

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

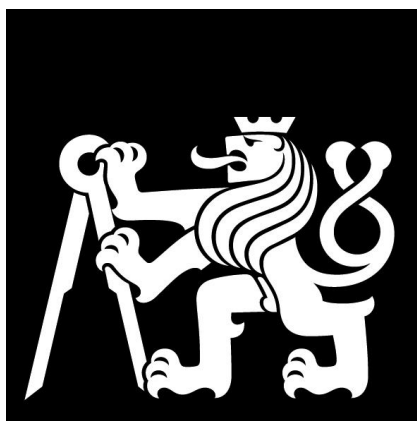
**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2019

**NATÁLIE
DOLANOVÁ**



Ústav Strojírenské technologie

Porovnání doby zasychání nátěrových hmot

Comparison of drying time of paints

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

NATÁLIE DOLANOVÁ

Studijní program: Teoretický základ strojního inženýrství

Studijní obor: bez oboru

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



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Dolanová** Jméno: **Natálie** Osobní číslo: **465390**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:
Porovnání doby zasychání nátěrových hmot

Název bakalářské práce anglicky:
Comparison of drying time of paints

Pokyny pro vypracování:
Rozbor problematiky nátěrových hmot
Stanovení doby zasychání u vybraných nátěrových hmot
Technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:
Ing. Jan Kudláček, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:
Ing. Michal Zoubek, ústav strojírenské technologie FS

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: **05.08.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2019**

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

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

30.4.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Porovnání doby zasychání nátěrových hmot“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jana Kudláčka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze

.....

Jméno Příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D. za vedení mé práce. Dále bych velice ráda poděkovala Ing. Michalovi Zoubkovi za odbornou pomoc při práci v laboratořích a za rady při vypracovávání.

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

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Natálie Dolanová		
Název BP:	Porovnání doby zasychání nátěrových hmot		
Anglický název:	Comparison of drying time of paints		
Rok:	2019		
Studijní program:	Teoretický základ strojíního inženýrství		
Obor studia:	bez oboru		
Ústav:	Ústav strojírenské technologie		
Vedoucí BP:	Ing. Jan Kudláček, Ph.D.		
Bibliografické údaje:	Počet stran	49	
	Počet obrázků	29	
	Počet tabulek	12	
	Počet příloh	1	
Klíčová slova:	Nátěrová hmota, zasychání, přilnavost, BK3, koroze		
Keywords:	Paints, drying, adhesion, BK3, corrosion		
Anotace:	Bakalářská práce se zaměřuje na rozbor obecných znalostí o nátěrových hmotách a informací spojených s touto problematikou. V praktické části jsou na vybraných nátěrových hmotách provedeny zkoušky zasychání a přilnavosti, které jsou následně v technicko-ekonomické části srovnány s cenou nátěru.		
Annotation:	This thesis focuses on the analysis about paints and coating materials and information regarding this subject matter. In practical the part of the thesis, the drying and adhesion tests are made on selected coating materials. Results of these tests are then compared with the prices of each coating material in the technical-economic part of the thesis.		

Obsah

Prohlášení	4
Poděkování	5
Anotační list	6
1. ÚVOD.....	8
2. ROZBOR PROBLEMATIKY NÁTĚROVÝCH HMOT.....	9
2.1. Koroze	9
2.1.1. Rozdělení koroze z hlediska jejího mechanismu	9
2.1.2. Rozdělení koroze dle korozního prostředí	10
2.1.3. Protikorozní ochrana	10
2.2. Nátěrové hmoty.....	14
2.2.1. Složení nátěrových hmot	14
2.2.2. Vybrané druhy nátěrových hmot	15
2.2.3. Životnost povlaku.....	16
2.2.4. Předúpravy povrchů před aplikací nátěrových hmot.....	17
2.2.5. Úprava nátěrových hmot pro nanášení	18
2.2.6. Nanášení nátěrových hmot.....	19
3. PRAKTICKÁ ČÁST	23
3.1. Vyhotovení vzorků	24
3.2. Stanovení tloušťky nátěru	25
3.3. Mřížková zkouška	29
3.4. Zkouška křížovým řezem	31
3.5. Odtrhová zkouška	33
3.6. Stanovení doby zasychání	36
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.....	40
5. Závěr.....	42
Seznam použité literatury	43
Seznam obrázků	47
Seznam tabulek	48
Přílohy.....	49

1. ÚVOD

Práce se zabývá rozbořem problematiky nátěrových hmot, které jsou velmi častým způsobem ochrany součástí proti korozi. Koroze totiž způsobuje škody o velikosti 3-4% hrubého domácího produktu a jedná se o proces nevratný. Správně fungující povlak je tedy přilnavý a celistvý. Mimo ochrany proti korozi, při které jsou organické povlaky nejpoužívanějším řešením, mají i estetickou funkci. Na správnou funkci nátěrových hmot jsou kladeny velké nároky také z ekologických důvodů.

Při automatizaci výroby je klíčová doba zasychání. Krátká doba zasychání znamená vysokou efektivitu výrobního procesu. Z tohoto důvodu jsou rychleschnoucí nátěrové hmoty výhodnou volbou. Zvýšení efektivity výrobního procesu umožňuje firmám zkracovat časové intervaly na výrobu produktu a tím zvyšovat zisk.

2. ROZBOR PROBLEMATIKY NÁTĚROVÝCH HMOT

2.1. Koroze

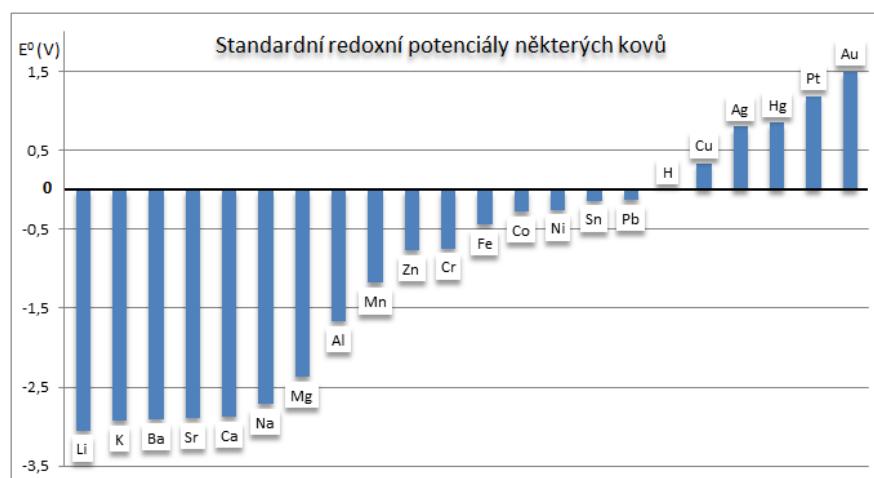
V běžných podmínkách jsou součásti povrchově poškozovány a namáhány. Ztrácejí tedy vlastnosti, které měly po výrobě. Nejčastějším činitelem ztráty žádoucích vlastností, mezi které patří například odolnost proti opotřebení, je koroze. „Koroze je definována jako samostatně probíhající nevratný proces postupného narušování a znehodnocování materiálů chemickými a fyzikálně-chemickými vlivy prostředí.“ Korozi kovů pak rozumíme oxidací kovů. Nepodléhají jí však pouze kovy, ale téměř všechny materiály, včetně materiálů keramických a silikátových. [1] Nejčastějším rozdělením koroze je z hlediska jejího mechanismu, dále se také dá dělit například podle charakteru korozního děje, charakteru korozního prostředí či vnější formy korozního napadení.

2.1.1. Rozdělení koroze z hlediska jejího mechanismu

Koroze chemická se vyznačuje chemickou nebo fyzikálně-chemickou reakcí, která definuje i rychlost reakce, mezi krajními atomy prostředí a materiálu. Například pokud kov oxiduje za zvýšené teploty. Vytvořená vrstva oxidu na povrchu pak může být i ochranou materiálu.

Při korozi elektrochemické je nutná přítomnost elektrolytu, což je nejčastěji kapalina, ve které se pohybují ionty a elektrony, což umožňuje průchod elektrického proudu. Pokud proud elektrolytem samovolně prochází, jedná se o galvanický nebo koncentrační článek. Mezi elektrodou a elektrolytem je elektrodový potenciál, jehož hodnota závisí na složení kovu i elektrolytu.

Tento potenciál je potom přibližným ukazatelem náchylnosti kovu ke korozi. K porovnání náchylnosti kovů ke korozi potom slouží standardní potenciál, kterým je reprezentována ušlechtilost kovu. Platí, že čím je standardní potenciál kladnější, tím je kov ušlechtilejší. [2]



Obrázek 1 - Porovnání hodnot standardních redoxních potenciálů některých kovů [29]

Korozi biologickou potom způsobují biologičtí činitelé. Jedná se například o vznik organické kyseliny od rostliny či moč zvířat. [5]

2.1.2. Rozdělení koroze dle korozního prostředí

Dle korozního prostředí se koroze dělí na čtyři skupiny:

- Koroze atmosférická
- Koroze půdní
- Koroze v kapalinách
- Koroze v roztocích kyselin, zásad a solí

Atmosférická koroze působí na všechny konstrukce a stroje, které jsou vystaveny atmosférickým podmínkám, protože v atmosféře působí mnoho negativních vlivů, jako jsou například vlhkost, sluneční záření, srážky či nečistoty v ovzduší. Jedná se tedy o nejrozšířenější typ koroze. Tato koroze je důsledkem vrstvy vlhkosti kondenzací vlhkosti ze vzduchu. Rychlost vzniku této vrstvy závisí na klimatických podmínkách, jako například na teplotě, vlhkosti vzduchu, množství srážek, rychlosti větru či intenzitě slunečního záření. Dále záleží i na parametrech korodované součásti, umístěné do korozního prostředí. Nejčastějšími nečistotami ve vzduchu, které ovlivňují korozní rychlost, jsou SO_2 a chloridy. [36]



Obrázek 2 - Napadení atmosférickou korozí [36]

2.1.3. Protikorozní ochrana

Jak již vyplynulo z předchozího textu, koroze je nežádoucí jev. Způsobuje totiž škody o velikosti 3-4% hrubého domácího produktu. Na základě znalosti systému se však do jisté míry můžeme proti korozi vhodně chránit. [4]

Protikorozní ochrany, které pomáhají snížit korozní poškození, jsou zejména následující:

- vhodná volba materiálu
- konstrukční řešení
- úprava korozního prostředí
- elektrochemická ochrana
- povlakování, povrchové úpravy

Vhodnou volbou protikorozního opatření je zpravidla kombinace více způsobů ochrany. Volba materiálu a konstrukčního řešení je nutný základ. Úprava prostředí patří spíše mezi doplňkové ochrany. V zásadě jde pouze o tři způsoby úpravy: úprava fyzikálních vlastností prostředí, odstranění složek způsobující korozní napadení a přidání složek zpomalující korozi. [2]

Nutná protikorozní ochrana je tedy vhodná volba materiálu pro zamýšlený typ aplikace a korozního prostředí.

Častým řešením pro velké konstrukce je použití patinující oceli Atmosix. Tyto oceli tvoří za vhodných podmínek na svém povrchu vrstvu oxidů, která účinně zpomaluje rychlost koroze. Ze začátku je rychlost koroze srovnatelná, v průběhu se však výrazně sníží díky vytvoření ochranné vrstvy na povrchu, kterou tvoří korozní produkty- patina. Barva, vlastnosti i ochranné funkce patiny závisí na vlastnostech korozního prostředí a konstrukčním uspořádání. Tyto oceli nevyžadují povrchovou úpravu. Největší využití mají patinující oceli při konstrukci mostů a stožárů. [37]



Obrázek 3 - Konstrukce z patinující oceli [37]

Další možností je nahradit uhlíkovou ocel, která má velice nízkou korozní odolnost. Možnou náhradou jsou korozivzdorné oceli. Ty se vyznačují složením nad 12% Cr a velké množství legujících

prvků. To bývá zejména Ni (až 30%), Mn (až 24%), Mo a Cu. Dalšími mohou být Si, Al, Ti, Nb, Ta, W, V a N (do několika %). Tyto oceli naopak obsahují málo S a P (do setin %). [6]

Podstata elektrochemické ochrany spočívá v záměrném vytvoření galvanického makročlánku s požadovanou polarizací. Kovovým povrchem se nechá vést proud, který způsobí snížení korozní rychlosti. Dojde tím totiž ke změně elektrodového potenciálu kovu a v některých případech i ke změnám složení prostředí obklopujícího povrch. Existují dvě metody elektrochemické ochrany:

- Katodická- při tomto druhu ochrany se chráněná součást stává katodou a je tedy imunní vůči působení koroze. Tato ochrana lze provést dvěma způsoby. Prvním z nich je pomocí obětované elektrody, která se zhotoví z materiálu s nižším elektrodovým potenciálem, než má chráněný materiál. Druhou možností je pomocí stejnosměrného elektrického zdroje, kdy je předmět připojen na katodu a anoda je z materiálu, který je málo rozpustný a vodivý.
- Anodická- při této ochraně je chráněný předmět anodou a stává se pasivním vůči působení koroze. Na anodě se vytvoří pasivní souvislá vrstva, kterou je předmět chráněn před další korozí. Je tedy použitelná pouze u materiálů, které tuto vrstvu snadno vytvářejí. [38]

Bariérový mechanismus ochrany funguje na principu vytvoření bariéry mezi chráněným předmětem a korozním prostředím. Ochranou bariéru zajistí povlakování. Některé typy povlaků navíc kombinují bariérovou ochranu s ochranou katodickou.

Tyto povlaky mohou být:

- Kovové
- Nekovové

Nejpoužívanějším prvkem na pokovení oceli a litin je zinek. Součásti jsou po chemických předúpravách povrchu ponořeny do tekutého kovu. Žárové zinkování přináší celou řadu výhod. K nejdůležitějším patří vysoká produktivita, vysoká trvanlivost a mechanická odolnost, nenáročnost technologie na tvar výrobku či nenáročnost na údržbu. Další výhodou také je, že tento povlak vytváří katodickou ochranu. Zinek zde působí jako obětovaná anoda, protože má nižší elektrodový potenciál, což způsobí, že nekoroduje chráněný předmět. Při nepřilíš rozměrném defektu povlaku navíc korozní produkty zinku vytvoří bariérovou ochranu. [39]

V neposlední řadě jsou tyto povlaky schopny vytvořit velice estetický vzhled:



Obrázek 4 - Vyhlídka na Bradle [40]

Další možností je vytvoření povlaku z cínu. Tento povlak však nedisponuje výhodou vytvoření bariéry z korozních produktů při porušení povlaku.

Nekovové povlaky mohou být dvojího druhu:

- Neorganické
- Organické

Nekovových povlaků neorganických existuje celá řada. Mohou to být vrstvy tvořené oxidačními procesy, mezi které patří fosfátování či chromátování. Dalšími typy takových povlaků jsou keramické smalty, vysokotavitelné keramické povlaky či anorganické nátěry.

Organické povlaky mohou být tvořeny nátěrovou hmotou, plasty nebo oleji a vazelinami. Organické povlaky z nátěrových hmot patří mezi nejrozšířenější způsoby ochrany výrobků před korozi. Je to dáno nespočtem výhod, které přinášejí. Jsou relativně levné i přes to, že dobře chrání před korozi a nemají složitou aplikaci. Působí dekorativně a dá se pomocí nich vytvořit velký počet různých vzhledů. [38]

Ve velkém množství případů bývá velice vhodným řešením ochrany duplexní systém. Duplexní systém je druh povrchové úpravy, který kombinuje zinkový povlak s povlakem z nátěrové hmoty či práškového plastu, který musí na zinkovém povlaku dokonale přilnout. Spojením těchto dvou povlaků se životnost ochranné vrstvy zvýší několikanásobně. Dokud je totiž organický povlak neporušen, je vrstva zinku dokonale zakonzervována. Jakmile vzniknou na organickém povlaku trhliny, nedochází k jeho podkorodování, protože je zespodu chráněn vrstvou zinku. [41]

2.2. Nátěrové hmoty

„Nátěrová hmota je produkt v kapalně, pastovité nebo práškové podobě, který po nanesení na podklad vytváří vrstvu mající ochranné, dekorativní a/nebo jiné specifické vlastnosti.“

„Nátěrový systém je souhrn všech vrstev nátěrových hmot, které mají být nebo byly nanášeny na podklad.“[53]

Tato práce se dále zabývá pouze tekutými nátěrovými hmotami.

2.2.1. Složení nátěrových hmot

Konkrétní složení a jeho poměr ovlivní koncové vlastnosti nátěru. Závisí tedy na materiálu povlakované součásti a agresivitě prostředí, ve kterém bude umístěna. Je tedy nutné do výroby zahrnout i požadavky na technologičnost, jako například dobu zasychání, metodu nanášení atd.

Filmotvorné látky

Pojidla zajišťující rovnoměrné uspořádání dalších složek. Mají přímý vliv na vlastnosti nátěrové hmoty, ovlivňují výsledné vlastnosti nátěru jako účinnost ochrany, životnost, kryvost či dobu zasychání. Patří sem převážně netěkavé organické látky. Jedná se například o epoxidy, vysychavé oleje, vodní sklo nebo nitrocelulózu. [13]

Těkavé látky- rozpouštědla a ředidla

Jsou to látky ovlivňující konzistenci nátěrové hmoty. Z nátěrů se vypařují. Jak již bylo zmíněno, pro každou technologii nanášení jsou stanoveny různé hodnoty konzistence nátěrových hmot. Konzistencemi se zabývá norma ČSN EN ISO 2431. [13][10]

Pigmenty

Práškové nerozpustné prostředky disponující vysokou kryvostí a barvivostí. Dodávají nátěru vzhledové vlastnosti, jako odstín či kryvost, ale také ovlivňují rychlost průběhu koroze či tvrdost. Mohou být organického i anorganického původu. [13][14]

Plniva

Ovlivňují vlastnosti nátěrů, mají za úkol vykoncentrovat složení pevných částic v nátěrové hmotě. Jsou anorganické i organické a velice laciné, tudíž pozitivně ovlivní cenu nátěru. [15]

Aditiva

Možné další přísady, které dále upravují technologické vlastnosti povlaku. Mohou to být například emulgátory, sušidla, stabilizátory, tužidla či zvláčňovadla.

2.2.2. Vybrané druhy nátěrových hmot

Alkydové nátěrové hmoty

Základem takových nátěrových hmot jsou alkydy, tedy alkydové pryskyřice. Alkydová pryskyřice je druh polyesteru, který vzniká polykondenzací tří monomerů: vícesytných alkoholů, polykyselin a kyselin mastných nebo olejů. Tato složka způsobuje dokonale hladké filmy, díky čemuž je tak hojně využívána. Tyto nátěrové hmoty dobře zasychají, mají skvělou odolnost a mají širokospektrální využití. Používají se na ochranu proti korozi kovů, základní nátěry, emailování, nátěrové barvy a mořidla na dřevo, impregnace a laky. [16][17][18]

Epoxidové nátěrové hmoty

Jsou dvousložkové nátěrové hmoty. Skládá se z roztoku nízkomolekulární epoxidové pryskyřice a roztoku polyamidové pryskyřice, který funguje jako tvrdidlo. Takové nátěrové povrchy vynikají svojí přilnavostí, tvrdostí, otěruvzdorností či chemickou odolností. Tyto nátěrové hmoty jsou drahé, mají však výbornou přilnavost a odolnost protikorozi i chemickou. Jsou používány na emailování, jako základní nátěry, protikorozi ochrana či laky. [19][20]

Polyuretanové nátěrové hmoty

Toto je druh obsahující plasty- polymery, které určitým poskládáním molekul dají hmotám ochranné vlastnosti. Mají vysokou odolnost proti vnějším vlivům. Disponují svou tvrdostí, oděruvzdorností, odolností proti povětrnostním vlivům. Jejich časté použití je na střechy, nábytek či různé druhy sportovních potřeb, jako například lyže nebo tenisové rakety. [21][22]

Akrylátové nátěrové hmoty

Tyto nátěrové hmoty obsahují akrylátové polymery. Mohou být ředěny vodou nebo organickými rozpouštědly. Tvoří odolný nátěr proti napadení plísněmi či mechy. Natírají se s nimi fasády z betonu či minerálních omítek. [23]

Vodou ředitelné nátěrové hmoty

Jedná se většinou o disperzi akrylátového nebo polyuretanového pojiva ve vodě. Nejčastěji se konvenčně či vysokotlaccí stříkají, lze však jako metodu nanášení použít i polévání. Lze je použít na všechny druhy podkladů. Takové nátěrové hmoty mají řadu nesporných výhod. Jsou velice šetrné k životnímu prostředí, hygienické, nehořlavé, zdravotně nezávadné a mají dobrou mechanickou i chemickou odolnost. Práce s těmito hmotami tedy vylučuje mnoho nebezpečí. Nehrozí výbuch či požár a pracovníci se nemusí bát o své zdraví a mohou pracovat v blízkosti natíraného místa. [24][25][26]

2.2.3. Životnost povlaku

„Životnost je schopnost nátěru odolávat škodlivým vlivům prostředí.“ [53]

Volba nátěrového systému by měla záviset na podmínkách, ve kterých se bude chráněný předmět nalézat. Mezi klíčové podmínky patří vlhkost vzduchu, přítomnost slunečního záření, mechanické poškození či působení chemických látek. Parametrem pro volbu je také požadovaný vzhled povlakovaného předmětu. Na korozní agresivitu by měl záviset nejen výběr složení nátěrové hmoty, ale i vhodná předúprava povrchu.

Norma ISO 12944 rozděluje prostředí podle korozní agresivity:

- C1- velmi nízká
- C2- nízká
- C3- střední
- C4- vysoká
- C5-I- velmi vysoká (průmyslová)
- C5-M- velmi vysoká (přímořská)

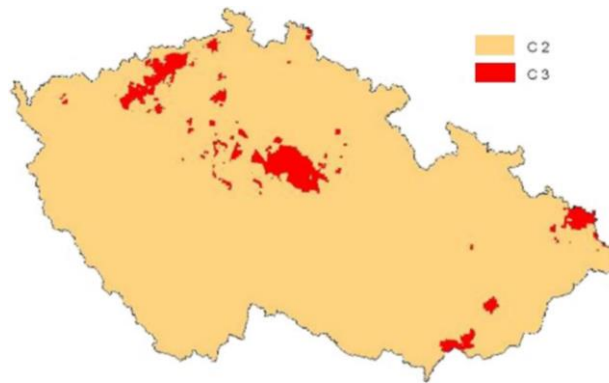
Do korozní agresivity se stupněm C1 spadají pouze vnitřní prostory, které jsou vytápěné a mají čistou atmosféru. Ke stupni C2 se dají přiřadit venkovní atmosféry s nízkou úrovní znečištění či vnitřní prostory, které se nevytápí, a ve kterých může dojít ke kondenzaci par. Stupněm C3 mohou být průmyslové a městské prostory, ve jejichž atmosféře je mírný obsah oxidu siřičitého či výrobní prostory s větší vlhkostí, avšak s pouze malým znečištěním ovzduší. Do stupně C4 se z venkovních prostor řadí průmyslové prostředí a z budov chemické závody, plavecké bazény či doky na mořském pobřeží. Velmi vysokou agresivitou C5-I se vyznačují průmyslová prostředí, ve kterých je atmosféra velice agresivní. C5-M je potom stupněm pro prostředí přímořské s vysokou salinitou.

Norma ISO 12944 také definuje stupně korozní aktivity vody a půdy:

- Im 1- sladká voda
- Im 2- mořská nebo poloslaná voda
- Im 3- půda

Podle stupňů korozní aktivity a požadovanou životností povlaku potom lze pomocí katalogu a údajů od výrobce vybrat vhodné složení a typ nátěrové hmoty. [42]

Ke zjištění těchto stupňů mohou pomoci korozní kupony nebo také korozní mapy, které se liší v závislosti na materiálu.



Obrázek 5 - Mapa korozní agresivity pro patinující ocel při úrovni znečištění SO_2 v roce 2010 [43]

2.2.4. Předúpravy povrchů před aplikací nátěrových hmot

Před nanesením nátěrových hmot je třeba vhodně připravit povrch na aplikaci. Předúpravy povrchu provádíme za účelem:

- odstranění mastnot a nečistot
- odstranění rzi a okují
- odstranění předchozích nátěrů
- jako protikorozní ochranu
- na zvýšení přilnavosti nátěrové hmoty na povrchu [9]

I kvalita předúpravy povrchu tedy určí výslednou jakost povrchu. Nedostatky při této operaci se nemusí projevit bezprostředně po dokončení povrchové úpravy, ale i později, kdy může být například narušena přilnavost povlaku. Pro aplikaci nátěrových hmot je tedy klíčová čistota, tvar a drsnost povrchu.

Důležitá metoda předúprav povrchu je odmašťování. Jedná se o proces, při kterém se povrch odstraní od mastnoty a nečistot. Způsobů odmašťování je celá řada, například ručně, ponorem, postřikem nebo ultrazvukem. [7]

Tento proces je natolik důležitý, že se kvalita čištění kontroluje, o čemž vypovídá zkratka C&C (=cleaning and control), která znamená spojení procesu čištění a účinné kontroly. Na dnešních progresivních metodách je vyžadováno dosahování přesných hodnot v reálných časech a možnost snadné dokumentace.

Ke kontrole se dají použít například optoelektronické přístroje, jejichž hlavní výhodou je, že pracují na destruktivních metodách. Takovým přístrojem může být například Recognoil od firmy TechTest, s. r. o. Takový přístroj detekuje nečistoty na základě toho, že u nich vyvolá fluorescenci a pomocí speciálního softwaru ji vyhodnotí. Je schopný poskytnout obrazová data ve 2D i 3D a informace například o procentuálním zastoupení nečistot či tloušťce. [44][45][46]

Existují také řešení ve formě detekčních kříd, inkoustů a fixů či metoda porušení souvislého vodního filmu. Takové metody jsou však pro dnešní sériové výroby nevhodné, jsou časově náročné

a příliš náchylné k chybám měření. Inkousty a fixy (Acrotest) měří povrchové napětí, které souvisí s čistotou povrchu a závisí na něm velikost adheze. Takové indikátory však již vyčištěný povrch, který je potřeba zkontrolovat, opět kontaminují. [47]

Odmašťovací prostředky se volí s ohledem na typ materiálu a technologie. Může se uskutečňovat:

- alkalickými vodnými prostředky
- tenzidovými přípravky
- organickými rozpouštědly koncentrovanými nebo ve formě emulze [8]

Neméně důležitým krokem je odstranění korozních produktů. Tak se může učinit například mechanicky, kdy se pod silou korozní zplodina uvolní. Tomu může být učiněno otloukáváním, oškrabáváním, kartáčováním či velice efektivními metodami- broušením nebo otryskáváním.

Při odstraňování rzi a okují je též možné jít chemickou cestou. Zplodiny jsou potom odstraněny pomocí kyselin popřípadě louhů. Chemickou reakcí totiž vzniká vodík, který je příčinou odlupování rzi. Taková metoda se nazývá moření. Další možností je chemické odrezování, které má stejnou podstatu jen s tím rozdílem, že rez se dá odstranit výrazně snáze. Proto se provádí při nižších teplotách a je rychlejší. [7]

Častou protikorozní předúpravou povrchu před aplikací nátěrových hmot je fosfátování. Pevně přilnutá krystalická vrstva nerozpustných fosforečnanů vytvoří bariérovou ochranu proti korozi. Přípravky bývají na bázi fosforečnanu zinečnatého, zinečnato-vápenatého, manganatého či železnatého. Další možností je též chromátování, kdy povrch dosáhne pasivační vlastnosti. Dá se dosáhnout kovového vzhledu s různými odstíny.

2.2.5. Úprava nátěrových hmot pro nanášení

Před otevřením nátěrové hmoty je nutné ověření údajů na etiketě. Protože se při skladování a dopravě nátěrových hmot často usadí na obalu nečistoty, je třeba obal před otevřením důkladně očistit, aby nedošlo k znečištění obsahu.

Ve výrobcem dodaném obalu je potom nutné nátěrovou hmotu vytemperovat na teplotu vhodnou pro nanášení. Ta se pohybuje kolem 15-25°C.

Nežádoucím jevem je vytvoření škráloupu v nátěrové hmotě. Nejedná se však o znak horší kvality, jen poukazuje na omezení hermetizace obalu. Výrobci se snaží tomuto jevu zabránit dobrým složením rozpouštědel, dávkováním sušidel a přidáváním aditiv. Taková vrstva však nesmí být do nátěrové hmoty rozmíchána, ale řádně odstraněna. A to i přes to, že takové odstranění nemusí být zcela snadné. Například na tmelech se totiž tvoří tvrdý, však křehký škrálop, který se láme, a částičky nepříznivě ovlivňují zbývající obsah.

Nátěrová hmota se rozmíchává pomocí ručních míchaček, turbínek či vrtulí. Tím se ode dna dostanou usazeniny a hmota zhomogenizuje. Během míchání se mění výška ponoru a z důvodu zabránění jednosměrnému míchání se krouživý pohyb chvílemi mění na osmičkový. Při míchání je snaha nevmíchat do nátěrové hmoty vzduch. Při nanášení by nepříznivě ovlivňoval povrch.

