TRVANLIVOST NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ SE SNÍŽENOU EKOLOGICKOU ZÁTĚŽÍ V LABORATORNÍCH A PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH

J. Filípek

Došlo: 31. března 2008

Abstract

FILÍPEK, J.: *Durability of paint systems with reduced environmental impact in laboratory and in-service conditions.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 4, pp. 47–56

The paper presents the results of selected paints durability testing. The paints are applicable for use in agricultural environment, they have been tested for direct contact with drinking water and feedstuff, and they contain reduced amount of environment impacting pollutants and components. Durability testing has been carried out in pure environment of condensation chamber with presence of SO₂, and during 10-year experiment in atmospheric conditions. The properties of the paints exposed to different conditions are compared and discussed. According to the results, it is not possible to use the accelerated laboratory experiments for reliable prediction of the properties of the paint systems subjected to atmospheric conditions.

condensation chamber, atmospheric station, corrosion, paints, durability of surface protection

Koroze se rozumí znehodnocování materiálu chemickým nebo elektrochemickým působením prostředí. V České republice se každoroční škody způsobené korozi odhadují na 25 miliard Kč (Wikipedie, 2008). Z různých způsobů protikorozních ochranných kovových materiálů má největší význam povrchová ochrana organickými povlaky.

Znehodnocení nátěrů se posuzuje podle stupně změny dekorativních a ochranných vlastností. Stav dekorativních vlastností nátěrů se hodnotí podle změny lesku, barevného odstínu, křídování a zašpinění. Stav ochranných vlastností se vyhodnocuje podle případného prokorození, vzniku puchýřů a trhlinek a podle změny dalších vlastností – přilnavosti, odolnosti při ohybu nebo při hloubení.

V zemědělských a potravinářských provozech musí nátěrový systém plnit nejen ochrannou a estetickou funkci, ale musí vyhovovat i po stránce ekologické, popř. musí být zdravotně nezávadný. Ekologické nátěrové hmoty obsahují velmi malé množství organických rozpouštědel a mají limitovaný obsah těžkých kovů. Zdravotně nezávadné hmoty nesmí ve výluhu obsahovat zdraví škodlivé látky, včetně těžkých kovů. Pro povrchovou ochranu předmětů při-

cházejících do styku s krmivy, potravinami a pitnou vodou se mohou používat nátěrové hmoty testované a schválené pro danou komoditu.

Trvanlivost nátěrových systémů se hodnotí pomocí laboratorních a provozních zkoušek. Laboratorní zrychlené zkoušky nátěrových systémů jsou velmi rozšířené, protože přinášejí řadu výhod. Je možné zkoumat chování rozdílných nátěrových systémů v různých korozních prostředích a stejné podmínky, dané normou, umožňují srovnatelnost výsledků a následné vytipování nátěrového systému do určitého prostředí.

Provozní zkoušky nátěrových systémů mohou být ve volné atmosféře nebo v konkrétních provozních podmínkách a mohou trvat několik let. Při zkouškách v atmosféře dochází k porušování ochranných povlaků vlivem teploty, vzdušné vlhkosti, slunečního záření, srážek, spadu pevných částic a oxidu siřičitého (Obr. 1). Těmito zkouškami získáme spolehlivé výsledky, ale dlouhá doba expozice je často pro výrobce, vývojová pracoviště i uživatele nepřijatelná.

Naskytuje se však otázka, do jaké míry výsledky laboratorních zkoušek odrážejí chování nátěrových

1: Degradace nátěrových systémů na atmosférické stanici po 4 letech

systémů v provozních podmínkách? Už v dřívějších letech byla na Ústavu techniky a automobilové dopravy MZLU v Brně porovnávána trvanlivost osmi nátěrových systémů exponovaných v kondenzačních komorách dle ČSN 03 8131 po dobu 112 dní a na atmosférické stanici (ČSN 03 8110) po dobu 8 roků. Ani z tohoto srovnání nevyplynula jednoznačná shoda.

MATERIÁL A METODY

Nátěrové systémy

K testování byly zvoleny ekologicky šetrné a k přímému styku s požitavinami testované nátěrové hmoty, které mohou najít uplatnění v protikorozi ochraně zemědělské a potravinářské techniky. Přehled testovaných nátěrových systémů je shrnut v Tab. I. V době zakládání vzorků byly nátěrové systémy S 2802/0110 a S 2803/0110, S 2318/0105 a S 2381/1000 schváleny hygienikem ČR pro přímý styk s pitnou vodou a nátěrový systém S 2318/0105 a U 2059/1000 získal atest pro přímý styk s požitavinami. Nátěrové hmoty S 2220, S 2221, U 2002, U 2003 a U 2066 byly na počátku experimentu vývojovými typy.

Příprava zkušebních vzorků

Zkušební vzorky vyrobené z oceli 11 373 (S 235 JRG1) mají rozměry 160 × 65 × 1 mm.

- příprava povrchu:
 - mechanické odstranění nečistot
 - odmaštění v perchloretylenu
- způsob nanášení:
 - stříkáním vzduchovou pistolí (v případě H 2203 štětcem)

- další úpravy:

- po zaschnutí byl povlak uměle narušen řezem v délce 100 mm za účelem hodnocení podkorodování

Korozní zkoušky

Ochranná účinnost nátěrových systémů byla testována pomocí laboratorních a provozních zkoušek.

Laboratorní zrychlené zkoušky probíhaly v kondenzačních komorách (Obr. 2) po dobu 56 dní ve dvou režimech:

- korozní zkouška v kondenzační komoře (ČSN 03 8131)
 - teplota 35 ± 2 °C, relativní vlhkost 100 %
- korozní zkouška za přítomnosti oxidu siřičitého a kondenzace vodní páry (ČSN ISO 6988)
 - nepřetržitý provoz, teplota 40 ± 2 °C, relativní vlhkost 100 %, koncentrace SO_2 $2 \pm 0,2$ mg.dm⁻³ (SO_2 vzniká v kondenzační komoře reakcí siřičitanu sodného a kyseliny sírové).

Provozní zkoušky proběhly na atmosférické stanici vlastní konstrukce. V souladu s ČSN 67 3090 byly zkušební vzorky vloženy do expozičního rámu, který svírá s vodorovnou rovinou úhel 45° a je nasměrován k jihu (Obr. 3). Plocha vzorku opatřená podélným vrypem směřující ke slunci je považována za hlavní (lícovou), opačná strana je vedlejší (rubová). Vzorky se nedotýkají a jsou zcela odizolovány od zkušebního rámu. Dešťová voda a korozní zplodiny nesmí stékat z povrchu jednoho vzorku na druhý (Obr. 3). Experiment byl založen 1. 12. 1997 v Křižanovicích, okres Vyškov a ukončen 1. 12. 2007. Doba expozice činila 10 roků.

I: Charakteristika nátěrových hmot

Nátěrový systém	Nátěrová hmota	Charakteristika	Tloušťka (μm) základ/celek	Celková tloušťka po 10 letech expozice
1 chlorkaučukový	H 2203/0400	Světle modrá chlorkaučuková barva na nátěry betonových bazénů a nádrží na vodu. Pro nátěry kovů se doporučuje podkladová barva S 2318 nebo S 2220.	108	99
2 polymerátový	S 2802/0110 S 2803/0110	Šedá polymerátová základní barva odolná chemikáliím. Šedá polymerátová vrchní barva odolná chemikáliím.	96/176	161
3 dvousložkový epoxidový s epoxidovým základem	S 2318/0105 S 2381/1000	Světle šedá dvousložková epoxidová základní antikorozní barva odolná chemikáliím, bez obsahu olova a chromu. Bílý epoxidový email dvousložkový.	84/191	157
4 dvousložkový akryluretanový s epoxidovým základem	S 2318/0105 U 2059/1000	Světle šedá dvousložková epoxidová základní antikorozní barva odolná chemikáliím, bez obsahu olova a chromu. Bílý email akryluretanový dvousložkový lesklý.	114/187	175
5 jednosložkový polyuretanový	U 2002/0138 U 2003/0141	Šedofialová barva jednosložková polyuretanová, základní antikorozní, zinkem plněná, vytvrzovaná vzdušnou vlhkostí. Stříbrošedá jednosložková polyuretanová barva vytvrzovaná vzdušnou vlhkostí s přídavkem železité slidy.	98/214	167
6 dvousložkový polyuretanový na jednosložkovém základě	U 2002/0138 U 2066/1000	Šedofialová barva dvousložková polyuretanová, základní antikorozní, zinkem plněná, vytvrzovaná vzdušnou vlhkostí. Bílý email polyuretanový dvousložkový, lesklý s vysokým obsahem netěkavých látek.	98/206	179
7 syntetický alkydový	S 2220/0110 S 2221/5701	Šedá alkyduretanová základní antikorozní barva bez obsahu těžkých kovů, rychleschnoucí. Tmavě zelený alkyduretanový jednosložkový email na kov bez obsahu těžkých kovů.	92/139	123

2: Kondenzační komora pro laboratorní korozní zkoušky

3: Atmosférická stanice pro dlouhodobé korozní zkoušky

Hodnocené parametry nátěrů

U zkoušených vzorků byly hodnoceny tyto vlastnosti:

- **Tloušťka zaschlého filmu (ČSN 67 3061)**
Nedestruktivní metoda ručním přístrojem Permascope od firmy Fischer pracující na principu magnetické indukce. Tloušťky základních nátěrů i nátěrových systémů jsou uvedeny v Tab. I.
- **Lesk (ČSN 67 3063)**
Metoda A – hodnocení kvality zdánlivého obrazu pozorovaných předmětů, který vzniká zrcadlením černobílé šachovnice na povrchu nátěru (1 – vysoký zrcadlový lesk, 3 – pololesklý, 5 – matný).
- **Barevný odstín (ČSN 67 3067)**
Vizuální srovnání barevného odstínu nátěru se vzorkovnicí.
- **Tvrdost (ČSN 67 3075)**
Použita sada tužek Hardthmuth KOH-I-NOOR podle ČSN 90 1111. Zjišťuje se, která tužka jako první poruší povrch nátěru.
- **Přilnavost (ČSN ISO 2409)**
Mřížková metoda s hodnocením na základě procentického podílu odloupnuté plochy. Vzdálenost nožů volena dle tloušťky nátěru (0 – bez poškození, 5 – nad 65 % poškození).

- **Odolnost při hloubení dle Erichsena (ČSN EN ISO 1520)**
Zaznamenává se zahloubení kuličky o průměru 20 mm, při kterém došlo k prvnímu porušení nátěru.
- **Prokorodování**
Poškození nátěru puchýřky, případně průniky korozních zplodin podkladního kovu na povrch nátěru.
- **Podkorodování (DIN 53210)**
Největší kolmá vzdálenost průniku koroze podkladového kovu od zkušebního řezu. Podkorodování není zjistitelné na povrchu zkušebního nátěru, ale až po odstranění povlaku.

VÝSLEDKY

Změna lesku a barevného odstínu

U všech zkušebních vzorků v kondenzačních komorách i na atmosférické stanici došlo ke ztrátě lesku (Tab. II). Větší změny nastaly u vzorků expozovaných na atmosférické stanici. Největší ztrátu lesku zaznamenaly NS 3 a NS 6. Kromě změny lesku došlo k vyblednutí a tvorbě skvrn (Tab. III).

II: Lesk a jeho změna

Nátěrový systém	Nové vzorky	Kondenzační komory 56 dní		Atmosférická stanice	
		H ₂ O	SO ₂	5 měsíců	10 roků
1	2	4	3	2	4–5
2	5	5	5	5	5
3	1	2	2	4	5
4	1	2	2	2	4
5	5	5	5	5	5
6	1	1	1	1	5 (rub 4)
7	3	degradace	degradace	3	4–5 (rub 4)

III: Barevný odstín a jeho změna

Nátěrový systém	Barevný odstín	Kondenzační komory 56 dní		Atmosférická stanice	
		H ₂ O	SO ₂	5 měsíců	10 roků
1	0400	zesvětlení po celé ploše	velké světlé skvrny po celé ploše	beze změny	zřetelné vyblednutí, hnědé korozní skvrny
2	0110	zesvětlení po celé ploše	velké světlé skvrny po celé ploše	beze změny	nepatrné zesvětlení
3	1000	výrazné zežloutnutí	výrazné zežloutnutí	mírné zežloutnutí	zřetelné zežloutnutí
4	1000	mírné zežloutnutí	mírné zežloutnutí	beze změny	mírné zežloutnutí
5	0141	beze změny	výrazná změna, bílý krystalický povlak a velké tmavé skvrny	zesvětlení	místy prosvítá šedofialový základ, nerovnoměrné vyblednutí
6	1000	zežloutnutí	zežloutnutí	beze změny	zřetelné zešednutí
7	5701	mírné zesvětlení	výrazné ztmavnutí	mírné ztmavnutí	nepatrné vyblednutí

