulka č. 4 – Hodnoty tlouštěk suché vrstvy

Typ vzorku	„LA“	„MA“
n – počet měření	12	12
L_0 [μm] – min. hodnota	19,1	31,6
H_i [μm] – max. hodnota	37,7	58,1
$\bar{\varnothing}$ [μm] – prům. hodnota	30,56	46,89
σ – směr. odchylka	5,2	9,68

6.4 ZKOUŠKY PŘILNAVOSTI NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU

6.4.1 Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2

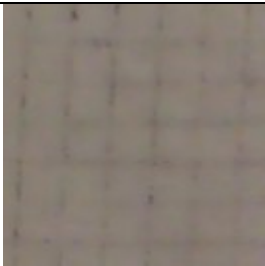

Pomůcky potřebné k provedení této zkoušky:

- jednobřítý řezný nástroj
- průhledná samolepící páska šířky 25 mm
- štěteček
- kontrastní papír

Nejprve provedeme řezy do nátěrových systémů pomocí řezného nástroje, kdy řezy musí proniknout až na základní materiál. Pro náš experiment jsme udělali dva řezy na sebe kolmé na dvou různých místech. Poté očistíme řezy štětečkem a přilepíme důkladně samolepící pásku, kterou přitlačíme a uhladíme prsty. Následuje rovnoměrné strhnutí samolepící pásky pod úhlem 60° a nalepíme na kontrastní papír.

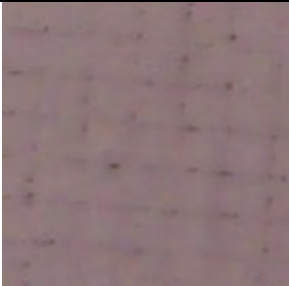
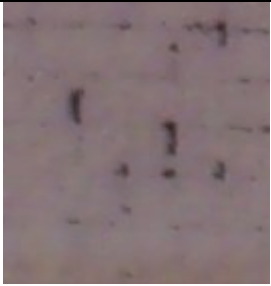
Vzorek: Měděná struska

Tabulka č. 5 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorku „MA“

Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození
„MA“		0
„MA“		1


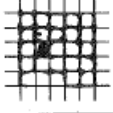
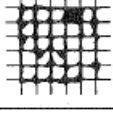
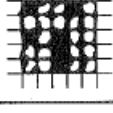
Vzorek: Litinová drť

Tabulka č. 6 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorku „LA“

Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození
„LA“		0
„LA“		1

Touto zkouškou jsme získali kvalitu adheze nátěrového systému k povrchu základního materiálu. Měření jsme provedli dvakrát u obou vzorků a z výsledků měření jsme touto metodou zjistili, že přilnavost je víceméně stejná jak u litinové drti, tak u měděné strusky, což je ukázáno na fotodokumentaci.

Tabulka č. 7 – Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky [10]

Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem, na které se vyskytlo odlupování (Příklad pro šest rovnoběžných řezů)
0	Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není poškozen	-
1	Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5 %	
2	Povlak se odlupuje podél řezů a/nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5 %, ale menší než 15 %	
3	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech částečně nebo zcela, a/nebo se odlupuje částečně nebo zcela na různých místech čtverců. Poškozená plocha je větší než 15 %, ale menší než 35 %	
4	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 35 %, ale menší než 65 %	
5	Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm 4	-

6.4.2 Odrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1

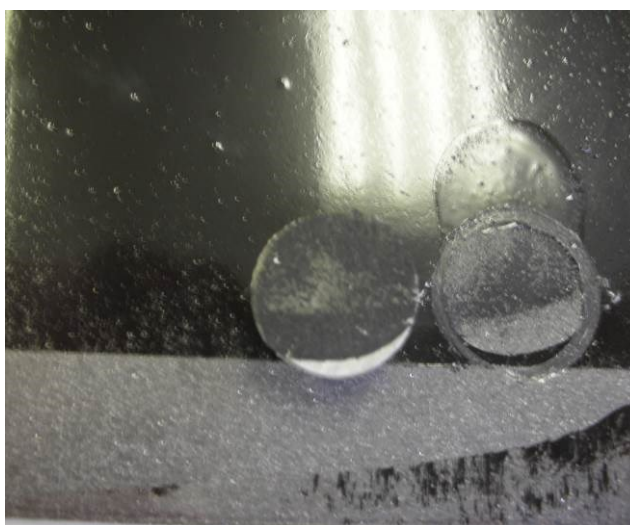
Tato metoda funguje na principu přilepení zkušebních tělísek (panenky) k povlaku lepidlem a poté na ně působíme silou, dokud nedojde k odtržení, tuto sílu měříme zařízením. Jedná se o destruktivní metodu.