Ve většině případů je dále nutné přidání vhodného ředidla- to závisí nejen na vybrané nátěrové hmotě, ale i na technologii nanášení. [7]

Vhodností konzistence nátěrových hmot se zabývá norma ČSN EN ISO 2431. Stanovuje se tak pomocí výtokových dob nátěrových hmot z výtokových pohárků s průměry vyměnitelných trysek 3mm, 4mm, 5mm a 6mm. [10]

Nesprávná konzistence nátěrových hmot, ať už se jedná o přeředění či nedoředění, ovlivňuje vlastnosti nátěru. Dochází pak k vadám jako vrásnění nátěru, pomerančové kůře, stopám po tazích štětců, stékání nátěru atd. S tím jsou ovlivněny i vlastnosti povrchu a dochází ke snížené odolnosti.

2.2.6. Nanášení nátěrových hmot

„Nanášení nátěrové hmoty je proces aplikace vrstvy nátěru.“ [53]

Technologie nanášení i zvolené pomůcky o určitém stavu mají přímý vliv na jakost i životnost nátěrů. Při její volbě hraje roli velké množství faktorů, jako geometrie předmětů, kvalita povrchu materiálu, vlastnosti zvolené nátěrové hmoty a konečně na cílových požadavcích:

- vzhled nátěru
- tloušťka nátěru v jedné vrstvě i tloušťka celého nátěrového systému
- odolnost stanovená na stupni předpokládaného namáhání

Je tedy zřejmé, že neexistuje zcela univerzální nanášecí způsob, protože každý má své výhody i nevýhody. Nanášecích technologií tedy existuje celá řada: [7]

- natírání nátěrových hmot
 - štětcem
 - navalovacím válečkem
 - nanášení rukavicí
- nanášení nátěrových hmot máčením
- nanášení nátěrových hmot poléváním
- nanášení nátěrových hmot v bubnu
- nanášení nátěrových hmot navalováním
- stříkání nátěrových hmot
 - pneumatické stříkání

- vysokotlaké třikání
- nástřik teplé nátěrové hmoty
- elektrostatické stříkání
- elektroforézní způsob nanášení
- clonování

Nanášení nátěrových hmot štětcem

Tento způsob je frekventovaný a univerzální. Jeho hlavní výhodou je bezproblémové natření i předmětu složitější geometrie. Další je dosažení vysoké přilnavosti nátěru díky zatlačování nátěrové hmoty do pórů povrchu. Je to tedy metoda velice vhodná pro první uskutečňovaný nátěr. Také jsou zde minimální ztráty a malá spotřeba ředidel. Nedostatkem této metody je nízká efektivita práce a požadavky na zručnost pracovníka. [12]

Nanášení nátěrových hmot válečkem

Tento princip nanášení je obdobný jako nanášení štětcem, je však produktivnější. Je vhodné ho využít při natírání obsáhlých ploch (např. konstrukce lodí). Též dojde k úspoře nátěrové hmoty, nelze však použít pro složitější tvary.

Nanášení nátěrových hmot pneumatickým stříkáním (vzduchové)

Princip spočívá ve stříkání na předmět. Jeho efektivita a univerzálnost je důvodem velice častého užívání v mechanizaci. Fyzické nároky na obsluhu jsou velice nízké. Technologie vyžaduje přizpůsobení technologických parametrů, jako je například vhodná konzistence či průměr trysky. Nátěr má souvislou tloušťku. Způsob je však spojován s větší finanční náročností z důvodu vybavení a větším ztrátám materiálu. Pneumatickým stříkáním se nátěrové hmoty také dají rozprašovat. [7]



Obrázek 6 - Pneumatická stříkací pistole [54]

Bezvzduchové stříkání (airless)

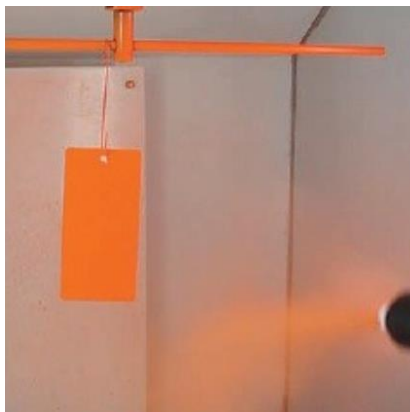
Jedná se o techniku, která probíhá za vysokého tlaku. Nátěrová hmota je napumpovaná v zařízení a stříká se ven přes trysku o malém průměru. Při dopadu nátěru na předmět je potom schopna uchytit se i na ostřejších hranách. Takové nanášení je velice rychlé a nedochází k vytváření velkých odpadů. Velkou výhodou také je snadné nanesení nátěru i do hůř dostupných míst. Technologie vytváří prakticky perfektní povrch. Je tedy vhodná při potřebě nanést nátěr na rozsáhlé plochy. [48]



Obrázek 7 - Bezvzduchové stříkací zařízení [48]

Nanášení nátěrových hmot v elektrickém poli

Často používaná metoda ve velkosériové výrobě. Šetří se při ní nátěrovou hmotou a snadno se mechanizuje, z čehož plyne velice vysoká produktivita práce. Metoda se tedy používá například v průmyslu automobilovém, či při výrobě chladniček. Nanášené částice hmoty získají po připojení na záporný pól generátoru záporný náboj a jsou unášeny na uzemněný předmět, kde ulpívají. Výsledný nátěr je souvislý.



Obrázek 8 – Nanášení nátěrové hmoty v elektrickém poli [55]

Nanášení nátěrových hmot máčením

Při tomto produktivním způsobu se předmět namočí do nádoby s nátěrovou hmotou, poté se nechá okapat a vysuší se. Je vhodné pro plné předměty, aby byla vrstva co nejsouměrnější. Je zde problém s velkou spotřebou nátěrové hmoty, kterou se musí naplnit nádoba. Není tedy vhodné pro příliš objemné součásti. Technologii též komplikuje nutnost míchání, aby nedocházelo k usazování některých složek.

Bubnování

Tento způsob je velice vhodný pro nanášení nátěrových hmot hromadně na drobné předměty. Buben je vyosen o přibližně 45° a jsou v něm přepážky, které zamezí hromadění předmětů. Principem je obalení výrobku v barvě a zároveň odparu rozpouštědel za provozu zařízení. Technologie nabízí vysokou produktivitu práce za omezení velikosti bubnovaných předmětů. [7]

Kataforetické lakování (KLT)

Tento způsob patří k těm nejehospodárnějším a lze jím povlakovat jakýkoli předmět, který je vodivý a lze jej ponořit. Předmět je ponořen do lázně a zapojen jako katoda. Povrch výrobku vylučuje hydroxylové ionty, s narůstající tloušťkou je odpor vrstvy větší, zmenšuje se tedy rychlost vylučování. Přednostně se tedy povlakuje části s dosud malou tloušťkou vrstvy. Vytváří se tedy povlak o velice rovnoměrné tloušťce. Povlak velice dobře zaběhne i do hůře dostupných míst. Tento způsob bývá označován jako přátelský k životnímu prostředí. [49]



Obrázek 9 - Kataforezní linka pro BWI v Chebu [56]

3. PRAKTICKÁ ČÁST

Přilnavost i doba zasychání jsou velice důležitými vlastnostmi nátěrových hmot. Cílem praktické části je stanovit dobu zasychání vybraných nátěrových hmot metodou s lineárním záznamem na přístroji BK3. Dalším cílem bylo ověřit přilnavost povlaků tvořených z těchto nátěrových hmot a tyto hodnoty porovnat.

V rámci praktické části bakalářské práce bylo odzkoušeno 7 vybraných nátěrových hmot ze zkoušek přilnavosti a stanovení doby zasychání.

Zkoušky jsou uskutečněny na těchto nátěrových hmotách:

- S2220 SYNTEPUR PRIMER- alkyduretanová základní antikorozi barva, rychleschnoucí od společnosti Colorlak (dále jen S2220)
- HEMPEL'S SPEED DRY PRIMER 13770- rychleschnoucí alkydový základní nátěr od společnosti Hempel (dále jen 13770)
- HEMPADUR FAST DRY 17410- dvousložková epoxidová nátěrová hmota od společnosti Hempel (dále jen 17410)
- HEMPADUR 15570- dvousložková polyamidovým aduktem tvrzená epoxidová nátěrová hmota od společnosti Hempel (dále jen 15570)
- EPAX S2326- vysokosušinná epoxidová základní antikorozi dvousložková barva od společnosti Colorlak (dále jen S2326)
- EPAX S2328- epoxidová základní antikorozi dvousložková barva od společnosti Colorlak (dále jen S2328)
- AXAPUR U2060- akryluretanová vrchní dvousložková nežloutnoucí barva od společnosti Colorlak (dále jen U2060)

Za pomoci přístroje PosiTector 6000 byla stanovena tloušťka povlaku dle normy ČSN EN ISO 2808. Dále bylo zjištěno, zda jednotlivé nátěrové hmoty vyhovují pravidlu 80/20. Z výsledků je spočítána redukce nátěrových hmot pro budoucí stanovení konečných cen nátěrů. Toto měření je také podstatné pro stanovení velikosti mřížky pro mřížkovou zkoušku.

Přilnavost je velice důležitou vlastností kvality povlaku. Přilnavost nátěrových hmot byla vyzkoušena:

- Mřížkovou zkouškou dle normy ČSN EN ISO 2409
- Křížovým řezem dle normy ČSN EN ISO 16276-2
- Odtrhovou zkouškou dle normy ČSN EN ISO 4624 pomocí automatického odtrhoměru Elcometer 510

A následně vizuálně vyhodnocena.

I doba zasychání je, zvláště v sériových výrobcích, kde jsou klíčové krátké výrobní intervaly, velice důležitým parametrem. Doba zasychání byla stanovena dle normy ČSN EN ISO 9117-4 pomocí přístroje BK3.

3.1. Vyhotovení vzorků

Nátěrové hmoty nebyly ředěny a byly tuženy podle pokynů výrobce. Poměry, v jakých byly nátěrové hmoty tuženy, jsou zaznamenány v tabulce níže:

Tabulka 1 - Poměry tužení nátěrových hmot

nátěrová hmota	tužidlo	poměr tužení
S2220	netuží se	
13770	netuží se	
17410	98410	4:1 objemově
15570	95570	3:1 objemově
S2326	S7308	9:1 hmotnostně
S2328	S7308	10:1 hmotnostně
U2060	U7002	10:1 hmotnostně

Vzorky pro stanovení tloušťek nátěrů a zkoušky přilnavosti byly zhotoveny dva ke každé nátěrové hmotě. Nátěrové hmoty byly nanесeny na ocelové destičky s rozměry 76/152 mm nanášecím pravítkem dle normy ČSN EN ISO 1514.



Obrázek 10 - nanášecí pravítko s ocelovým plechem

Tloušťka mokrých vrstev všech nátěrových hmot na těchto vzorcích byla 120 μm . Po dokonalém zaschnutí byla na těchto vzorcích třikrát pro každou nátěrovou hmotu provedena mřížková zkouška, třikrát pro každou nátěrovou hmotu křížový řez a třikrát pro každou nátěrovou hmotu odtrhová zkouška.

Pro stanovení doby zasychání byly zhotoveny vzorky na skleněný poklad v drážce pomocí aplikátoru. Pro každou nátěrovou hmotu byly zhotoveny tři vzorky o tloušťce nátěru 38 μm a tři vzorky o tloušťce nátěru 76 μm .

3.2. Stanovení tloušťky nátěru

Výsledná tloušťka zaschlého nátěru je důležitou vlastností, ať už z pohledu zasychání nátěrové hmoty, či stanovení konečné ceny nátěru. Toto měření se provádí podle normy ČSN EN ISO 2808. Zasycháním se tloušťka nátěru zmenšuje, dochází k její redukcí.

Možností stanovení tloušťky nátěrů je celá řada. Mezi nejznámější patří destruktivní zkoušky, při kterých provedeme řez součástí a tloušťku změříme. Není technicky náročná, avšak destrukce je značnou nevýhodou. Nedestruktivní způsoby jsou například tyto:

- Ultrazvuková metoda
- Metoda magnetického toku
- Metoda vířivých proudů
- Elektromagnetická metoda

Pro zhotovení zkušebních nátěrů byly použity tyto pomůcky:

- 14 ocelových plechů
- Nanášecí pravítko BAKER VF 2146
- Skleněná kádinka o objemu 500 ml
- Injekční stříkačky o objemu 10 ml
- Digitální laboratorní váhy
- Ochranné pomůcky

Nátěr byl na vzorky aplikován pomocí nanášecího pravítka na hladký ocelový plech s rozměry 76/152 mm o tloušťce mokrého filmu 120 μm dle normy ČSN EN ISO 1514.

Tloušťka nátěru po zaschnutí DFT(= Dry Film Thickness) byla měřena přístrojem PosiTector 6000 s FS sondou, která měří v rozsahu 0-1500 μm s přesností $\pm (0,5 \mu\text{m} + 1\%)$ pro 0 - 100 μm a s přesností $\pm (2 \mu\text{m} + 3\%)$ nad 100 μm . [27]

PosiTector 6000 je digitální tloušťkoměr, který funguje na magnetickém principu při měření tlouštěk vrstev na feromagnetických materiálech, a na principu vířivých proudů při měření tlouštěk vrstev na materiálech neferomagnetických.



Obrázek 11 - Tloušťkoměr Positector 6000 [32]

Pro každou nátěrovou hmotu byly zhotoveny dva vzorky. Na všech vzorcích byla měřena tloušťka nátěru v deseti různých místech. Výsledky měření jsou zaznamenány v tabulkách níže:

Tabulka 2 - Naměřené tloušťky vrstev povlaků z jednotlivých nátěrových hmot

nátěrová hmota	S2220		13770		17410		15570	
číslo vzorku	1	2	1	2	1	2	1	2
naměřené tloušťky [μm]	52	54	62	74	66	74	114	74
	56	68	76	68	76	78	68	54
	54	62	52	80	64	64	58	44
	52	56	72	66	82	84	60	96
	46	64	38	76	70	84	60	54
	45	56	60	72	70	82	56	56
	50	68	54	60	68	78	54	62
	42	52	62	62	68	100	56	56
	46	54	37	76	76	78	34	56
	58	50	47	74	82	78	60	50
průměrná tloušťka [μm]	50	58,4	56	70,8	72,2	76,8	62	60,2
směrodatná odchylka [μm]	4,2	6,6	13	6,6	6,4	11,1	20,2	14,8
Min [μm]	42	50	37	60	64	64	34	44
Max [μm]	58	68	76	80	82	100	114	96

Tabulka 3 - Naměřené tloušťky vrstev povlaků z jednotlivých nátěrových hmot

nátěrová hmota	S2326		S2328		U2060	
číslo vzorku	1	2	1	2	1	2
naměřené tloušťky [μm]	52	52	42	45	62	72
	58	45	41	45	68	78
	66	56	52	45	60	72
	50	50	54	44	64	70
	40	52	46	52	66	54
	56	52	52	32	62	58
	48	52	44	45	70	56
	66	46	43	38	58	64
	52	40	48	45	82	62
	52	48	47	41	62	72
průměrná tloušťka [μm]	54	49,3	46,9	43,2	65,4	65,8
směrodatná odchylka [μm]	7,9	4,6	4,6	5,3	6,9	8,1
Min [μm]	40	40	41	32	58	54
Max [μm]	66	56	54	45	82	78

Tabulka 4 - Výsledné tloušťky povlaků

nátěrová hmota	výsledná průměrná tloušťka [μm]
S2220	54,3
13770	63,4
17410	74,5
15570	61,1
S2326	51,7
S2328	45,1
U2060	65,6

Ze zjištěných průměrných tloušťek suchého filmu, DFT= Dry film Thickness, a tloušťky nanesené vrstvy mokrého filmu, WFT= Wet film Thickness, byla zjištěna redukce jednotlivých nátěrových hmot:

Tabulka 5 - Hodnoty redukcí nátěrových hmot

nátěrová hmota	WFT [μm]	DFT [μm]	redukce [%]
S2220	120	54,3	54,8
13770	120	63,4	47,2
17410	120	74,5	37,9
15570	120	61,1	49,1
S2326	120	51,7	57,0
S2328	120	45,1	62,4
U2060	120	65,6	45,3

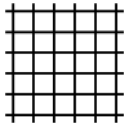
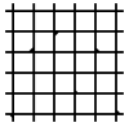
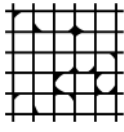
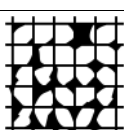
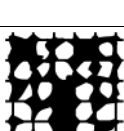
3.3. Mřížková zkouška

Mřížková zkouška je metoda hodnocení určující přilnavost povlaku na podkladovém materiálu. Řídí se normou ČSN EN ISO 2409. Její princip spočívá ve vytvoření mřížky ze šesti řezů ve dvou, navzájem kolmých směrech, kde řez musí procházet až k podkladu. Zkouška je tedy destruktivní, je však velice nenáročná. Rozestupy mezi řezy jsou vzdálené podle tloušťky povlaku:

- 1 mm pro tloušťky 0-60 μm
- 2 mm pro tloušťky >60-120 μm
- 3 mm pro tloušťky >120-250 μm [30]

Mřížka se dále přelepí lepicí páskou a odlepi. Po následném očištění se nechá vizuálně zhodnotit dle následující stupnice:

Tabulka 6 - Stupnice pro hodnocení mřížkové zkoušky [31]

Klasifikace	Popis	Vzhled
0	Řezy zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5%	
2	Nátěr nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen z více než 5% a méně než 15 % celkové plochy	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15 % a menší než 35 %	
4	Na nátěru velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35 % ale méně než 65 %	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4	

Použité pomůcky:

- Řezný nástroj
- Šablona na uskutečnění řezů
- Lepicí páska 3M 3939
- Obrázková příloha pro hodnocení

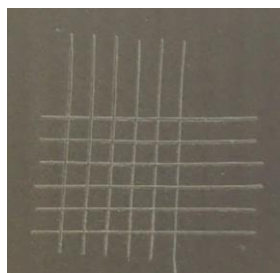
Každá nátěrová hmota byla touto metodou odzkoušena třikrát. Výsledky vizuálního porovnání zkoušky jsou zaznamenány v následující tabulce:

Tabulka 7 - Výsledky mřížkové zkoušky

nátěrová hmota	typ mřížky [mm]	stupeň hodnocení			výsledný stupeň
S2220	1	5	5	5	5
13770	2	2	1	1	1
17410	2	1	2	1	1
15570	2	0	1	0	0
S2326	1	2	2	2	2
S2328	1	1	2	1	1
U2060	2	2	2	2	2

Diskuze výsledků zkoušky







Nejlépe hodnocenou nátěrovou hmotou v této zkoušce je nátěrová hmota 15570. Po odlepení pásek mřížky vytvořené na této nátěrové hmotě zůstaly prakticky nepoškozené. Naopak u nejhůře hodnocené nátěrové hmoty S2220 se mřížka téměř celá oddělila od podkladu.