Prokorodování a podkorodování

V kondenzačních komorách byl nejodolnější proti **prokorodování** NS 2 a NS 5, osvědčil se i NS 6. Nejnížší odolnost vykazoval NS 7 (Tab. IV). Na atmosférické stanici byl nejvíce poškozen NS 1 a NS 3. Povrch NS 6 byl pokryt (zejména z rubové strany) velkými puchýři, pod kterými se vyskytovala koroze.

V kondenzačních komorách je nejodolnější proti **podkorodování** NS 5 (Tab. V). NS 7 měl minimální podkorodování v okolí řezu, ale plošné podkorodování bylo nejvyšší. V atmosférických podmínkách po mechanickém odstranění nátěru byl bez stop koroze NS 5. Naopak největší podkorodování je patrné u NS 2, NS 3 a NS 4 (Obr. 4).

IV: Prokorodování nátěrových systémů

Nátěrový systém	Kondenzační komory 56 dní		Atmosférická stanice 10 roků
	H ₂ O	SO ₂	
1	začínající krupice po celé ploše	puchýře φ 2 mm kolem rysky do 6 mm od rysky	krupice po celé ploše, prokorodování jen místně, na rubové straně krupice po celé ploše, prokorodování na 40 % plochy
2	beze změny	beze změny	rovnoměrné rozložení krupice po celé ploše, na rubové straně výskyt puchýřů φ 1–50 mm na 40 % plochy, pod nimi koroze
3	puchýře φ 1–3 mm po celé ploše	puchýře φ 1 mm na 30 % plochy	30 % plochy vzorku pokryto korozí
4	puchýře φ 1–2 mm po celé ploše	puchýře φ 1–2 mm na 30 % plochy	není
5	beze změny	beze změny	beze změny
6	puchýře φ 1–3 mm ojediněle na 20 % plochy	puchýře kolem rysky do φ 1 mm ojediněle	není
7	puchýře do φ 5 mm po celé ploše	puchýře φ 1–14 mm na 70 % plochy	ojediněle puchýře kolem rysky do φ 4 mm

V: Podkorodování nátěrových systémů (mm)

Nátěrový systém	Kondenzační komory 56 dní		Atmosférická stanice 10 roků
	H ₂ O	SO ₂	
1	2	10	5
2	3	10	1 po mechanickém odstranění nátěru na rubové straně koroze na 20–40 % plochy
3	2	nitková koroze	15
4	2 až 10	nitková koroze až 20 mm	6
5	0	1	0
6	1	2	5
7	1	1	5

S 2318 + S 2381

H 2203

S 2802 + S 2803

S 2318 + U 2059

4: Prokorodování a podkorodování zkušebních vzorků z rubové strany

Tvrdost, tažnost a přilnavost

Počáteční tvrdost, tažnost, přilnavost nátěrových systémů a jejich změny v průběhu korozních zkoušek signalizují další chování nátěrů (podkorodování, odlupování, tvorba trhlinek apod.).

DISKUSE

V kondenzační komoře je vzorek vystaven působení vodních par za zvýšené teploty a příp. za spolupůsobení SO₂. Nejvyšší odolnost v těchto korozně agresivních prostředích při době expozice 56 dnů vykazovaly NS 2, NS 5 a NS 6. U NS 1, NS 3 a NS 4 se objevily první stopy koroze a zcela zdegradován byl NS 7.

ČSN 03 8131 konstatuje, že v kondenzační komoře se zjišťuje odolnost proti atmosférické korozi materiálů zejména kovových, nechráněných nebo s povrchovou úpravou a ochranná účinnost protikorozních ochranných. Z tohoto tvrzení lze vyvodit, že trvanlivost respektive korozní projevy zkušebních vzorků v atmosférických podmínkách budou obdobné. Realita je však jiná.

Na atmosférické stanici po pěti měsících zkoušek se neprojevily výrazné změny, protože se jedná o krátkou dobu působení. Při dlouhodobé expozici 10 let se nejvíce osvědčil NS 5 a s určitými výhradami také NS 7 (Obr. 5).