Obrázek č. 18 - Odrhoměr

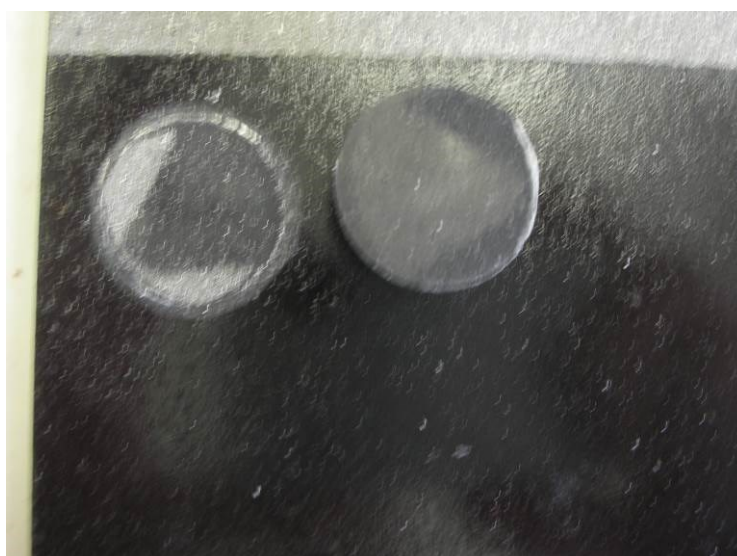
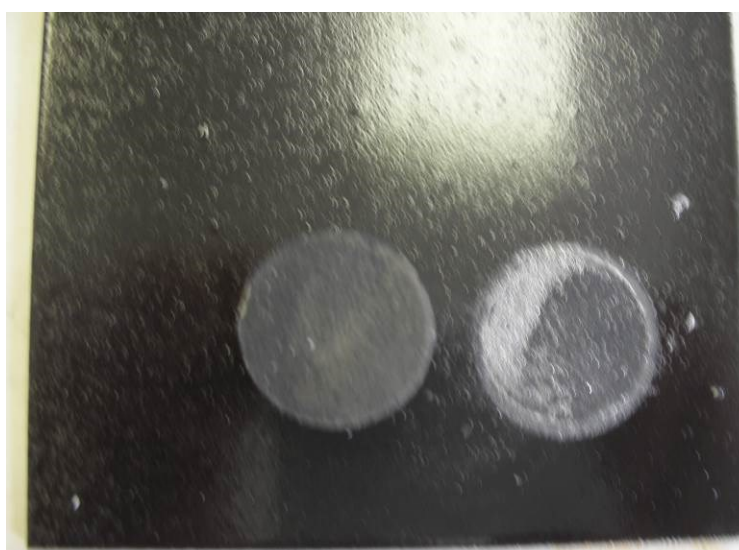
Tabulka č. 8 – Hodnoty poškození odtrhovou zkouškou u vzorku „MA“

Vzorek „MA“	Odtrhová síla [MPa]	A/B [%]	B/Y [%]	B [%]	Z/Y [%]
1. panenka (Obr. č. 23)	6	45	50	5	-
2. panenka (Obr. č. 24)	5	55	25	10	10

**Obrázek č. 19** – Vyhodnocení odtrhové zkoušky 1. panenky u vzorku „MA“**Obrázek č. 20** – Vyhodnocení odtrhové zkoušky 2. panenky u vzorku „MA“

Tabulka č. 9 – Hodnoty poškození odtrhovou zkouškou u vzorku „LA“

Vzorek „LA“	Odtrhová síla [MPa]	A/B [%]	B/Y [%]	B [%]	Z/Y [%]
1. panenka (Obr. č. 25)	6	25	70	5	-
2. panenka (Obr. č. 26)	5,5	30	65	5	-

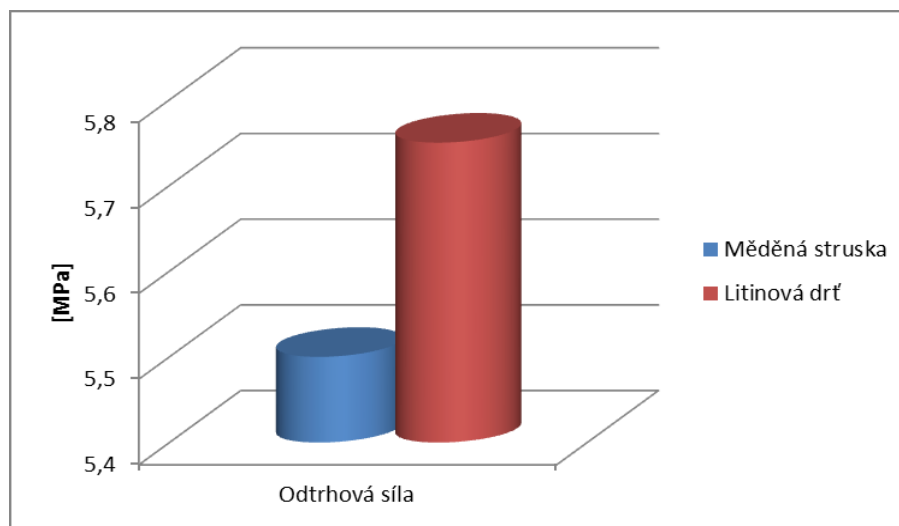
**Obrázek č. 21 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky 1. panenky u vzorku „LA“****Obrázek č. 22 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky 2. panenky u vzorku „LA“**

A/B – adhezní poškození mezi podkladem a první vrstvou (základem)

Z/Y – adhezní poškození mezi lepidlem a zkušebním tělískem

B/Y – adhezní poškození mezi první vrstvou a tělískem

B – kohézní poškození první vrstvy



Graf č. 3 – Průměrné odtrhové síly měděné strusky a litinové drti

Z grafu lze vyčíst, že lepší přilnavost má litinová drť, neboť odtrhová síla byla vyšší než u měděné strusky. Může to být způsobeno tím, že měď může snižovat přilnavost.

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval studiem vlivu drsnosti ocelového substrátu na adhezi tenkého nátěrového systému. Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část.

V teoretické části jsem prostudoval čištění a předběžné úpravy povrchu, které se dělí na chemické a mechanické úpravy povrchu. Dále jsem se zaměřil na povrch a jeho vlastnosti, které dělíme na strukturu povrchu a vlastnosti povrchu rozdělené na fyzikální, chemické, geometrické a mechanické. Také obsahem teoretické části je drsnost povrchu a jak se hodnotí. Ve druhé polovině teoretické části bakalářské práce byla popsána adheze substrátu a nátěrové systémy, kde je rozebráno složení nátěrových hmot, možnosti nanášení nátěrových hmot a úpravy nátěrových hmot po nanášení.

Experimentální část se zabývá drsností a také přilnavostí nátěrových hmot na otryskané ocelové substráty. Jsou zde popsány jednotlivé postupy všech provedených zkoušek a poté vyhodnoceny do tabulek. Zkoumanými materiály jsou ocelové substráty otryskané litinovou drtí a měděnou struskou. U obou vzorků byla prvně změřená drsnost a z výsledných hodnot bylo zjištěno, že větší drsnost měl vzorek otryskaný měděnou struskou. Poté byl nanesen nátěrový systém ALKYTON "by RUST-OLEUM" a byla stanovena tloušťka mokrého nátěru zubovou měrkou. Po uschnutí nátěru se změřila tloušťka suché vrstvy pomocí Elcometru a provedly se zkoušky přilnavosti nátěrového systému. První byla mřížková zkouška, na každém vzorku na dvou místech, která ukázala poměrně dobrou přilnavost, kdy stupeň poškození byl klasifikován jako 0 respektive 1. Druhá zkouška byla odtrhová, kdy přilepené panenky na zkoumané vzorky byly odtrženy odtrhoměrem a zde se ukázalo, že o trochu lepší přilnavost nátěrového systému byla u substrátu otryskaném litinovou drtí, což mohlo být způsobeno tím, že měď může snižovat přilnavost.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB-TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] Písek křemičitý přírodní: zrnitost 0,6-1,2 mm. *Flexiobklady: Písky* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.flexiobklady.cz/produkty-pisek-prirodni-zrnitost-06-12.php>
- [3] Litinová drť. *Tryskaci-materialy* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://tryskaci-materialy.cz/produkty/litina/litinoва-drt/>
- [4] Sekaný drát. *Comprexcz: Tryskací materiály* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/zinkovy-sekany-drot.html>
- [5] Karbid křemíku. *Polpur: Užité sklo* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.polpur.cz/polpur/eshop/1-1-UZITNE-SKLO/0/5/34-Zeleny-karbid-kremiku-SiC>
- [6] Balotina. *Tryskaci-materialy* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://tryskaci-materialy.cz/produkty/balotina/>
- [7] Předúpravy povrchu. [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/PU/teoreticke%20podklady/P%C5%99ed%C3%BApravy%20povrchu.pdf>
- [8] KRAUS, V.: *Povrchy a jejich úpravy*. Západočeská univerzita, Strojní fakulta, Plzeň, 2000. 1. vydání. 216 s.
- [9] DORAZIL, P. Studium přípravy povrchu substrátu na vlastnosti nátěrového systému. Ostrava, 2009. Diplomová práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní.
- [10] ČSN EN ISO 2409. Nátěrové hmoty - mřížková zkouška. Praha: Český normalizační institut, Říjen 2007. 16 s.
- [11] ČSN EN ISO 16276-1. Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 1: Odtrhová zkouška. Praha: Český normalizační institut, Leden 2008. 16 s.
- [12] Sousedík, R. Studium vlivu reliéfu ocelového substrátu na adhezi ochranných povlaků. Ostrava, 2011. Diplomová práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

- Obrázek č. 1 – Křemičitý písek – str. 11
- Obrázek č. 2 – Litinová drť – str. 11
- Obrázek č. 3 – Sekaný drát – str. 12
- Obrázek č. 4 – Brusivo – str. 12
- Obrázek č. 5 – Balotina – str. 13
- Obrázek č. 6 – Princip odlupování nečistot a oxidů kyselinou – str. 16
- Obrázek č. 7 - Schéma sil působících na atom v povrchu (A) a uvnitř krystalu (B) – str. 17
- Obrázek č. 8 - Základní pojmy geometrie povrchu – str. 19
- Obrázek č. 9 - Typické průběhy zbytkových pnutí pod povrchem – str. 20
- Obrázek č. 10 - Parametry drsnosti R_v , R_p , R_z – str. 21
- Obrázek č. 11 - Parametr drsnosti R_a – str. 21
- Obrázek č. 12 - Parametr drsnosti R_q – str. 22
- Obrázek č. 13 - Schéma navalovacího stroje – str. 26
- Obrázek č. 14 - Vliv rychlosti vypořování na tloušťku nátěru – str. 27
- Obrázek č. 15 - Dotykový profilometr – str. 31
- Obrázek č. 16 - Zubová měrka nátěrů (rozsah 25-2000 μm) – str. 33
- Obrázek č. 17 – Elcometer 141 – str. 34
- Obrázek č. 18 – Odtrhoměr – str. 37
- Obrázek č. 19 - Vyhodnocení odtrhové zkoušky 2. panenky u vzorku „MA“ – str. 38
- Obrázek č. 20 - Vyhodnocení odtrhové zkoušky 2. panenky u vzorku „MA“ – str. 38
- Obrázek č. 21 - Vyhodnocení odtrhové zkoušky 1. panenky u vzorku „LA“ – str. 39
- Obrázek č. 22 - Vyhodnocení odtrhové zkoušky 2. panenky u vzorku „LA“ – str. 39
- Tabulka č. 1 - Naměřené hodnoty drsnosti pro litinovou drť – str. 31

Tabulka č. 2 - Naměřené hodnoty drsnosti pro měděnou strusku – str. 32

Tabulka č. 3 - Hodnoty tloušťek mokré vrstvy – str. 33

Tabulka č. 4 - Hodnoty tloušťek suché vrstvy – str. 34

Tabulka č. 5 - Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorku „MA“ – str. 35

Tabulka č. 6 - Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorku „LA“ – str. 36

Tabulka č. 7 - Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky – str. 37

Tabulka č. 8 - Hodnoty poškození odtrhovou zkouškou u vzorku „MA“ – str. 38

Tabulka č. 9 - Hodnoty poškození odtrhovou zkouškou u vzorku „LA“ – str. 39

Graf č. 1 - Průměrné hodnoty parametrů drsností litinové drti – str. 32

Graf č. 2 – Průměrné hodnoty parametrů drsností měděné strusky – str. 32

Graf č. 3 - Průměrné odtrhové síly měděné strusky a litinové drti – str. 40