Obrázek 12 - Mřížka na povlaku z nátěrové hmoty 15570 po odlepení pásky

3.4. Zkouška křížovým řezem

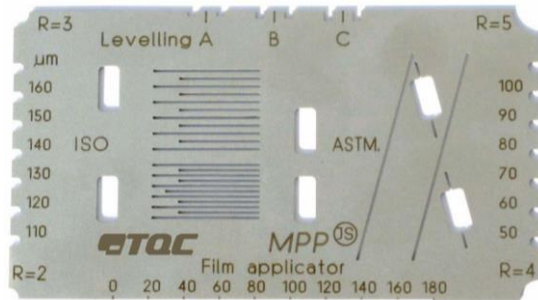
Křížový řez dle normy ČSN EN ISO 16276-2 je též zkouška vhodná k určení přilnavosti nátěru. Spočívá ve vytvoření dvou 40mm dlouhých řezů skrz povlak, které se protínají ve svých středech. Tyto řezy spolu svírají úhel 30-40°. Tyto řezy jsou zhotoveny řezným nástrojem za pomoci šablony. Řezy jsou poté přelepeny lepicí páskou. Po odlepení pásky je vzorek očištěn a vyhodnocen dle následující stupnice: [33]

Vzhled plochy po zkoušce	Popis	Stupeň	Vzhled plochy po zkoušce	Popis	Stupeň
	Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.	0		Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm obou stranách.	3
	Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.	1		Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.	4
	Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.	2		Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.	5

Obrázek 13 - Klasifikační stupnice hodnocení výsledků zkoušky křížovým řezem [31]

Použité pomůcky:

- Šablona pro zkoušku křížovým řezem
- Nůž s vyměnitelnými břity
- Kartáček
- Lepicí páska 3M 3939
- Obrázková příloha pro hodnocení



Obrázek 14 - šablona SP 3000 [34]

Výsledky zkoušky jsou zaznamenány v tabulce níže:

Tabulka 8 - Výsledky křížového řezu

nátěrová hmota	stupně hodnocení			výsledný stupeň
S2220	3	4	3	3
13770	2	1	2	2
17410	0	1	1	1
15570	0	0	1	0
S2326	2	3	2	2
S2328	0	1	1	1
U2060	1	1	1	1

Diskuze výsledků zkoušky

Výsledné stupně jsou srovnatelné se stupni, kterými byla hodnocena mřížková zkouška. Křížové řezy vytvořené na povlaku z nátěrové hmoty 15570 prakticky nebyly odlepením pásky poškozeny. Nejvíce poškozeny byly ze zkoušených nátěrových hmot křížové řezy vytvořené na povlaku z nátěrové hmoty S2220.



Obrázek 15 - Pvlak z nátěrové hmoty S2220 po zkoušce křížovým řezem

3.5. Odtrhová zkouška

Další metodou zjišťování kvality přilnavosti nátěru může být odtrhová zkouška dle ČSN EN ISO 4624. Tímto způsobem je vhodné zkoušek především povlaky o vyšších tloušťkách. Zkouška vyhodnocuje soudržnost jednotlivých vrstev systému a stanovuje velikost tahového napětí, které je schopné porušit nejslabší mezifázi (adhezní lom) nebo nejslabší složky (kohezní lom) v nátěrovém systému. [33]

Princip zkoušky spočívá v nalepení kovového tělíska o průměru 20 mm na testovaný povlak. Po zaschnutí lepidla se oblast kolem tělíska poruší vystružením.

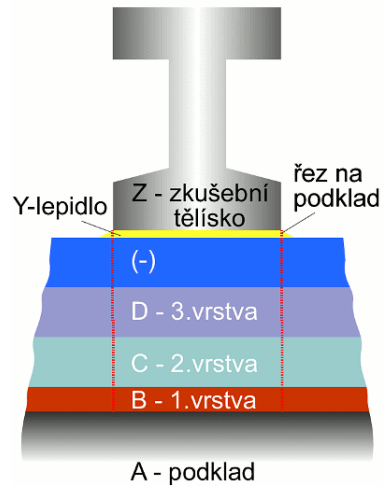


Obrázek 16 - Výstružník

Následně je tělísko odtrženo automatickým odtrhoměrem Elcometer 510 tak, že je nasazeno na hlavu testovacího přístroje, který stanoví minimální tahové napětí schopné porušit nátěrový systém. Vyhodnocením zkoušky je poté napětí potřebné k odtržení tělíska a poměry jednotlivých druhů lomů, které se určí vizuálně. [35]



Obrázek 17 - Vzorek připravený k vizuálnímu hodnocení



Obrázek 18 - Schéma typů lomu [31]

Tabulka 9 - Typy lomu [31]

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

Použité pomůcky:

- Lepidlo
- Zkušební tělíska
- Výstružník
- Automatický odtrhoměr Elcometer 510



Obrázek 19 - Automatický odtrhoměr Elcometer 510 [52]

Každá nátěrová hmota byla otestována touto metodou třikrát. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce níže:

Tabulka 10 - Výsledky odtrhové zkoušky

nátěrová hmota	odtržný tlak [MPa]	Lom [%]		
		A/B	B	B/Y
S2220	0,16	45	55	0
	0,18*	60*	40*	0*
	0,16*	50*	50*	0*
13770	0,18	0	100	0
	0,2	20	80	0
	0,14	18	82	0
17410	1,62	0	80	20
	1,5	0	75	15
	1,41	0	78	22
15570	1,93	0	50	50
	1,43	5	75	20
	1,81	0	82	18
S2326	0,16	83	10	7
	0,21	8	92	0
	0,14*	80*	20*	0*
S2328	0,16	0	95	5
	0,15	5	93	2
	0,15	0	100	0
U2060	2,08	20	55	25
	1,91	37	35	28
	2,04	10	50	40

* Těchto hodnot bylo dosaženo až při náhradním měření, při původním se zkušební tělísko utrhlo už při vystružování nebo při snaze nasazení zkušebního tělíska na hlavu testovacího přístroje.

Diskuze výsledků zkoušky

Naměřené hodnoty odtržného tlaku mohou být menší než skutečné. Je to dáno tím, že vzorky byly zhotoveny na ocelovém plechu, který je relativně tenký, tudíž při této zkoušce dochází k jeho průhybu. Tyto plechy tedy nejsou příliš vhodné pro tento druh zkoušky. Všechny nátěrové hmoty však byly testovány za stejných podmínek, zkouška tedy může mít porovnávací charakter.

U nátěrových hmot 13770, 17410, 15570 a S2328 došlo převážně ke koheznímu lomu. Největších hodnot odtržných tlaků dosáhly povlaky z nátěrové hmoty U2060.

3.6. Stanovení doby zasychání

Nátěr byl nanesen na skleněný podklad pomocí drážky a aplikátoru, do kterého byla nátěrová hmota vstříknuta pomocí injekční stříkačky. Bezprostředně poté byly vzorky vloženy do přístroje BK3. Z každé nátěrové hmoty byly zhotoveny tři vzorky s tloušťkou mokrého nátěru 38 μm a tři vzorky s tloušťkou mokrého nátěru 76 μm .



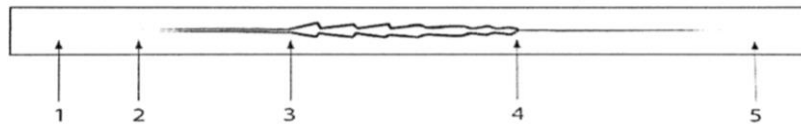
Obrázek 20 - Drážka s aplikátorem

Tento přístroj slouží k vyhodnocení doby zasychání. Funguje na principu rovnoměrně se pohybující jehly kolmo k povrchu nátěru. Jehly jsou zatíženy závažím 5g. Celou dráhu vzorku přejede jehla za 12 hodin. Ze stop, které zanechá jehla na nátěru lze stanovit dobu zasychání nátěrové hmoty.



Obrázek 21 - Přístroj BK3

Vzhled stopy, kterou zanechává jehla na nátěru se mění v závislosti stavu schnutí. Zpočátku, na nezaschlém nátěru je stopa výrazná, až na sklo. V průběhu zasychání stopa zmenšuje svoji výraznost až poté zanikne. V ten okamžik je nátěrová hmota zaschlá a jehla už pouze přejíždí po zaschlém nátěru.



Obrázek 22 - fáze zasychání nátěrové hmoty [51]

- 1- Počátek zkoušky
- 2- Doba zaschnutí na dotek
- 3- Doba ztráty lepivosti
- 4- Doba zatvrdnutí
- 5- Doba proschnutí

Použité pomůcky:

- Přístroj BK3 od společnosti TQC B. V.
- 6 kusů skleněných podkladů o rozměrech 305x22 mm
- 6 kusů závaží o hmotnosti 5 g
- Drážka pro nanášení nátěrů na skleněné podklady
- Aplikátor pro nanášení nátěrů o tloušťkách 38 μm nebo 76 μm
- Skleněná kádinka o objemu 500 ml
- Injekční stříkačky o objemu 10 ml
- Laboratorní digitální váhy Kern

Stanovené doby zaschnutí jsou zaznamenány v tabulce níže. U vzorků stejné nátěrové hmoty stejné tloušťky byla změřená doba zasychání stejná.

Tabulka 11 - Doby zaschnutí nátěrových hmot

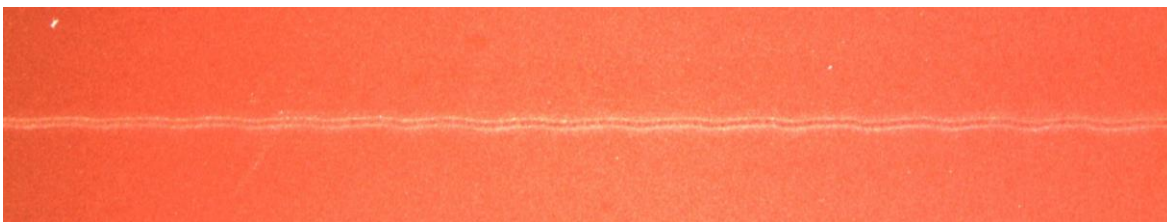
nátěrová hmota	Doba zaschnutí	
	tloušťka 38 μm	tloušťka 76 μm
S2220	nezaschlo	nezaschlo
13770	nezaschlo	nezaschlo
17410	1 hodina 45 minut	2 hodiny
15570	nezaschlo	nezaschlo
S2326	2 hodiny 45 minut	3 hodiny 45 minut
S2328	1 hodina	1 hodina 45 minut
U2060	3 hodiny	4 hodiny 30 minut

Diskuze výsledků zkoušky

U třech nátěrových hmot bohužel nebylo možné stanovit dobu zasychání, protože byla větší než 12 hodin, což je maximální doba, jakou je možné s přístrojem BK3 stanovit. Jedná se o nátěrové hmoty S2220, 13770 a 15570. Nejkratší stanovenou dobu zasychání z těchto nátěrových hmot měla nátěrová hmota S2328, jejíž vzorek s tloušťkou mokrého povlaku 38 μm schnul 1 hodinu a vzorek s tloušťkou mokrého povlaku 76 μm schnul 1 hodinu a 45 minut.

Tato metoda zasychání je vhodná k porovnání časů i stavů zasychání, protože každá nátěrová hmota je měřena ve stejných podmínkách. Čas zasychání je důležitou vlastností, protože nátěrové hmoty s velkou dobou zasychání mohou vytvořit nekvalitní povrch (například kvůli prachu).

Při zhotovování vzorků je třeba neprodlužovat tuto dobu než je doba nezbytně nutná, protože by se vnesli do měření nepřesnosti.



Obrázek 23 - Po celou dobu stejná stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty S2220



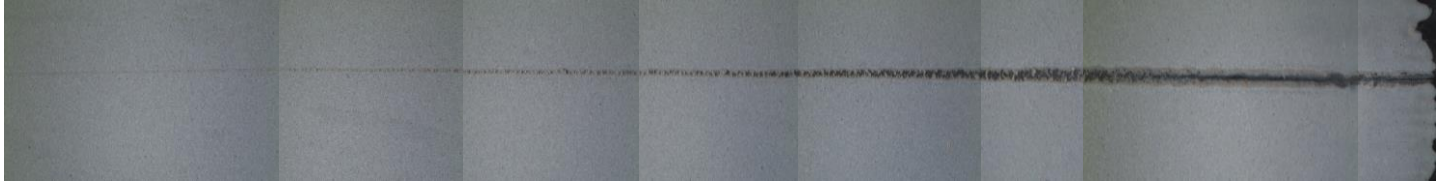
Obrázek 24 - Po celou dobu stejná stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty 13770



Obrázek 25 - Stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty 17410



Obrázek 26 - Po celou dobu stejná stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty 15570



Obrázek 27 - Stopa jehly na povlaku nátěrové hmoty S2326



Obrázek 28 - Stopa jehly na povlaku nátěrové hmoty S2328



Obrázek 29 - Stopa jehly na povlaku nátěrové hmoty U2060

4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Při výběru nátěrové hmoty jsou kritérii nejrůznější vlastnosti v závislosti na charakteru výroby. Dalším kritériem je také cena. Podstatnou cenou je cena nátěru. Ta se odvíjí nejen od ceny a objemu balení, ale od nominální tloušťky nátěru a redukce nátěrové hmoty.

Společnost Hempel poskytla informativní ceny za natuženou směs o objemu jeden litr. V tabulce níže jsou zaznamenány tyto ceny společně s dalšími vlastnostmi podstatnými ke stanovení ceny nátěru. Jako finální tloušťka je brána tloušťka doporučená výrobcem. Z těchto údajů je spočítána cena nátěru.

Cena nátěru byla stanovena takto:

$$cena\ nátěru\ 1m^2 = \frac{DFT * 10^{-3}}{1 - \frac{Redukce}{100}}$$

Jednotky ve vzorci odpovídají jednotkám v tabulce.

Tabulka 12 - Ceny nátěrů 1 m² z vybraných nátěrových hmot od společnosti Hempel

natužená nátěrová hmota	13770	17410	15570
cena [Kč/l]	70	220	200
redukce nátěrové hmoty [%]	47,2	37,9	49,1
DFT [μm]	40	100	100
cena nátěru 1m ² [Kč]	5,3	35,43	39,3

Ceny výrobků společnosti Colorlak se bohužel nepodařilo zjistit.

Z výsledků je patrné, že nátěrová hmota o nejlevnější ceně na určitý objem nemusí být nutně nejlevnější variantou. Je však zřejmé, že ceny jsou informativní a liší se nejen v závislosti na kupovaném množství nátěrových hmot. Každý spotřebitel dostane tedy zcela jinou cenovou nabídku. Hodnocení nátěrových hmot podle cen by tedy mohlo být velice zavádějící.

Hledání nejvhodnější volby z vybraných nátěrových hmot by nebylo vůbec jednoznačné.

Pokud jde spotřebiteli především o cenu, potom nátěrová hmota 13770 od společnosti Hempel bude vhodnou volbou. Cena této nátěrové hmoty však není na úkor kvality přilnavosti povrchu, při hodnocení kvality přilnavosti povrchu byla hodnocena stupněm 1 (při mřížkové zkoušce) a stupněm 2 (při zkoušce křížovým řezem). Hlavní nevýhodou této hmoty však je její velice dlouhá doba zasychání, která je více než 12 hodin při tloušťce mokrého filmu 38 μm.

Zcela nejlepší volbou z hlediska kvality podle zkoušek přilnavosti je nátěrová hmota 15570 od společnosti Hempel, která patří mezi spíše dražší volby. Tato nátěrová hmota však také není schopna zaschnout při tloušťce mokrého filmu 38 μm za méně než 12 hodin.

Pokud jde spotřebiteli především o sériovost výroby, nejlepší volbou je nátěrová hmota S2328, která při tloušťce mokrého filmu 38 μm zasychá 1 hodinu. Tato nátěrová hmota navíc disponuje velice dobrou přilnavostí (byla ohodnocena stupni 1 při mřížkové zkoušce a zkoušce křížovým řezem).

Celkově tedy pokud spotřebiteli záleží na kvalitě přilnavosti i době zasychání nátěrové hmoty, lze nátěrovou hmotu S2328 považovat za nejlepší kompromis.

5. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo popsat problematiku nátěrových hmot, jejich složení a faktory, které ovlivňují životnost povlaků z nich tvořených. Tato problematika je popsána od prvotní motivace zabývání se povlaky, kterou je koroze.

Praktická část se věnuje zkouškám přilnavosti a stanovení doby zasychání. Jsou popsány principy těchto zkoušek a uvedeny normy patřící k těmto zkouškám. V neposlední řadě byly zhotoveny vzorky ze sedmi vybraných nátěrových hmot. Tyto vzorky byly otestovány těmito zkouškami. Po následném porovnání výsledků těchto zkoušek byla za nejlepší kompromis z vybraných nátěrových hmot zvolena nátěrová hmota S2328 od společnosti Colorlak, která měla z vybraných nátěrových hmot nejkratší dobu zasychání. Nejlepších výsledků ve zkouškách přilnavosti však dosáhly povlaky vytvořené z nátěrové hmoty 15570 od společnosti Hempel.

V technicko-ekonomické části jsou potom vypočítány ceny povlaků z nátěrových hmot od společnosti Hempel. Tyto výpočty ukazují, že při stanovování ceny nátěru není podstatná pouze závislost ceny na objemu, ale i jiné vlastnosti nátěrových hmot.

Seznam použité literatury

- [1] Technologie I: (slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy). Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02351-6.
- [2] NOVÁK P., Korozie a ochrana materiálů: Druhy korozie kovů. Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství VŠCHT Praha. 2005
- [3] HALBRŠTÁTOVÁ R., Atmosférická korozie kovů a možnosti zvýšení jejich životnosti zejména se zaměřením na ocelové materiály. 48. Praha: Výzkumný ústav hutnictví železa, 1968. Hutnické aktuality (Výzkumný ústav hutnictví železa).
- [4] Ochrana kovů proti korozi. MM [online]. 2001, **2001**(5) [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/ochrana-kovu-proti-korozi.html>
- [5] KUTZ, Myer. Handbook of environmental degradation of materials. 2nd. Waltham: William Andrew, 2012. ISBN 9781437734553;1437734553;. Str.252-biologická korozie.
- [6] Korozivzdorné oceli jako konstrukční materiály. MM [online]. 2003, (4) [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/korozivzdorne-oceli-jako-konstrukcni-materialy.html>
- [7] LUKAVSKÝ, Ladislav, Václav FIALA a Stanislav BOUŠKA. Nátěrové hmoty. 3. upr. vyd. Praha: Merkur, 1993. ISBN 80-7032-301-9.
- [8] Odmašťování kovového podkladu. COLORLAK [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.colorlak.cz/rady-a-navody/odmastovani-kovoveho-podkladu>
- [9] ZBOROVSKÁ K., Příprava povrchu kovových materiálů, Povrchové úpravy, roč. 9, č.4
- [10] Český normalizační institut. ČSN EN ISO 2431 Nátěrové hmoty - Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky = Paints and varnishes - Determination of flow time by use of flow cups (ISO 2431:1993, including Technical Corrigendum 1:1994).
- [11] Český normalizační institut. ČSN EN ISO 4618-3 Nátěrové hmoty: názvy a definice v oboru nátěrových hmot. Část 3: Příprava povrchu a způsoby aplikace = Paints and varnishes. Terms and definitions for coating materials. Part 3: Surface preparation and methods of application.
- [12] PAVLÍK, Zdeněk. Učební text pro obor malíř a lakýrník 3.ročník. Brno: Střední škola polytechnická, 2009. ISBN 978-80-88058-50-2.
- [13] KOSTEČKA, Josef. Materiály pro malíře, natěrače a lakýrníky pro 1. a 2. ročník odborných učilišť a učňovských škol učebního oboru malíř pokojů, pro 1. ročník odborných učilišť a učňovských škol učebních oborů malíř a natěrač a lakýrník, lakýrnice. 4. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1980. Učebnice pro střední školy (Státní pedagogické nakladatelství).

- [14] KREIBICH, Viktor. Teorie a technologie povrchových úprav. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01472-X.
- [15] KALEDOVÁ, Andrea. Technologie nátěrových hmot I.: pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-576-5.
- [16] UNIVERZITA JANA EVANGELISTY PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM. Studijní text-Polyestery [online]. [cit 2019-04-15]. Dostupné z:
<http://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/POLYESTERY.pdf>
- [17] Barvy laky Lanškroun. Alkydové barvy [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z:
<https://www.mojebarvy.cz/barvy-laky-lanskroun-barvy/alkydove-barvy-15>
- [18] Spolchemie. Alkydové pryskyřice [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z:
<https://www.spolchemie.cz/cs/uvod/produkty/Alkydov%C3%A9%20prysky%C5%99ice/Cat>
- [19] FBT Color. Epoxidové nátěrové hmoty [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z:
<http://www.fbtcolor.cz/epoxydy.html>
- [20] Bevedo. Epoxidové nátěrové hmoty (S) [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z:
<https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/epoxidove-naterove-hmoty/>
- [21] Barvy laky Lanškroun. Polyuretanové barvy [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z:
<https://www.mojebarvy.cz/barvy-laky-lanskroun-barvy/polyuretanove-barvy-50>
- [22] Bevedo. Polyurethanové nátěrové hmoty (U) [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z:
<https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/polyuretanove-naterove-hmoty/>
- [23] PROFI COLOR. Akrylátové barvy [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <http://profi-color.cz/akrylatove-barvy>
- [24] Bevedo. Vodou ředitelné nátěrové hmoty (V) [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z:
<https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/vodou-reditelne-naterove-hmoty/>
- [25] BENEŠOVÁ, Jaroslava a SVOBODA, Miroslav. Ochrana kovových povrchů nátěry z vodou ředitelných nátěrových hmot. KONSTRUKCE [online]. 25.7.2006, **2006**(3) [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/ochrana-kovovych-povrchu-natery-z-vodou-reditelných-naterovych-hmot/>
- [26] Valum Pro s. r. o. Vodouředitelné nátěrové hmoty [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z:
<http://valumpro.cz/produkty/uprava-dreva/vodoureditelne-naterove-hmoty.html>
- [27] Qtest, měřící a přístrojová technika. Sondy pro tloušťkoměr povlaků PosiTector 6000 [online]. [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <http://www.qtest.cz/defelsko/positector-6000-sondy.htm>
- [28] Qtest, měřící a přístrojová technika. PosiTector 6000 [online]. [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <http://www.qtest.cz/defelsko/positector-6000.htm>

- [29]ELUC, Elektrochemická řada napětí kovů (Beketova řada kovů) [online]. [cit. 2019-07-16].
Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2283>
- [30]Gamin. Mřížková zkouška [online]. [cit. 2019-07-16]. Dostupné z:
<https://www.gamin.cz/mrizkova-zkouska/>
- [31]Atryx. Hodnocení přilnavosti [online]. [cit. 2019-07-16] Dostupné z:
<https://atryx.cz/prakticka-prirucka/16-hodnoceni-prilnavosti>
- [32]Skála a Vít. Diagnostika stavebních konstrukcí [online]. [cit. 2019-07-18]. Dostupné z:
<https://www.skala-vit.cz/diagnostika--1>
- [33]Tribotechnika. Zkušební metody pro hodnocení přilnavosti organických povlaků [online].
[cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-52013/zkusebni-metody-pro-hodnoceni-prilnavosti-organicky-povlaku.html>
- [34]Proinex. Sada pro testování přilnavosti mřížkovou zkouškou [online]. [cit. 2019-07-21].
Dostupné z: <https://www.proinex.cz/cs/20-sada-pro-testovani-prilnavosti-mrizkovou-zkouskou.html?Itemid=0>
- [35]Gamin. Odtrhoměry [online]. [cit. 2019-07-23]. Dostupné z:
<https://www.gamin.cz/odtrhomery/>
- [36]Svúom. Atmosférická koroze [online]. [cit. 2019-07-25]. Dostupné z:
<http://www.svuom.cz/index.php?zobraz=atmkoroze&lang=cz>
- [37]Atmofix. Patinující ocel [online]. [cit. 2019-07-25]. Dostupné z:
http://www.atmofix.cz/ocel_cz.php
- [38]Jhamernik. Koroze a ochrana před korozí. [online]. [cit. 2019-07-25]. Dostupné z:
<http://jhamernik.sweb.cz/Koroze.htm>
- [39]KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. *Žárové zinkování*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014. ISBN 8090529828;9788090529823;.
- [40]KUKLÍK, Vlastimil. Životnost a záruka povlaků žárového zinku. *MM* [online]. 2012, 11.04.2012, **2012**(4), 54 [cit. 2019-07-26]. 120423. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/zivotnost-a-zaruka-povlaku-zaroveho-zinku.html>
- [41]InPÚ, Princip duplexního systému. [online]. [cit. 2019-07-26]. Dostupné z:
https://www.inpu.cz/duplexni_systemy.html
- [42]Hempel, Jak vybrat správný nátěrový systém: Směrnice pro ochranu konstrukcí pomocí nátěru podle normy ISO 12944.
- [43]Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské- Technické univerzity *Ostrava* [online]. 2011, **XI**(1) [cit. 2019-07-27]. Dostupné z:
<https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/89769/FAST-2011-11-1-13-krivy.pdf?sequence=2>

- [44] ZOUBEK, Michal, Petr CHÁBERA a Jakub SVOBODA. Komplexní způsob kontroly procesu odmaštění. *MM* [online]. 15.11., 2017(11), 50 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/komplexni-zpusob-kontroly-procesu-odmasteni.html>
- [45] KUDLÁČEK, Jan a Petr CHÁBERA. Vyhodnocování čistoty povrchu. *MM* [online]. 2013, 07.05., (5), 104 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyhodnocovani-cistoty-povrchu.html>
- [46] TechTest, Recognoil 2W. [online]. [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://www.techtest.eu/recognoilinfoCZ.html>
- [47] Proinex. Arcotest- Inkousty a fixy. [online]. [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/cs/61-arcotest-fixy-a-inkousty.html>
- [48] Inteline. Stříkáčková technika Airless. [online]. [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://www.inteline.cz/malovani/strikaci-technika-airless/>
- [49] Lakol s. r. o., Kataforézní lakování. [online]. [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://www.lakol.cz/project/katoforeza/>
- [50] Unipetrol RPA, Povrchová ochrana kovových konstrukcí a zařízení. [online]. [cit. 2019-07-29]. Dostupné z: http://www.unipetrolrpa.cz/CS/sluzby-areal/chempark-zaluzi/N_normy/N%2010/N10051.pdf
- [51] Český normalizační institut. ČSN EN ISO 9117-4 Nátěrové hmoty- Zkoušky zasychání- Část 4: Metoda s použitím mechanického záznamu průběhu zasychání. Praha: ÚMNZ, 2013.
- [52] Gamin, Automatický odtrhoměr Elcometer 510. [online]. [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/elcometer-510/>
- [53] Český normalizační institut. ČSN EN ISO 4618 Nátěrové hmoty: termíny a definice = Paints and varnishes - Terms and definitions.
- [54] Pp-profi. Pneumatická stříkáčková pistole Smartpaint HVLP 250.11, tryska 1mm. [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <http://pp-profi.cz/pneumaticke-strikaci-pistole/1549-pneumaticka-strikaci-pistole-smartpaint-hvlp-25011-tryska-1mm.html>
- [55] JURÁK, Karel a Zuzana NEJEZCHLEBOVÁ. Aplikace a rizika elektrostatiky – Terminologie. *DPS* [online]. 2017, (4) [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/zajimavosti/id:51818/aplikace-a-rizika-elektrostatiky-terminologie>
- [56] Megatec. Kataforézní linka pro BWI v Chebu. [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://www.mega.cz/cs/megatec/>

Seznam obrázků

- Obrázek 1 - Porovnání hodnot standardních redoxních potenciálů některých kovů [29]
- Obrázek 2 - Napadení atmosférickou korozí [36]
- Obrázek 3 - Konstrukce z patinující oceli [37]
- Obrázek 4 - Vyhlídka na Bradle [40]
- Obrázek 5 - Mapa korozní agresivity pro patinující ocel při úrovni znečištění SO_2 v roce 2010 [43]
- Obrázek 6 - Pneumatická stříkáč pistolé
- Obrázek 7 - Bezvzduchové stříkáč zařízení
- Obrázek 8 - Nanášení nátěrové hmoty v elektrickém poli
- Obrázek 9 - Kataforézní linka pro BWI v Chebu
- Obrázek 10 - Nanášecí pravítko s ocelovým plechem
- Obrázek 11 - Tloušťkoměr Positector 6000 [32]
- Obrázek 12 - Mřížka na povlaku z nátěrové hmoty 15570 po odlepení pásky
- Obrázek 13 - Klasifikační stupnice hodnocení výsledků zkoušky křížovým řezem [31]
- Obrázek 14 - šablona SP 3000 [34]
- Obrázek 15 - Povlak z nátěrové hmoty S2220 po zkoušce křížovým řezem
- Obrázek 16 - Výstružník
- Obrázek 17 - Vzorek připravený k vizuálnímu hodnocení
- Obrázek 18 - Schéma typů lomu [31]
- Obrázek 19 - Automatický odtrhoměr Elcometer 510 [52]
- Obrázek 20 - Drážka s aplikátorem
- Obrázek 21 - Přístroj BK3
- Obrázek 22 - fáze zasychání nátěrové hmoty [51]
- Obrázek 23 - Po celou dobu stejná stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty S2220
- Obrázek 24 - Po celou dobu stejná stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty 13770
- Obrázek 25 - Stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty 17410
- Obrázek 26 - Po celou dobu stejná stopa jehly v povlaku nátěrové hmoty 15570
- Obrázek 27 - Stopa jehly na povlaku nátěrové hmoty S2326
- Obrázek 28 - Stopa jehly na povlaku nátěrové hmoty S2328
- Obrázek 29 - Stopa jehly na povlaku nátěrové hmoty U2060

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Poměry tužení nátěrových hmot

Tabulka 2 - Naměřené tloušťky vrstev povlaků z jednotlivých nátěrových hmot

Tabulka 3 - Naměřené tloušťky vrstev povlaků z jednotlivých nátěrových hmot

Tabulka 4 - Výsledné tloušťky povlaků

Tabulka 5 - Hodnoty redukcí nátěrových hmot

Tabulka 6 - Výsledky pravidla 80/20

Tabulka 7 - Stupnice pro hodnocení mřížkové zkoušky [31]

Tabulka 8 - Stupně hodnocení podle mřížkové zkoušky

Tabulka 9 - Typy lomu [31]

Tabulka 10 - Výsledky odtrhové zkoušky

Tabulka 11 - Doby zaschnutí nátěrových hmot

Tabulka 12 - Ceny nátěrů 1 m² z vybraných nátěrových hmot od společnosti Hempel

Přílohy

Příloha 1 - Fotografie vzorků po zkouškách