NS 5 vykazoval výbornou ochrannou funkci, zinkový prach v základní barvě chrání ocel v místě po-

VI: Odolnost nátěrů při hloubení dle Erichsena

Nátěrový systém	Nové vzorky	Kondenzační komory 56 dní		Atmosférická stanice 10 roků
		H ₂ O	SO ₂	
	prohloubení podkladového plechu (mm)			
1	2,1	2,2	1,2	0,3
2	5	2,9	4,8	2,1
3	4,9	0,9	0,4	0,4
4	5	1,6	1,2	1,2
5	3	2,1	2,8	4
6	4,9	2,8	1,5	0,9
7	2,5	nelze hodnotit degradace	nelze hodnotit degradace	0,3

VII: Přílnavost nátěru mřížkovou zkouškou

Nátěrový systém	Nové vzorky	Kondenzační komory 56 dní		Atmosférická stanice 10 roků
		H ₂ O	SO ₂	
1	5	3	3	3
2	0	0	0	1 v místě velkých puchýřů 5
3	0	2	2	2
4	0	5	5	3
5	0	0	0	0
6	0	0	0	4
7	1	degradace nelze hodnotit	degradace nelze hodnotit	1

škození povlaku katodicky (žádné stopy koroze či degradace nátěru). Dekorativní změny však nastaly, na lícové straně mírně prosvítá šedofialový základ, na rubové straně je nerovnoměrné vyblednutí. Železitá slída ve vrchním nátěru vytváří třpytivé efekty. NS 7 v uměle vytvořeném vrypu vykazuje tvorbu puchýřků a korozi, navíc došlo ke ztrátě lesku a nepatrnému vyblednutí.

Naopak v atmosférických podmínkách zcela zklamaly NS 3, NS 1 a NS 2 (Obr. 6).

NS 3 má trhliny viditelné pouhým okem dosahující k základnímu nátěru a má největší podkorodování a značné prokorodování.

NS 1 (H 2203) obsahuje puchýřky, které prokorodovaly až k podkladovému kovu (především na rubové straně). Značné podkorodování je v místě umělého vrypu, na hranách i ve vyvrtaných otvorech. NS 1 měl nejmenší tloušťku (108 μm) ze všech sledovaných povlaků a navíc chyběl základní antikorozní podklad. Na ochranu plechových nádrží na vodu se doporučuje S 2318 + 2 – 3 × H 2203.

NS 2 se jeví na první pohled velmi zachovalý, avšak při čtyřnásobném zvětšení je na jeho povr-

chu patrný výskyt krupice – rozrušení vrchní vrstvy. V okolí umělého řezu je podkorodování minimální, ale pod velkými puchýři, zvláště na rubové straně, je podkorodování velmi rozsáhlé (Obr. 4).

Pořadí trvanlivosti nátěrových systémů v případě laboratorních a provozních zkoušek bylo stanoveno s přihlédnutím k důležitosti (váze) hodnocených dekorativních a ochranných vlastností. Nejvyšší ochrannou účinnost na atmosférické stanici vykazoval NS 5 (U 2002/0138 + U 2003/0141), nejhorší byl NS 3 (S 2318/0105 + S 2381/1000), jak je zřejmé z Obr. 7. V kondenzačních komorách se však nátěrové systémy chovaly odlišně (Tab. VIII).

Spermanův koeficient pořadové korelace R:

$$R = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^k d_i^2}{k \cdot (k^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 48}{7 \cdot (7^2 - 1)} = 1 - \frac{288}{336} = 0,143$$

Z velmi nízké hodnoty Spermanova korelačního koeficientu R je zřejmé, že výsledky laboratorních zkoušek nelze automaticky aplikovat v provozních podmínkách.

U 2002 + U 2003

S 2220 + S 2221

5: Nátěrové systémy odolné v atmosférických podmínkách (lícová a rubová strana)

S 2318 + S 2381

H 2203

S 2802 + S 2803

6: Nátěrové systémy nevhodné do atmosférických podmínek (lícová i rubová strana)

7: Pořadí trvanlivosti nátěrových systémů po 10 letech expozice v atmosférických podmínkách

VIII: Pořadí trvanlivosti nátěrových systémů při laboratorních a dlouhodobých zkouškách

Nátěrový systém		Pořadí trvanlivosti		rozdíl v pořadí d	d ²
		zrychlené zkoušky	dlouhodobé zkoušky		
1	H 2203/0400	6	6	0	0
2	S 2802/0110 + S 2803/0110	1	5	4	16
3	S 2318/0105 + S 2381/1000	5	7	2	4
4	S 2318/0105 + U 2059/1000	4	3	1	1
5	U 2002/0138 + U 2003/0141	2	1	1	1
6	U 2002/0138 + U 2066/1000	3	4	1	1
7	S 2220/0110 + S 2221/5701	7	2	5	25
				součet	48

SOUHRN

Byla porovnávána trvanlivost sedmi nátěrových systémů se sníženou ekologickou zátěží v laboratorních i provozních podmínkách. Urychlené laboratorní zkoušky proběhly v kondenzační komoře bez i s přítomností SO₂ po dobu 56 dní. Provozní zkoušky byly realizovány na atmosférické stanici po dobu 10 let. Na základě změny dekorativních a ochranných vlastností v obou zkušebních režimech bylo stanoveno pořadí trvanlivosti jednotlivých nátěrových systémů. Z vypočtené hodnoty Spermanova korelačního koeficientu $R = 0,143$ vyplývá, že nelze na základě výsledků laboratorních zkoušek vyvozovat závěry platné pro provozní zkoušky. Toto konstatování je v souladu s výsledky zkoušek trvanlivosti, které prováděli autoři v minulých letech. Výsledky trvanlivosti nátěrových systémů v provozních podmínkách jsou spolehlivé, ale během desetileté expozice zkušebních vzorků na atmosférické stanici došlo ke změnám výrobní receptury, hygienických a zdravotních požadavků na nátěry i ke změně předpisů zabývajících se zkoušením a vyhodnocováním korozních zkoušek.

kondenzační komory, atmosférická stanice, koroze, nátěrové hmoty, trvanlivost povrchových ochranných

SUMMARY

The author has compared durability of seven paint systems with reduced environment impact. The tests have been performed in both, laboratory and operation conditions. The laboratory experiments have been conducted for 56 days in pure environment of condensation chamber with presence of SO₂. In-service testing has been carried out as a 10-year test in atmospheric station. The order of durability of individual systems has been established according to changes of decorative and protective properties in both environments. Calculated Sperman's coefficient of correlation $R = 0,143$ indicates that the results of laboratory tests are not relevant and usable for in-service conditions. This conclusion is in accordance with experiments performed in previous years.

The results of long-term experiments focused on durability of paint systems are reliable. The problem is that production formulas as well as hygienic and health requirements got changed during 10 years of testing. Also directions and rules for corrosion testing and evaluation have been changed.

LITERATURA

- COLORLAK profesionál ve světě barev, 2008: <http://www.colorlak.cz>
 FIALA, D., 1998: Trvanlivost povrchových ochranných se sníženou ekologickou zátěží v zemědělských provozech. Disertační práce MZLU Brno
 FILÍPEK, J., ŠČERBEJOVÁ, M., 1995: Porovnání laboratorních a provozních zkoušek nátěrových systémů. Mezinárodní vědecko-odborný seminář DIDMATTECH 95, Nitra, ISBN 80-8050-014-2
 ŠČERBEJOVÁ, M., FILÍPEK, J., 1993: Urychlené korozní zkoušky nátěrových hmot v kondenzačních

- komorách. Acta universitatis agriculturae, řada D, č. 1–4., s. 201–207
 ŠČERBEJOVÁ, M., FILÍPEK, J., 1993: Degradace nátěrových systémů při laboratorních zkouškách. DIDMATTECH 93, Nitra, ISBN 80-236-0045-1
 ŠČERBEJOVÁ, M., FILÍPEK, J., CHRÁST, V., 1995: Ochrana proti korozi nátěrovými hmotami v zemědělství s ohledem na ekologii a zdravotní nezávadnost. Vědecko-pedagogická konference ČZU Praha, ISBN 80-213-0230-5
 Koroze, 2008: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Koroze>
 PRŮŠEK, J. a kol. 1985: Hodnocení jakosti a účinnosti protikorozních ochranných strojrenských výrobků, SNTL Praha

Adresa

Doc. Ing. Josef Filípek, CSc., Ústav techniky a automobilové dopravy, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika