



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojů, Katedra mechanické technologie
Ústav strojírenských materiálů a povrchových úprav



Zkoušky nátěrových systémů pro oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi

Autoři:
Podjuklová Jitka, Laník Tomáš









Projekt MPO - FT-TA5/076
Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce



MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Experimentální materiály

Podkladové materiály



Vzorky Atmfifix 24 let exponované

- Získány z opláštění obchodního domu v Liberci.
- Před aplikací nátěrových systémů byl povrch okartáčován na stupeň přípravy povrchu St 2 dle ČSN EN ISO 8501.





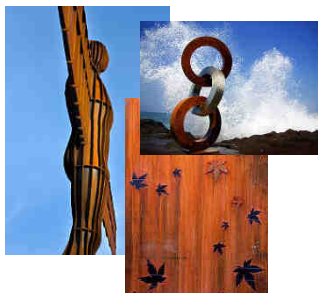
Vzorky Atmfifix 20 let exponované

- Získány ze sloupu vysokého napětí.
- Před aplikací nátěrových systémů byl povrch okartáčován na stupeň přípravy povrchu St 2 dle ČSN EN ISO 8501.



Experimentální materiály

Podkladové materiály



Vzorky COR-TEN A

- Tyto materiály byly dodány společností SVÚOM s.r.o.
- Oceli je vhodné použít tam, kde je vyžadována vyšší odolnost proti povětrnostním vlivům (atmosférické korozi), i když mají horší zpracovatelské vlastnosti.
- Vzorky byly otryskány na stupeň přípravy povrchu Sa 2 ½ dle ČSN EN ISO 8501

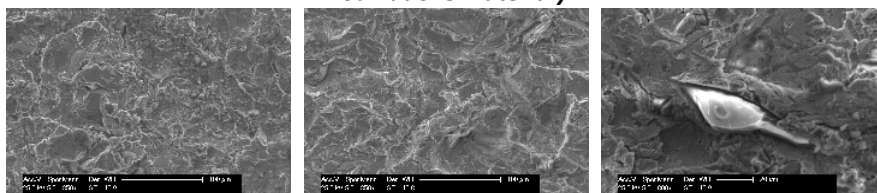
Vzorky COR-TEN B

- Tyto materiály byly dodány společností SVÚOM s.r.o.
- Požívá se při stavbě mostních konstrukcí, na opláštění fasád budov. Tento materiál se vyznačuje bezproblémovým zpracováním jako běžné konstrukční oceli.
- Vzorky byly otryskány na stupeň přípravy povrchu Sa 2 ½ dle ČSN EN ISO 8501



Experimentální materiály

Podkladové materiály



a)

b)

c)

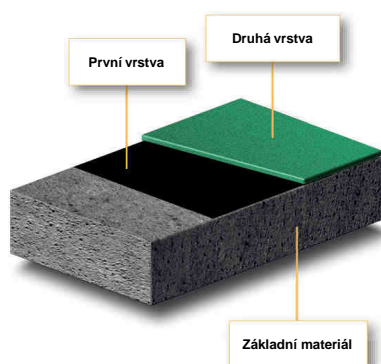
d)

e)

Obr. 5 - a) SEM snímek - povrch vzorku typu Cor-ten A, zvětšení 350x, b) SEM snímek - povrch vzorku typu Cor-ten B, zvětšení 350x, c) SEM snímek - sekundární znečištění povrchu otryskávacím médiem, zvětšení 800x, d) SEM snímek - povrch vzorku typu Atmosfix 24 let exponovaný, zvětšení 120x, e) povrch vzorku Atmosfix exponovaného 20 let, zvětšení 100x

Experimentální materiály

Nátěrové systémy



Amershield - Alifatický polyuretan

Amercoat 450 S - Alifatický polyuretan

Amerlock 400 AI - Epoxidová nátěrová hmota

Amerlock 400 Color - Epoxidová nátěrová hmota

Byly vybrány nátěrové systémy, které byly již dříve ověřeny s dobrými výsledky, ale existují i další nátěrové systémy s podobnými vlastnostmi.

Experimentální zkoušky

- Hodnocení čistoty povrchu dle normy ČSN EN ISO 8501-1
- Stanovení stupně zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3
- Měření drsnosti podkladových materiálů dle ČSN EN ISO 4287
- **Korozní zkouška v umělé atmosféře – zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227**
 - Hodnocení stupně puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2
 - Hodnocení stupně prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3
 - Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8
- **Zkouška křížovým řezem dle normy ČSN EN ISO 16276-2**
- **Modifikovaná urychlená atmosférická zkouška s postřikem solného roztoku dle normy ISO 11474**
- **Mřížková zkouška přilnavosti dle normy ČSN EN ISO 16276-2**
- **Odrhová zkouška přilnavosti dle normy ČSN EN ISO 16276-1**
- SEM analýza povrchu

MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Atmosférické zkušební stanice



MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

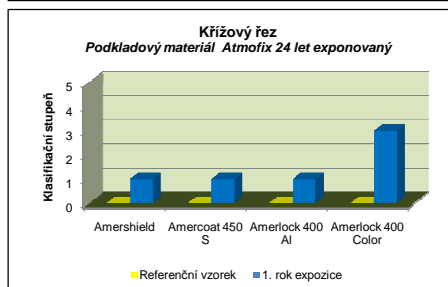
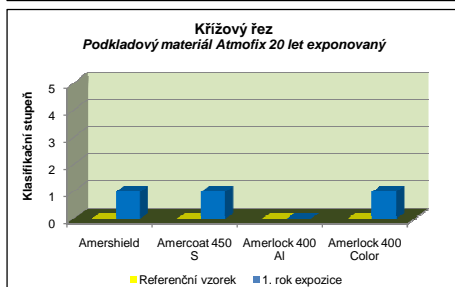
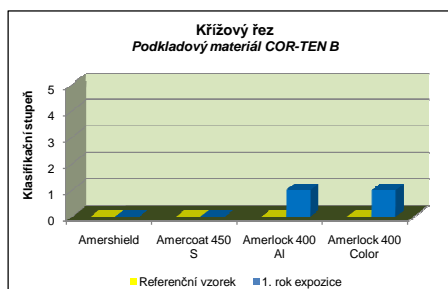
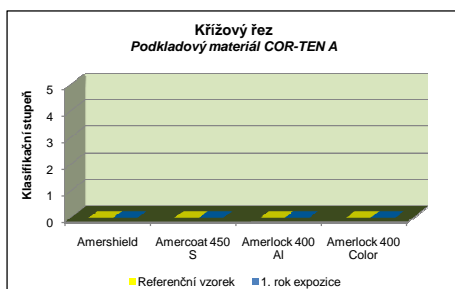


Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CA 01	CA 02	CA 03	CA 04	CB 01	CB 02	CB 03	CB 04	A 01	A 02	A 03	A 04		1	2	3	4
CA 09	CA 10	CA 11	CA 12	CB 09	CB 10	CB 11	CB 12	A 09	A 10	A 11	A 12		S 1	S 2	S 3	S 4
CA 17	CA 18	CA 19	CA 20	CB 17	CB 18	CB 19	CB 20	A 17	A 18	A 19	A 20		AI 1	AI 2	AI 3	AI 4
CA 25	CA 26	CA 28	CA 29	CB 29	CB 30	CB 31	CB 32	A 25	A 26	A 27	A 28		C 1	C 2	C 3	C 4
1 rok exp.	2 rok exp.	5 rok exp.	10 rok exp.	1 rok exp.	2 rok exp.	5 rok exp.	10 rok exp.	1 rok exp.	2 rok exp.	5 rok exp.	10 rok exp.		1 rok exp.	2 rok exp.	5 rok exp.	10 rok exp.

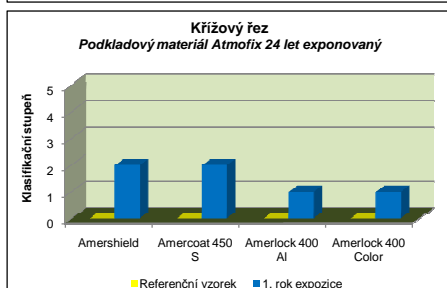
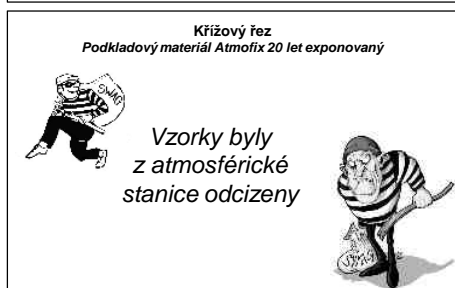
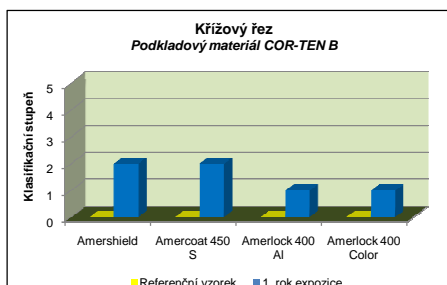
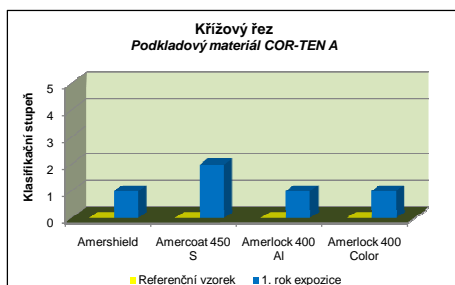
Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

Vyhodnocení po 1 roce expozice
Atmosférická stanice VŠB-TU Ostrava



Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

Vyhodnocení po 1 roce expozice
Atmosférická stanice Koksovna Svoboda

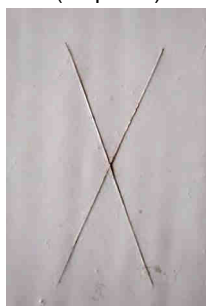


MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

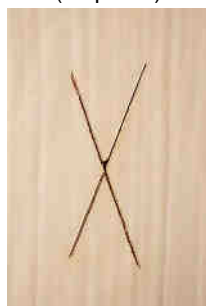
Detaily křížového řezu po expozici 1 rok
Atmosférická stanice VŠB-TU Ostrava

(stupeň 0)



Amershield
(COR-TEN A)

(stupeň 1)



Amerlock 400 Color
(COR-TEN B)

(stupeň 0)



Amershield
(Atmofix 24 let exp.)

(stupeň 1)



Amercoat 450 S
(Atmofix 20 let exp.)

MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

*Detaily křížového řezu po expozici 1 rok
Atmosférická stanice Koksovna Svoboda*

(stupeň 2)	(stupeň 1)	(stupeň 2)	(stupeň 1)
Amershield (Atmofix 24 let exp.)	Amerlock 400 Color (COR-TEN B)	Amercoat 450 S (COR-TEN B.)	Amerlock 400 Al (Atmofix 24 let exp.)

MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

Dílčí závěry

- Nejlepší výsledky byly dosaženy na vzorcích exponovaných na atmosférické stanici v areálu VŠB-TU Ostrava.
- Na vzorcích s vytvořenou stabilní vrstvou patiny převážně docházelo k velmi malému odlupování nátěrových systémů podél řezů nebo v jejich průsečících (*stupeň 1*).
- U nátěrových systémů Amercoat 450 S a Amershield docházelo k puchýřkování kolem řezů i na ploše vzorků.
- Potvrdilo se, že je nutné před aplikací nátěrových systémů vrstvu patiny odstranit.
- Na atmosférické stanici v areálu Koksovny Svoboda docházelo na všech vzorcích převážně k velmi malému odlupování podél řezů nebo v jejich průsečících (*stupeň 1*), ale i roztřepeně odlupy podél řezů v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně (*stupeň 2*).
- Stupeň 2 byl dosažen i u vzorků kde povrch před aplikací byl připraven na stupeň Sa 2 ½.
- Z výsledků zkoušek je patrné, že i po poškození nátěrového systému aplikovaného na patinující oceli dojde ke zpomalení korozního procesu oproti běžným uhlíkovým ocelím.

Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška solnou mlhou



Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška solnou mlhou

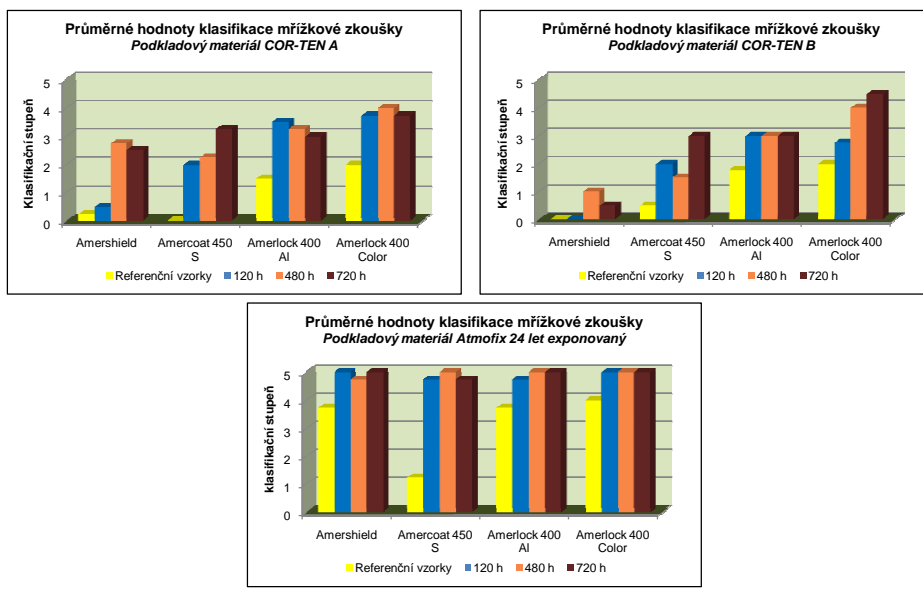
Podklad	Nátěrový systém	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění
Cor-ten A	Amercoat 450 S	2 (S4)	Ri 1 (S1)
	Amershield	0 (S0)	Ri 0 (S0)
	Amerlock 400 Al	0 (S0)	Ri 0 (S0)
	Amerlock 400 Color	0 (S0)	Ri 0 (S0)
Cor-ten B	Amercoat 450 S	2 (S4)	Ri 1 (S1)
	Amershield	0 (S0)	Ri 0 (S0)
	Amerlock 400 Al	0 (S0)	Ri 0 (S0)
	Amerlock 400 Color	0 (S0)	Ri 0 (S0)
Atmofix 24 let exponovány	Amercoat 450 S	4 (S2)	Ri 1 (S1)
	Amershield	5 (S2)	Ri 0 (S0)
	Amerlock 400 Al	3 (S2)	Ri 0 (S0)
	Amerlock 400 Color	3 (S2)	Ri 0 (S0)

Tab. 1 Hodnocení nátěrových systémů po 720 hodinách v korozní komoře

Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška solnou mlhou

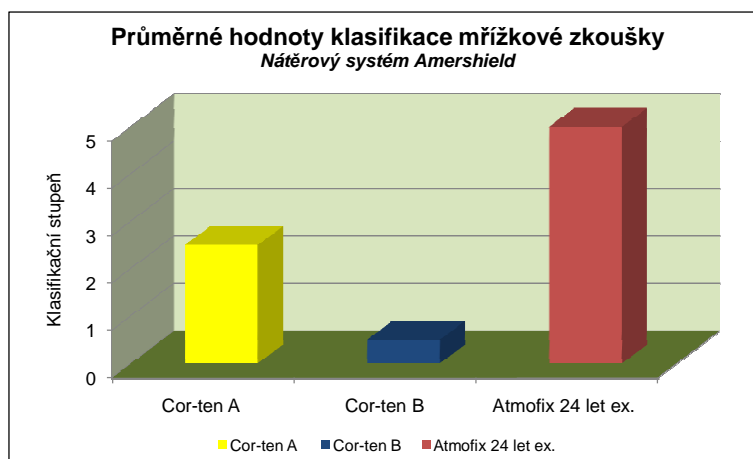
Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2



Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška solnou mlhou

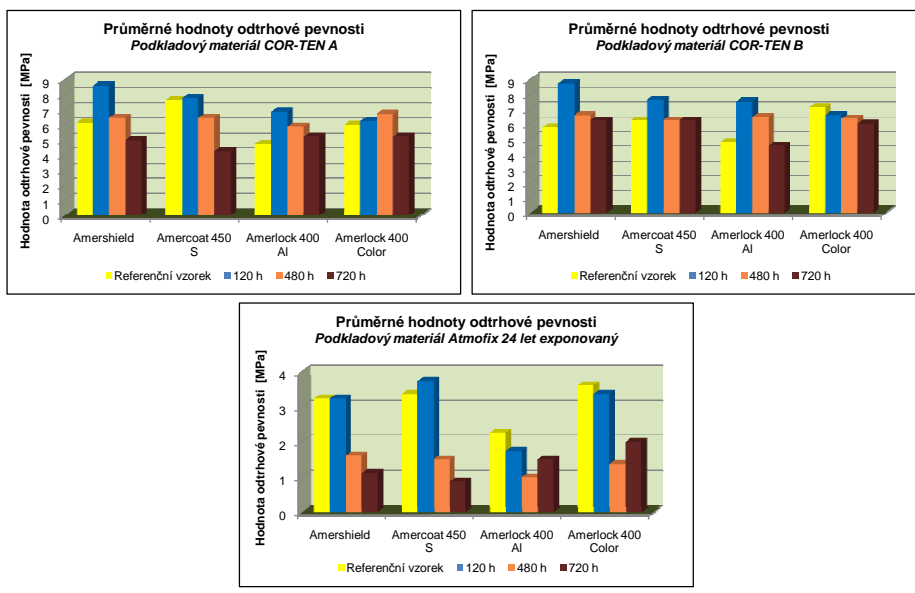
Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2



Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška solnou mlhou

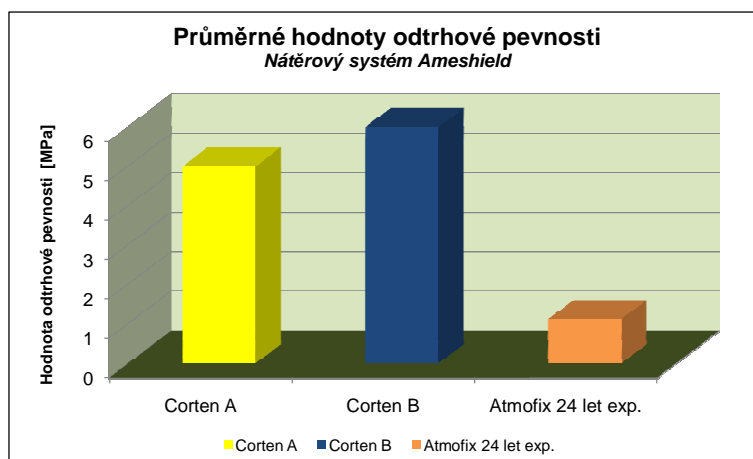
Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1



Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška solnou mlhou

Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1



MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227
Zkouška solnou mlhou
Vzhled po 720 hodinách

Amercoat 450 S (Atmofix 24 let exp.) Amershield (Atmofix 24 let exp.) Amerlock 400 Al (Atmofix 24 let exp.) Amerlock 400 Color (Atmofix 24 let exp.)

MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227
Zkouška solnou mlhou
Vzhled po 720 hodinách

Amercoat 450 S (Atmofix 24 let exp.) Amershield (Atmofix 24 let exp.) Amerlock 400 Al (Atmofix 24 let exp.) Amerlock 400 Color (Atmofix 24 let exp.)



MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Korozní zkouška v umělé atmosféře dle ČSN EN ISO 9227

Dílčí závěry

- Nátěrové systémy aplikované na podkladové materiály Atmofix 24 let exponované v korozní komoře neobstály. Po 720 hodinách na povrchu byly puchýře.
- Přilnavost nátěrových systémů byla také velice špatná.
- Nátěrové systémy aplikované na podkladové materiály otrýskané vykazovaly velmi dobré výsledky až na nátěrový systém Amercoat 450 S.
- Nejlepších výsledků z hlediska přilnavosti vykazoval nátěrový systém Amershield aplikovaný na COR-TEN B. Po 720 hodinách expozice v korozní komoře vykazoval maximálně 5 % poškození mřížky (*stupeň 1*) a průměrná odtrhová pevnost 6 MPa. Převážně docházelo k adheznímu lomu mezi podkladovým materiálem a první aplikovanou vrstvou.
- Dobrých výsledků dosahoval i nátěrový systém Amerlock 400 Al. Poškození při mřížkové zkoušce se pohybovalo mezi 15 % až 35 % (*stupeň 3*) a průměrná odtrhová pevnost se pohybovala mezi 4 až 5 MPa. Z velké části docházelo ke koheznímu poškození krycí vrstvy.



MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

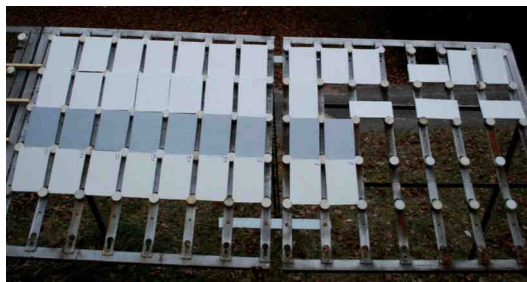
Modifikovaná urychlená atmosférická zkouška s postřikem solného roztoku dle normy ISO 11474

Postřik 3% roztokem NaCl

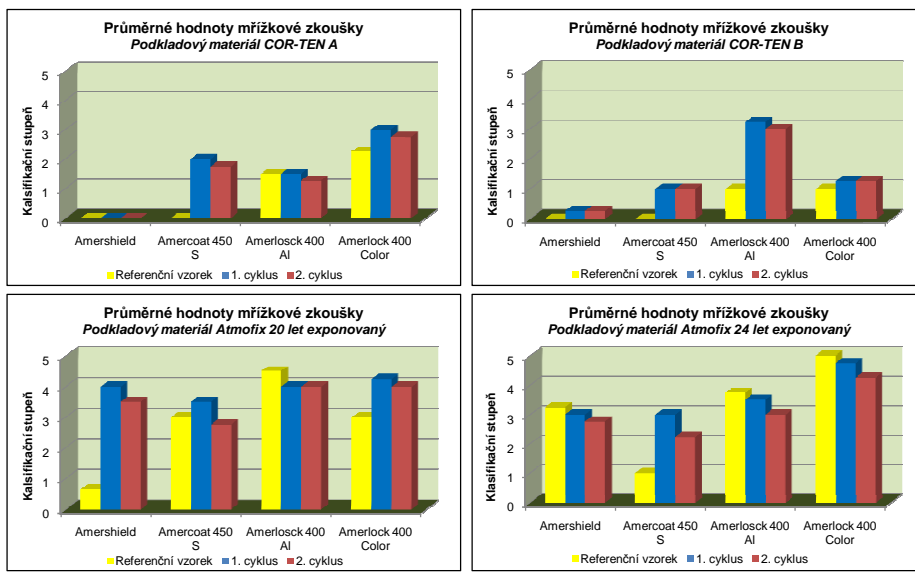
Expozice vzorků s nátěrovými systémy bez postřiku



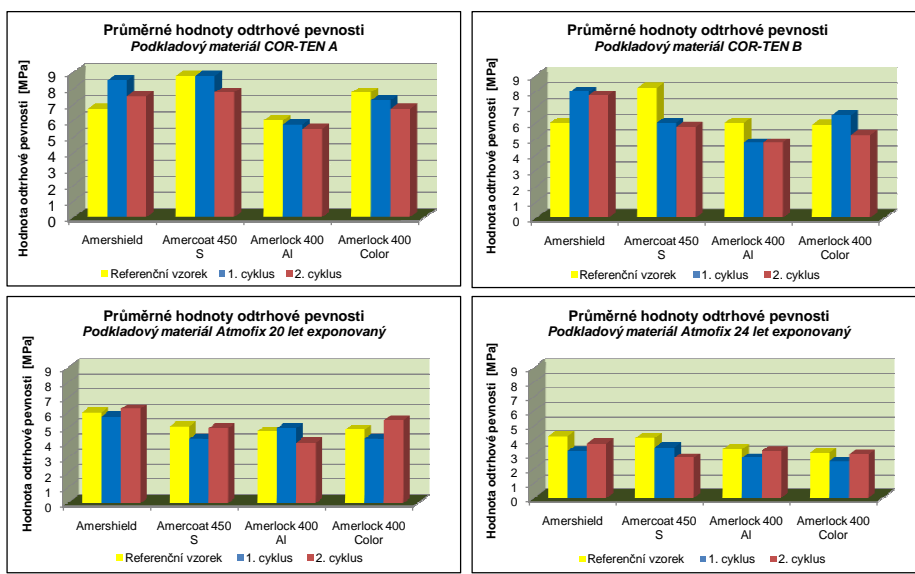
Postřik byl prováděn v zimním období, vždy 2x týdně 3% roztokem posypové soli s destilovanou vodou.



Modifikovaná urychlená atmosférická zkouška s postřikem solného roztoku dle normy ISO 11474 Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2



Modifikovaná urychlená atmosférická zkouška s postřikem solného roztoku dle normy ISO 11474 Odrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-1





MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Modifikovaná urychlená atmosférická zkouška s postřikem solného roztoku dle normy ISO 11474

Dílčí závěry

- Nejlepších výsledků bylo docíleno na podkladových materiálech otryskaných s aplikovaným nátěrovým systémem Amershield.
- V průměru plocha mřížky byla bez poškození a průměrná odtrhová pevnost byla 8 MPa. Převážně docházelo k adheznímu poškození mezi krycím nátěrem a lepidlem.
- Výsledky přilnavosti nátěrových systémů aplikovaných na podkladové materiály Atmofix 24 let exponované byly průměrné.
- Nátěrový systém Amershield aplikovaný na podkladový materiál Atmofix 20 let exponovaný, který vykazoval odtrhovou pevnost vyšší než 6 MPa, neboť převážně docházelo ke koheznímu poškození v podkladovém materiálu tj. v patině. Průměrné poškození při mřížkové zkoušce bylo 15 % až 35 %.



MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Příklad mostní konstrukce - Oprava 2007 (nátěrový systém neznámý)

Stav po 2 letech





MPO - FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce

Závěr

- Všechny doposud dosažené výsledky prokázaly, že aplikace nátěrových systémů na podkladové materiály s vytvořenou vrstvou patiny není vhodné. Nátěrové systémy po dlouhodobé expozici puchýřkují a přilnavost je nízká. Tento výsledek potvrzuje odtrhová zkouška, při které docházelo ke koheznímu lomu v podkladu tj. v patině.
- Nejlépe se jevil nátěrový systém Amershiel aplikovaný na otryskaný povrch. Měl dobrou přilnavost i po expozici v korozní komoře. Bohužel docházelo k adheznímu lomu mezi podkladovým materiálem a první aplikovanou vrstvou. Tento nátěrový systém je dobré aplikovat na konstrukce, které nejsou namáhány na tah.
- Nátěrový systém Amerlock 400 Al aplikovaný na otryskaný povrch, měl nižší hodnotu odtrhové pevnosti i horší výsledky mřížkové zkoušky než nátěrový systém Amershiel. Tento nátěrový systém můžeme hodnotit také kladně, protože charakteristický lom při odtrhové zkoušce byl převážně kohezního charakteru. Docházelo k lomu v krycí vrstvě.



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojů, Katedra mechanické technologie
Ústav strojírenských materiálů a povrchových úprav



Děkuji za pozornost

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu MPO FT-TA5/076.



Projekt MPO - FT-TA5/076
Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce