



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VLIV MOŘENÍ NA PŘILNAVOST POVLAKŮ
INFLUENCES OF PICKLING ON COATING BONDING POWER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. VÍT STANĚK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Vít Staněk

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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

Vliv moření na přilnavost povlaků

v anglickém jazyce:

Influences of pickling on coating bonding power

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jako velmi důležitý proces povrchových úprav je moření – kyselé, nebo alkalické. Časový interval následné úpravy povrchu limituje tzv. poletová koroze. Diplomová práce je zaměřena na sledování rychlosti tvorby, vlivu prostředí a omezení poletové koroze. Experimentem je ověřena přilnavost povlaku po časově rozdílné expozici působení poletové koroze.

Cíle diplomové práce:

Úvod do zaměření řešeného problému diplomové práce.

Rozbor problematiky z hlediska základních materiálů a návrhu mořících lázní.

Hodnocení navržené technologie moření, vhodných parametrů a podmínek vzniku koroze.

Experimentální ověření přilnavosti povlaku v různé časové expozici povrchu.

Rozbor a diskuze výsledků experimentu.

Doporučení pro praxi a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. MOHYLA, Miroslav. Technologie povrchových úprav kovů. 3vyd. Ostrava: Ediční středisko VŠB. Ostrava. 2006. 156s. ISBN 80-248-1217-7.
2. KREIBICH, Viktor. Teorie a technologie povrchových úprav. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996, 89 s. ISBN 80-01-01472-X.
3. KRAUS, Václav. Povrchy a jejich úpravy. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 216 s. ISBN 80-7082-668-1.
4. ČSN EN ISO 2409. Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška norma ČSN EN ISO 2409. Praha: Český normalizační institut, 2007.
5. ČSN EN ISO 4624. Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti ČSN EN ISO 4624. Praha: Český normalizační institut, 2003.
6. ČSN EN ISO 9223. Koroze kovů a slitin – Korozní agresivita atmosfér – Klasifikace, stanovení a odhad. Praha: Český normalizační institut, 2012.
7. Povrchové úpravy materiálů. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2005. ISBN 80-214-3062-1. Skripta. Vysoké učení technické v Brně.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 20.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Ředitel ústavu

ABSTRAKT

STANĚK Vít: Vliv moření na přilnavost povlaků

Práce vytvořená v rámci inženýrského studia ve spolupráci s firmou IDEAL-Trade service pojednává o vlivu mořících kyselin na ocelový materiál a na ten samý materiál s povrchovou úpravou práškovým lakem. Na základě literární studie a konzultací se zaměstnanci firmy byly navrženy jednotlivé experimenty zkoušející úběr a korozní napadení kyselin, další ověřovaly přilnavost práškové barvy pro různé časové expozice namořeného materiálu. Experimenty a zkoušky probíhaly ve firmách ECOS, ITS a na fakultě FSI.

Klíčová slova: Moření, kyselina, práškové lakování

ABSTRACT

STANĚK Vít: Influences of pickling on coating bonding power

Works created within the engineering studies in collaboration with IDEAL-Trade service discusses the influence of pickling acids on steel material and on the same material with powder coated . Based on the literature study and consultations with employees of the company were designed each experiment, investigators removal and acid corrosion attack , another verify adhesiveness powder coatings for various periods of exposure pickled material. Experiments and tests were carried out in companies ECOS , ITS and faculty FSI .

Keywords: Pickling, acid , powder coating

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STANĚK Vít: *Vliv moření na přílnavost podkladů*. Brno, 2015. 57 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček. Dostupný z WWW: <ust.fme.vutbr.cz/svarovani/publikace>.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V dne 29.5.2015

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavu Kubíčkovvi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Tomáši Pidimovi a kolektivu firmy ITS za pomoc při vypracovávání experimentů, dojíždění do firmy ECOS a cenné rady.

V neposlední řadě děkuji své rodině i známým za podporu nejen při vypracování diplomové práce.

OBSAH

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD.....	9
1. ROZBOR PROBLÉMU	10
2. MOŘENÍ.....	11
2.1. Parametry ovlivňující moření.....	13
2.2. Moření v kyselině sírové.....	15
2.3. Moření v kyselině chlorovodíkové.....	17
2.4. Další způsoby moření ocelí.....	20
2.5. Zhodnocení metod moření	21
3. PRÁŠKOVÉ LAKOVÁNÍ	22
3.1. Rozdělení reaktoplastů podle pojiva	23
3.2. Specifikace barevného odstínu.....	25
3.3. Technologie nanášení práškových barev	27
3.3.1. Elektrostatické nabíjení.....	27
3.3.2. Elektrokinetické nabíjení	28
3.3.3. Fluidní nanášení.....	29
3.4. Vytvrzování.....	30
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – MOŘENÍ.....	31
4.1. Zkoušky rychlosti moření	32
4.2. Zkoušky korozního napadání	35
4.2.1. Vyhodnocování koroze	37
4.2.2. První sledování	38
4.2.3. Druhé sledování	41
4.2.4. Třetí sledování	44
4.2.5. Snímky vzorků použitých pro testy moření	47
5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – POVLAKY	49
5.1. Mřížková zkouška přilnavosti.....	50
5.2. Odrhová zkouška přilnavosti	52
6. ROZBOR A DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	56
7. ZÁVĚRY	57

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHY

ÚVOD

Udržení a získání nových zákazníků v poměrech dnešního evropského trhu, který je výrobními firmami již nasycený, vyžaduje neustálé zlepšování a zefektivňování výrobních procesů pro snižování výrobních nákladů, zvyšování konečné kvality i přidané hodnoty finálního výrobku. Vyrábět produkty vyšší výsledné kvality, ale přitom snižovat výrobní náklady je v dnešní době klíč k úspěšnému fungování a prosperitě každého výrobního podniku.

Stále většího významu tak nabývají povrchové úpravy, které v podstatné míře zlepšují užité vlastnosti dílce, jako například korozní odolnost a s tím související životnost i spolehlivost, v určité míře mechanické charakteristiky a v neposlední řadě estetické vlastnosti.

Firmy zabývající se povrchovými úpravami lakem (obr. 1) se snaží zajistit kvalitní výsledný povrch s rovnoměrnou vrstvou laku, který je pevně přilnut na základním materiálu

bez vad a se zaručenými vlastnostmi. Velmi důležitou roli zde hraje předúprava materiálu, která má zásadní vliv na výslednou kvalitu a přilnavost. Odstranění nečistot a vytvoření vhodného povrchu před lakováním je nezbytnou operací, kterou zajišťujeme vhodnými předúpravami. Odstranění korozních projevů patří k významným problémům praxe, což zajišťujeme typicky zařazením operace moření.



Obr. 1 – Příklad linky navržené firmou ITS Brno [38]

1. ROZBOR PROBLÉMU [25], [31], [38]

V technické praxi je snaha o co nejjednodušší a nejefektivnější řešení výroby. Například u lakování pověsit díly na dopravník kontinuální linky, předupravit, poté nalakovat, vytvrdit a nakonec je hotové sundat. Výrobek by plynule projížděl celým výrobním procesem bez výrazných prodlev mezi jednotlivými operacemi, nutnosti mezioperačního skladování a s ním související manipulace. V případech, kdy je výrobek příliš rozměrný, náročný na technologické provedení operace, vyžaduje zvláštní operaci, již dojde přeupravený z předchozí výroby, z kapacitních možností linky či jiných důvodů, tento postup nemůžeme uplatnit. Rozložením plynulosti operací je nutné řešit mezioperační skladování, s čímž souvisí degradace a zhoršování kvality povrchu pro další operace.

Moření se provádí většinou na mořicích linkách odděleně, nebo je možné zařazení do komplexní linky. Možnosti uspořádání operací záleží převážně na použité technologii moření, druhu, teplotě a expozici mořidla.

Skladování dílců předupravených mořením představuje problematiku z hlediska napadení ošetřeného povrchu poletovou (atmosférickou) korozi, protože dílec byl vystaven působení mořidla, které chemicky aktivovalo povrch. Proti korozi povrch dále upravujeme pasivací, která přináší jistou korozní ochranu, nicméně zkušenosti firmy ITS pro konkrétního zákazníka ukazují na problém, kdy po moření a pasivaci povrch konkrétních dílců začíná lehce korodovat již v řádu minut.

Cílem diplomové práce je vybrat mořicí kyselinu, která v navržené technologické lince bude nejvíce splňovat požadavky zákazníka na úpravu dílců, které jsou dále povrchově upravovány. Kritéria na výběr kyseliny jsou:

- dostatečná rychlost moření
- malé korozní napadení povrchu poletovou korozi
- dostatečné mechanické vlastnosti naneseného laku

Zkoušené kyseliny v rámci experimentů diplomové práci byly chlorovodíková, sírová a tři směsi kyselin chlorovodíkové a fosforečné s proměnnou koncentrací kyseliny fosforečné. Předpokládané výsledky práce: počítaly s nejvyšší rychlostí moření u kys. chlorovodíkové, nejmenšího korozního napadení u směsi kyselin s nejvyšším podílem kys. fosforečné. Ovlivnění mechanických vlastností laku se předpokládalo nejmenší u kyseliny, které nejméně korozně ovlivní povrch.



Obr. 2 – Firemní logo [38]

Společnost, celým názvem IDEAL-Trade Service, spol. s r.o., působí na našem trhu již přes 20 let v oboru návrhu, dodávky a instalace kompletních technologických celků pro povrchové úpravy, dodávky chemikálií související s požadavkem povrchových úprav, techniku na stlačený vzduch, technologii tepelného zpracování a dalších doprovodných služeb.

Sídla společnosti najdeme v Brně a Trenčíně, které jsou brány jako hlavní sídla společnosti pro danou zemi. Dále má společnost několik poboček ve východním Slovensku, středních Čechách, Praze a na Moravě. Více informací o společnosti lze najít na jejich internetových stránkách <http://www.itsbrno.cz>.

2. MOŘENÍ [1], [2], [3], [4], [13], [18], [20], [31]

Je proces, při kterém se chemickou nebo elektrochemickou cestou odstraňují z povrchu kovu oxidické nečistoty, jejímž hlavním představitelem jsou koroze a okuje (oxidace za vyšších teplot). Například to jsou okuje při tváření za tepla, zoxidované okolí svaru (obr. 4), poletová, neboli atmosférická, koroze a další. Moření je základní technologií předúprav povrchu, které bývají řazeny před úpravami povrchu, jako například lakování, zinkování a jiné. Při výrobě oceli moření navazuje na tvářecí procesy (válcování plechů, tažení drátů, tyčí atd.) a také na žihání. Pro představu, v roce 2013 bylo na světě vyrobeno cca 1,6 mil. tun oceli, z toho mořeno zhruba milion tun.



Obr. 3 - Porovnání kvality svaru po moření [23]

Nejčastěji používané látky na moření ocelí jsou **kyseliny a kyselé soli**, méně často používaná jsou **alkalická činidla**. V praxi se setkáváme s kyselinou sírovou H_2SO_4 , kyselinou chlorovodíkovou HCl a kyselinou fosforečnou H_3PO_4 , případně i jinými kyselinami a jejich kombinacemi pro zvláštní případy, například moření legovaných ocelí, kde okuje obsahují některé legující přísady, které jsou obtížně rozpustitelné v kyselinách. V případě, že nestačí moření v kyselině, se na legované oceli používají alkalické způsoby. Mezi nejvýznamnější alkalické metody patří redukční způsob.



Obr. 4 - Mořící lázeň [40]

Významným parametrem procesu je doba moření, což je čas, po který je materiál vystaven vlivu mořicího prostředí. Pokud tato doba dosáhne určité hodnoty a budeme v procesu pokračovat, nastane tzv. přemoření. Rozpouštění podkladového kovu je příliš velké, projevuje se větší náchylnost na vodíkovou křehkost. Mezi další významné parametry procesu patří teplota a koncentrace mořicí lázně (obr. 4).

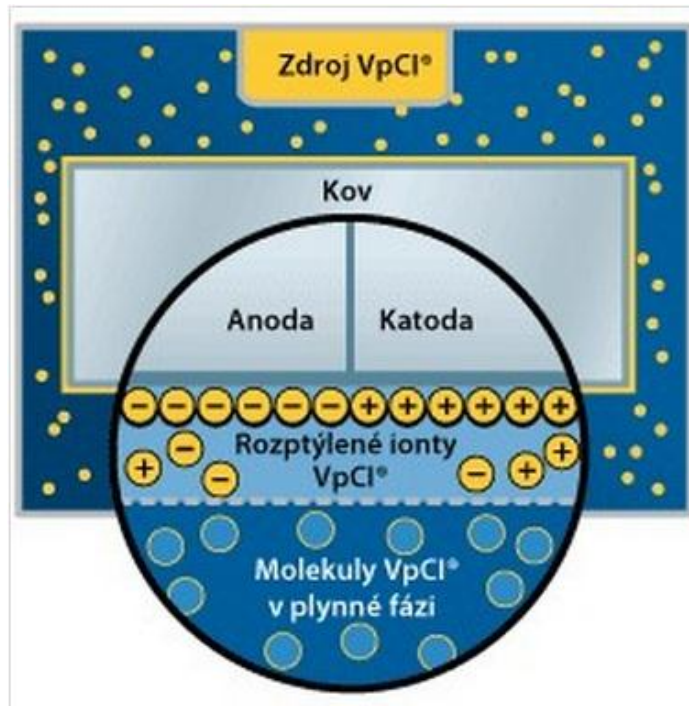
Při průběhu samotného procesu je uvolňován atomární vodík, který je do oceli pohlcován, což má za následek zhoršení mechanických vlastností (vodíková křehkost), zhoršení přídržnosti ochranných povlaků. Množství vodíku, které je ocel schopna pohltnout, závisí především na těchto vlastnostech

Při průběhu samotného procesu je uvolňován atomární vodík, který je do oceli pohlcován, což má za následek zhoršení mechanických vlastností (vodíková křehkost), zhoršení přídržnosti ochranných povlaků. Množství vodíku, které je ocel schopna pohltnout, závisí především na těchto vlastnostech

- druh kyseliny
- teplota lázně
- stav povrchu mořené součásti
- čistota oceli (vměstky v materiálu působí jako katodová skvrna)

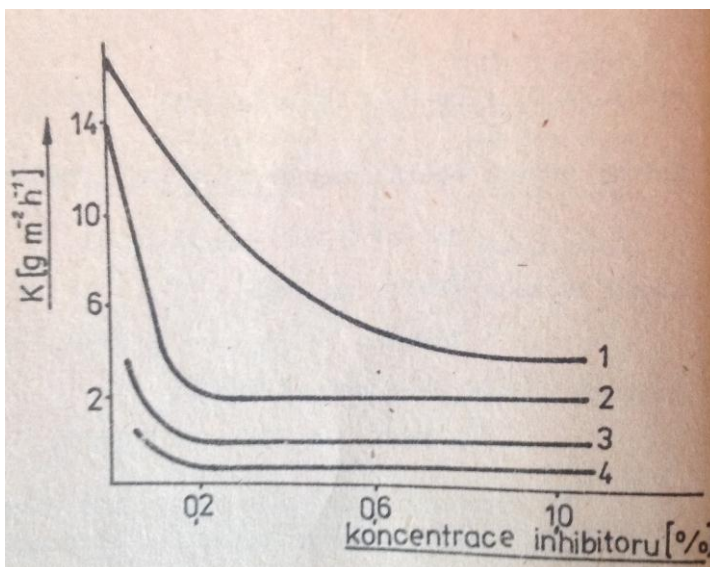
Na odstranění vodíku a vodíkové křehkosti můžeme materiál vyžítat, vhodněji a výhodněji se však prokázala metoda, kdy do lázně přidáme tzv. inhibitory (obr. 5). Ty výrazně snižují rychlost, jakou kyselina působí na samotný kov, což má za následek podstatně menší pohlcování vodíku samotným materiálem.

Inhibitory jsou povrchově aktivní, vysokomolekulární organické látky. Na povrchu oceli vytvářejí tenký ochranný povlak, který zabraňuje navodíkování kovu. Účinnost inhibitoru se vyjadřuje inhibičním koeficientem, který je definován jako rychlost rozpouštění oceli v lázni s přidaným inhibitorem ku rychlosti bez něj. Obecně se uvádí koncentrace 1-3g na 1l lázně, kdy účinnost dosahuje až 99,9% (běžná účinnost 90-99%).



Obr. 5 - Princip ochrany inhibitory [22]

Účinek různých inhibitorů pro moření v kyselině sírové a kyselině chlorovodíkové můžeme vidět na obrázku 6.



Popis jednotlivých křivek:
 1 - $2,2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ + inhibitor anhydrid kyseliny olejové
 2 - $2,2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ + inhibitor Agar – agar
 3 - $1,0 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ + inhibitor Agar – agar
 4 - $4,4 \text{ mol}^{-1} \text{ HCl}$ + inhibitor polymer butylen

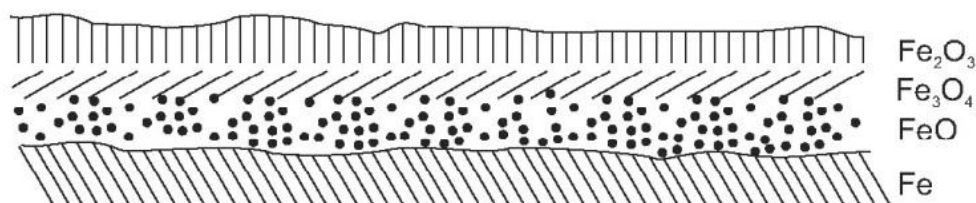
Obr. 6 - Vliv koncentrace inhibitorů na rozpouštění oceli [3]

2.1. Parametry ovlivňující moření [23], [24], [44]

Moření probíhá řadou chemických, elektrochemických a fyzikálních dějů, které probíhají jak v heterogenních fázích, tak i homogenně v mořicích roztocích. Tyto děje neprobíhají souběžně, ale jsou vzájemně provázány a vyvolávány. Z této podstaty plyne, že moření není jednoduchý proces a je závislý na více parametrech a faktorech, než výše udávané teplotě, koncentraci a době (tyto parametry jsou významné pro řízení procesu při běžných provozních podmínkách). Další parametry:

- a) Složení okuje – zásadně ovlivňují moření tloušťka, chemické složení (obr. 7) a pórovitost okují. Moření probíhá nejrychleji, když okuje obsahují maximální množství FeO a minimální množství Fe₂O₃. Proces probíhá tím rychleji, čím více je vrstva porézní, kdy mořidlo snáz proniká na základní materiál.

Pro co nejlepší výchozí podmínky se proto před moření zařazují mechanické (tryskání, válcování s malým úběrem, lámání okují) nebo chemické (elektrolytické moření, moření v oxidačních nebo redukčních taveninách) předúpravy. Tyto procesy vyžadují opracování celé plochy rovnoměrně, ne pouze lokálně, jinak ani samotné moření nebude probíhat rovnoměrně.



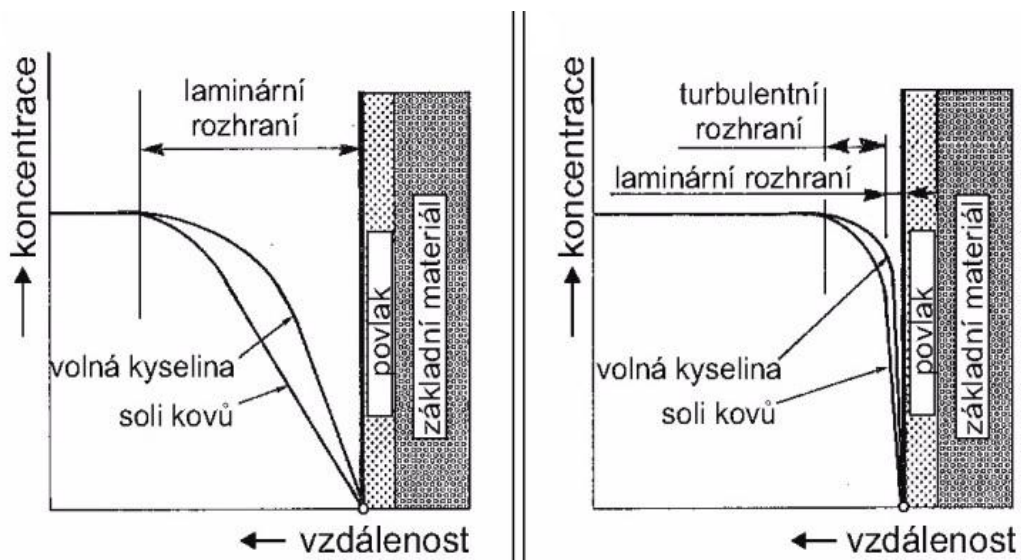
Obr. 7 - Chemické složení okují [2]

Na tloušťku a strukturu okuje mají vliv i předchozí technologické operace. Většinou platí, že snáze měřitelná a rovnoměrněji odstranitelná je okuje tvořená za nevysokých tvářecích teplot. Nejhůře měřitelné okuje vznikají po žíhání v atmosféře bohaté na vodní páry.

- b) Složení oceli – legující prvky ovlivňují rychlost moření, ocel má různou rozpustnost podle chemického složení. Čisté Fe je obtížně rozpustitelné, se zvyšujícím se obsahem uhlíku rozpustnost roste, proto u vysoce uhlíkatých ocelí hrozí rychle přemoření.

Mangan, fosfor, síra zvyšují rozpustnost oceli v kyselinách. Naproti tomu měď působí blokačně. Zvyšování podílu mědi do ocelí s vyšším obsahem síry a fosforu významně snižujeme její rozpustnost. Již přidání 0,1 – 0,3 % mědi snižuje rozpustnost oceli v kyselinách o 30 – 90 %. Při koncentraci křemíku nad 10% se tvoří v oceli slitiny Fe-Si, které jsou velmi odolné proti kyselinám.

- c) Pohyb mořící kapaliny – relativní pohyb mezi mořící kapalinou a mořenými předměty má příznivý účinek na rychlost procesu (obr. 8). Hraniční vrstva, která je již kovy uvolněnými v reakci nasycena, je neustále nahrazována, vlivem proudění a tím je celý proces zrychlen o 40 – 80% oproti statickému pochodu. Při aplikaci postřikem dosahujeme ještě vyšší rychlosti. Platí hlavně pro HCl.



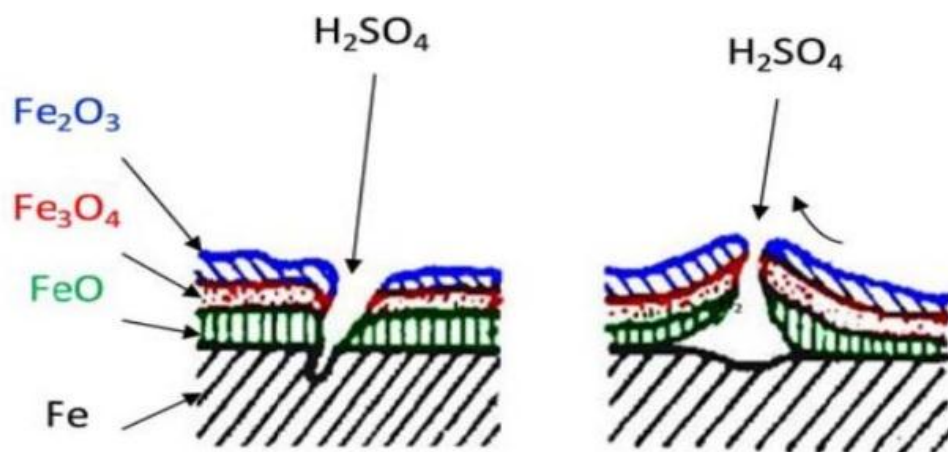
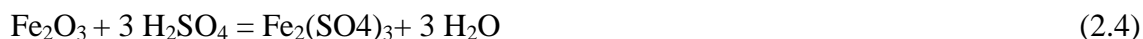
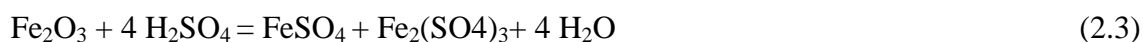
Obr. 8 - - Vliv relativního pohybu kapaliny na rychlost moření [44]

Na obrázku výše je vidět rozdíl mezi statickým a dynamickým dějem. U obrázku vpravo, kdy je lázeň v pohybu, vidíme, že koncentrace kyseliny je, na rozdíl od případu vlevo, kdy se lázeň nehýbe, již relativně blízko od povrchu srovnána se zbytkem lázně. Rychlost moření je tím vyšší, čím je vyšší změna koncentračního gradientu.

- d) Obsah kyslíku a oxidačních činidel – kyslík v kyselinách výrazně zvyšuje rychlost, jakou je ocel rozpouštěna. Některá oxidační činidla (chroman draselný, chlorid sodný, atd.) jsou využívána jako urychlovače moření. Při reakcích jsou spotřebovávány, je tedy třeba je doplňovat.
- e) Vliv teploty, druhu a koncentraci mořidla – patří k nejvýznamnějším parametrům moření, jejich vliv a doporučené hodnoty jsou pro každou látku jiné a budou popsány konkrétně u jednotlivých mořidel.

2.2. Moření v kyselině sírové

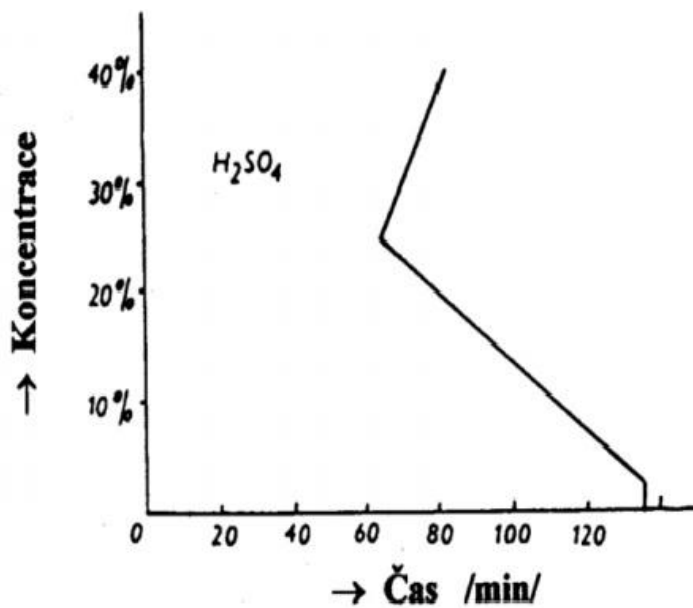
Proces odstraňování okují a rzi z povrchu oceli probíhá vnikáním kyseliny do pórů a trhlin vrstvy oxidů a jejich rozpouštěním. Kyselina rozpouští spodní vrstvu oxidů FeO, která je těsně na základním materiálu. Tím podleptává další vrstvy, které jsou na FeO, což způsobuje odlupování a odpadávání celé zbylé vrstvy z povrchu kovu pryč (obr. 9). Tomuto procesu značně napomáhá vodík, který je uvolňován ve formě bublinek. Svým tlakem pomáhá odlupovat vrstvy oxidů. Rozpouštění probíhá podle těchto rovnic:



Obr. 9 - Moření kyselinou sírovou [3]

Kyselina rovněž rozpouští základní materiál, proto je proces také označován jako úběrové moření. Na 1 m² povrchu základního materiálu připadá ztráta v důsledku působení kyseliny zhruba 25 – 40 gramů železa Fe, nebo se také uvádí hmotnostní ztráty mezi dvěma a čtyřmi procenty. Tento proces potlačujeme přidáním vhodných inhibitorů, které podstatně zpomalují rychlost rozpouštění oceli, ale přitom téměř neovlivňují samotné rozpouštění oxidických vrstev. Používají se inhibitory organického původu, například Ryphalgan, v koncentraci 0,1%.

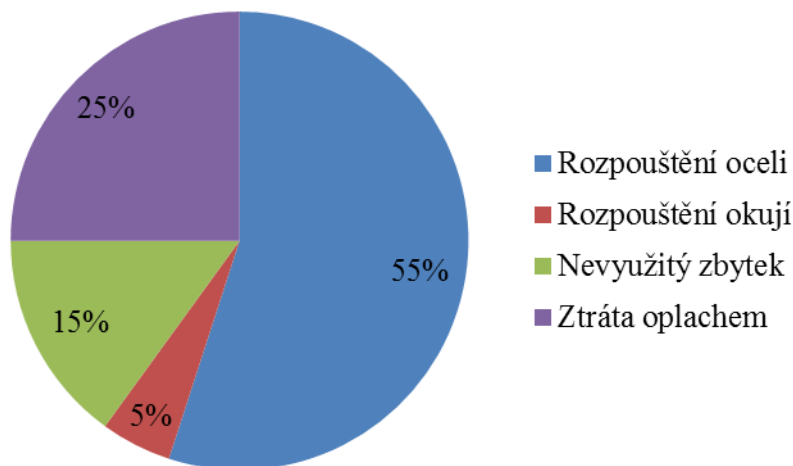
Při procesu se lázeň zanáší zbytkem oxidických vrstev, které se odlouply od základního materiálu a také se ředí rozpouštěným železem a jeho oxidy. Tyto procesy vedou k degradaci lázně, která ztrácí svoji provozní účinnost, což má za následek zhoršení kvality moření, delší časy a horší výslednou kvalitu. V důsledku těchto procesů musíme lázeň obnovovat a doplňovat. Jako limitní množství Fe se udává 90g/l, poté se doporučuje lázeň vyměnit.



Obr. 10 - Závislost koncentrace na době moření [1]

V praxi je nejčastěji používáno lázní o koncentraci 8 až 20 % při teplotách 40 až 70° C. Z obrázku 10 je vidět, že maximální rychlosti moření dosahuje kyselina při koncentraci 25%. Mořící doba za těchto podmínek bývá v desítkách minut, podle stavu materiálu i hodiny. Tato doba je ovlivněna především strukturou a tloušťkou oxidů – okují.

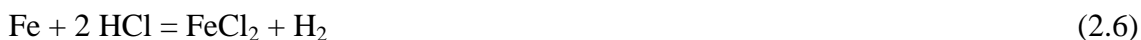
Po moření je nutné opláchnout zbytky lázně z povrchu kovu, což se provádí většinou studenou a teplou vodou, kde jsou přidány neutralizační přísady (např. Na_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaNO_2). Ztráty kyseliny oplachem představuje asi 25% z celkového množství. Celkové využití můžeme vidět a obrázku 11. Toto využití zlepšujeme přidáním vhodných inhibitorů a dodržením technologického postupu.



Obr. 11 - Využití kyseliny při moření

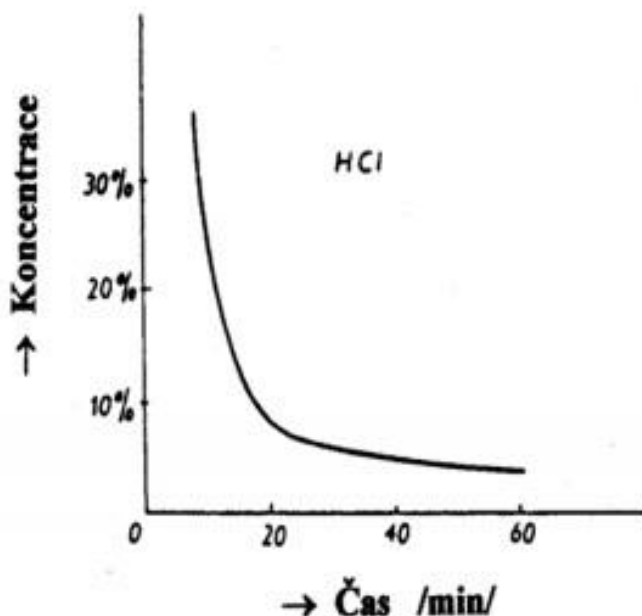
2.3. Moření v kyselině chlorovodíkové [31], [44]

Oproti kyselině sírové, kde se většina oxidů odloupne a zůstává v lázni jako kal, tudíž nerozpuštěná, kyselina chlorovodíková (někdy označována jako kyselina solná) odstraňuje okuje převážně chemicky, tedy jejich rozpuštěním. Chemické děje probíhající při tomto procesu jsou popsány těmito rovnicemi:



Z těchto poznatků je zřejmé, že při použití kyseliny chlorovodíkové bude spotřeba kyseliny podstatně vyšší, než kdybychom použili kyselinu sírovou. Výpary, které vznikají při procesu, jsou velmi agresivní (zvláště za vyšší teploty), z čehož vyplývají další požadavky zařízení, pracovníků a vybavení.

Mezi hlavní přednosti moření v kyselině chlorovodíkové (při srovnání s kyselinou sírovou) patří vyšší mořící rychlosti (obr. 12) a čistý kovový povrch, který vzniká v důsledku menšího napadání povrchu kyselinou. Vysokých rychlostí lze dosáhnout i při nižších teplotách, dostačujících rychlostí dosahujeme i při teplotě 20°C. Při navýšení teploty o 10° zvýšíme rychlost moření o 100% a naopak. Na rozdíl od kyseliny sírové, záleží rychlost moření také na podílu Fe₂O₃ v okujích. Tento oxid se chemicky rozpouští nejpomaleji ze všech a při jeho vyšším podílu vzrůstá i čas moření v HCl.

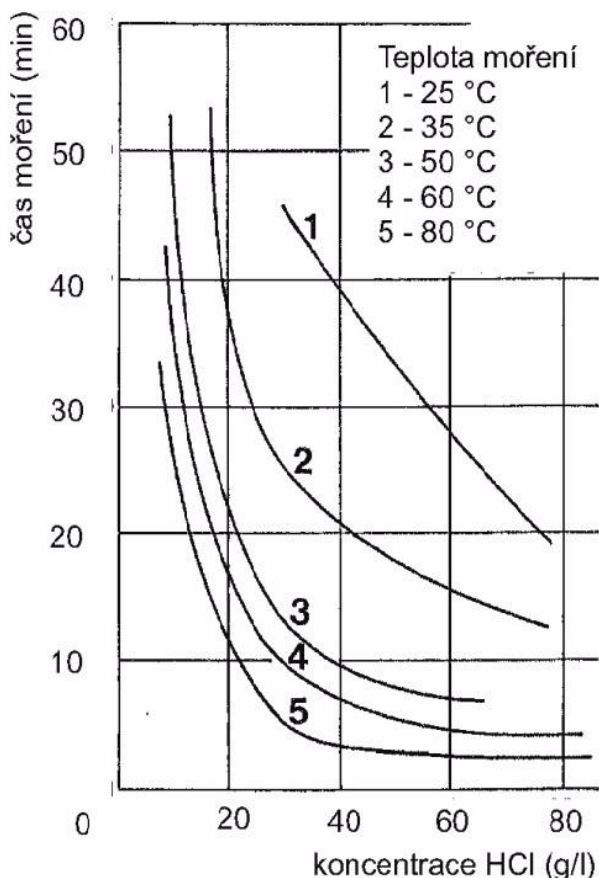


Obr. 12 - Závislost koncentrace HCl na rychlosti moření [3]

Oproti tomu kyselina sírová rozpustí FeO ve spodní vrstvě a tento těžce rozpustitelný oxid odloupne. Z tohoto vyplývá již zmiňovaná podstatně větší spotřeba kyseliny. Další vlastností kyseliny chlorovodíkové při moření je její rovnoměrné působení po celém povrchu. Materiál se moří na všech místech přibližně stejně (v závislosti na tloušťce a složení oxidů), což nám dává lepší kontrolu nad procesem a čistý kovový povrch méně napadáný kyselinou, než u použití kyseliny sírové.

Kyselina chlorovodíková se nejčastěji používá v koncentracích 10-20%, horní

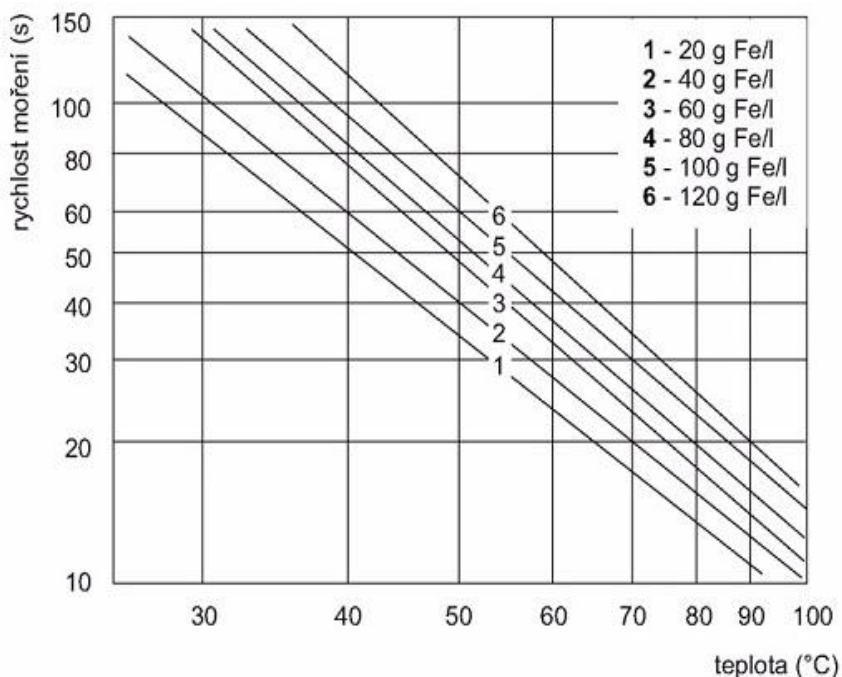
hranice je strop, použití vyšších koncentrací má za následek podstatné zvýšení exhalace chlorovodíku. Mořící časy jsou řádově v minutách až desítkách minut. Zvýšení efektivity procesu se dosahuje ohřátím kyseliny. Ta sice moří spolehlivě i při pokojové teplotě, podle obrázku dole (obr. 13) je vidět, že zvýšená teplota lázně výrazně sníží mořící časy.



Obr. 14 - Závislost teploty na rychlosti moření [44]

Z obrázku je patrné, že zvýšením teploty kyseliny na 50°C a více dochází k významnému zvýšení rychlosti moření. Proto v dnešní době velkokapacitní linky používají ohřátou kyselinu na tyto teploty. Při zvýšení teploty lze navíc pracovat s méně koncentrovanou kyselinou. Kyselina se během procesu vyčerpává, protože aktivně rozpouští všechny oxidy na materiálu. V lázni vzrůstá obsah rozpuštěného Fe, což má za následek zpomalení procesu (obr. 14).

Vzrůstající obsah železa snižuje rychlost moření, což lze pozorovat i při malých časech procesu. Podle průběhu křivek mezních rozpustností lze vidět, že při vyšších teplotách jsou rozdíly menší. Používání ohřáté kyseliny je produktivnější a snižuje i vliv degradace rozpuštěným železem.



Obr. 13 - Závislost obsahu Fe na rychlost moření [44]

Ocel po moření zůstává pokryta vrstvou označovanou jako zbytky po moření. Převážně se jedná o soli vzniklé reakcí kyseliny, oxidů a základního materiálu a dále nerozpuštěné legující a doprovodné prvky. Jejich složení a velikost závisí na složení prvků, z kterých se skládají. Soli vznikají nejen po moření, na obrázku dole je popsán



vznik solné vrstvy po fosfátu. Soli se dají opláchnout vhodným přípravkem.

Na obrázku vedle lze pozorovat příklad vzniku zbytkové vrstvy solí. Na vrchním snímku jsou dílce bezprostředně po skončení procesu moření + odmaštění, oplach, fosfát. Po fosfátování již nenásledoval další oplach. Povrch je očištěný od nečistot, rzi. Na prostředním obrázku je vidět vrstva solí, která se utvořila na okrajích profilu. Poslední snímek ukazuje situaci po cca třech minutách. Vrstva solí pokryla skoro celý povrch součásti.

Výše uvedený popis a obrázek vedle ukazuje, jak rychlý je vznik této vrstvy. Řádově se jedná o minuty a průběh lze sledovat pouhým okem.

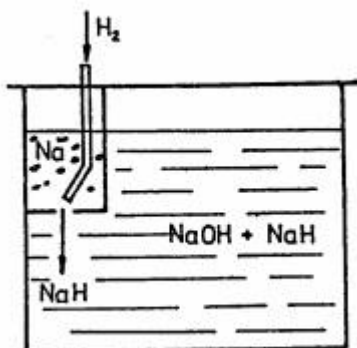
Vrstvy jsou odstranitelné, v praxi je používán oplach vodou s příměsí látek na bázi olejů a čisticích. Pro kusové moření postačí vrstvu setřít například hadrem.

Obr. 15 – Zbytková vrstva solí

2.4. Další způsoby moření ocelí

První dva uvedené způsoby se týkají přímo problematiky této diplomové práce. Ostatní metody, v praxi používané, jsou doplněny pro komplexnější představu o problematice. Jedná se o moření v kyselině fosforečné, moření ve směsi kyselin a alkalický způsob – redukcí.

- Moření v kyselině fosforečné - odstraňování oxidických vrstev probíhá podobně jako u kyseliny sírové, kyselina proniká póry ve vrstvě a rozpouští vrstvu FeO, která svým rozpuštěním odloupne další vrstvy těžce rozpustitelných oxidů. Ty se usazují na dně lázně. Použití kyseliny fosforečné se vyznačuje dobrým odmašťovacím účinkem, pasivací povrchu oceli v samotném procesu. Dále při něm nevznikají korozní výpary, které napadají mořený materiál. Používané pracovní parametry jsou 60-80°C a koncentrace 15%, kdy se moří do obsahu volné kyseliny v lázni 7%. Při tomto způsobu je proces poměrně nevhodný, neboť je kyselina nedostatečně využívána, což vzhledem k její vyšší ceně dělá proces nákladný. Byl vyvinut proces, který podstatně zvyšuje produktivitu, jedná se o moření kyselinou fosforečnou s regenerací. V procesu je využívána kyselina sírová. Vhodným postupem můžeme dosáhnout ekonomicky výhodného procesu, kde značné výhody představuje pasivovaný povrch a menší ekologická zátěž.
- Moření ve směsi kyselin – legované oceli mají v okujích přítomny oxidy legujících přísad, které jsou pro kyseliny obtížně rozpustitelné. Pro jejich odstranění používáme směsi kyselin, například kyselina dusičná s chlorovodíkovou nebo s fluorovodíkovou.
- Redukční způsob moření – používá se na oxidy legovaných prvků, které nelze odstranit kyselinami. Oxidy jsou redukovány na samotné kovy, které se poté rozpustí krátkých ponořeních do kyseliny chlorovodíkové. Zařízení pro tento způsob je vidět na obrázku 16. Jiné označení pro metodu bývá moření v tavenině, protože proces probíhá v tavenině hydroxidu sodného o teplotě 350°C s přidávkem 1,5 – 3% hydridu sodíku, který je produkován přímo v mořícím zařízení.



Obr. 16 - Schema mořícího zařízení v NaH [3]

2.5. Zhodnocení metod moření [29],

V dnešní době je nejpoužívanější mořicí látkou pro uhlíkové oceli kyselina chlorovodíková, kvůli její velké mořicí rychlosti i při nižších koncentracích a teplotách kolem 50°C. Podstatě méně používaná je kyselina sírová, která je dále nahrazována chlorovodíkovou i v menších provozech. Důvodem je potřeba ohřevu kyseliny sírové pro její efektivní činnost, zatímco kyselina chlorovodíková pracuje i za teploty 20°C dostatečnou rychlostí. Kyselina fosforečná je používána spíše výjimečně, setkáváme se s ní ale v mořicích směsích. Pro vysokolegované oceli je používána směs kyselin fluorovodíkové a dusičné. Měď a její slitiny moříme v kyselině sírové. U hliníku je nejpoužívanější alkalické moření v hydroxidu sodném.

Při moření není využita celá kyselina, část v lázni zůstává jako volná kyselina (až třetina z původně vloženého množství) a část v solích kovů. Po skončení živostnosti je nutno lázeň ekologicky likvidovat. Kyselina zde představuje problém z ekologického hlediska i z hlediska ekonomického, protože ji zlikvidujeme a nevyužijeme pro samotný proces. Proto se dnes používá různých regeneračních postupů, které mají za úkol z vymořené lázně získat volnou kyselinu a vrátit ji zpět do procesu. Dalšími trendy v oblasti předpovrchových úprav je slučování technologií, například odmaštění s mořením, odmaštění s pasivací

Obecně shrnuto je moření specifická technologie využívána v oblasti předúprav povrchu k odstraňování okují a rzi. Pro představu, 70% veškeré vyrobené oceli na světě aspoň jednou za svůj výrobní cyklus mořeno. Při procesu se pracuje s toxickými chemikáliemi, což jen činí náročnějším jednak na vybavení a technologii samotnou, tak na obsluhu. Dále je vidět, že neexistuje jeden obecný postup na všechny materiály, ale že na jednotlivé materiály používáme konkrétní mořidla. Nejčastěji používané jsou kyseliny chlorovodíková a sírová. Nejvýznamnější parametry u moření jsou doba, teplota moření a koncentrace kyseliny.

3. PRÁŠKOVÉ LAKOVÁNÍ [9], [14], [25], [28], [33]

Práškové barvy (obr. 17) řadíme mezi průmyslové nátěrové hmoty. Jedná se o suchou směs, která se oproti ostatním druhům barev neředí ani nerozpouští v jiné látce. Nejčastější složení prášku tvoří pryskyřice, pigmenty, aditiva, tvrdidla a případně další látky pro různé zvláštní vlastnosti. Složením má prášek blíže spíše k plastům než ke klasickým nátěrovým hmotám.



Obr.17 - Ukázka práškového lakování [37]

Práškové barvy dělíme na dvě základní skupiny podle způsobu vytvrzování.

- Termoplasty – na bázi polyvinylchloridu nebo polyetyleny. Z tuhého stavu mohou opětovně přecházet do plastického stavu. Aplikují se především ponorovým nanášením. Mají omezené spektrum použití.
- Reaktoplasty – nazývané také termosety, při působení tepelné energie se vnitřně chemicky zasítují (polyamidace nebo polykondenzace) a získávají tak svoje vlastnosti při současně ztrátě plastických vlastností. Reakce je nevratná.

Kvůli svým výhodným, vlastnostem jsou dnes nejpoužívanější skupinou reaktoplasty. Mají širokou škálu použití a to jak v interiéru, tak i v exteriéru. Výhodou práškových nátěrových hmot je jejich vysoká výtěžnost (přes 95%), stejnoměrné pokrytí výrobku i v hůře dostupných místech. Systémy lze snadno a vysoce automatizovat, nejčastěji do průběžných linek se zařazením předúpravy povrchu a s vysokou hustotou ukládaných dílců. Vytvrzování probíhá za teplot do 200°C, kdy vzniká vrstva laku o tloušťce 15-20 μm . Podmínkou pro úspěšnou aplikaci je čistý povrch, který je zajištěn vhodnou předúpravou. Bezpodmínečně je odmaštění, následovat může moření, pasivace, dále následují oplachy a sušení.

3.1. Rozdělení reaktoplastů podle pojiva

Pojivo je nejdůležitější složkou nátěrových hmot. Má zásadní vliv na tloušťku vrstvy a na její vazbu k povrchu.

- Epoxidové (EP) – pojivo je tvořeno epoxidovou pryskyřicí. Používají se převážně pro designové aplikace do interiéru jako např. kovový nábytek, osvětlení (obr. 18), regálové systémy, nástrojové vybavení, atd. Vykazují výborné funkční estetické vlastnosti, dobrou životnost a vysokou odolnost vůči působení chemikálií (čistící prostředky, kyseliny, maziva, rozpouštědla). Mezi nevýhody patří nízká odolnost proti UV záření, které nátěr degraduje, což se projevuje křídovatením (zmatnění povrchu a rozklad polymerního filmu, až 10 μ m za rok). Další nevýhodou je citlivost na přepálení.



Obr. 18 - Příklad EP nátěru [17]

- Epoxipolyesterové (PEP) – označované také jako hybridní, mixy. Skládají se z epoxidových a polyesterových pryskyřic (v poměru od 30:70 do 50:50), kdy poměr stanovuje podle svých požadavků a použití zákazník. Oproti epoxidovým nátěrům mají lepší odolnost proti UV záření (nižší náchylnost ke křídovatení) a nejsou tak citlivé na přepal. Současně ale nemají tak vysokou odolnost proti působení chemikálií. V dnešní době se jedná o nejvíce používané práškové barvy. Používané jsou převážně pro interiérové aplikace, lze je použít i pro výrobky krátkodobě vystavené povětrnostním vlivům (obr. 19).



Obr. 19 - Příklad PEP nátěru [41]

- Polyesterové (PES) – polyesterové pryskyřice s příslušným tvrdidlem. Vykazují výbornou odolnost proti povětrnostním vlivům, UV záření, korozi a přepalu. Nevýhodou jsou menší mechanická stabilita, horší teplotní stabilita a vyšší vytvrzovací teploty. Pro svoje vlastnosti nacházení tyto nátěry uplatnění pro exteriérové aplikace (obr. 20) jako například rámy kol, zemědělské stroje, zahradní zboží atd.



Obr. 20 - Příklad PES nátěru [35]

- Polyuretanové (PUR) – polyesterová pryskyřice zesíťovaná s různými tvrdidly adiční reakcí. Vyznačuje se velmi dobrou odolností proti vlivům venkovního prostředí, odolností vůči korozi, tvrdostí. Nevýhodou PUR nátěrů je jejich vysoká cena a horší teplotní stabilita. Použití pro výrobky v exteriéru (obr. 21).



Obr. 21 - Příklad PUR nátěru [30]

- Akrylátové (AC) – akrylátové pryskyřice zesíťované s různými tvrdidly. Mají vysoký lesk, odolnost proti venkovním vlivům i chemickým látkám a výborný rozliv. Nevýhodami jsou násobně vyšší ceny než u polyesterů, nemožné skladování za běžných podmínek (kvůli vysoké reaktivitě) a jejich nesnesitelnost s ostatními prášky. Použití i pro exteriér.

3.2. Specifikace barevného odstínu [34], [42], [43]

Důležitou specifikací při zadávání většiny povrchových úprav je estetika. Velkou část lakovaného zboží představují designové výrobky do interiéru (nábytek, spotřebiče a jiné), kde vzhled představuje klíčovou vlastnost. Požadovaného vzhledu docílíme kombinací vhodného odstínu barvy, leskem, strukturním nebo metalickým efektem. Prvním určující vlastností je vzhled povrchu a typ barvy, druhou je odstín. Odstíny barev jsou seřazeny ve vzorkovnicích, které jednoznačně definují pouze odstín barvy. Na strukturu, lesk a vzhled povrchu nemají vliv. V Evropě a tedy i u nás je nejpoužívanější vzorkovnice RAL. Další používané vzorkovnice jsou např. Nunsell, RAL design, NCS a další.

- RAL – systém vyvinutý v Německu v roce 1925 pro potřebu přesné definici prodejních parametrů výrobku. V dnešní době vzorník definuje 210 barev (původní počet byl 40). Nejpoužívanější je typ K7 classic (obr. 22). Označení barev je provedeno pomocí čtyřmístného číselného kódu, kdy první číslice značí skupinu odstínů a druhá je vždy 0 (např. 9003, 1021 a jiné).



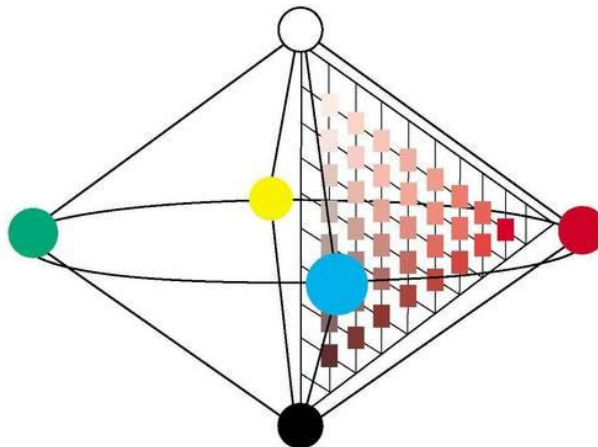
Obr. 22 - Vzorník RAL K7 [47]

- RAL DESIGN – Německý systém představený roku 1993 definuje 1688 odstínů (obr. 23) světlejších a pastelovějších barev než klasická vzorkovnice RAL. Barvy jsou značeny sedmimístným kódem se dvěma mezerami (např. 060 80 20). První trojice udává odstín, první dvojčíslí jas odstínu a poslední dvě sytost odstínu.



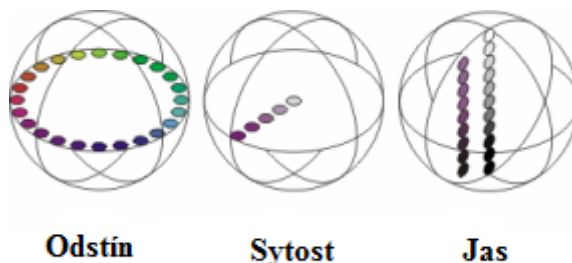
Obr. 23 - Vzorník RAL DESIGN [46]

- NCS – systém vytvořený ve Švédsku a definuje barvy podle skutečného vnímání odstínů lidským okem. Každý přírodní odstín získáme kombinací černé, bílé, žluté, červené, zelené a modré. Z těchto barev je složen prostor (obr. 24), ve kterém lze popsat odstíny. NCS značí odstíny kombinací čísel a písmen podle polohy v prostoru (např. B30G, Y50R). Barevnice NCS S obsahují 1950 odstínů.



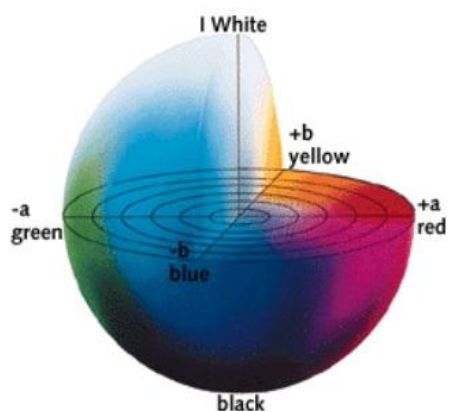
Obr. 24 - Barevný prostor NCS [8]

- Nunsell – systém také založen na principu vnímání barev podobně jako lidské oko. Barvy červená, žlutá, zelená, modrá a fialová jsou rozděleny do prostoru, který definuje odstín, sytost i jas (obr. 25). Systém je používán především v USA a Kanadě.



Obr. 25 - Nunsellův barevný prostor [34]

- CIELab – vyjádření odstínu v barevném prostoru souřadnicemi pod určitým typem osvětlení. Z tohoto vychází jedno z metod měření odstínu barev kolorimetrem (využití v automatizaci, archivaci apod.) Systém zobrazuje všechny barvy spektra v 3D prostoru (obr. 26) a přiřazuje jim souřadnice a, b, L.



Obr. 26 - Systém CIELab [34]

Dalších vzorkovnic existuje celá řada. Jedná se o odstíny podle státních norem, dále každý výrobce udává zákazníkům svoje speciální vzorkovnice s odstíny, které nejsou zařaditelné do známých a používaných vzorníků. Často se jedná o různé efekty, kdy jako základ slouží RAL odstín a finální vzhled je doladěn podle přání zákazníka.

Sledování kvality a shody odstínů se nejčastěji provádí výše popsanou metodou CIELab, která je všeobecně přijímána pro vyhodnocování rozdílnosti barev. Měření kalorimetry probíhá pod různými typy osvětlení, z kterých se určuje výsledná odchylka odstínu. Měření probíhá digitálně, výhodou je tedy možnost data archivovat a porovnávat, řídit a regulovat výrobu. Výsledné zhodnocení se skládá z výsledků více metod (objektivní i subjektivní).

3.3. Technologie nanášení práškových barev [36]

Principem nanesení práškové barvy na součást je její smíchání se stlačeným vzduchem, čímž dosáhneme vytvoření směsi, která má vlastnosti tekutiny. Tato směs se poté určitou technologií nanese na zpracovávané zboží, kde se prášek roztaví (buď ihned po aplikaci, nebo následným dodaným teplem) a poté vytvrdí. Technologie vytváření povlaků z práškových plastů dělíme:

- bez přehřevu součásti (elektrokinetické a elektrostatické stříkání)
- s přehřevem součásti (fluidní způsob, naprašování)
- kombinované
- speciální

Dnes se téměř veškeré prášky nanášejí stříkáním (obr. 27). Částice prášku se průchodem pistolí nabijí elektrickým nábojem, zatímco součást je uzemněná. Vlivem výsledné elektrostatické síly se na povrchu vytvoří vrstva prášku, který na něm drží do doby, než se prášek roztaví a přilne k povrchu.

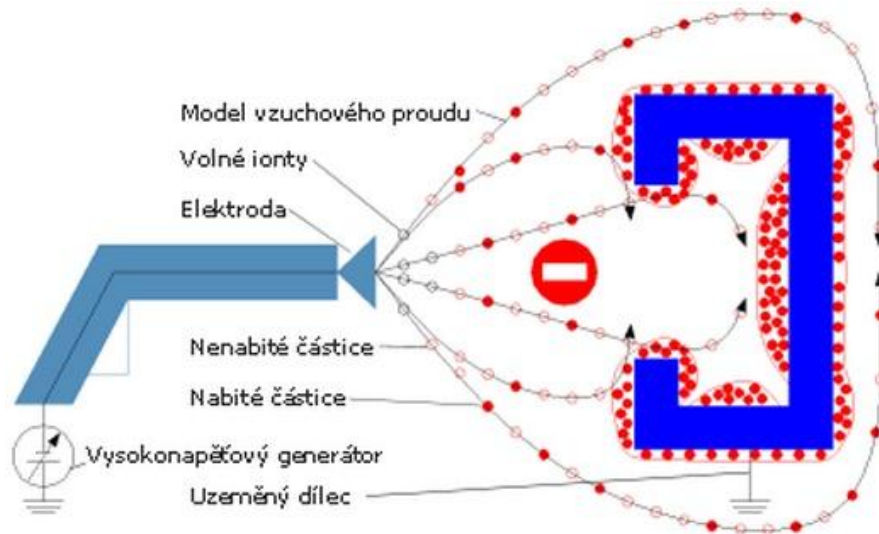


Obr. 27 – Nanášení stříkáním [37]

3.3.1. Elektrostatické nabíjení

Do pistole na výstupní trysku je přiváděn elektrický proud vysokého napětí (40-100 kV), který způsobuje ionizaci vzduchu procházející pistolí. Ionizovaný vzduch předá část volných iontů částicím prášku, čímž se na nich vytvoří záporný náboj. Nabíjení prášku probíhá až v ústí pistole, kde jsou umístěny tzv. koronární elektrody. Prášek je poté nesen stlačeným vzduchem k uzemněnému dílci, kde ulpí na povrchu (obr. 28).

Strukturu vrstvy regulujeme tvarem výstupní trysky, elektrickým polem mezi elektrodou a uzemněným dílcem (změnou napětí) a rychlostí vzduchu, kterým unáší prášek.

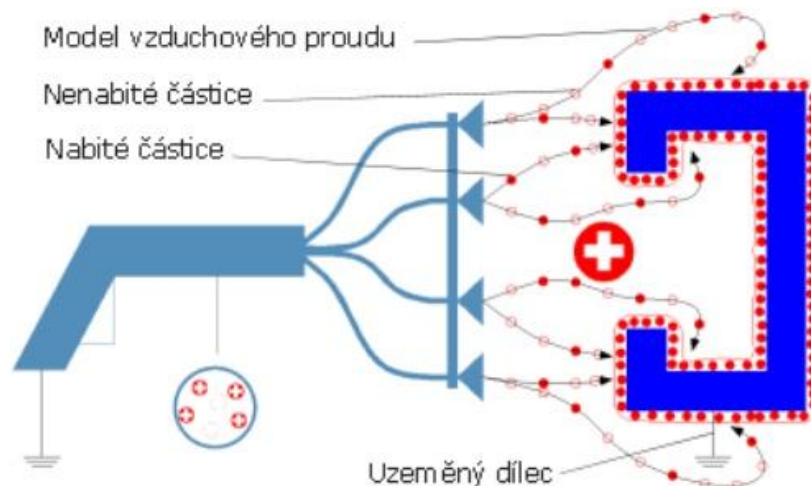


Obr. 28 - Princip elektrostatického nabíjení [36]

Výhodou elektrostatického nabíjení (označovaného jako statika, korona) jsou vysoká produktivita, snadná automatizace a vysoká účinnost. Nevýhodami je vyšší pořizovací cena, možný vznik Faradayovy klece na povrchu lakovaného dílce, nutnost dokonalého uzemnění dílce. Z obrázku nahoře je patrné, že metoda není vhodná pro dílce s hlubokými záhlubněmi.

3.3.2. Elektrokinetické nabíjení

Nabíjení částic prášku se uskutečňuje pomocí tření o materiál trysky, kterým je teflon a částečně i o materiál hadic. Částice se nabíjí kladným nábojem a díky výsledným silám jsou vzájemně odpuzovány za vzniku homogenního práškového mraku (obr. 29). Metoda se také nazývá Tribo.



Obr. 29 - Princip elektrokinetického nabíjení [36]

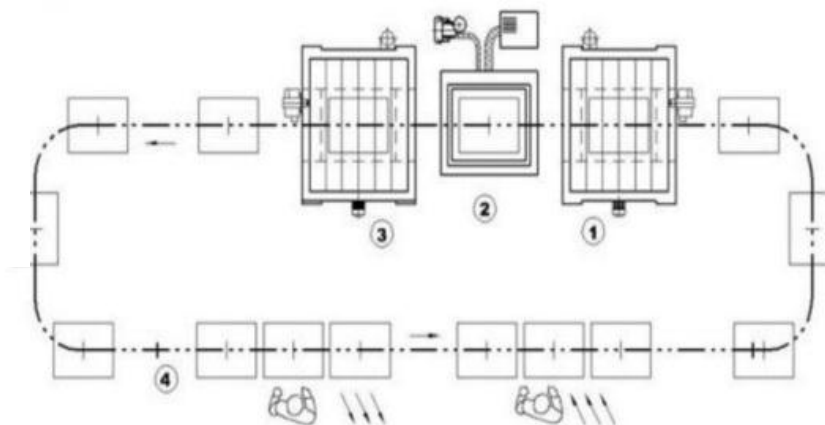
Účinnost procesu závisí na proudění prášku v pistoli, regulaci provádíme regulací průtoku vzduchu pistolí a změnou poměru množství složek ve směsi prášek – vzduch. Mezi výhody patří nižší nároky na zkušenost pracovníka, jak lze z obrázku vidět, prášek dobře zabíhá i do hlubokých záhlubní. Další výhodou jsou nižší pořizovací náklady. Nevýhody metodou jsou především omezení v použité barvě (barvy se strukturálním a metalickým efektem není možné nanášet touto metodou), nižší účinnost procesu (vyšší spotřeba barvy na m² lakované plochy) a nižší produktivita.

3.3.3. Fluidní nanášení [26]

Základem procesu je ohřát zpracováváný předmět na technologickou teplotu a poté jej ponořit do zfluidizovaného prášku ve fluidní vaně, kde dojde k natavení prášku vlivem naakumulovaného tepla. K vyhlazení a vytvrzení laku dochází v dokončovací peci (obr. 30).

Popis linky:

1. Předehřívací pec
2. Fluidní vana
3. Dokončovací pec
4. Dopravník



Obr. 30 - Schéma fluidní lakovny [26]

V případě lakování termoplasty zboží neputuje do dokončovací pece, ale nechá se vychladnout, reaktoplasty z fluidní vany pokračují na vytvrzení do dokončovací pece. Výhody této technologie jsou především v možnosti vytváření povlaků větších tloušťek při krátkých časech, téměř 100% využití prášku a vysoký stupeň automatizace, kdy samotné nanášení barvy je nezávislé na lidském faktoru. Nevýhodou je vyšší cena a omezenost velikosti dílce limitovaná rozměry vany.

3.4. Vytvrzování

Závěrečná operace procesu nanášení PNH (pouze reaktoplasty), jejíž podstatou je polymerizace pryskyřic probíhající za určité teploty a takovou dobu, než proběhne v celém objemu vrstvy prášku (tj. 100% objemu je polymerizováno). Vytvrzování, nazýváno také vypalování, má podstatný vliv na výslednou kvalitu povlaku. Ovlivňuje korozní a chemickou odolnost, mechanické vlastnosti povlaku a v neposlední řadě také celkový vzhled.

Teploty, při kterých začíná vytvrzování, jsou výrobcem stanoveny pro konkrétní typ prášku, obecně se udává začátek při cca 150°C. Čím je teplota vyšší, tím rychleji proces probíhá, neměla by však přesáhnout 200°C, kdy dochází k degradaci povlaku změnou odstínu a při dalším zvyšování teploty i k rozpadu vrstvy. Po dobu náběhu na teplotu vytvrzování vůbec neprobíhá, nebo pouze velmi pomalu. Ze zkušeností a experimentů bylo ověřeno, že pro tvarově jednoduché dílce z plechu přidáváme k době vytvrzování po 2 minutách za každý 1 milimetr tloušťky dílce. V případě tvarově složitých výrobků a odlitků může nastat, že náběhová doba v nebezpečných místech s velkou hmotou materiálu bude násobně vyšší, než samotné vytvrzování. V takovém případě volíme dobu vytvrzování takovou, jaká je u nejhoršího místa. V těchto případech může dojít na ostatních místech k přepálení laku. Podle doporučení výrobců je však přepálení přijatelnější vadou než nevytvrzení.

Špatná volba času a teploty vytvrzování může způsobit tyto závady:

- vzhledu – vznik pomerančové kůry, nerovnoměrný strukturní efekt, zdrsněný povrch, nevytvoření matného lesku.
- fyzikálních vlastností – zhoršená přilnavost, praskavost povlaku při mechanickém zatížení.

Vytvrzování probíhá v pecích, které dělíme podle způsobu vytvrzování a uspořádání. Typy pecí podle způsobu vytvrzování:

- Horkovzdušné pece – Principem vytvrzování je ohřátí dílce cirkulujícím horkým vzduchem v prostoru pece. Konstrukce pece je velmi důležitá pro správné navržení proudění. Vytápění může být elektrické nebo plynové. Tento způsob je nejuniverzálnější a nejrozšířenější.
- Pece s vytvrzováním infračervenými paprsky – Ohříván je přímo prášek a to proudem paprsků infračerveného záření na plochu dílce. Ohřívána je pouze plocha dopadu, což limituje použití na plošné nebo rotační dílce. Doba ohřevu a vytvrzení povlaku se zkracuje oproti horkovzdušné peci. Výhodou je, že nedochází k ohřevu podkladu, proto lze s tímto vytvrzováním lakovat i dílce z méně tepelně odolného materiálu.
- Pece s vytvrzováním ultrafialovým zářením – K roztavení prášku je využito infračervené záření, poté je použito ultrafialové pro vytvrzení. Vytvrzování probíhá v řádech desítek sekund. Proces ještě více zrychlí vytvrzování a umožní použít nižších teplot (90-120°C), lze nanášet na materiály málo tepelně odolné (plasty, papír). Nevýhodou je nutnost použití speciálních práškových barev, které obsahují tzv. fotoiniciátory, které pohlcují ultrafialové záření.

Typy pecí podle uspořádání:

- Průběžné pece – používají se na linkách s průběžným dopravníkem. Jsou konstruovány jako přímočaré, nebo jako vratné (i s několika ohyby). Mohou mít jediný otvor sloužící jako vstupní i jako výstupní, nebo dva. Otvory musí být cloněny z důvodu minimalizace úniku tepla.
- Komorové pece – použití na linkách, kde se dlouhodobě kumuluje stříkané zboží (např. fluidní technologie). Konstrukčně mohou být řešeny jako průchozí, nebo jako vratné, kde zboží vstupuje i vystupuje stejnými dveřmi. Pece jsou oproti průběžným méně náročné na prostor a díky principu činnosti v sobě drží nakumulované teplo, díky čemu se pec opakovaně ohřívá rychleji.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – MOŘENÍ [39]

Experiment moření je navržen ze dvou částí, které posoudí vlastnosti mořících kyselin. První zkoušky zjišťují úběr kyseliny v gramech ze standardizovaného zkušební vzorku. Druhé zkoušky se provádí přímo u zákazníka (obr. 31) a slouží k vyhodnocení korozního napadání zkušební vzorku dodaného zákazníkem. Cílem této části je najít kyselinu, která bude vycházet nejlépe z obou experimentů dohromady, to znamená, že bude mít dostatečnou mořící rychlost, a přitom nebude výrazněji více ovlivňovat vznik koroze. Pro zákazníka je přednější druhý parametr.



Obr. 31- Mořící linka ECOS

Zákazníkem je firma ECOS Choceň, experiment se týká dílců, které jsou dodávány pro autobusy AVIA, konkrétně podvozek. Problémy s výskytem koroze vzniká u dlouhých uzavřených profilů (jeklů), kde místo vzniku je na horním konci dílce. Koroze se vyskytuje i po fosfátové pasivaci.

4.1. Zkoušky rychlosti moření

Pro určení úběru zkoumaných lázní byl sestaven laboratorní experiment zkoumající hmotnostní úbytek zkušební tělesa vystaveného působení mořidla po dobu jedné hodiny. Zkoušky probíhaly v laboratořích ITS s kalibrovanými přístroji a měřidly. Zkoušené kyseliny byly:

- Chlorovodíková (koncentrace 31%)
- Chlorovodíková + fosforečná (20 g/l)
- Chlorovodíková + fosforečná (40 g/l)
- Chlorovodíková + fosforečná (100 g/l)
- Sírová (koncentrace 25%)

Směs kyselin chlorovodíkové a fosforečné se skládá vždy z původní chlorovodíkové (31%) a různých poměrů fosforečné. Obě tyto kyseliny byly vzaty z firmy ECOS jako vzorek z mořící lázně. Původní lázeň obsahovala pouze chlorovodíkovou, později byl požadavek na přidání kys. fosforečné. Obě kyseliny obsahují přídavnou látku *Ferrosid 7015*, která působí jako odmašťovadlo. Kyseliny tedy nejsou čerstvě namíchané, ale jsou již používané. Pouze kyselina sírová, která není používána, byla namíchána na místě experimentu a neobsahovala ani kyselé odmašťovadlo a jiné inhibitory.



Obr. 32 - KERN ALJ 160-4NM



Obr. 33 - Nádoba se vzorky

Popis experimentu

Každý vzorek byl zvážen na váze (obr. 32) s přesností na 0,0001g. Na každou modifikaci byly použity tři vzorky. Poté byly vzorky zavěšeny na háčky a pověšeny do nádoby se zkoušenou kyselinou o objemu tři litry se zapnutým mícháním (obr. 33). V průběhu moření nebyly vzorky vytahovány z lázně ani s nimi nebylo jinak manipulováno. Zavěšené vzorky byly ponořeny celým objemem bez dotyku stěn nádoby i bez kontaktu navzájem mezi sebou. Po hodině se vzorky vytáhly, převážily a z vypočtených hodnot úbytku hmotnosti se zprůměrovala hodnota ukazující, kolik jednotlivé kyseliny ubraly oceli za hodinu moření. Výsledné hodnoty i jednotlivé dílčí hodnoty jsou v tabulce 1.

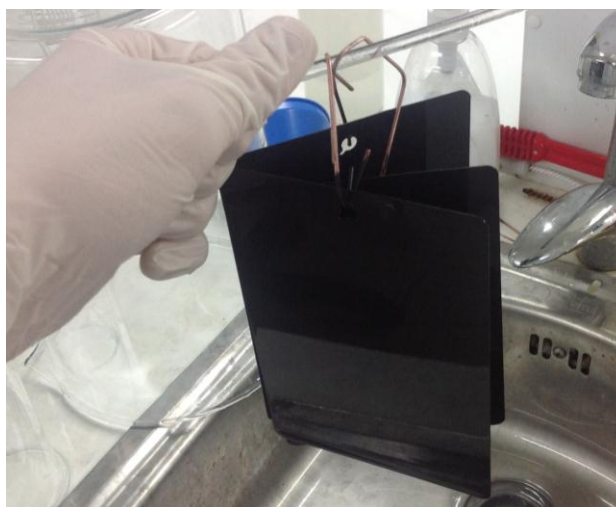
Jako vzorky byly použity zkušební panely od firmy Q-LAB, které jsou určeny přímo na zkoušky povrchových úprav. Jedná se o ocelový plech (typ R) z nízkouhlíkové, za studena válcované, oceli s matným povrchem s rozměry 6x4x0,032 palce (jedná se o americkou firmu).

Tabulka 1 – Výsledné hodnoty experimentu

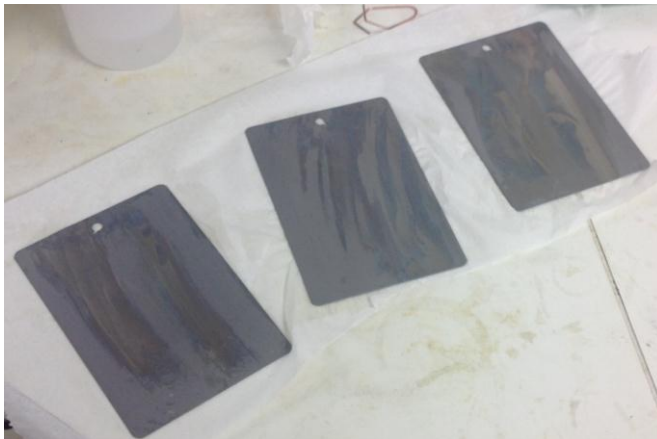
	HCl před [g]	HCl po [g]	HCl+20gH ₃ PO ₄ před [g]	HCl+20gH ₃ PO ₄ po [g]
1. vzorek	97,4507	97,4018	97,6904	97,628
2. vzorek	97,4548	97,4024	97,7356	97,6759
3. vzorek	97,7167	97,6612	97,7985	97,7337
Průměr	97,5407	97,4885	97,7415	97,6792
Výsledné odmoření [g]		0,05226667		0,0623
	HCl+40gH ₃ PO ₄ před [g]	HCl+40gH ₃ PO ₄ po [g]	HCl+100gH ₃ PO ₄ před [g]	HCl+100gH ₃ PO ₄ před [g]
1. vzorek	97,3488	97,3014	97,0468	97,0113
2. vzorek	97,7098	97,6667	97,6234	97,5899
3. vzorek	97,4333	97,3874	97,756	97,7172
Průměr	97,4973	97,4518	97,4754	97,4395
Výsledné odmoření [g]		0,04546667		0,03593
	H ₂ SO ₄ před [g]	H ₂ SO ₄ po [g]		Hmotnostní úběr [%]
1. vzorek	97,6384	95,5652	HCl	0,054
2. vzorek	97,6148	95,5399	HCl+20g	0,064
3. vzorek	97,75	95,6642	HCl+40g	0,047
Průměr	97,6677	95,5898	HCl+100g	0,037
Výsledné odmoření [g]		2,07797	H ₂ SO ₄	2,13

Pozn: Teploty kyselin se pohybovaly v rozmezí 15-18°C, pouze kyselina sírová měla na začátku teplotu 50°C (vzniklé teplo reakcí s vodou při ředění), na konci 37°C. Experiment probíhal při teplotě 22°C a relativní vlhkosti 38%.

Z výsledků experimentu je vidět, že největší úběr materiálu má jednoznačně kyselina sírová, řádově stokrát větší než ostatní kyseliny. Vzhledem k tomu, že se jednalo o čistý materiál bez okují a rzi a jedná se o kyselinu sírovou, dal se podobný výsledek očekávat. Kyselina také neobsahovala žádné inhibitory, což mělo na výsledek největší vliv. Povrch vzorků byl výrazně naleptán a pokryt černou vrstvou rozpuštěného železa (obr. 34).



Obr. 34 - Vzorky mořené H₂SO₄



Obr. 35 – Vzorky mořené HCl



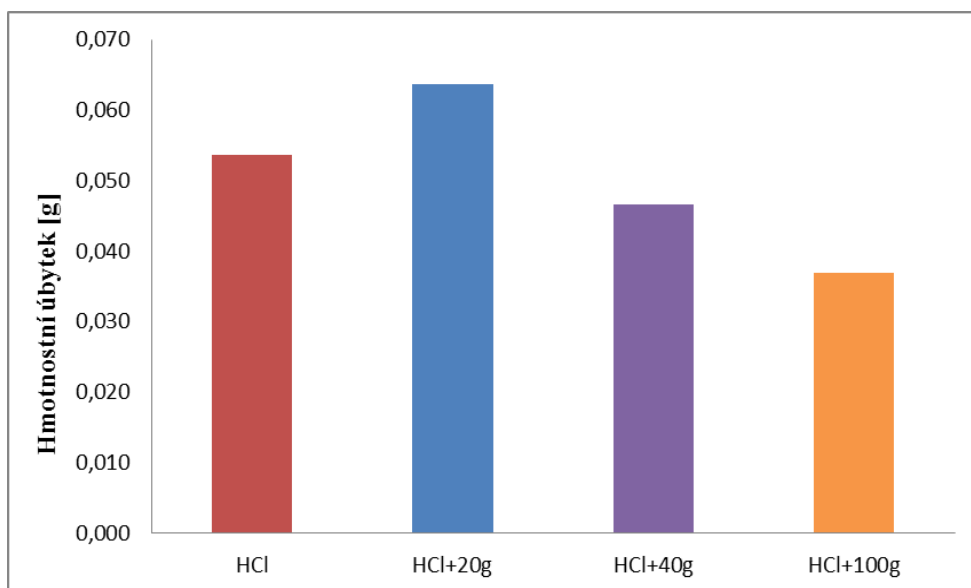
Obr. 36 - Nemořný nový vzorek

Vzorky mořené kyselinou chlorovodíkovou nebo směsí kyselin (obr. 35) vykazují znatelně menší napadení, povrch vzorku je naleptám nerovnoměrně a vidíme i místa, která nejsou výrazně napadena. Pro srovnání na obrázku 36 můžeme vidět plech před experimentem.

Závěr:

Podle zjištěných vlastností jednotlivých kyselin bylo ověřeno, že kyselina sírová napadá základní materiál nejvíce, což se projevilo na celkovém hmotnostním úběru materiálu 2,13%. Další předpoklad byl, že nejvyšší úběr bude mít samotná kyselina chlorovodíková, což se nepotvrdilo. Nejvyšší úběr měla směs kyselin chlorovodíkové a 20g/l fosforečné, konkrétně 0,064% hmotnostního úběru. Zbylé výsledné hodnoty vyšly podle předpokladu, že se zvyšujícím se obsahem kyseliny fosforečné bude menší úběr (obr. 37). Výsledek experimentu ukazuje, že při určité koncentraci kyseliny chlorovodíkové rychlost moření již výrazně nestoupá a z výsledku vypadá, že mírně klesá. Tuto domněnku potvrdil i pracovník ve firmě ITS pracující v laboratoři a zabývající se touto problematikou.

Jako nejlepší volba ze zkoušených kyselin, s ohledem na stav povrchu po experimentu a na velikost hmotnostního úběru materiálu za jednu hodinu, se jeví směs kyseliny chlorovodíkové a fosforečné s koncentrací 20g/l.



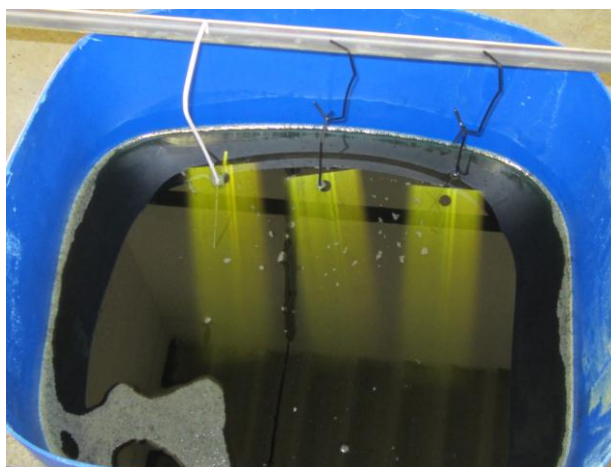
Obr. 37 - Rychlost moření kyselin HCl a směsí kyselin HCl+H₃PO₄

4.2. Zkoušky korozního napadání [7], [18]

Druhou částí experimentu týkajícího se kyselin bylo zjištění, jak namořený povrch bude náchylný na atmosférickou (poletovou) korozi. Vzorky byly namořeny stejnými kyselinami jako v první části až na směs s poměrem 40g/l, která byla nahrazena směsí 75g/l, což je aktuálně používaná látka v ECOS. Experiment proběhl přímo na mořárně v ECOS, kde po expozici mořidla absolvovaly vzorky zbylou technologii linky. Poté byly vzorky odvezeny do ITS, kde byly uschovány v předem zjištěném korozním prostředí a po určitých časových intervalech kontrolovány a zaznamenávány.

Popis experimentu

Vzorky, tři pro každou kyselinu, byly zavěšeny na standartní háčky používané v lakovně a ponořeny do nádob s kyselinami s množstvím 10 litrů (obr. 38). Moření probíhalo bez relativního pohybu mezi vzorky a lázní, což mělo za následek prodloužení doby moření. Po dostatečně dlouhé expozici, kdy byly z materiálu odstraněny zbytky zaválcovaných okujů a odstraněna rez, se vzorky vytáhly a přemístily do zbývajících stupňů technologie linky (tabulka 2).



Obr. 38 - Moření vzorků

Tabulka 2 – Další stupně technologie linky

stupeň	Druh	Látka	Teplota [°C]	Expozice [min]	pH
2	Oplach	Užitková voda	Okolí	1 - 4	3,0 - 4,0
3	Odmaštění s železitým fosfátováním	FERROPHOS 7766, 12-25g/l	45-60	4-8	4,8-5,6
4	Oplach	Užitková voda	Okolí	1-3	5-6
5	Okap	-	-	-	-

Pozn: První stupeň, samotné moření, v tabulce není uvedeno.

Po vytažení vzorků z oplachové vany byly usušeny volně na vzduchu. Od této chvíle se s vzorky manipulovalo pouze v gumových rukavicích, aby nedocházelo ke kontaktu s kyselým potem na ruku, který by experiment mohl negativně ovlivnit.

Zkušební vzorky

Byly vyrobeny z materiálu S355 (ekvivalent v ČSN 11523), který je v ECOS nejvíce používán pro dané aplikace. Chemické složení oceli podle ČSN nalezneme v tabulce 3.

Tabulka 3 – Chemické složení oceli podle ČSN

Obsah	C	Mn	Si	Cr	Al	P	S
max [%]	0,2	1,6	0,55	0,3	0,015	0,04	0,045

Pozn: Konkrétní materiálový list nebyl k dispozici

Jedná se o konstrukční nelegovanou jakostní jemnozrnnou ocel. Ocel je zaručeně svařitelná do 25 mm síly materiálu. Díky přísadě manganu vykazuje vyšší mez kluzu. Dobře snáší statické i dynamické zatížení a lze ji používat v širším teplotním rozmezí (nižší i zvýšené teploty). Díky těmto vlastnostem se používá pro řadu různých aplikací. Například pro výrobu svařovaných konstrukcí (mostních a jiných) i z dutých profilů, pro součásti do motocyklů, jízdních kol i automobilů, energetických i tlakových nádob vyrobených z tyčí.

Zkušební vzorky byly vyrobeny ze čtvercového profilu 60x60 s tloušťkou stěny 3 mm (obr. 39). Na obrázku lze vidět, že profil má na povrchu zaválcované okraje a je místy zkorodovaný. Pro přiblížení co nejvíce reálným výrobkům byly vzorky děleny a děrovány na řezacím laseru s polohovadlem pro řezání profilů. Řezná hrana po laseru vykazovala mírné okujení.

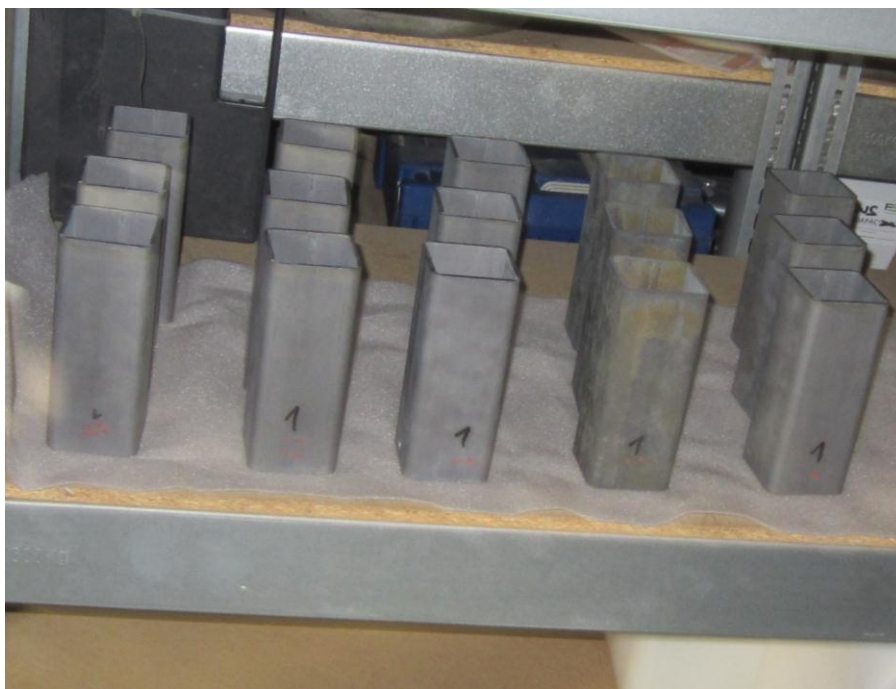


Obr. 39 - Vzorek

Geometrie vzorku: 60x60x3 L=150mm. Průměr otvoru pro zavěšení – 9mm.

4.2.1. Vyhodnocování koroze

Vzorky byly po namoření převezeny do ITS, kde ležely ve známém a ověřeném korozním prostředí (obr. 40). Po určitých časových intervalech byly převezeny na fakultu, kde probíhalo focení vytipovaného místa pod zvětšením. Poté byly ještě foceny jako celek klasickým fotoaparátům a opět uloženy v ITS.



Obr. 40 - Uložení vzorků

Třída korozního prostředí

Podle ISO 9223 rozdělujeme atmosféry prostředí do šesti stupňů podle agresivity vzniku atmosférické koroze.

Tabulka 4- Třídy prostředí podle korozní agresivity atmosféry

Třída	Popis
C1 – velmi nízká	Uzavřené, klimatizované místnosti, nedochází ke kondenzaci vody.
C2 – nízká	Prostory, kde dochází k občasné kondenzaci vody.
C3 – střední	Odpovídá suchým klimatům.
C4 – vysoká	Vlhké oblasti s atmosférickými nečistotami průmyslových měst, přístavů, aj.
C5 – velmi vysoká	Velmi vysoká
C6 - extrémní	Prostředí s velmi vysokým průmyslovým znečištěním, extrémní vlhkostí.

Místem skladování byl venkovní přístavek (garáž), bez vytápění a klimatizační jednotky. V tomto místě probíhaly roční testy pro zařazení místnosti do výše uvedených tříd. Výsledná korozní atmosféra uvnitř je klasifikována jako **C2**. Vzorky ležely celou dobu experimentu v tomto prostředí, pouze s výjimkou převozu na fakultu a focení

v ITS. Celkový čas nepřítomnosti nepřesáhl 3% z celkové délky experimentu. Monitorování korozního napadání probíhalo po různých časových intervalech.

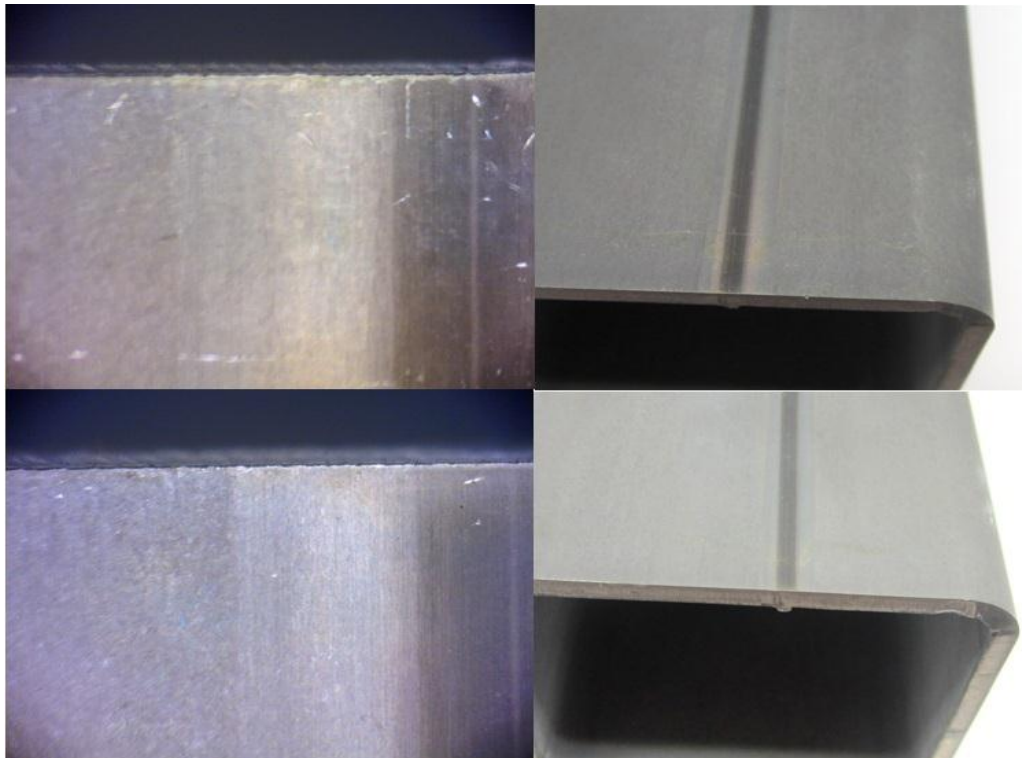
- První sledování proběhlo den po namoření.
- Druhé sledování proběhlo čtvrtý den po namoření.
- Třetí (poslední) sledování proběhlo jedenáctý den po namoření.

Při každém pozorování a monitorování bylo sledováno stejné místo, které bylo vybráno s ohledem na průběh moření (místo nebylo ve styku ani v blízkosti jiného vzorku ani stěny nádoby) a s ohledem na samotné riziko vzniku koroze. Jednalo se o okraj součásti v místě svaru, kde pozorován byl svar s nejbližším okolím.

4.2.2. První sledování

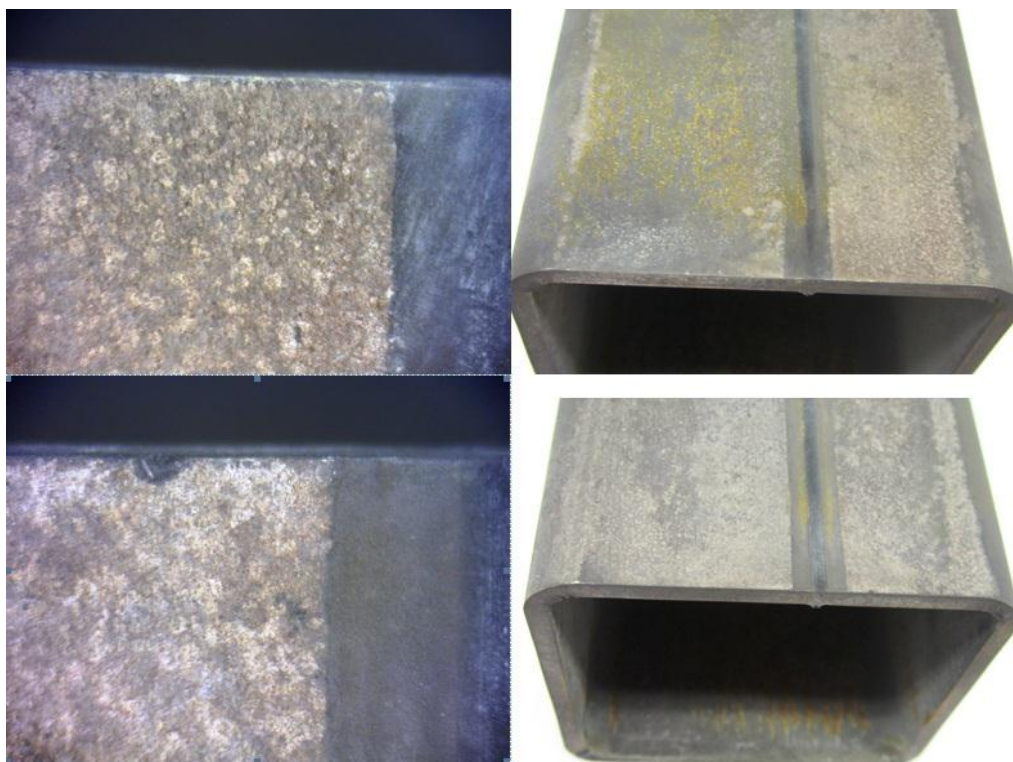
Jak bylo zmíněno výše, proběhlo druhý den po namoření, respektive cca čtrnáct hodin poté.

Kyselina chlorovodíková



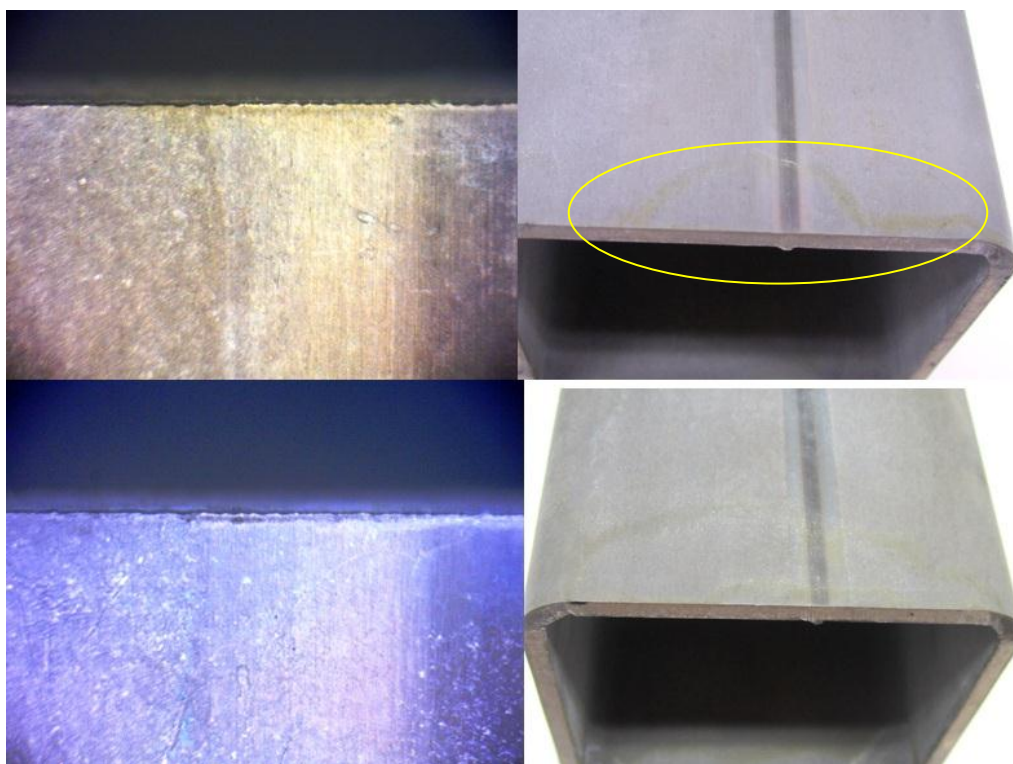
Obr. 41 - HCl první a druhý vzorek

Kyselina sírová



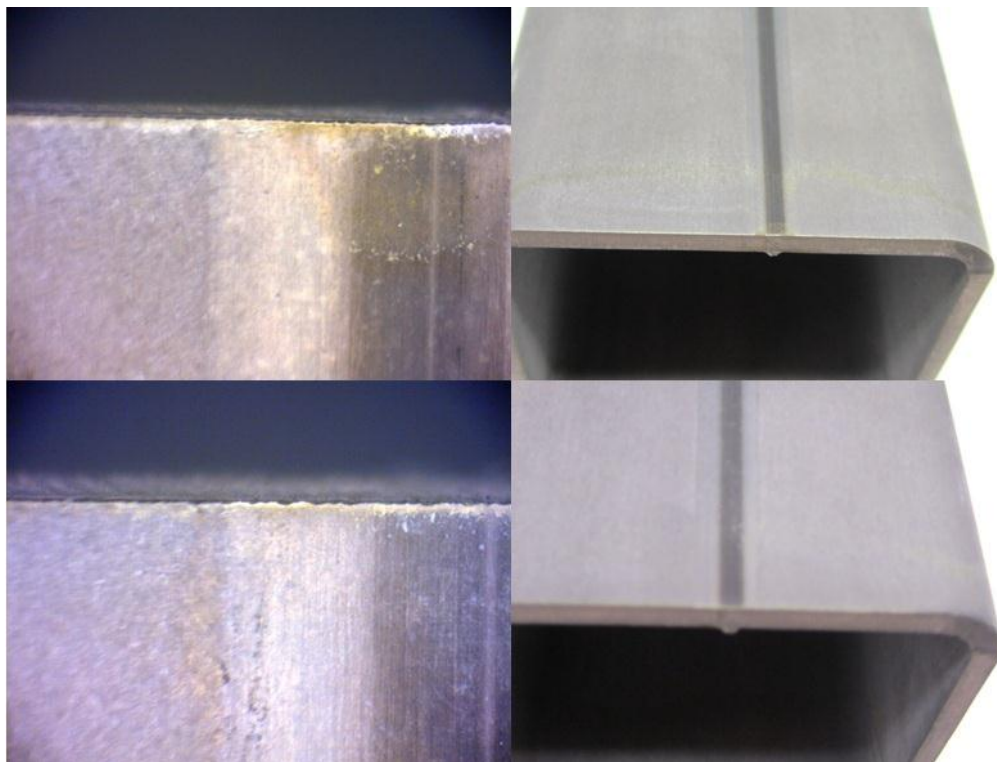
Obr. 42 - Kys. sírová, první a druhý vzorek

Směs kyselin - 20g



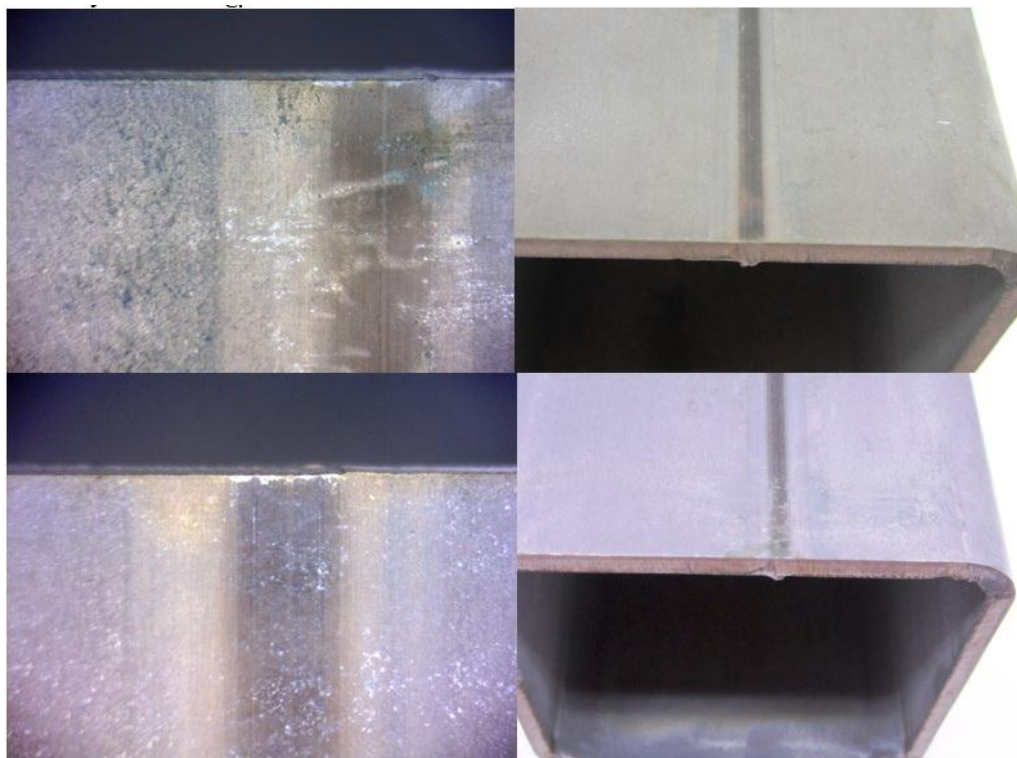
Obr. 43 - Směs 20g, první a druhý vzorek

Směs kyselin - 75g



Obr. 44 - Směs 75g, první a druhý vzorek

Směs kyselin - 100g



Obr. 45 - Směs 100g, první a druhý vzorek

Vyhodnocení prvního sledování

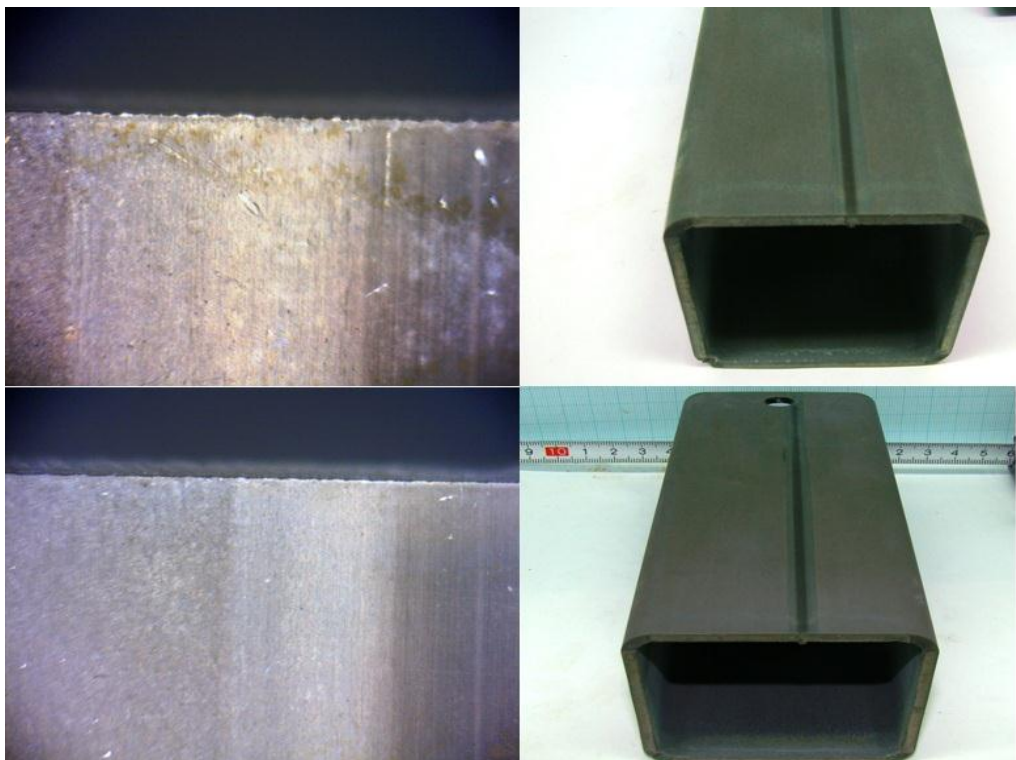
Na obrázcích 41 – 45 můžeme pozorovat vzorky druhý den po namoření. Při důkladném pozorování vzorků okem nejde poznat rozdíl mezi vzorky namořenými kyselinou chlorovodíkovou a vzorky mořenými směsí kyselin (všemi). Na výše zmíněných vzorcích se utvořil pás drobných zárodků koroze (vyznačen žlutým oválem), který je nejlépe vidět u směsi s 20g H₃PO₄, kvůli horší kvalitě fotografií není vidět na všech, nicméně přítomný byl na všech vzorcích. Výrazný rozdíl v kvalitě jsou vidět u vzorků mořených kyselinou sírovou. Na obrázcích je vidět neodmořený povrch se zbytky okují a výrazné korozní napadení.

- obrázek 41 – kyselina chlorovodíková
povrch dobře odmořen, bez známky začínající koroze
- obrázek 42 – kyselina sírová
povrch nedostatečně odmořen se zbytky okují, výrazné korozní napadení
- obrázek 43 – kyselina chlorovodíková + 20g kys. fosforečné
povrch dobře odmořen, u prvního vzorku začínající koroze
- obrázek 44 – kyselina chlorovodíková + 75g kys. fosforečné
povrch dobře odmořen, u prvního vzorku začínající koroze
- obrázek 45 – kyselina chlorovodíková + 100g kys. fosforečné
první vzorek má pod zvětšením na několika místech zbytky okují (neviditelné pouhým okem), bez známky začínající koroze.

4.2.3. Druhé sledování

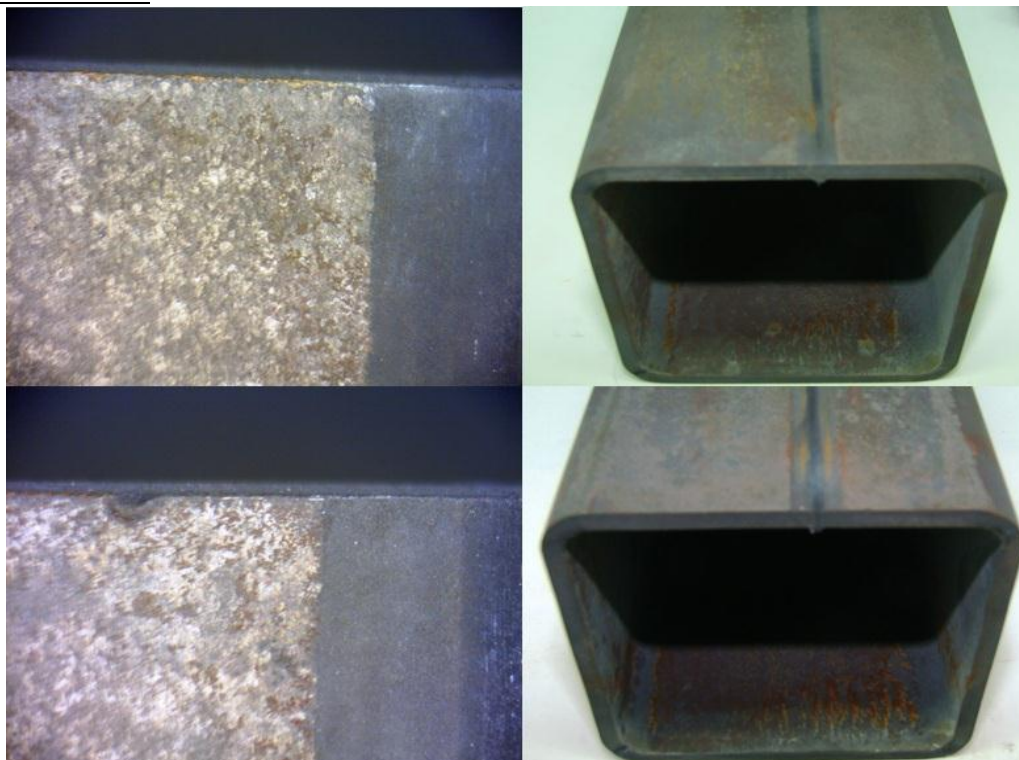
Proběhlo po čtyřech dnech od namoření a jednom předchozím monitorování, jinak vzorky ležely celou dobu v prostorách C2.

Kyselina chlorovodíková



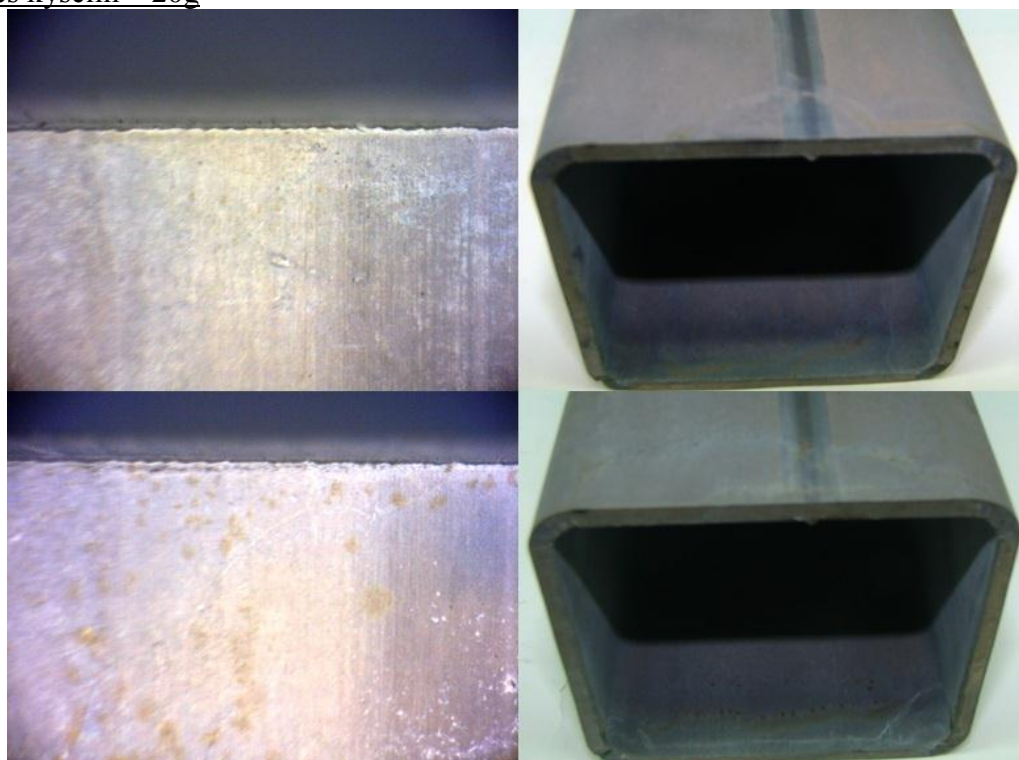
Obr. 46 - HCl, první a druhý vzorek

Kyselina sírová



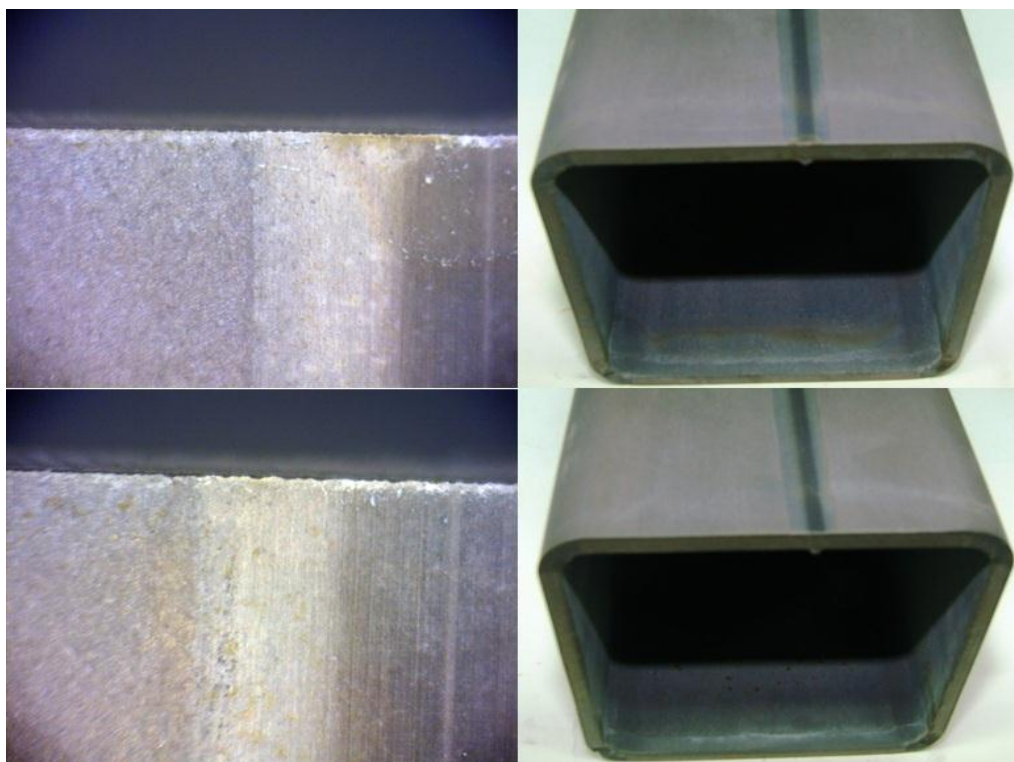
Obr. 47 - Kys. sírová, první a druhý vzorek

Směs kyselin – 20g



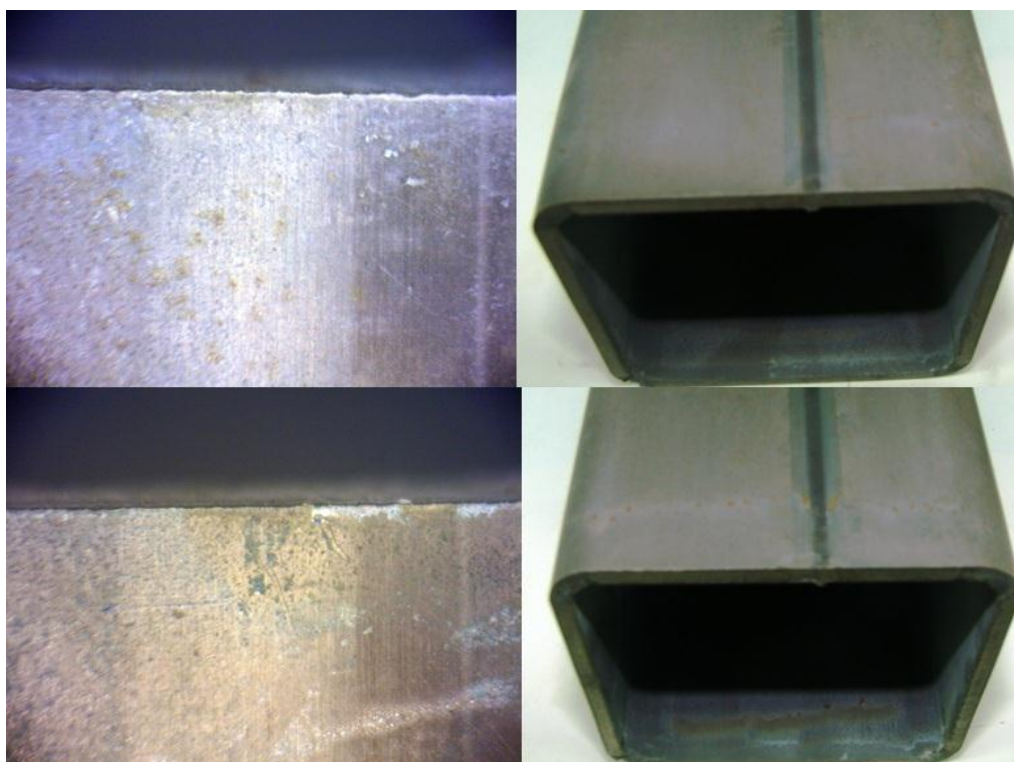
Obr. 48 - Směs 20g, první a druhý vzorek

Směs kyselin – 75g



Obr. 49 - Směs 75g, první a druhý vzorek

Směs kyselin – 100g



Obr. 50 - Směs 100g, první a druhý vzorek

Vyhodnocení druhého sledování

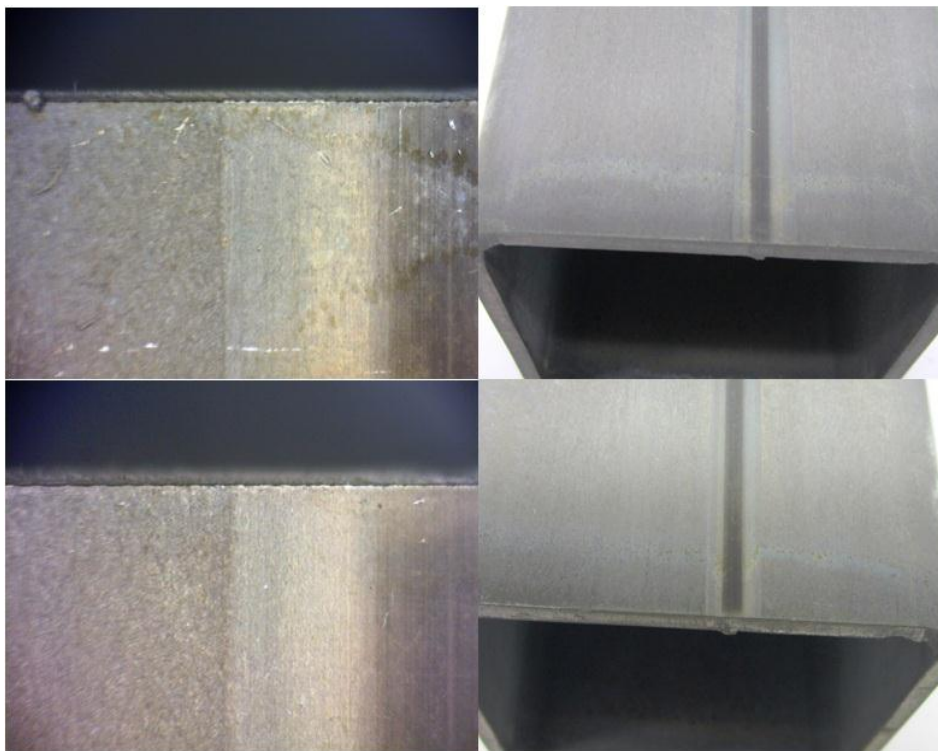
Na obrázcích 46 – 50 lze vidět vzorky po čtyřech dnech od namoření. Opět se dá konstatovat, že mezi vzorky mořenými HCl a vzorky mořenými směsí kyselin nelze pouhým okem vidět výrazný rozdíl. Při zvětšení je vidět začínající koroze u všech dílců, výše zmiňovaný pás drobných zárodků koroze zůstal na všech vzorcích přibližně stejný a po čtyřech dnech se výrazně nerozšířil. U vzorků mořených kyselinou sírovou napadení pokračovalo, na obrázcích je vidět pokračující důlkovou korozi na všech vzorcích po celé ploše.

- obrázek 46 – kyselina chlorovodíková
začínající koroze u prvního vzorku, při pozorování okem vzorky vyhovující
- obrázek 47 – kyselina sírová
výrazné korozní napadení, pokračující rozšiřování koroze po ploše i do hloubky
- obrázek 48 – kyselina chlorovodíková + 20g kys. fosforečné
při zvětšení viditelné zárodky koroze u obou vzorků, při pozorování okem vzorky vyhovují
- obrázek 49 – kyselina chlorovodíková + 75g kys. fosforečné
při zvětšení u obou vzorků začínající koroze, při pozorování okem vzorky vyhovují
- obrázek 50 – kyselina chlorovodíková + 100g kys. fosforečné
při zvětšení u obou vzorků začínající koroze, při pozorování okem vzorky vyhovují

4.2.4. Třetí sledování

Poslední sledování proběhlo jedenáctý den po moření. Za další dva dny byly vzorky nalakovány. Tímto posledním byla ukončena experimentální část sledování koroze.

Kyselina chlorovodíková



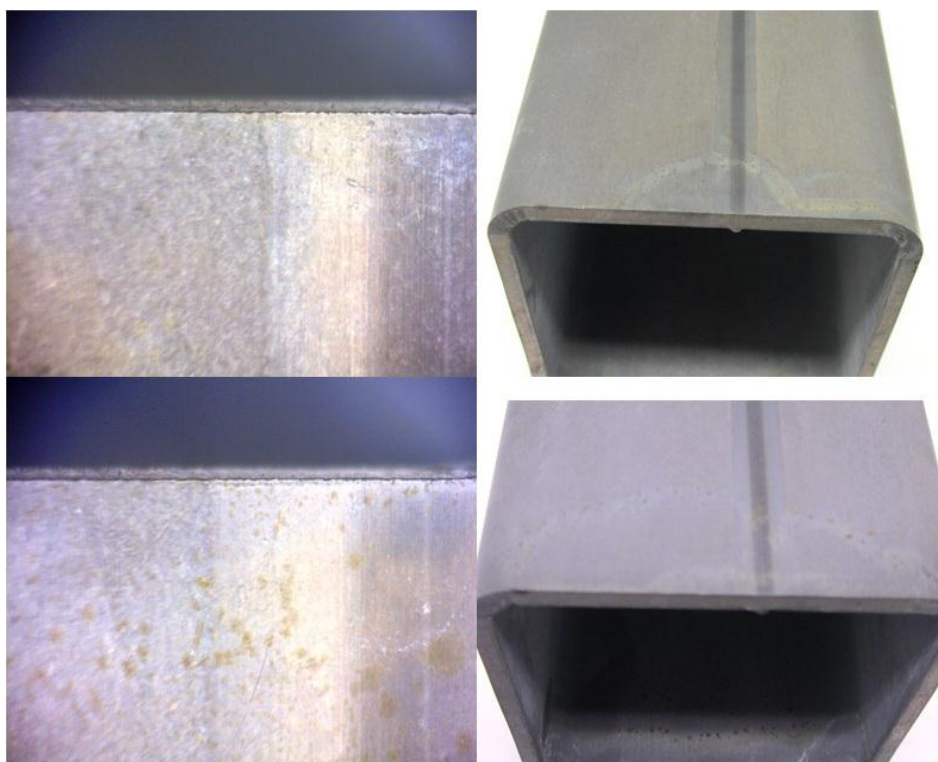
Obr. 51 – HCl, první a druhý vzorek

Kyselina sírová



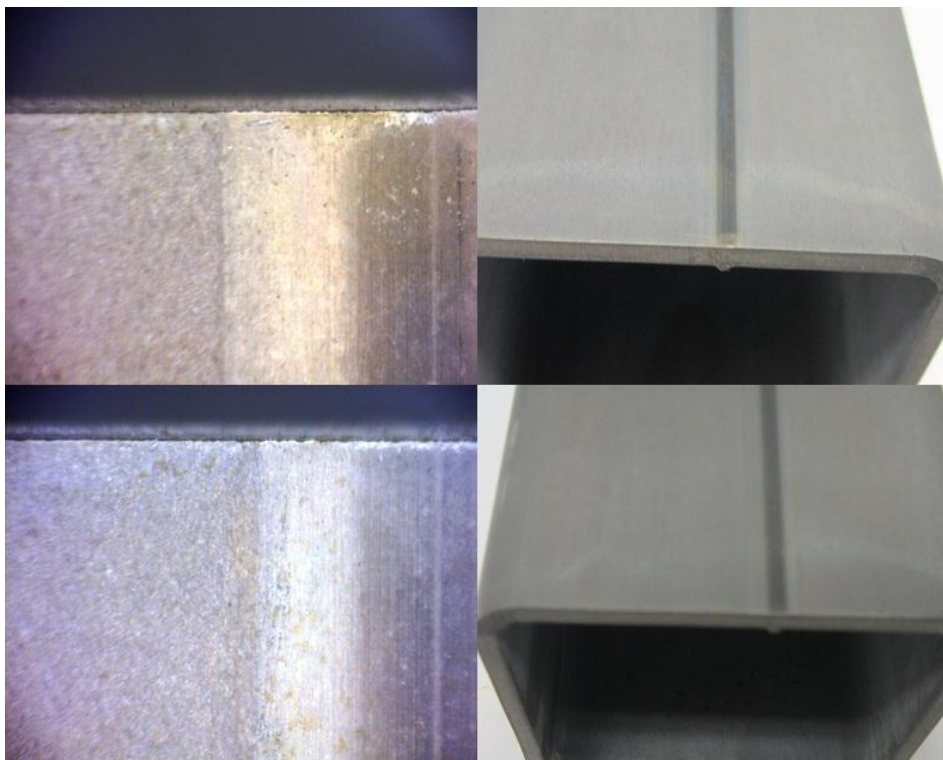
Obr. 52 - Kys. sírová, první a druhý vzorek

Směs kyselin – 20g



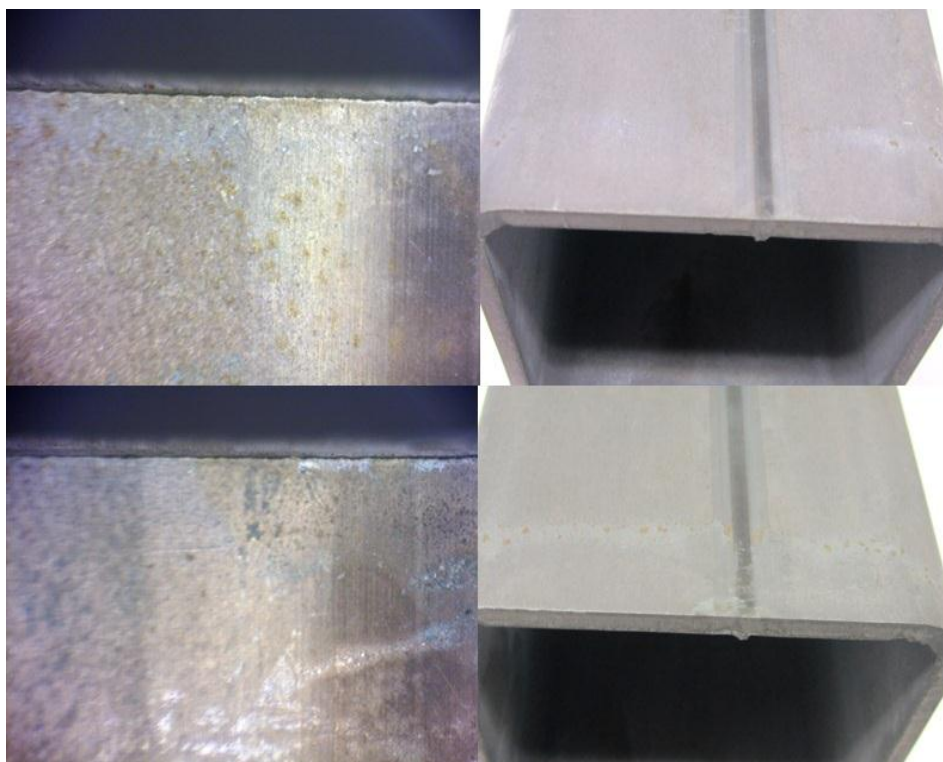
Obr. 53 - Směs 20g, první a druhý vzorek

Směs kyselin – 75g



Obr. 54 - Směs 75g, první a druhý vzorek

Směs kyselin – 100g



Obr. 55 - Směs 100g, první a druhý vzorek

Vyhodnocení třetího sledování

Zdokumentované poslední sledování můžeme vidět na obrázcích 51 – 55. Ani poslední sledování neukázalo výrazný rozdíl mezi vzorky mořenými HCl a vzorky mořeními směsí kyselin.

- obrázek 51 – kyselina chlorovodíková
bez výrazné změny
- obrázek 52 – kyselina sírová
výrazné korozní napadení, pokračující rozšiřování koroze po ploše i do hloubky
- obrázek 53 – kyselina chlorovodíková + 20g kys. fosforečné
bez výrazné změny
- obrázek 54 – kyselina chlorovodíková + 75g kys. fosforečné
bez výrazné změny
- obrázek 55 – kyselina chlorovodíková + 100g kys. fosforečné
bez výrazné změny

4.2.5. Snímky vzorků použitých pro testy moření

Mimo rámeček stanoveného experimentu byly pořízeny snímky vzorků použitých pro laboratorní stanovení rychlosti moření. Vzorky byly skladovány v obytných prostorách rodinného domu bez zjištěné korozní třídy prostředí. Snímky byly pořízeny 45 dní od mořícího experimentu a oproti experimentu výše popsanému nebyly po moření fosfátovány. Výsledný stav korozního napadení můžeme vidět na obrázku 56.



Obr. 56 - Vzorky mořícího experimentu

Zleva se jedná o vzorky: HCl, směs 20g, směs 40g, směs 100g.

Podle obrázku se dá konstatovat, že vzorky mořené HCl vykazují větší napadení než vzorky mořené směsí kyselin. Vzorky mořené směsí kyselin vykazují podobnou míru napadení. Bez použití zbývající technologie linky, která obsahuje fosfátování, je vidět, že přidáním kyseliny fosforečné je možné snížit míru korozního napadení.

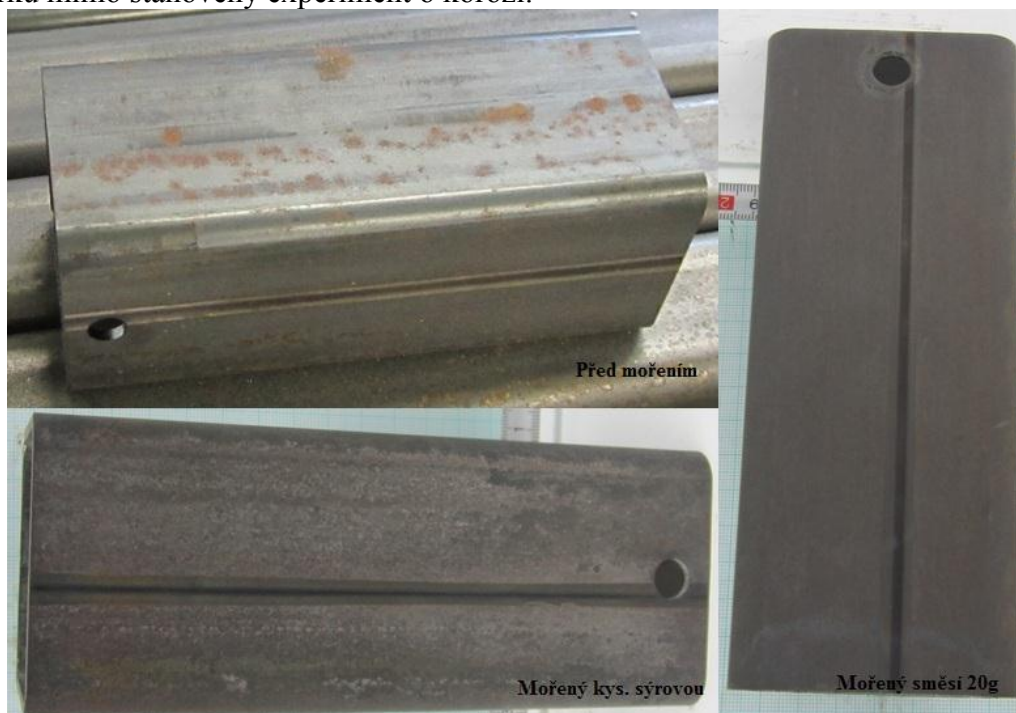
Závěr

Na výše uvedených snímcích jsou vidět vzorky pozorované v průběhu jedenácti dnů od namoření až po nalakování. V průběhu experimentu byly vzorky, tři pro každý druh kyseliny, sledovány důkladným prohlížením a také pod zvětšením za pomoci USB kamery. Vyhodnocována byla míra napadení atmosférickou korozí při skladování vzorků v prostředí C2.

Z pozorování lze konstatovat, že mezi vzorky mořenými kyselinou chlorovodíkovou a vzorky mořenými směsí kyselin nebyl nalezen podstatný rozdíl a to ani při násobném zvětšení. Výskyt atmosférické koroze na výše zmíněných vzorcích byl u všech vzorků rovnoměrný po celé ploše, jak lze vidět na zvětšených snímcích u posledního pozorování. Při běžném pozorování od sebe nešly jednotlivé vzorky rozeznat. Vzorky mořené kyselinou sírovou naopak vykazovaly silné korozní napadení, na snímcích je vidět plošné napadení a při zvětšení výrazná důlková koroze. Jak již bylo zmíněno, kyselina byla bez inhibitorů, přidaného odmaštění a nebyla předtím aktivně používána, což způsobilo její podstatně vyšší napadení základního materiálu.

Mimo rámec experimentu byly porovnány vzorky použité na mořicí experiment. Materiál vzorků byl odlišný vůči materiálu vzorků pro korozní test a nebyl fosfátován. Po 45 dnech od namoření se ukázalo, že vzorky mořené směsí kyselin vykazují od pohledu nižší napadení atmosférickou korozí, než vzorky mořené kyselinou chlorovodíkovou. Mezi vzorky mořenými směsí kyselin nebyl výrazný rozdíl.

Z výše uvedených skutečností lze vyvodit, že nejvíce náchylný na výskyt atmosférické koroze byl vzorek mořený kyselinou sírovou, poté vzorek mořený kyselinou chlorovodíkovou a nejméně náchylné jsou vzorky mořené směsí kyselin (obr. 57). Mezi nimi nebyl pozorován výrazný rozdíl. Rozdíl mezi kyselinou chlorovodíkovou a směsí kyselin nebyl nijak výrazný a projevil se až po pozorování vzorků mimo stanovený experiment o korozi.



Obr. 57 - Vliv kyseliny na stav povrchu

5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – POVLAKY [5], [6], [9], [28]

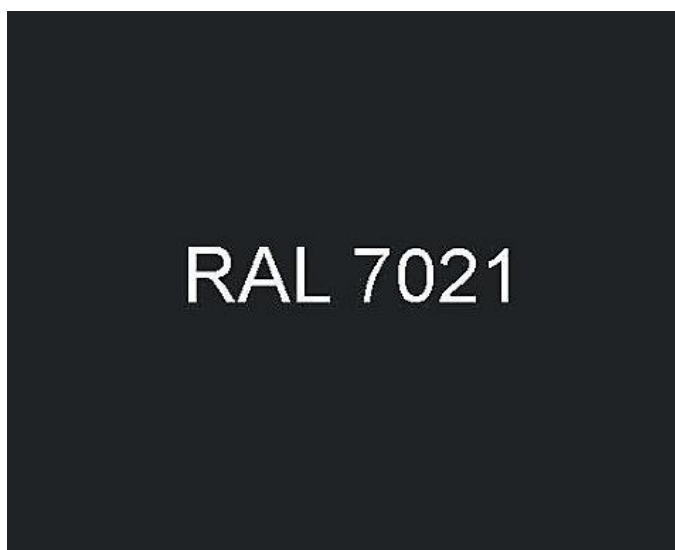
Druhou částí experimentů byly zkoušky týkající se povlaků nanesených na namořené vzorky. Vyhodnocována byla mřížková a odtrhová zkouška na vzorcích mořených v rámci experimentu koroze a na vzorcích mořených den před aplikací povlaku. Jako povlak byla aplikována prášková barva v lakovně firmy ECOS. Časové rozmezí od moření po nalakování bylo u prvních vzorků 14 dní, u druhých 16 hodin. Výše uvedené experimenty byly prováděny podle platných ISO norem v laboratořích firmy ITS za odborného dohledu.

Vzorky byly předupraveny na kompletní technologii linky, která se skládá ze čtyř stupňů, jak můžeme vidět v tabulce níže.

Tabulka 5 – Stupně předúpravy lakovací linky ECOS

Stupeň	Název	Popis
1°	fosfát	Ferrophos 7768/3
2°	oplach	řádová voda
3°	oplach	DEMI voda
4°	pasivace	na bázi Zr Alfipas 7816
4b°	lehký oplach	dostřikový věnec na zmlžování DEMI vody pro lehký oplach dílců

Po předupravení byly vzorky nastříkány práškovým lakem technologií TRIBO. Jednalo se o barvu od výrobce Inver - Valspar v barevném odstínu RAL 7021, hladké a lesklé. Toto kódové značení odpovídá tmavě šedé barvě. Podle druhu pojiva řadíme barvu do polyesterových. Vypalovací podmínky této barvy byly 15 minut při 190°C, lze vypalovat i při 170°C po dobu 20 minut.



Obr. 58 - Vzor barvy RAL 7021 [32]

5.1. Mřížková zkouška přilnavosti

Nalakované vzorky byly převezeny do ITS, kde v laboratořích proběhla zkouška podle platné normy **ISO 2409**. Pro správný průběh zkoušky bylo nutné určit tloušťku povlaků, na jejímž základě se vybraly rozteče nožů pro vyhotovení řezů. K určení tloušťky byl použit digitální tloušťkoměr Elcometer 415 (obr. 59). Norma dělí tloušťky do čtyř skupin podle tloušťky nátěru a tvrdosti podkladu. Vzorky s tloušťkou vrstvy do 120 μm byly řezány noži s roztečí 2 mm, vzorky s tloušťkou nad tuto hodnoty byly řezány noži s roztečí 3mm. Celková tloušťka byla stanovena ze série měření a poté spočítána jako průměrná hodnota. Počet měření pro stanovení průměrné hodnoty byl 6.



Obr. 59 - Elcometer 415 [16]

Tabulka 6 - Tloušťka lakované vrstvy

Vzorek (14 dní po moření)	Tloušťka (μm)	Vzorek (16 hodin po moření)	Tloušťka (μm)
HCl	125	HCl	116
Směs 20g	114	Směs 20g	147
Směs 75g	121	Směs 75g	92
Směs 100g	108	HCl 2	91
HCl 2	103	Směs 20g 2	143
Směs 20g 2	130	Směs 75g 2	100
Směs 75g 2	94	Směs 100g	108
Směs 100g 2	97	Směs 100g 2	129
H ₂ SO ₄ 2	170	H ₂ SO ₄	103
H ₂ SO ₄	136	H ₂ SO ₄ 2	157

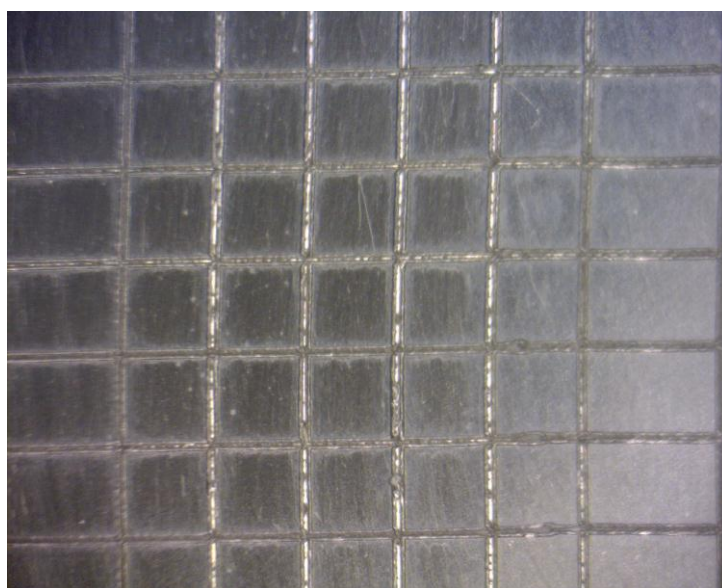
Po vyřezání pravoúhlých řezů do vzorků až na základní materiál byly řezy očištěny kartáčkem a následně nalepena adhezivní páska. Po stanovených pěti minutách se páska odtrhla a vyhodnocovaly se stupně poškození nátěru. Norma definuje šest stupňů podle celkové plochy poškozené odtrhnutím pásky v okolí mřížky od 0 (žádné poškození) po 5 (největší poškození, odtržená téměř celá mřížka).



Obr. 60 - Vzorky po mřížkové zkoušce

Zhodnocení výsledků zkoušky

Na obrázku 60 vidíme vzorky po zkoušce. Žádný z uvedených vzorků neměl na konci zkoušky viditelné poškození mřížky (obr. 61, typický výsledek pro všechny vzorky) . Z těchto výsledků plyne, že pro daný typ nátěrového systému není přilnavost závislá na typu použité mořící kyseliny ani na době časové expozice po namoření. Všechny vzorky patří dle normy do skupiny 0.



Obr. 61 - Detail mřížkové zkoušky

5.2. Odtrhová zkouška přilnavosti

Zkouška proběhla podle normy **ISO 4624**. Hlavní experiment, který změřil všechny vzorky, proběhl v ITS. Druhý experiment proběhl na fakultě FSI a měl za úkol ověřit výsledky prvního experimentu a porovnat měřící přístroje.

Zkouška v ITS

Měřicí přístroj (obr. 62) byl použit hydraulický odtrhoměr Elcometer 108 s digitálním ukazatelem (rozsah 0-34 MPa, tolerance $\pm 1\%$). Odtrhové panenky měly průměr 19,39 mm, plocha 284 mm². Panenky, který byly očištěny a zdrsňeny smirkovým papírem, byly na odmaštěné i zdrsňené vzorky nalepeny a ponechány na vytvrdnutí 24 hodin. Lepidlo bylo použito Scotch-Weld TM MC1500 (více viz přílohy).



Obr. 62 - Hydraulický odtrhoměr Elcometer 108 [15]

Poté se odstranil ručním vrtákem lak uprostřed panenky a proběhl samotný test (obr. 63). Každý vzorek byl zkoušen jednou a kvůli nedostatku odtrhových panenek zkouška neproběhla ve stejný den, ale byla rozdělena na tři části. Výsledky zkoušek můžeme vidět v tabulce 7 níže.



Obr. 63 - Připravené vzorky na test

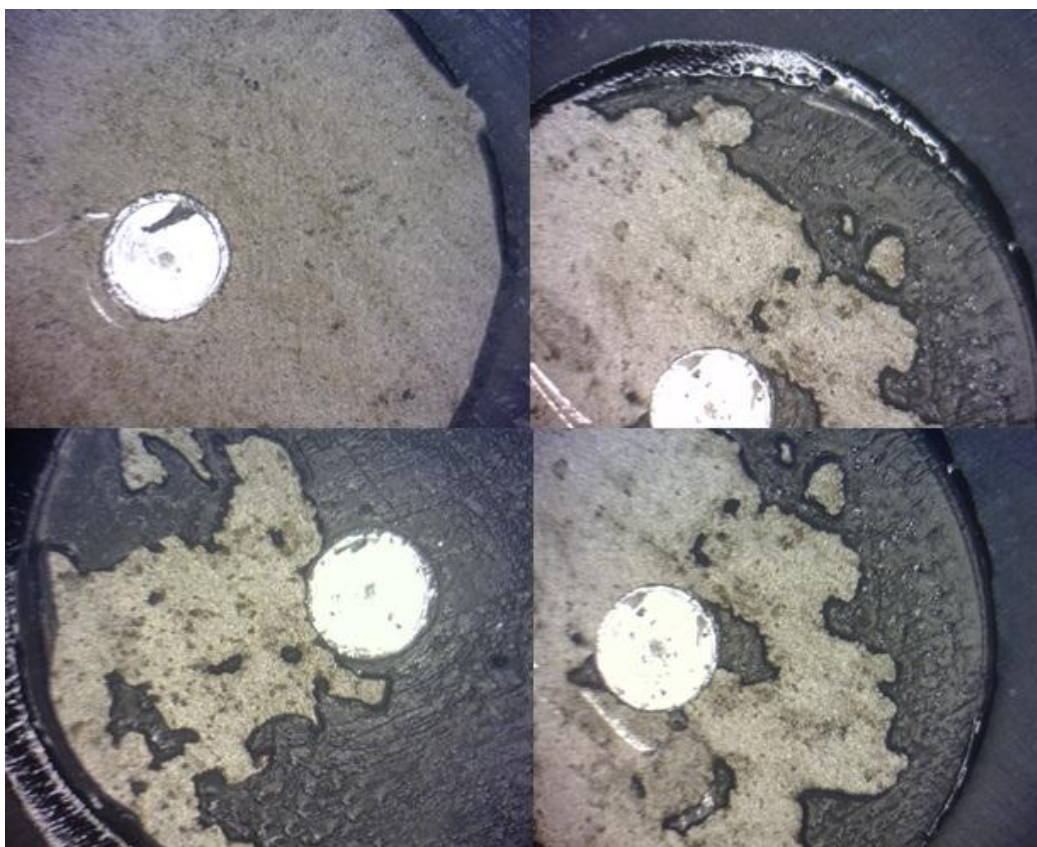
Tabulka 7 – Výsledek odtrhové zkoušky v ITS

	HCl 14 dní	HCl 16 hodin	20g 14 dní	20g 16 hodin	75g 14 dní	75g 16 hodin
vzorek č. 1	10,3	11,65	6,3 (4)	4,3 (7)	10 (1)	8,8
vzorek č.2	15,3 (3)	8,6 (6)	13,4	14,3	14,6	14,8
Průměr	12,8	10,125	9,85	9,3	12,3	11,8
	100g 14 dní	100g 16 hodin	H ₂ SO ₄ 14 dní	H ₂ SO ₄ 16 hodin		
Vzorek č. 1	11,4	9,5	12,1	13,4		
Vzorek č.2	16,4 (5)	12	12,3	18 (2)		
Průměr	13,9	10,75	12,2	15,7		

Pozn: Výsledné hodnoty jsou v MPa. Značení vybraných vzorků v závorce odpovídá vzorkům zkoušených odtrhem na FSI.

U barevně označených vzorků k oddělení laku od základního materiálu (viz obrázek 64 níže). Ostatní vzorky se oddělily od panenky ve vrstvě mezi lepidlem a lakem.

- zelená – 25% plochy panenky se odtrhlo
- oranžová – 75% plochy panenky se odtrhlo
- červená – celá plocha panenky se odtrhla



Obr. 64- Detaily odtrhové zkoušky

Zkouška na FSI

Měření bylo provedeno mechanickým odtrhoměrem Comtest OP1-P20 (rozsah 0-19,98 MPa, tolerance $\pm 1,5\%$) na sedmi vzorcích (obr. 65) vybraných po předchozím měření v ITS. Průměr použitých panenek byl 20 mm a oproti panenkám použitých u předchozí zkoušky se lišily v konstrukci. Postup přilepení panenek na vzorky byl podobný jako u předchozího měření s tím rozdílem, že panenky byly otryskány.



Obr. 65- Vzorky pro odtrhovou zkoušku

Jako lepidlo bylo použito vysokoteplotní dvousložkové epoxidové lepidlo Loctite 9492 Hysol, které se nechalo zaschnout zhruba 48 hodin. Před samotným odtrhnutím byl ruční frézou ořezán obvod panenky až na základní materiál, čímž byla zajištěna přesně stanovená měřená plocha. Poté proběhla samotná zkouška, jak můžeme vidět na obrázku 66 a její výsledky v tabulce 8.



Obr. 66 - Odtrhová zkouška na FSI

Tabulka 8 - Výsledky odtrhové zkoušky u vybraných vzorků na FSI

Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
Výsledek [MPa]	4,6	4,9	6,1	5,2	5,5	5,5	6,3

Zhodnocení výsledků zkoušky

Z výsledků zkoušek je jasně vidět, že přilnavost laku zkoušená odtrhovým testem není závislá na typu mořící kyseliny ani na době, při kterém byl dílec skladovaný po moření. Všechny vzorky vykazovaly vysokou přilnavost laku.

U vzorků mořených HCl a směsí kyselin bylo dosaženo vyšších hodnot přilnavosti při expozici 16 hodin před lakem, naopak vzorky mořené kyselinou sírovou vykazovaly vyšší přilnavost u delší časové expozice. Nejvyšší hodnoty přilnavost byly dosaženy u vzorků kyseliny sírové, nejnižší u směsi s koncentrací 20g.

Při srovnání tabulek 7 a 8 je vidět podstatný rozdíl ve výsledcích, které byly naměřeny u obou experimentů. Rozdíly souvisely s použitými měřicími přístroji, lepidly (obr. 67) a úpravě povrchu, které byly u obou případů odlišné.



Obr. 67 - Použitá lepidla [12], [27]

6. ROZBOR A DISKUZE VÝSLEDKŮ

Pro rozbor účinku kyselin na materiál bylo provedeno několik experimentů. Dva se týkaly samotných mořících kyselin, další dva mořených vzorků s aplikovanou povrchovou úpravou práškovým lakem.

- Experiment zjišťující rychlost moření, kdy byl měřen úběr materiálu kyselinou za hodinu moření, prokázal podstatný vliv chemického složení kyselin. Řádově největší úběr vykazala kyselina sírová, která jako jediná byla připravena přímo v laboratoři a neměla přidané žádné inhibitory. Oproti ostatním kyselinám také povrch zkušebního povrchu napadla nejvíce a vzhledem k tomu, že koncový zákazník neuvažuje o jejím nasazení, nebudou její výsledky v dalších částech brány jako směrodatné. Z ostatních zkoušených kyselin měla nejvyšší odmoření směs kyselin chlorovodíkové a 20g/l kyseliny fosforečné. Z těchto výsledků plyne, že nejúčinnější mořící kyselinou je směs kyselin s nižším obsahem kyseliny fosforečné. Při zvětšující se koncentraci (40g a 100g) byly změřeny nižší hodnoty úběru než u samotné kyseliny chlorovodíkové.
- Druhý experiment o moření byl založen na pozorování vzorků po jejich namoření kyselinami a železitým fosfátu, který je u zákazníka používán. Vzorky byly skladovány po dobu experimentu v korozní atmosféře C2 s výjimkami časů pozorování pod zvětšovací USB kamerou a focení. Pozorování ukázalo, že kyselina sírová bez přidaných inhibitorů vzorky velmi výrazně poškodila a došlo k jejich výraznému napadení korozi. Ostatní vzorky ani na konci experimentu nevykázaly výraznější známky korozního napadení při pohledu běžným okem. Zvětšení prokázalo určité známky začínající atmosférické koroze, nicméně z globálního hlediska se nejednalo o nic významného. Pro větší průkaznost byly použity i vzorky mořené v rámci prvního experimentu, které nebyly fosfátovány a ty prokázaly, že nejméně náchylné byly vzorky mořené směsí kyselin (nezávisle na poměru H_3PO_4). Vzorky moření kyselinou chlorovodíkovou vykazaly oproti těmto vyšší napadení atmosférickou korozi a vzorky moření kyselinou sírovou byly napadeny nejvíce.
- Zbylé experimenty (mřížková a odtrhová zkouška) zkoušely přilnavost laku na vzorcích mořených v rámci druhého experimentu a byly porovnávány se vzorky mořenými 16 hodin před lakováním stejnými kyselinami i podmínkami. Oba experimenty ukázaly, že předchozí moření nemá na přilnavost povlaků vliv, mřížkový test vyšel u všech vzorků stejně, výsledné zařezání dle normy 0. Odtrhový test byl prováděn na dvou přístrojích (hydraulický v ITS a mechanický na FSI) a na obou přístrojích vyšly rozdílné výsledky, které se násobně lišily. Tyto rozdíly mohou být způsobeny jiným typem přístrojů, použitým lepidlem (podstatný vliv i kvality vytvrzení, podmínky) a hlavně povrchovou úpravou před nalepením zkušební panenky. Vzhledem k tomu, že většina vzorků se odtrhla na rozhraní lepidlo – vzorek, by bylo vhodnější upravit povrch pro lepší přilnavost lepidla. Povrch byl pouze zdrsněn smirkovým papírem, pro lepší přilnavost lepidla by bylo vhodnější povrch jemně otryskat. Výsledky odtrhové zkoušky ve firmě ukázaly, že všechny zkoušené vzorky mají dostatečně vysokou přilnavost laku, kdy nejnižší průměrné hodnota odtrhu byly kolem 10 MPa. Vysoká přilnavost povlaků mohla souviset s použitými předúpravami před lakováním, které zahrnovaly fosfát a pasivaci, které mohou zlepšit přilnavost laku.

7. ZÁVĚRY

V první části diplomové práce je vypracováno teoretické pojednání o problematice moření. Tato část obsahuje obecný úvod do moření, seznámení s parametry ovlivňující moření a popisuje mořící kyseliny. Další teoretickou část tvoří seznámení se s práškovým lakováním. Je zde proveden rozbor typů barev podle použitého pojiva, způsoby nanášení a možnosti vytvrzování.

Experimentální část práce byla vypracována ve spolupráci s firmou ITS (IDEAL-Trade Service, spol. s r.o.), která dodává technologie firmě ECOS, kde se uskutečnily některé zkoušky moření a lakování dílců.

První zkoušky se týkaly úběru materiálu kyselinou a prokázaly vliv přidání kyseliny fosforečné do kyseliny chlorovodíkové. Neplatí zde přímá úměrnost mezi obsahem kyselina fosforečné a velikostí úběru. Při koncentraci 20g/l vykazovala směs kyselin největší odmoření, při zvyšující se koncentraci se velikost úběru snižovala. Větší odmoření

než samotná kyselina chlorovodíková měla pouze zmíněná směs s 20g/l a kyselina sírová, která ovšem byla bez přidaných inhibitorů, což výsledek této zkoušky velmi ovlivnilo.

Další zkouška vyhodnocovala vliv kyselin na vznik atmosférické koroze. Opět se ukázal vliv chybějících inhibitorů u kyseliny sírové, která materiál silně napadla a vzorky jí mořené vykazaly největší míru napadení korozí. Ostatní vzorky materiál výrazněji nenapadly a opět se zde projevil vliv přidání kyseliny fosforečné. Při porovnání nebyl mezi vzorky mořenými směsí kyselin a vzorky mořenými kyselinou chlorovodíkovou nalezen podstatný rozdíl, až při nezávislém porovnání vzorků z prvního experimentu se ukázalo, že přidání kyseliny fosforečné má příznivý vliv na tvorbu atmosférické koroze a nezávisle na koncentraci vykazaly menší napadení než vzorky moření samotnou HCl.

Poslední část experimentu, mřížkový test a odtrhová zkouška, byly prováděny na vzorcích s různou časovou prodlevou od namoření, konkrétně 14 dní a 16 hodin. obě zkoušky prokázaly, že předchozí moření nemá na přilnavost povlaků podstatný vliv, všechny zkoušené vzorky vykazaly dobrou přilnavost při obou testech.

Vliv mořících kyselin na materiál byl prozkoumán ve dvou směrech, jak ovlivňuje samotný základní materiál a jak ovlivňuje kvalitu nanesené práškové barvy. Z experimentů bylo zjištěno, že nejlepší zkoumanou mořící kyselinou je směs kyselin chlorovodíkové s 20g/l kyselinou fosforečnou, která vykazala nejvyšší rychlost moření a přitom patřila ke kyselinám, které nejméně napadly povrch vzorku atmosférickou korozí. Na výslednou kvalitu přilnavosti barvy ovšem nemělo moření podstatný vliv. Použití menšího množství kyseliny fosforečné je navíc výhodnější i z hlediska ceny, protože je výrazně dražší než kyselina chlorovodíková.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY [11]

Základní literární prameny

- [1] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 216 s. ISBN 8070826681.
- [2] KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996, 89 s. ISBN 800101472x.
- [3] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 150 s. ISBN 8024812177.
- [4] TULKA, Jaromír. *Povrchové úpravy materiálů*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemické, 2005, 135 s. ISBN 8021430621.
- [5] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška norma ČSN EN ISO 2409*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [6] ČSN EN ISO 4624. *Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti ČSN EN ISO 4624*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [7] ČSN EN ISO 9223. *Koroze kovů a slitin – Korozní agresivita atmosfér – Klasifikace, stanovení a odhad*. Praha: Český normalizační institut, 2012.

Ostatní literární zdroje

- [8] Barevný systém NCS. *Cech malířů, lakýrníků a tapetářů ČR* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.cechmal.cz/index.php?menuID=130>
- [9] BENEŠOVÁ, Jaroslava a Markéta PARÁKOVÁ. Aktuální normy pro zkoušení nátěrových hmot a nátěrů. In: *Povrcháři* [online]. Jaroměř, 2013 [cit. 2015-05-23]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201301_povrchari.pdf
- [10] BLAŽEK, Jaroslav. *Optimalizace teploty vytvrzování při práškovém lakování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 68 s., 4 přílohy. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kubíček.
- [11] Citace PRO [online]. Brno: Citace.com a Ústřední knihovna VUT v Brně, 2012 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://citace.lib.vutbr.cz>
- [12] Cyanoacrylate MC1500. 3M [online]. 2012 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://catalogue.3m.eu/en_EU/EU-Industrial/3M_Adhesives/Scotch-Weld_Cyanoacrylate_Adhesives/Scotch-Weld%E2%84%A2~Metal_Bonding_Cyanoacrylate~MC1500
- [13] DOKOUPILOVÁ, D. *Povrchové úpravy v lehkém průmyslu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 36 s., 6 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kubíček.
- [14] DVOŘÁK, Miroslav. *Práškové povlaky a kvalita vytvrzování. Povrchové úpravy* [online]. 2005, (2) [cit. 2015-05-23]. ISSN 0551-7354. Dostupné z: <http://www.povrchoveuprav.cz/2005-02-clanek02.html>
- [15] Elcometer 108 Hydraulický odtrhoměr. *Gamin s.r.o.* [online]. Ostrava [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.elcometer.cz/prilnavost/odtrhomery/elcometer-108-hydraulicky-odtrhomer>

- [16] Elcometer 415 Digitální tloušťkoměr. *Gamin s.r.o.* [online]. Ostrava [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.elcometer.cz/tloustka-suche-vrstvy/elcometer-415-digitalni-tloustkomer>
- [17] Epoxidové Práškové barvy. *ST Powder Coatings. S.p.A.: More than colour* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.stpowdercoatings.com/cz/products/epoxid/15058/8924/>
- [18] HAMERNÍK, Jan. Koroze a ochrana před korozi. *Jan Hamerník* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/Koroze.htm>
- [19] HERNÍ PRVKY MULTIKOV. *Flora servis* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.floraservis.cz/katalog/herni-prvky-multikov/>
- [20] HRACHOVINA, Petr a Ladislav PRAŽAN. *Moření a pasivace přípravky Avesta voestalpine Böhler Welding* [online]. 2014 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/moreni-a-pasivace-pripravky-avesta-voestalpine-bohler-welding/>
- [21] CHEMO-PHOS CZ, s.r.o. Ekologické moření“ pro ušlechtilou ocel. *Povrchová úprava: odborný server* [online]. Praha [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://povrchovauprava.cz/clanek/79/ekologicke-moreni-pro-uslechtilou-ocel>
- [22] Jak funguje protikorozi ochrana Cortec? *Cortec Corporation: Enviromentally Safe VpCL* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.cortecvci.cz/vpci>
- [23] *Jawarmaniak* [online]. 2009 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://www.jawarmaniak.wz.cz/technika/jak_na_to/seznameni_se_s_morenim.html
- [24] KREIBICH, Viktor a Hana HRDINOVÁ. Vodíková Křehkost. In: *Povrcháři* [online]. Jaroměř, 2014 [cit. 2015-05-23]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201407_povrchari.pdf
- [25] KUBÍČEK, Jaroslav. *RENOVACE A POVRCHOVÉ ÚPRAVY* [online]. 3. vyd. 2006 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/renovace_a_povrchove_upravy__kubicek.pdf
- [26] Linky pro fluidní nanášení práškových barev. *Datel Ledec s.r.o.: Povrchové úpravy se specializací na technologii práškového lakování* [online]. Ledec nad Sázavou [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.datel-ledec.cz/12-linky-pro-fluidni-nanaseni-praskovych-barev.html>
- [27] Loctite EA 9492. *ProPrumysl: Prodej technického sortimentu* [online]. Hrušovany nad Jevišovkou, 2008 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://proprumysl.cz/loctite-9492-50-ml/>
- [28] MAZUREK, Pavel. Práškové barvy a jejich odlupování. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2009 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/praskove-barvy-a-jejich-odlupovani.html>
- [29] MEC, Karel. Moření kovů z pohledu ekologie. *Konstrukce: odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství* [online]. 2006, (1) [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/moreni-kovu-z-pohledu-ekologie/>
- [30] Nabídka našich služeb. *Prášková lakovna JECH s.r.o.* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.praskova-lakovna.cz/nabidka>
- [31] PALKO, Michal. IDEAL-TRADE SERVICE. *Moření s kyselině solné*. 6 s.
- [32] Polyester Inverpul. *Inver: Innovative green coatings* [online]. Bologna, 2010 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.inver.com/en/powder_coatings/polyester_inverpul/148/788/

- [33] POMETLO, Stanislav. *Žárové zinkování ocelových konstrukcí*. Brno, 2014. 78s, 5 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček.
- [34] POSPÍŠILOVÁ, Jana a Lenka ROUŠAROVÁ. *Barvové prostory* [online]. 2008 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/pospasilova_rousarova/mun.html. Semestrální.
- [35] Práškové lakování (komaxit). *Kovocité: speciální konstrukce a městský mobiliář* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.kovocite.cz/praskove-lakovani-komaxit>
- [36] Práškové lakování v kostce. *Salum* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.salum.cz/index.php/salum-praskove-lakovani-praskova-lakovna-komaxitovani-komaxit-5/35-salum-praskove-lakovani-v-kostce>
- [37] Práškové lakování. *HS - TECH: Kompletní služby ve zpracování plechu* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.hs-tech.cz/praskove-lakovani>
- [38] Předúprava povrchu. *IDEAL-Trade Service, spol s r.o.* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.itsbrno.cz/preduprava-povrchu/>
- [39] Q-Panel: Steel and Iron Photoshated Panels. *Q-Lab Corporation* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.q-lab.com/documents/public/53630802-cc1d-47d8-a9c4-f59006bc2990.pdf>
- [40] Redukční způsob moření běžných konstrukčních ocelí. *ŽĎAS, a.s.* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=415>
- [41] Reklamní tabule. *Kovo Brno: Výrobní družstvo* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://kovovd.cz/reklamni_tabule.php
- [42] STEINER, Pavel. Odstíny práškových barev. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2007, (4) [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/odstiny-praskovych-barev.html>
- [43] STEINER, Pavel. Práškové barvy. In: *Povrchová úprava* [online]. Hradec Králové, 2012 [cit. 2015-05-23]. ISSN 1801-707X. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2012-11.pdf>
- [44] VAŇA, Pavel. Moření v HCL. *Konstrukce* [online]. 2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/moreni-v-hcl/>
- [45] ZAVADILOVÁ, Jana. *Správa barev: Model CIE lab* [online]. In: . [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://ssgbrno.cz/soubory/naseaktivita/projekty/IMZEnaISSP/DUMY/VY_32_I_NOVACE_SADA24_OV/VY_32_INOVACE_08_OV_ZA.pdf
- [46] Zboží: RAL D2. *RAL colours: Výhradní smluvní distributor RAL Germany pro ČR a SR* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://www.ralshop.cz/?1,cz_ral-k7
- [47] Zboží: RAL K7. *RAL colours: Výhradní smluvní distributor RAL Germany pro ČR a SR* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://www.ralshop.cz/?1,cz_ral-k7

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Příklad linky navržené firmou ITS Brno.....	9
Obr. 2 - Firemní logo	10
Obr. 3 - Porovnání kvality svaru po moření	11
Obr. 4 - Mořicí lázeň.....	11
Obr. 5 - Princip ochrany inhibitory.....	12
Obr. 6 - Vliv koncentrace inhibitorů na rozpouštění oceli	12
Obr. 7 - Chemické složení okují	13
Obr. 8 - Vliv relativního pohybu kapaliny na rychlost moření.....	14
Obr. 9 - Moření kyselinou sírovou.....	15
Obr. 10 - Závislost koncentrace na době moření	16
Obr. 11 - Využití kyseliny při moření.....	16
Obr. 12 - Závislost koncentrace HCl na rychlosti moření	17
Obr. 13 - Závislost obsahu Fe na rychlost moření	18
Obr. 14 - Závislost teploty na rychlosti moření	18
Obr. 15 - Zbytková vrstva solí	19
Obr. 16 - Schema mořicího zařízení v NaH.....	20
Obr. 17 - Ukázka práškového lakování	22
Obr. 18 - Příklad EP nátěru.....	23
Obr. 19 - Příklad PEP nátěru	23
Obr. 20 - Příklad PES nátěru	24
Obr. 21 - Příklad PUR nátěru.....	24
Obr. 22 - Vzorník RAL K7	25
Obr. 23 - Vzorník RAL DESIGN	25
Obr. 24 - Barevný prostor NCS	26
Obr. 25 - Nunsellův barevný prostor	26
Obr. 26 - Systém CIELab	26
Obr. 27 - Nanášení stříkáním.....	27
Obr. 28 - Princip elektrostatického nabíjení	28
Obr. 29 - Princip elektrokinetického nabíjení.....	28
Obr. 30 - Schéma fluidní lakovny.....	29
Obr. 31 - Mořicí linka ECOS.....	31
Obr. 32 - KERN ALJ 160-4NM	32
Obr. 33 - Nádoba se vzorky	32
Obr. 34 - Vzorky mořené H ₂ SO ₄	33
Obr. 35 - Vzorky mořené HCl	34
Obr. 36 - Nemořený nový vzorek	34
Obr. 37 - Rychlost moření kyselin HCl a směsí kyselin HCl+H ₃ PO ₄	34
Obr. 38 - Moření vzorků	35
Obr. 39 - Vzorek	36
Obr. 40 - Uložení vzorků	37
Obr. 41 - HCl první a druhý vzorek.....	38
Obr. 42 - Kys. sírová, první a druhý vzorek	39
Obr. 43 - Směs 20g, první a druhý vzorek.....	39
Obr. 44 - Směs 75g, první a druhý vzorek.....	40
Obr. 45 - Směs 100g, první a druhý vzorek.....	40
Obr. 46 - HCl, první a druhý vzorek.....	41
Obr. 47 - Kys. sírová, první a druhý vzorek	42
Obr. 48 - Směs 20g, první a druhý vzorek.....	42

Obr. 49 - Směs 75g, první a druhý vzorek	43
Obr. 50 - Směs 100g, první a druhý vzorek	43
Obr. 51 - HCl, první a druhý vzorek	44
Obr. 52 - Kys. sírová, první a druhý vzorek	45
Obr. 53 - Směs 20g, první a druhý vzorek	45
Obr. 54 - Směs 75g, první a druhý vzorek	46
Obr. 55 - Směs 100g, první a druhý vzorek	46
Obr. 56 - Vzorky mořícího experimentu	47
Obr. 57 - Vliv kyseliny na stav povrchu	48
Obr. 58 - Vzor barvy RAL 7021	49
Obr. 59 - Elcometer 415	50
Obr. 61 - Detail mřížkové zkoušky	51
Obr. 60 - Vzorky po mřížkové zkoušce	51
Obr. 62 - Hydraulický odtrhóměr Elcometer 108	52
Obr. 63 - Připravené vzorky na test	52
Obr. 64 - Detaily odtrhové zkoušky	53
Obr. 66 - Odtrhová zkouška na FSI	54
Obr. 65 - Vzorky pro odtrhovou zkoušku	54
Obr. 67 - Použitá lepidla	55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Výsledné hodnoty experimentu	33
Tabulka 2 – Další stupně technologie linky	35
Tabulka 3 – Chemické složení oceli podle ČSN	36
Tabulka 4- Třídy prostředí podle korozní agresivity atmosféry	37
Tabulka 5 – Stupně předúpravy lakovací linky ECOS	49
Tabulka 6 - Tloušťka lakované vrstvy	50
Tabulka 7 – Výsledek odtrhové zkoušky v ITS	53
Tabulka 8 - Výsledky odtrhové zkoušky u vybraných vzorků na FSI	54

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

AC	Akrylát	-
Ca(OH) ₂	Hydroxid vápenatý	-
EP	Epixod	-
Fe ₂ (SO ₄) ₃	Síran železitý	-
Fe ₂ O ₃	Oxid železitý	-
Fe ₃ O ₄	Oxid železnato-železitý	-
FeCl ₂	Chlorid železnatý	-
FeCl ₃	Chlorid železitý	-
FeO	Oxid železnatý	-
FeSO ₄	Síran železnatý	-
H ₂ O	Voda	-
H ₂ SO ₄	Kyselina sírová	-
H ₃ PO ₄	Kyselina fosforečná	-

HCl	Kyselina chlorovodíková	-
ITS	IDEAL-Trade Service	-
MPa	Megapascal	-
Na ₂ CO ₃	Uhličitan sodný	-
NaNO ₂	Dusitan sodný	-
PEP	Epoxipolyester	-
PES	Polyester	-
pH	Potenciál vodíku	-
PNH	Práškové nátěrové hmoty	-
PUR	Polyuretan	-

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Specifikace lepidla 1/1

Příloha 2 - Specifikace lepidla 1/2

Příloha 3 - Příloha 3 – Specifikace lepidla Hysol 2/1

Příloha 4 - Příloha 3 – Specifikace lepidla Hysol 2/2

Příloha 5 –Specifikace práškové barvy

Příloha 6 - Parametry odtrhoměru COMTEST

Příloha 7 - Kalibrační protokol přístroje COMTEST

PŘÍLOHY

Příloha 1 – Specifikace lepidla 1/1



Scotch-Weld™ Cyanoacrylate Adhesive MC1500

Product Data Sheet

Updated :February 2010
Supersedes:February 2007

Product Description Scotch-Weld MC1500 is a high viscosity Cyanoacrylate adhesive specially formulated for bonding metals.

Key Features MC1500 is specially formulated for the bonding of metals, but can also bond most plastics, rubbers and other common substrates. MC1500 has excellent gap-filling capability

Physical Properties	Base	Modified Ethyl
	Soluble In	Acetone, MEK
	Viscosity (cps)	Range 1275-1600 Typical Value 1500
	Specific Gravity	1.08
	Colour	Clear

Performance Characteristics	Maximum Gap Fill (best results are obtained with very thin bond lines)	0.2mm
	Fixture Time	5-60secs
	Tensile Strength (ISO 6922)	20 N/mm ²
	Full Cure	24hrs
	Speed of Cure	The speed of cure of cyanoacrylates varies according to the substrate to be bonded. Acidic surfaces such as paper and leather will have longer cure times than most plastics and rubbers.
	Moisture Resistance	Low resistance to high levels of moisture and humidity over time.
	Service Temperature Range	-50 to +80°C

3M House,
28 Great Jackson Street,
Manchester,
M15 4PA

Tel 0870 60 800 50
Fax 0870 60 700 99

The Iveagh Building
The Park, Carrickmines
Dublin 18,
Ireland

Tel (01) 280 3555
Fax (01) 280 3509

Příloha 2 – Specifikace lepidla 1/2

Additional Product Information	Scotch-Weld Activators AC11 and AC12 may be used in conjunction with Scotch-Weld cyanoacrylates where cure speed needs to be accelerated. Cure speeds of less than 2 seconds can be obtained with most Scotch-Weld cyanoacrylates. The use of an activator can reduce the final bond strength by up to 30%.
Application Techniques	Bond speed is very fast so ensure that parts are properly aligned before bonding. Scotch-Weld Activators may be required if there are gaps or porous surfaces. Some plastics may require application of Scotch-Weld AC77 Primer. Ensure parts are clean, dry and free from oil and grease. Product is normally hand applied from the bottle. Apply sparingly to one surface and press parts firmly together until handling strength is achieved. As a general rule, as little cyanoacrylate as possible should be used – over application will result in slow cure speed and lower bond strength.
Storage Conditions	Keep the adhesive in a cool, dry place away from direct sunlight. Under such conditions shelf life at room temperature will be 12 months. Refrigeration to 5°C gives optimum storage stability.
Shelf Life	12 months from date of despatch by 3M when stored in the original carton at 21°C
Precautionary Information	Refer to product label and material Safety Data Sheet for health and safety information before using the product. For information please contact your local 3M Office. www.3M.com
For Additional Information	To request additional information or to arrange for sales assistance, call 0870 6080050 Address correspondence to: 3M United Kingdom PLC, 3M House, 28 Great Jackson Street, Manchester, M15 4PA
Important Notice	All statements, technical information and recommendations contained in this document are based upon tests or experience that 3M believes are reliable. However, many factors beyond 3M's control can affect the use and performance of a 3M product in a particular application, including the conditions under which the product is used and the time and environmental conditions in which the product is expected to perform. Since these factors are uniquely within the user's knowledge and control, it is essential that the user evaluate the 3M product to determine whether it is fit for a particular purpose and suitable the user's method or application. All questions of liability relating to this product are governed by the terms of the sale subject, where applicable, to the prevailing law

Values presented have been determined by standard test methods and are average values not to be used for specification purposes. Our recommendations on the use of our products are based on tests believed to be reliable but we would ask that you conduct your own tests to determine their suitability for your applications. This is because 3M cannot accept any responsibility or liability direct or consequential for loss or damage caused as a result of our recommendations

Příloha 3 – Specifikace lepidla Hysol 2/1

Hysol[®]

Hysol[®] 9492[™]

listopadu 2007

POPIS PRODUKTU

Hysol[®] 9492[™] má následující vlastnosti:

Technologie	Epoxid
Chemický typ (Pryskyřice)	Epoxid
Chemický typ (Tvrdivlo)	Modifikovaný amin
Vzhled (Pryskyřice)	Bílá matná pasta
Vzhled (Tvrdivlo)	Šedá neprůhledná kapalina
Vzhled (Smíchaný)	Bílá matná pasta
Složky	Dvě složky - pryskyřice a tvrdidlo
Mísicí poměr objemový pryskyřice : tvrdidlo	2 : 1
Mísicí poměr hmotnostní pryskyřice : tvrdidlo	100 : 50
Vytvrzení	Po zamíchání při pokojové teplotě
Aplikace	Lepení
Zvláštní výhoda	<ul style="list-style-type: none"> • Velmi nízké odplynění • Odolnost vůči vysokým teplotám • Vynikající odolnost vůči rozpouštědlům

Hysol[®] 9492[™] je dvousložkové epoxidové lepidlo, které odolává vysokým teplotám. Je to nízkoviskózní verze produktu Hysol 9491, která zachovává vysokou úroveň jeho vlastností. Je to lepidlo určené pro běžné lepení, kterým lze lepit a opravovat širokou škálu různých materiálů. Plně vytvrzené spoje slepené produktem Hysol[®] 9492[™] poskytují vynikající teplotní odolnost, velmi dobré mechanické i elektrické vlastnosti a odolnost vůči rázům.

TYPICKÉ VLASTNOSTI NEVYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Vlastnosti pryskyřice

Měrná hmotnost při teplotě 25 °C	1,51
Viskozita, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Vřetenno 6, rychlost 5 ot/min.	50 000 až 120 000
Viskozita, DIN 54453, mPa·s (cP):	
Smyková rychlost 10 s ⁻¹	45 000
Smyková rychlost 100 s ⁻¹	34 000
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	

Vlastnosti tvrdidla

Měrná hmotnost při teplotě 25 °C	1,52
Viskozita, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Vřetenno 7, rychlost 50 ot/min.	20 000 až 50 000
Viskozita, DIN 54453, mPa·s (cP):	
Smyková rychlost 10 s ⁻¹	27 000
Smyková rychlost 100 s ⁻¹	20 000
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	

Vlastnosti smíchaného produktu

Doba zpracovatelnosti při teplotě 22 °C, minut:	15
100 g hmoty	

TYPICKÉ VLASTNOSTI PŘI VYTVRZOVÁNÍ

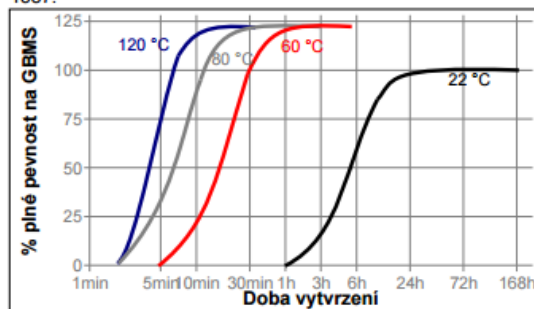
Doba fixace

Doba fixace je definovaná jako čas potřebný k získání pevnosti ve smyku 0.1 N/mm².

Doba fixace, smícháno, při teplotě 22 °C, minut	75
---	----

Rychlost vytvrzení dle času a teploty

Hysol[®] 9492[™] kompletně vytvrzuje za 3 dny při pokojové teplotě. Zvýšením teploty při vytvrzování můžeme proces vytvrzení urychlit. Následující graf ukazuje závislost pevnosti ve smyku na čase a teplotě na zkušebních vzorcích z nízkouhličkaté oceli (otryskané), zkušeno v souladu s ISO 4587.



TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Vytvrzeno po dobu 7 dní při teplotě 22 °C, 1.2 mm silné vzorky

Fyzikální vlastnosti:

Koeficient teplotní roztažnosti, ISO 11359-2, K ⁻¹ :	
Rozsah teplot: -40 °C na 80 °C	63×10 ⁻⁶
Koeficient tepelné vodivosti, ISO 8302, W/(m·K)	0,3
Tvrdość Shore, ISO 868, Tvrdoměr typu D	80
Prodloužení, ISO 527-3, %	0,8
Pevnost v tahu, ISO 527-3	N/mm ² 31 (4 500)
	(psi) (970 000)
Modul pevnosti v tahu, ISO 527-3	N/mm ² 6 700
	(psi) (970 000)
Pevnost v tlaku, ISO 604	N/mm ² 80
	(psi) (12 000)

Příloha 4 – Specifikace lepidla Hysol 2/2

Elektrické vlastnosti:

Dielektrická pevnost, IEC 60243-1, kV/mm	17,5
Dielektrická konstanta / Ztrátový činitel, IEC 60250: 1 kHz	6,1 / 0,09

TYPIKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Adhezní vlastnosti

Vytvrzeno po dobu 7 dní při teplotě 22 °C

Pevnost ve smyku, ISO 4587:

Nízkouhlikatá ocel (otryskaná)	N/mm ² (psi)	20 (2 900)
Hliník (obroušený) (brusný papír SiC, hrubost A166, třída P400A)	N/mm ² (psi)	14 (2 000)
Hliník (leptaný)	N/mm ² (psi)	15 (2 200)
Nerezová ocel	N/mm ² (psi)	12 (1 700)
Mosaz	N/mm ² (psi)	1 (150)
Ocel s galvanickou úpravou (Žárově zinkovaná)	N/mm ² (psi)	2,2 (320)
Chromátovaný pozink	N/mm ² (psi)	6 (870)
Polykarbonát	N/mm ² (psi)	5,3 (770)
ABS	N/mm ² (psi)	3 (440)
Sklolaminát (Matrice z polyesterové pryskyřice)	N/mm ² (psi)	5 (730)
PVC	N/mm ² (psi)	1,9 (280)
Skleněnými vlákny vyztužený epoxid	N/mm ² (psi)	7 (1 000)

180° pevnost v loupání ISO 8510-2:

Nízkouhlikatá ocel (otryskaná)	N/mm (lb/in)	1,6 (9,1)
--------------------------------	-----------------	--------------

Odolnost vůči rázům IZOD, ISO 9653, J/m²:

Nízkouhlikatá ocel (otryskaná)	3,7
--------------------------------	-----

TYPIKÁ ODOLNOST VŮČI PROSTŘEDÍ

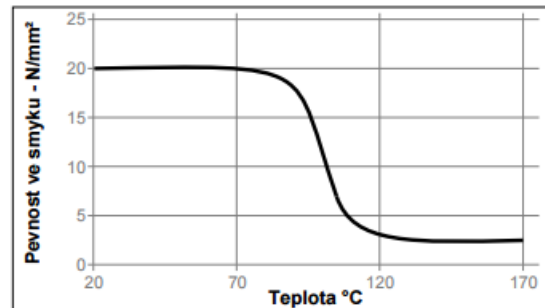
Vytvrzeno po dobu 7 dní při teplotě 22 °C

Pevnost ve smyku, ISO 4587:

Nízkouhlikatá ocel (otryskaná)

Pevnost za tepla

Zkoušeno při teplotě:



Stárnutí za tepla

Vytvrzeno po dobu 5 dní při teplotě 22 °C. Stárnutí při uvedené teplotě a zkoušeno při 22 °C

Teplota	% původní pevnosti			
	100 h	500 h	1 000 h	3 000 h
100 °C	125	140	140	130
125 °C	140	135	130	135
150 °C	120	120	120	110
180 °C	130	90	65	30

Odolnost proti chemikáliím a rozpouštědlům

Vytvrzeno po dobu 5 dní při teplotě 22 °C. Stárnutí za uvedených podmínek a zkoušeno při teplotě 22 °C

Prostředí	°C	% původní pevnosti		
		500 h	1000 h	3000 h
Motorový olej	22	115	115	115
Bezolovnatý benzín	22	115	115	115
50/50 % Voda/glykol	87	130	110	105
4% hydroxid sodný ve vodě	22	125	110	115
98% RV	40	105	105	105
Voda	60	130	120	120
Voda	90	95	85	85
Aceton	22	80	70	65
Kyselina octová, 10%	22	105	95	95
7.5% roztok soli ve vodě	22	105	100	100

VŠEOBECNÉ INFORMACE

Tento produkt se nedoporučuje používat v čistě kyslíkových nebo na kyslík bohatých systémech a neměl by se používat k těsnění chlóru či jiných silně oxidačních materiálů.

Informace pro bezpečné zacházení s tímto produktem najdete v Bezpečnostním listě (BL).

Pokyny pro použití

- Pro co nejlepší výsledky lepení by měly být lepené povrchy čisté, suché a odmaštěné. Při vysokopevnostním konstrukčním lepení může speciální ošetření povrchu zvýšit pevnost a trvanlivost lepeného spoje.

Příloha 5 – Specifikace práškové barvy

INVER s.p.a. **Technical Data Sheet**

CS_15215 - BOND PE/P WITHOUT AL series215



Rev. date 2010-10-22 Pag. 1 di 2

GENERAL FEATURES

This thermosetting powder contains polyester resins, cured with fit curing agents. The product forms a level hard film with good resistance to mechanical damage and to yellowing caused by the chain stop during stoving. The metallic effect pigment is fixed on the powder by means of a bonding process, thanks to which is possible to achieve the best results in terms of application and reproducibility for the metallic effect powders. The problems of separation in the powdercloud during the application process, typical of dry blend products, are so eliminate, with positive effects on the colour constancy.

APPLICATION

Due to its special content the product is particularly suggested for exterior coating. To avoid variation of the metallic effect due to repeated surface rubbing and metallic pigment release on the surfaces in contact with the coating, it is suggested a double coat with transparent polyester or polyurethanic powder.

ADVISED CYCLES

The surface to be coated must be cleaned from oils, grease or flash rust. If particular resistance to corrosion or humidity is required, it is suggested the following pretreatment of the surface:

for steel	sand blasting or/and iron or zinc phosphatising
for galvanised steel and aluminium	chromatising

Mixed cycles:

If it is needed, it is possible to carry out mixed cycles by using liquid primers in combination with the Polyester Powder.

Therefore we advise:

- electrophoretic primer after phosphatising or
- spray water-borne primer after sand blasting and successive stoving.

As for the spray water-borne primer, it must be mentioned, that it was specially formulated in order to resolve the problem of adhesion to the support or/and among different layers, especially if durability and outdoor resistance are required.

HANDLING AND STORAGE

Store at temperatures lower than 30°C; higher temperatures may damage the powder by causing undesired alterations or blobs.

Storage life in original package: 18 months.

TECHNICAL DATA

Apply with automatic or manual guns with negative terminal (60/80KV).

The tribo application depends on the specific plant and must be previously evaluated.

It is advised to apply in layers with the thickness of 60-80 µ and to stove at 180°C for 20 minutes (temperature of the support).

For stoving the Polyester metallic effect products it is possible to use the following combinations of time and temperature:

7-11 minutes	200°C (temperature of the support)
10-20 minutes	190°C (temperature of the support)
15-27 minutes	180°C (temperature of the support)
20-40 minutes	170°C (temperature of the support)

For stoving use the given indications.

Code	Int. Method	Range	Ref. Method
P/CL092	Calc.specific gravity(kg/l):	1.25 - 1.650	
P/YC060	Particle size dist. <32µ(%):	36 - 46	
P/YC120	Particle size dist. <63µ(%):	74 - 91	
P/CL143	1µm Theor.spread.rate (m2/kg):	540 - 780	

WAYS OF APPLICATION

The support used	UNI sheet
Thickness	60 microns
Stoving	20 minutes at 180°C
Appearance and levelling	good

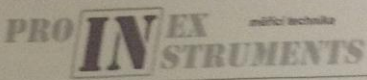
The chemical resistance test was carried out on zinc phosphatised steel.

TECHNOLOGICAL FEATURES AND RESISTANCE TESTS

Code	Int. Method	Range	Ref. Method
P/CM010	Buchholz indentation test :	more than 90	UNI EN ISO 2815
P/CM181	Pendulum-rocker hardness : Persoz pendulum	more than 300	UNI 8402
P/CM040	Erichsen cupping test (mm):	more than 5	UNI EN ISO 1520
P/CM050	Direct impact test (cm.Kg):	more than 25	UNI 8901
P/CM051	Opposite impact test(cm.kg):	more than 25	UNI 8901
P/CM170	Conical mandrel : Bend test	maximum 10 mm	UNI EN ISO 6860
P/CM100	Crosscut adhesion (2mm)(GT):	00	UNI EN ISO 2409
P/CM190	Salt fog test :	1000 hours later - indentation along the cross of 3-6 mm	UNI ISO 9227

NOTE TO USER

Příloha 6 – Parametry odtrhoměru COMTEST



TECHNICKÝ LIST
 Strana 1 / 2

COMTEST OP1 P 20


zařízení k měření odtrhové pevnosti v oblasti povrchových úprav

CHARAKTERISTIKA:
 Přístroje jsou určeny k měření tahové pevnosti kolmo k povrchu. Používají se ke kontrole kvality podkladu (stanovení kohezni pevnosti) a ke stanovení kvality povrchové úpravy (adhezní pevnost dvou a vícevrstvých systémů) resp. k určení vzájemné přídržnosti jednotlivých nanesených vrstev.

Jejich zatěžovací člen je vybaven indukčním snímačem síly. Přístroje mají ruční zatěžování pomocí zatěžovacího ramene a umožňují plynulé zatěžování až do odtržení zkušební panenky.

Postup odtrhové zkoušky s přístrojem COMTEST®OP1 P 20:

1. Vhodným lepidlem se přilepi na měřené místo na povrchové úpravě zkušební panenka.
2. Povrchová úprava se prořízne až do základního materiálu ruční frézou. Tím je zajištěna (definována) přesná měřená plocha.
3. Po vytvrzení lepidla se připojí ke zkušební panence odtrhový přístroj COMTEST®OP1 P 20. Otáčením zatěžovacího ramene (vratidla) se zkušební panenka zatěhuje.
4. Měřicí jednotka je vybavena akustickou indikací překročení optimální rychlosti zatěžování. Během zkoušky neustále přepočítává nárůst zatěžovací síly. Při překročení nastaveného limitu (např. 200N/s) informuje zkušební technika zapípáním.
5. Panenka se zatěhuje až do odtržení. Na displeji elektronické měřicí jednotky se odečte maximální dosažené napětí na panence o průměru 20mm.



Technické parametry:

Typ přístroje	COMTEST® OP1 P 20
Rozsah měření	7 kN resp. 19,98 MPa na panence o průměru 20mm
Rozlišení	0,02 MPa
Max. chyba měření	± 1,5% z naměřené hodnoty ± 2 digity
Hmotnost zatěžovací jednotky	1,7 kg
Rozměr zatěžové jednotky	200 x 85 mm
Provozní/skladovací teplota	0°C až 50°C / -20°C až 60°C
Napájení/kapacita	Baterie 9V typ 6F22 / cca 100 odtrhových zkoušek
Příslušenství – zkušební panenky	20 ks kruhové ocelové (nebo hliníkové) panenky o průměru 20mm
Příslušenství k přípravě zkoušky	Ruční frézka s vnitřním průměrem 20,5 mm
Příslušenství k provedení zkoušky	Středící adaptér – pomáhá vycentrovat zatěžovací člen vůči zkušební panence, eliminuje prohnutí podkladu

PŘEHLED NĚKTERÝCH NOREM, KTERÉ PŘÍSTROJ SPLŇUJE:

1. ČSN EN ISO 4624 Nátěrové hmoty – odtrhová zkouška přilnavosti.
2. ČSN EN 311 Desky ze dřeva – přídržnost povrchu – zkušební metoda.

Proinex Instruments, s. r. o.
 Sídlo společnosti:
 Domovská 43, Ostrava-Hrabová, 720 00
 Homepage: <http://www.proinex.cz>

zapsán Krasným soudem v Ostravě, oddíl C, vložka 32265

tel.: +420 599 509 995 IČO: 27297845
 E-mail: info@proinex.cz DIČ: C227297845

1/2

Příloha 7 – Kalibrační protokol přístroje COMTEST



Český metrologický institut
Okružní 31, 638 00 Brno
tel. +420 547 571 511, fax +420 545 222 728, www.cmi.cz

Kalibrační laboraň č. 2292 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, s.p.a.
Pracoviště: Ústavní inspekční Praha, Račkova 1, 102 00 Praha 10
Čalounění mechanických strojů materiálu, tel. +420 266020111, fax. +420 266020109

KALIBRAČNÍ LIST
1051-KL-10481-13

Dotaz vystaven: 1.8.2013 List 1 of 2 total

Zákazník: COMING PLUS a.s.
Nač Kamárecká 1267, 156 00 Praha 5

Měřička: Zkušební stroj pro stanovení odlehlosti povrchů materiálů.
Nejvyšší měřička: 7,5N
Zkušební rozsahy měření: 0 až 7,5N
Rok výroby: 2013
Měřička měří: indikátor vzrostl síly

Výrobce: COMING PLUS a.s.

Typ: Mechanický

Výrobní číslo: 12043

Výsledky kalibrace byly získány na prototypu a v souladu s postupy uvedenými v tomto kalibračním listu a vztahují se jenom k dané a měřící přístroj kalibrace.

Dotaz kalibrace: 1.8.2013

Kalibrační provedl: 
Miroslav Mělník

Ředitel ústředního inspekčního: 
Ing. Vladimír Poříl



Tento dokument vznikl za podpory projektu realizovaného prostřednictvím ústředního inspekčního pracoviště Ústavní inspekční Praha 10