



Věnování

*Chtěl bych poděkovat lektorům
prof. RNDr. Příhodovi, CSc. z Ústavu chemie
Masarykovy univerzity a doc. Ing. Pacalovi, CSc.
z Ústavu materiálových věd a inženýrství
Vysokého učení technického v Brně za cenné
připomínky a možnost společné diskuse
některých dílčích částí rukopisu.*

*Na závěr nelze jinak než ocenit pochopení
a přístup mé ženy Jany. Bez její pomoci
by zpracování rukopisu nebylo možné.
A proto ji s díky tuto knihu věnuji.*

Autor

OCHRANA MATERIÁLŮ PROTI VLIVŮM PROSTŘEDÍ

(teorie a metody)

Ing. Jaromír Tulka, CSc.

Odborné recenze: doc. Ing. Bohumil Pacal, CSc. a prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.

1. vydání

Jaromír Tulka, 2021

ISBN 978-80-214-5879-6

ANOTACE

Tato e-kniha je zaměřena na problematiku znehodnocování a ochranu materiálů před vlivy různých prostředí. Nejprve je problematika systémově vysvětlena z hlediska interakce materiálu a agresivního média, dále jsou popsány základní principy mechanismu, kinetiky a forem znehodnocování jakosti materiálů, zejména koroze kovů, koroze polymerů v chemických prostředích a fotochemické degradace a stárnutí polymerů v atmosféře. V další části jsou popsány ochranné systémy proti znehodnocování, kde je kladen důraz na výběr odolných materiálů, konstrukční řešení, anorganické nekovové vrstvy, kovové a slitinové povlaky, organické nátěry, práškové a plastové povlaky. Kromě toho jsou v e-knize poskytnuty informace o dočasné ochraně při skladování a přepravě s důrazem na konzervaci, ochranné balení a technologii inhibice a destimulace korozních procesů v agresivních prostředích.

ANNOTATION

The e-book focuses on the issues of degradation and protection of materials from the effects of various environments. First, the problem is systematically explained in terms of the interaction of materials and aggressive media, and then the basic principles of the mechanism, kinetics and forms of material degradation, especially corrosion of metals, corrosion of polymers in chemical environments and photochemical degradation and ageing of polymers in the atmosphere, are described. Protection systems against deterioration are analysed in the following section, with an emphasis on the selection of resistant materials, design solutions, inorganic non-metallic layers, metal and alloy coatings, organic paints, powder and plastic coatings. In addition, the e-book provides information on temporary protection during storage and transport with an emphasis on conservation, protective packaging and technologies for inhibition and destimulation of corrosion processes in aggressive environments.

Obsah

1. ÚVOD	12
2. SYSTÉM ZNEHODNOCOVÁNÍ MATERIÁLŮ	18
2.1 Jakost výrobku	19
2.2 Odolnost výrobků proti vlivům prostředí	20
2.3 Definice systému	21
2.4 Složky systému	22
2.4.1 Materiálová složka	23
2.4.2 Povrchová úprava	27
2.4.3 Znehodnocující prostředí	29
2.5 Dominantní činitelé procesů znehodnocování	31
2.5.1 Činitelé materiálů	32
2.5.2 Činitelé konstrukce	35
2.5.3 Činitelé prostředí	36
2.5.4 Časový činitel	40
3. MECHANISMUS A KINETIKA ZNEHODNOCOVÁNÍ MATERIÁLŮ	41
3.1 Druhy procesů znehodnocování	42
3.2 Koroze kovů	42
3.2.1 Pojetí a definice koroze	42
3.2.2 Termodynamika a kinetika korozních procesů	43
3.2.3 Chemická koroze	44
3.2.4 Elektrochemická koroze	47
3.2.5 Vyjadřování míry koroze a převod základních jednotek	58
3.2.6 Korozní charakteristika vybraných kovů a slitin	58
3.3 Koroze polymerů v chemických prostředích	72
3.3.1 Mechanismus interakce polymerů s korozním prostředím	72
3.3.2 Interakce polymerů s fyzikálně aktivním prostředím	73
3.3.3 Interakce polymerů s chemicky aktivním prostředím	73
3.3.4 Odhad rozpustnosti polymerů v organických rozpouštědlech	75
3.3.5 Korozní charakteristika vybraných polymerů	77
3.4 Fotochemická degradace a stárnutí polymerů	82
3.4.1 Mechanismus a kinetika fotodegradace polymerů	84
3.4.2 Vliv kombinace kyslíku a světla (fotooxidace)	85
3.4.3 Atmosférické stárnutí vybraných polymerů	87
3.5 Biologické znehodnocování	91
4. FORMY ZNEHODNOCOVÁNÍ MATERIÁLŮ	93
4.1 Rovnoměrné formy	94
4.1.1 Rovnoměrná koroze kovů	95
4.1.2 Rozpouštění plastů	96
4.2 Nerovnoměrné formy	97
4.2.1 Skvrnité napadení	97

4.2.2 Důlkové napadení	97
4.2.3 Bodové napadení	98
4.2.4 Štěrbínové napadení	98
4.3 Strukturní formy	99
4.3.1 Mezikrystalová koroze	99
4.3.2 Transkrystalová koroze	99
4.3.3 Korozní únava	100
4.3.4 Jiná znehodnocení	100
5. PRINCIPY A METODY OCHRANY MATERIÁLŮ PROTI ZNEHODNOCOVÁNÍ	107
5.1 Vztah jakosti a ochrany materiálů	108
5.2 Volba ochranných systémů	109
5.3 Základní rozdělení ochranných systémů	112
5.3.1 Funkce ochranných opatření	112
5.3.2 Materiálová a technologická podstata ochranných opatření	112
5.3.3 Dlouhodobost ochranných opatření	112
5.3.4 Kompatibilita ochranných opatření	112
5.4 Druhy ochranných opatření	113
5.4.1 Výběr odolného materiálu	113
5.4.2 Konstrukční řešení	114
5.4.3 Ochranné vrstvy a povlaky	115
5.4.4 Pasivita kovů	117
5.4.5 Inhibice korozního procesu	120
5.4.6 Destimulace znehodnocujícího prostředí	128
5.4.7 Antioxidace	128
5.4.8 Absorpce UV záření	129
5.4.9 Stabilizace pigmenty	129
5.5 Předúpravy materiálů	129
5.5.1 Mechanické předúpravy	131
5.5.2 Chemické a elektrochemické předúpravy	134
5.5.3 Sdružené předúpravy	137
6. ANORGANICKÉ NEKOVOVÉ VRSTVY A POVLAKY	139
6.1 Vrstvy zhotovované chemicky	140
6.1.1 Fosfátové vrstvy	140
6.1.2 Oxidové vrstvy	142
6.1.3 Silikátové vrstvy	144
6.1.4 Modifikace rzi	145
6.1.5 Patinování	147
6.1.6 Chemické barvení	147
6.1.7 Studené černění	147
6.1.8 Kovářské černění (karbonování)	147
6.2 Vrstvy zhotovované elektrochemicky	148
6.2.1 Vrstvy zhotovované anodickou oxidací	148

6.2.2 Chromátové vrstvy	150
6.3 Vrstvy bez sloučenin chromu	151
7. KOVOVÉ, SLITINOVÉ A KOMPOZITNÍ POVLAKY	152
7.1 Základy zhotovování povlaků	155
7.1.1 Chemické bezproudové pokovování	157
7.1.2 Elektrolytické pokovování	157
7.1.3 Zhotovování povlaků žárovým ponorem	160
7.1.4 Plátování	161
7.1.5 Mechanické pokovování	161
7.2 Povlaky niklu a slitin niklu	161
7.2.1 Niklové povlaky	161
7.2.2 Slitinové povlaky na bázi niklu	164
7.3 Povlaky chromu a slitin chromu	166
7.3.1 Chromové povlaky	166
7.3.2 Slitinové povlaky na bázi chromu	168
7.4 Povlaky zinku a slitin zinku	169
7.4.1 Zinkové povlaky	169
7.4.2 Slitinové povlaky na bázi zinku	172
7.5 Povlaky ušlechtilých kovů	174
7.5.1 Měděné povlaky	174
7.5.2 Slitinové povlaky na bázi mědi	175
7.5.3 Stříbrné povlaky	175
7.5.4 Slitinové povlaky na bázi stříbra	176
7.5.5 Zlaté povlaky	176
7.5.6 Slitinové povlaky na bázi zlata	176
7.5.7 Rhodiové povlaky	176
7.6 Disperzní (kompozitní) povlaky	176
7.6.1 Obecný popis a charakteristika	177
7.6.2 Kompozitní povlaky na bázi niklu	178
7.6.3 Kompozitní povlaky na bázi stříbra	179
7.6.4 Kompozitní povlaky na bázi mědi	180
7.6.5 Kompozitní povlaky na bázi chromu	180
7.6.6 Kompozitní povlaky na bázi hliníku	180
8. ORGANICKÉ POVLAKY (NÁTĚROVÉ SYSTÉMY)	181
8.1 Rozdělení a označování nátěrových hmot a nátěrových systémů	182
8.1.1 Základní pojmy	182
8.1.2 Rozdělení nátěrových hmot	184
8.1.3 Základní označování nátěrových hmot	186
8.2 Filmotvorné materiály	187
8.2.1 Asfalty	188
8.2.2 Nitrocelulózy	188
8.2.3 Chlorkaučuky	188

8.2.4 Silikony	188
8.2.5 Ethylsilikáty	188
8.2.6 Alkydové pryskyřice	189
8.2.7 Epoxidy	189
8.2.8 Polyurethany	189
8.3 Úloha pigmentů a plniv v nátěrech	189
8.3.1 Obecné zásady pigmentace	190
8.3.2 Kritická objemová koncentrace pigmentů	190
8.4 Aditiva v nátěrech	191
8.4.1 Sušidla	192
8.4.2 Dispergační aditiva	192
8.5 Fermeže a laky	193
8.5.1 Fermeže čisté	193
8.5.2 Fermeže úsporné	193
8.5.3 Laky rostlinné a syntetické	193
8.5.4 Laky lazurovací	194
8.6 Barvy, emaily a tmely	195
8.6.1 Barvy základní	196
8.6.2 Barvy podkladové (vyrovnávací)	196
8.6.3 Barvy vrchní	196
8.6.4 Emaily	196
8.6.5 Metalízy	197
8.6.6 Nano nátěrové hmoty	197
8.6.7 Tmely	197
8.6.8 Ředidla	197
8.6.9 Tužidla	198
8.6.10 Odstraňovače nátěrů	198
8.7 Práškové plasty	199
8.7.1 Terminologie	200
8.7.2 Rozdělení práškových plastů	201
8.7.3 Zhotovování povlaků práškových plastů	202
8.8 Vybrané nátěrové systémy	203
8.8.1 Nátěrové systémy na kovy	205
8.8.2 Nátěrové systémy na dřevo	206
8.8.3 Nátěrové systémy na plasty	208
8.8.4 Aplikace nátěrových hmot	208
8.8.5 Výpočet teoretické vydatnosti nátěrových hmot	212
9. PLASTOVÉ POVLAKY	214
9.1 Vlastnosti plastových povlaků	215
9.2 Povlaky PVC	215
9.3 Povlaky PA	216
9.4 Povlaky PE-CTFE	216

9.5 Povlaky PTFE	216
10. SMALTY.....	217
11. NAPOUŠTĚNÍ, IMPREGNACE A IZOLACE	219
11.1 Napouštění.....	220
11.2 Impregnace	220
11.2.1 Impregnace anorganických vrstev	220
11.2.2 Impregnační oleje	221
11.3 Izolační povlaky	221
12. DOČASNÁ OCHRANA PROTI ZNEHODNOCOVÁNÍ	223
12.1 Konzervace kovových výrobků.....	224
12.1.1 Konzervační prostředky rozpouštědlové	225
12.1.2 (Provozně) konzervační prostředky bez rozpouštědel	225
12.1.3 Konzervační prostředky vodou ředitelné	226
12.2 Ochranné balení.....	226
12.2.1 Vodotěsné balení	226
12.2.2 Parotěsné balení	226
12.2.3 Obaly s destimulačním účinkem	226
12.2.4 Obaly s inhibičním účinkem	229
12.3 Kontrola vlhkosti při přepravě a skladování	231
12.4 Jiné formy destimulace	232
POUŽITÉ ZDROJE	234

1

ÚVOD

Znehodnocování a ochrana materiálů proti vlivům prostředí úzce souvisí s rostoucí schopností člověka ovládat přírodní procesy a přizpůsobovat si životní prostředí svým potřebám. Jeho počátky zasahují až do starší doby kamenné, kdy prvotní člověk, zmaten záhadami přírodních jevů, si nejprve začínal vytvářet účelové umění, které sloužilo potřebám života obdobně jako primitivní nástroje a zbraně. Dokumentují to ojedinělé skalní malby převážně se zvířecími motivy.



Obrázek 1.1–1.3
Jeskynní malby ve Dvoraně býků Lascaux s použitím přírodních pigmentů.
Volně přístupný zdroj www.lascaux-dordogne.com/en/lascaux-cave.

Na stěnách jeskyně Lascaux v jihozápadní Francii se nachází několik set maleb a rytin z období magdalénienu, jejichž stáří se odhaduje na 15 000 až 17 000 let. Ve Dvoraně býků jsou malby na stěnách zhotoveny výrazně cihlově červenými, okrově žlutými, hnědočernými a černými barevnými odstíny přírodních pigmentů (viz Obrázek 1.1–1.3).

Ale nejedná se jen o účelové umění. Jak je zřejmé z některých kreseb, člověk používal k lovu primitivní nástroje a zbraně a bezpochyby bylo lidstvo již v počátku používání přírodních materiálů postaveno před vážný problém jejich nízké odolnosti a samovolného znehodnocování. Dřevo, které postupně používal v širokém měřítku, podléhalo vlivem atmosférických vlivů, vody, půdy rychlému znehodnocení. Ovšem natírané přírodními pryskyřicemi, získanými z některých stromů, bylo mnohem odolnější, neboť tato úprava zabraňovala pronikání vody do jeho povrchu (viz Obrázek 1.4).



Obrázek 1.4 Kaučukovník brazilský je zdrojem kaučuku, jedné z prvotních surovin potřebné k výrobě polymerů.

Člověk tak začal postupně využívat přírodních pryskyřic k ochraně přístřeší, lodí, válečné výzbroje a výstroje i jiných dřevěných a posléze kovových výrobků proti destrukčním účinkům okolního prostředí. Poznatky o možnostech dekorativních povrchových úprav se tak rozšířily o znalosti, že výrobky je nutné chránit proti znehodnocování.

Další vývoj procesů znehodnocování a ochrany materiálů proti znehodnocování byl později výrazně ovlivněn obdobím, kdy člověk poznal možnost získání kovů tavením rud. Lidstvo totiž v počátku používání kovů (bronzu asi 2500 let a železa asi od 1500 let př. n. l.) bylo konfrontováno také i s jejich rozrušováním, a postaveno před vážný problém zamezit jejich nízké odolnosti a samovolnému znehodnocování.

Člověk, který již dříve při využívání dřeva poznal, že proti znehodnocování je možné se bránit, začal poznatky o využívání pryskyřic a jiných přírodních ochranných materiálů využívat i pro ochranu kovových předmětů. Významné bylo např. použití známého pigmentu suříku, vyznačujícího se vynikajícími antikorozními vlastnostmi při ochraně železných kovů. Je zajímavé, že mechanismus ochrany železa suříkem, označovaným též minium, jako inhibitoru koroze do nátěrových hmot pro železné konstrukce nebyl dosud zcela objasněn a překonán. Bohužel jeho používání je omezeno toxicitou olova.

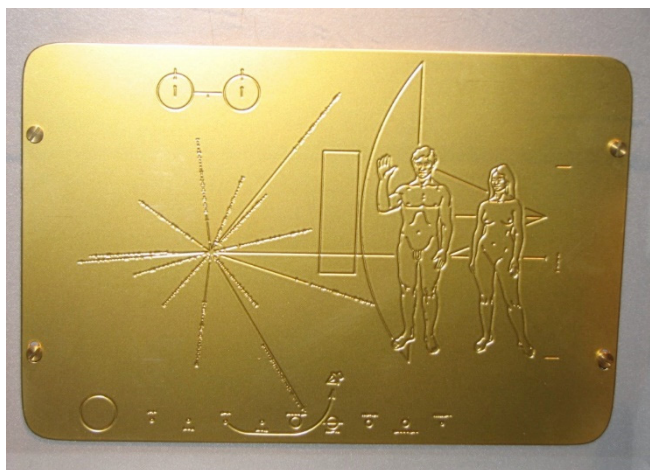
Celá další staletí se pod označením konstrukční materiály rozuměly především dřevo a kovy. Použití jiné skupiny materiálů se obvykle datuje od 15. století, kdy Kryštof Kolumbus přivezl do Evropy přírodní surový kaučuk, využívaný dodnes k výrobě polymerů. Avšak širokého rozmachu polymerní materiály dosáhly až po druhé světové válce, zejména od roku 1950. Tak podmínky pro rozšíření sortimentu konstrukčních materiálů byly, vedle vývoje nových kovových materiálů, ovlivněny především rozvojem průmyslové výroby polymerů. Dnes existují možnosti využití širokého portfolia konstrukčních kovových a polymerních materiálů, případně jejich kombinací ve formě materiálů laminovaných a kompozitních.

To přináší i vážné problémy se znehodnocováním kovů, polymerů i jejich kombinací v rozmanitých prostředích a následně i s řešením ochranných systémů zamezujících postupnému znehodnocování výrobků, v krajním případě i haváriím. Řešení tohoto fenoménu je o to složitější, že mechanismy znehodnocování polymerů jsou zcela odlišné od mechanismů znehodnocování kovů.

V současné době je problematika znehodnocování kovových a polymerních materiálů a jejich ochrany proti vlivům prostředí relativně samostatným, velmi významným interdisciplinárním oborem. Využitím moderních technologií účelově projektovaných ochranných systémů lze dosáhnout nejen ochrany proti vlivům prostředí, ale zcela netradičních a zcela ojedinělých vlastností povrchu materiálů.

Ne vždy je však řešení optimální ochrany kovových nebo polymerních materiálů snadné, neboť nejsou vždy dostupné relevantní informace. Příkladem může být americká sonda Jupiter-Pioneer F, která odstartovala v roce 1972 z Kennedyho mysu na cestu dlouhou 10 000 miliard kilometrů mimo naši sluneční soustavu.

Na palubě bylo poselství cizím inteligencím, navržené astrofyziky C. Saganem a F. Drakem ve formě znakového kosmického písma a z hlediska nejvyšší předpokládané odolnosti vůči neznámému prostředí řešeno destičkou z čistého hliníku pokrytého zlatem (viz Obrázek 1.5).

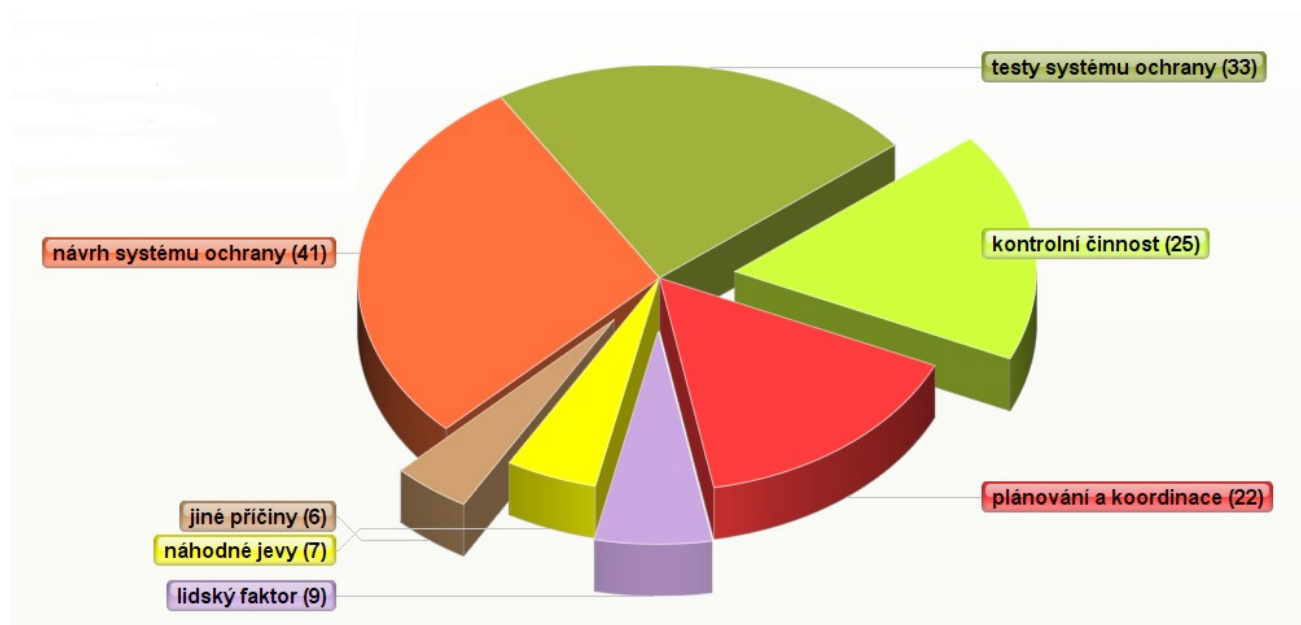


Obrázek 1.5 Poselství cizím inteligencím na destičce z čistého hliníku pokrytého zlatem.

Řešení složitých vztahů mezi materiálem, znehodnocujícím prostředím a případnou ochranou je v současnosti především vedeno snahou o dosažení požadované jakosti zhotoveného výrobku, zejména jeho spolehlivosti a estetické úrovně za daných podmínek, a to z hlediska druhu materiálu a jeho zpracování, vlivů prostředí i z hlediska časového intervalu znehodnocování. Přitom řešení musí respektovat požadavky na bezpečnost práce a hygienu, životní prostředí a nesporně významné požadavky ekonomické.

Vzhledem k složitosti procesu znehodnocování materiálů, zahrnujícím různé chemické, elektrochemické, a dokonce i biologické reakce a mechanické vlivy, stojí tento destruktivní proces každý rok v mnoha průmyslových odvětvích miliony dolarů. Tak jen ztráty koroze, podle zprávy Národní asociace korozních inženýrů NACE, zaměřené na mezinárodní opatření v oblasti prevence, uplatňování a ekonomii korozní technologie (IMPACT), se celosvětově odhadují na 3,4 % globálního hrubého domácího produktu (2016).

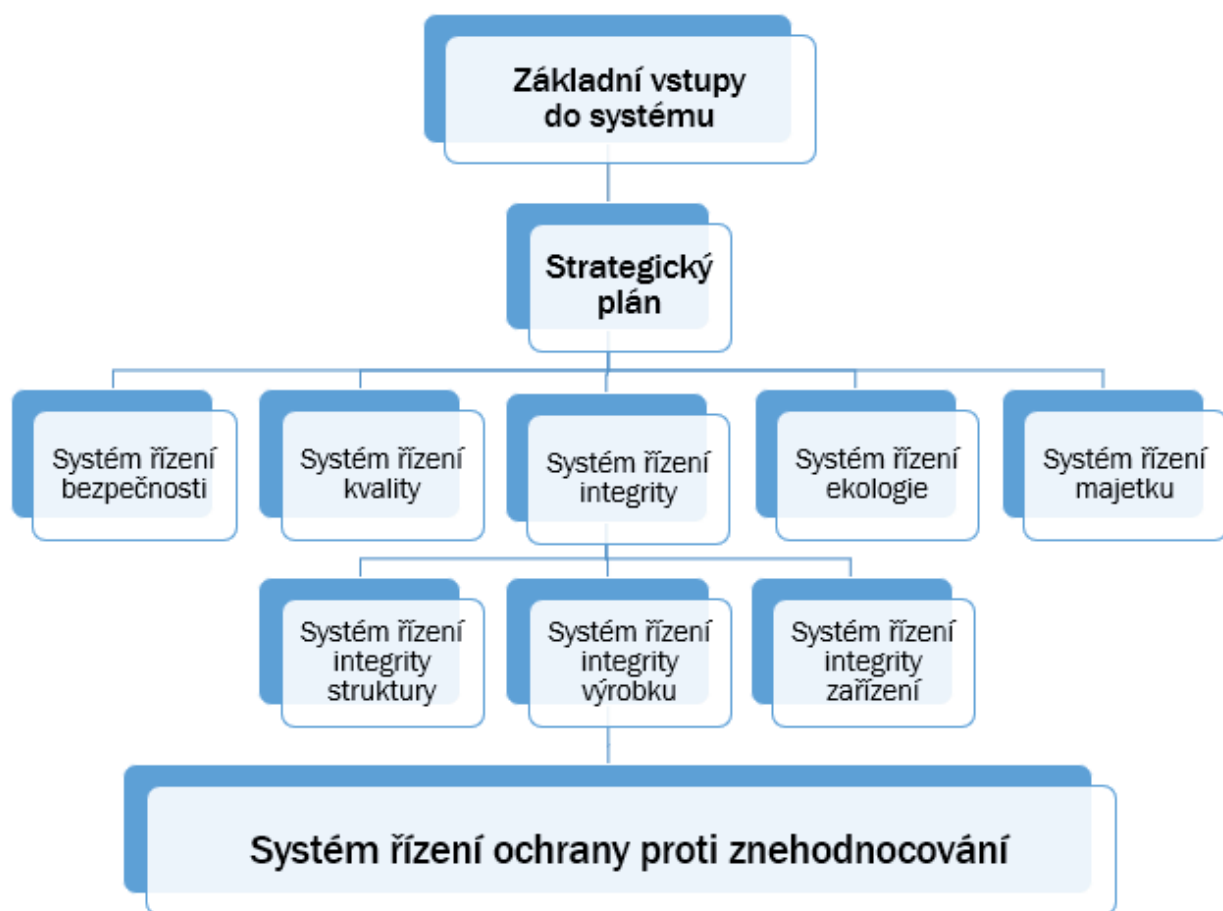
Zpráva uvádí, že použitím dostupných opatření proti korozi v praxi by bylo možné podle odhadů realizovat úspory ve výši 15 až 35 % nákladů na korozi (viz Obrázek 1.6). Přitom do těchto nákladů nejsou zahrnuty náklady na zabezpečování bezpečnosti lidí a životního prostředí.



Obrázek 1.6 Náklady realizace systému ochrany proti znehodnocování (%) podle zprávy NACE (Národní asociace korozních inženýrů) z roku 2016.

Současně s řešením problémů nedostatečného kvalifikovaného přístupu k řešení ochrany proti znehodnocování materiálů ale roste poptávka po nových materiálových technologiích, metodách ochrany proti znehodnocování a hodnoticích přístupech. Tento rozpor vyžaduje komplexní řešení.

Úloha interdisciplinárního oboru znehodnocování a ochrany materiálů proti vlivům prostředí je významná již v etapě projektování a přípravy výroby, dále v celém technologickém řetězci výroby, při skladování, přepravě, provozu, i v procesu oprav a ošetřování chráněných výrobků při skladování a přepravě. Z tohoto pohledu je, jak uvádí NACE, implementace systémů řízení ochrany materiálů proti znehodnocování do systémů řízení každé organizace naprosto zásadní technický, ekonomický a ekologický úkol (viz Obrázek 1.7).



Obrázek 1.7 Vztah řízení organizace a řízení ochrany proti znehodnocování.

Ne vždy je však tomuto problému přikládán dostatečný význam. Je to dáno postavením problematiky znehodnocování materiálů a ochranných úprav v celém procesu technologie výroby: ochranné systémy zpravidla tvoří závěrečnou etapu, principiálně odlišnou od hlavní nosné technologie. Tak se stává, že již vstupní materiálové řešení a konstrukce výrobku nejsou z hlediska potřeb ochrany proti znehodnocování a technologie zhotovování povrchové úpravy vyhovující, odolnost výrobku klesá pod požadovaný limit, použitý ochranný systém je mnohdy nekvalitní, nebo v krajním případě dokonce nelze ochranný systém kvalitně provést vůbec, případně je neschůdná jeho repase.

Tato publikace si klade za cíl seznámit čtenáře se základními principy a formami znehodnocování materiálů, především kovových a polymerních, a s vybranými typy ochranných systémů proti znehodnocování vlivem chemických prostředí a atmosféry.

2

SYSTÉM ZNEHODNOCOVÁNÍ MATERIÁLŮ

V širším slova smyslu se znehodnocováním rozumí proces, kterým se stává předmět znehodnocování méně hodnotným, nebo dokonce bezcenným. Tak se hovoří zcela běžně o znehodnocování měny vlivem inflace, vlivem znehodnocování okolním prostředím se stávají často nepoživatelné potraviny apod.

U technicky významných materiálů dochází znehodnocováním vlivem okolního prostředí především ke snižování nebo ztrátě užitných vlastností. Druh a rozsah vznikající jevové formy znehodnocování je určován podmínkami a základními činiteli procesu znehodnocování:

- konstrukčním materiálem,
- konstrukčním řešením,
- prostředím,
- podmínkami, za kterých interakce probíhá.

Řešení každého problému znehodnocování musí být proto založeno na analýze komplexního systému ve všech jeho složkách a vzájemných vazbách základních činitelů procesu, zejména z pohledu spolehlivosti výrobku pro dané určení.

2.1 Jakost výrobku

V obecné rovině teorie spolehlivosti je spolehlivost definována jako souhrn vlastností výrobku, které mu umožňují plnit během požadované doby stanovené funkce, a to při zachování podmínek daných normativní dokumentací. Jako základní pojmy zde vystupují dílčí vlastnosti ovlivňující provozní spolehlivost, z nichž za rozhodující, ve vztahu k znehodnocování prostředím, se považuje zejména životnost, bezporuchovost, udržitelnost a skladovatelnost – viz Tabulka 2.1.

Specifikace jednotlivých vlastností vyjadřujících způsobilost výrobku plnit funkce, pro které je určen, musí najít svůj odraz ve zhodnocení jeho souhrnné užitné hodnoty. Ta však není určována pouze provozní spolehlivostí. Užitná hodnota je u řady výrobků dána též např. estetickým vzhledem, u složitějších výrobků jeho vybavením příslušenstvím a náhradními díly a celou řadou dalších parametrů.

Tabulka 2.1

Základní charakteristiky spolehlivosti při znehodnocování výrobků.

Charakteristika	Složky charakteristik spolehlivosti		
	Charakteristika 1	Charakteristika 2	Charakteristika 3
Životnost	Technický život	Morální život	Životnost systému ochrany proti znehodnocování
Bezporuchovost	Pravděpodobnost poruch	Intenzita poruch	Rozsah poruch
Opravitelnost	Střední doba oprav	Intenzita oprav	Rozsah oprav
Udržitelnost	Střední doba údržby	Rozsah údržby výrobku	Rozsah údržby systému ochrany proti znehodnocování

Tato syntéza, souhrnné zhodnocení užitné hodnoty, představuje pojem „jakost“. Terminologické vymezení pojmu se ustálilo na formulaci, že jde o „souhrn funkčních, vzhledových a provozně spolehlivostních vlastností hodnocených s ohledem na stupeň technického vývoje a ekonomiky výroby a služeb“. Znehodnocování materiálů (výrobků) vlivem prostředí má se souhrnnou jakostí výrobků úzkou souvislost. Znehodnocována může být technická úroveň funkce, spolehlivost výrobku i jeho estetický

vzhled. Znehodnocování může též ovlivňovat ekonomii výroby, zvyšuje nároky na termíny a rozsah nutného servisu a oprav, zasahuje do životního prostředí, ohrožuje bezpečnost provozu aj.

2.2 Odolnost výrobků proti vlivům prostředí

Odolnost výrobků proti vlivům prostředí sice není dílčí vlastností provozní spolehlivosti, může však mít bezprostřední vliv (často zásadní) na rozhodující i druhotné složky spolehlivosti. Aby tento negativní vliv znehodnocování byl v technicky významné míře eliminován, je nutné znehodnocování blíže kvantifikovat, vymezit znaky znehodnocení a pro konkrétní výrobek vymezené znaky znehodnocení dostatečně podrobně charakterizovat.

Obecně se odolnost proti vlivům prostředí definuje jako vlastnost materiálu (výrobku) odolávat vlivům znehodnocujícího prostředí. Pokud se však vzhledem k mnohotvárnosti znehodnocujících procesů nerozumí materiálem konkrétní výrobek a odolnost není vztažena k jeho funkcím jednoznačného určení ve vymezených podmínkách výroby, provozu, skladování, přepravy nebo oprav, má specifikace odolnosti proti vlivům prostředí málo relevantní charakter.

Přřazení odolnosti ke konkretizované funkci a účelu použití spočívá především ve vymezení zakázaných projevů znehodnocení, které ovlivňují jakost výrobku v technicky významné míře. Platí, že pokud není vymezen projev znehodnocení znakem znehodnocení, postrádá pojem odolnost proti vlivům prostředí smysl. To je zřejmé např. u estetické funkce, kdy projevem znehodnocení u povrchové úpravy je požadavek zabránit ztrátě lesku. Pokud tento projev znehodnocení není kvantifikován např. maximální možnou hodnotou snížení lesku z původní hodnoty o zcela určitou hodnotu, není znehodnocování dostatečně vymezeno.

Základní vybrané znaky znehodnocení a jejich technický význam (ovlivnění funkce a estetiky výrobku) jsou uvedeny v Tabulce 2.2.

Tabulka 2.2

Příklady základních vlastností materiálů ovlivňované znehodnocováním.

Znaky znehodnocování/znehodnocení	Vlastnost materiálu ovlivňovaná znehodnocováním/znehodnocením
Průnik koroze	Změna mechanických vlastností
Rozměrové změny – bobtnání, respektive smrštění	Změna těsnosti systému
Oxidová/korozní vrstva	Změna teplosměnných vlastností
Mezikrystalové korozní praskání	Změna mechanických vlastností
Transkrystalové korozní praskání	Změna mechanických vlastností
Zkřídovatění nátěru	Změna estetické funkce
Puchýřovatění nátěru	Změna ochranné funkce
Ztráta lesku	Změna estetické funkce
Vznik trhlinek v plástu	Změna mechanických vlastností

Situace je složitější v těch případech, kdy u výrobku není dostačující pouze jeden znak znehodnocení, ale od výrobku, respektive od povrchové úpravy se vyžaduje eliminování nežádoucích projevů, které jsou vymezeny několika znaky znehodnocení. To v praxi bývá obvyklé, např. u auta nechceme jen perfektní jízdní vlastnosti, ale i dostatečnou životnost různých agregátů a povrchové úpravy.

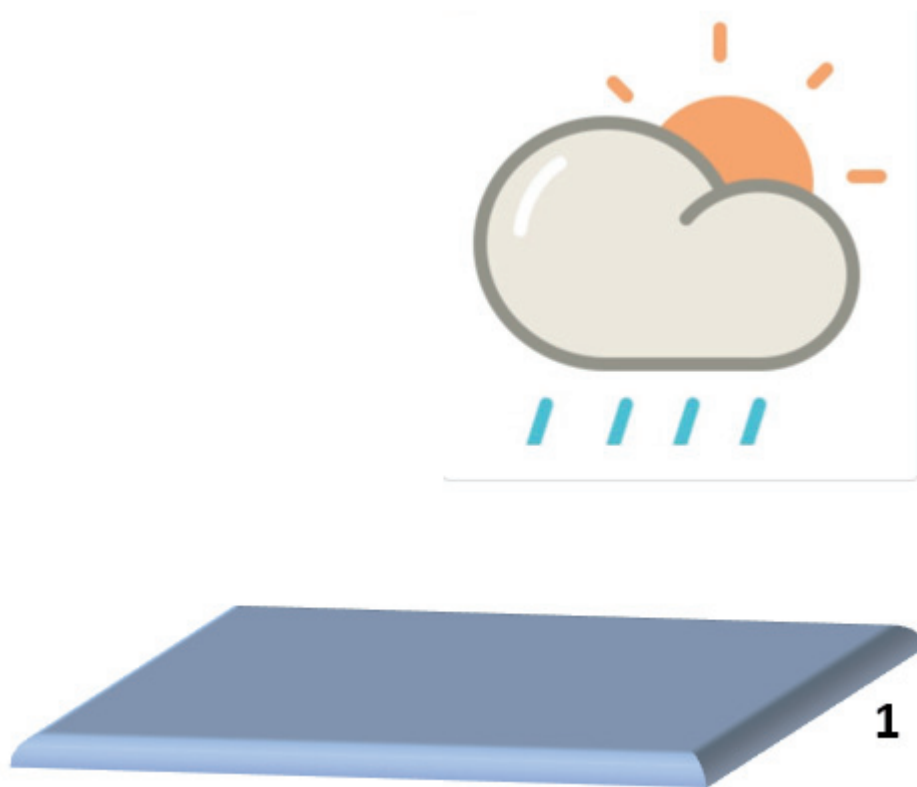
2.3 Definice systému

Z hlediska potřeb dalšího výkladu bude předmětem sledování materiál, případně výrobek, jehož prvky nebo celá soustava jsou zhotoveny z jednoho nebo více materiálů. Výrobek může obsahovat některé dílčí prvky nebo povrchové úpravy z kovu, slitiny, polymeru, organického nebo kovového povlaku aj. materiálů, přičemž tyto materiály samostatně nebo v kombinaci nemusí, ale mohou výrazně ovlivnit chování výrobku jako celku v znehodnocujícím prostředí.

SYSTÉM ZNEHODNOCOVÁNÍ

Soustava dvou základních podsystémů, a to výrobku a prostředí, ve které dochází vzájemnou interakcí k procesu znehodnocování v určitém časovém intervalu, přičemž v průběhu času mohou být podmínky interakce značně proměnlivé.

Systém může zahrnovat pouze materiálovou složku bez jakékoliv úpravy (Obrázek 2.1), nebo může být upraven též povrchovou úpravou (Obrázek 2.2). Také prostředí je značně rozmanité: kapalné nebo plynné, vodné i nevodné, kyselé, neutrální a alkalické aj. Při procesu znehodnocování tak může docházet k řadě variant interakcí materiálu, respektive upraveného materiálu, s prostředím.

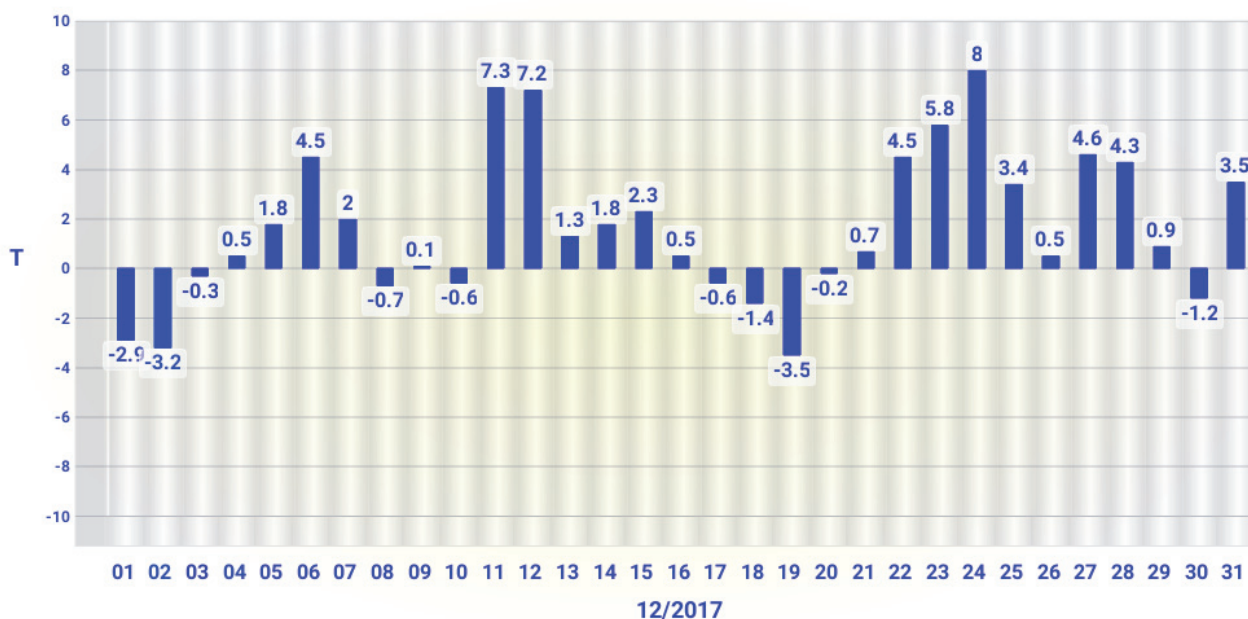


Obrázek 2.1 Vzájemná interakce systému materiál (1)/prostředí.



Obrázek 2.2 Vzájemná interakce systému materiál (1) / povrchová úprava (2) / prostředí.

V některých případech jsou podmínky interakce známy (teplota, tlak, hydrodynamika aj.), v jiných případech jsou podmínky proměnlivé bez možnosti jejich ovlivnění (atmosférické podmínky – teplota a vlhkost vzduchu, sluneční záření, srážky atd.). Příklad pro měsíční změny teploty vzduchu v Brně je uveden na Obrázku 2.3.



Obrázek 2.3 Změny teploty vzduchu T (°C) – Brno, prosinec 2017.

2.4 Složky systému

Již bylo uvedeno, že systém znehodnocování je soustavou dvou základních podsystémů, a to materiálu (výrobku) a prostředí. Tyto podsystémy jsou vzhledem k jejich důležitosti dále blíže popsány.

2.4.1 Materiálová složka

Základní fyzikální, chemické a technologické vlastnosti materiálů (výrobků), ovlivňované znehodnocováním vlivem prostředí, jsou uvedeny v Tabulce 2.3.

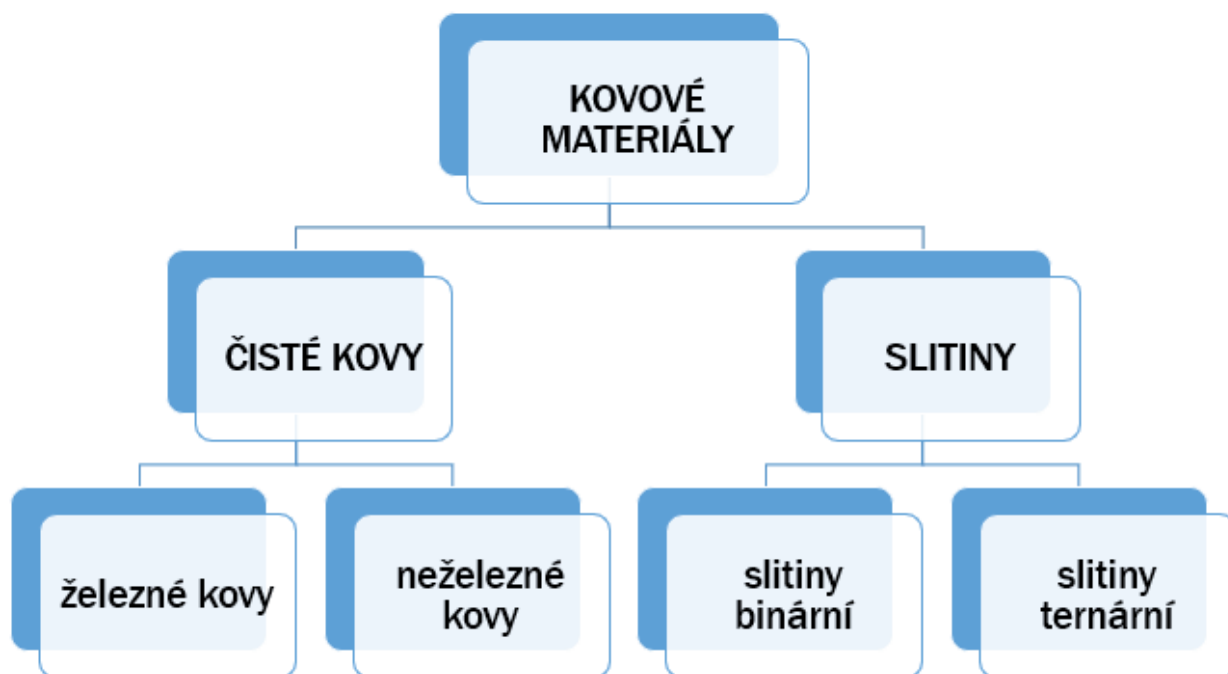
Tabulka 2.3

Základní vlastnosti materiálů ovlivňované znehodnocováním.

Vlastnosti mechanické	Vlastnosti fyzikální	Vlastnosti chemické	Vlastnosti technologické	Odolnost materiálů
Pevnost	Barevný odstín	Složení	Obrábění	Odolnost vůči vodě
Tvrdost	Lesk	Struktura	Svařování	Odolnost vůči atmosféře
Pružnost	Vodivost			Odolnost vůči chemikáliím
Plasticita	Magnetismus			Odolnost vůči palivům
Houževnatost				Odolnost vůči rozpouštědlům
				Odolnost vůči čisticím médiím

Kovové materiály

Mezi základní kovové materiály patří železné kovy (ocel, litina), neželezné kovy (hliník, zinek, měď, chrom, stříbro aj.) a slitiny těchto kovů, např. slitiny mědi (mosaz, bronz) – viz Obrázek 2.4.

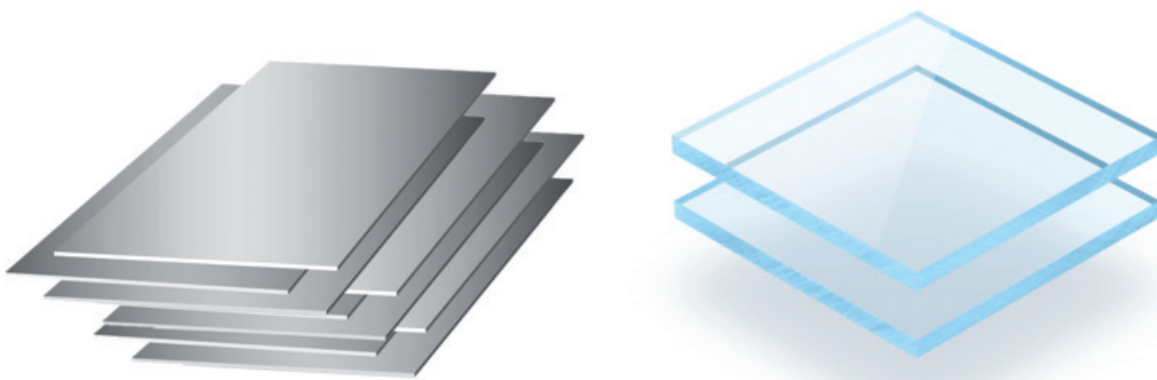


Obrázek 2.4 Základní rozdělení kovových materiálů na kovy a slitiny.

Kovové materiály se liší mechanickými a technologickými vlastnostmi, fyzikálními a chemickými charakteristikami, a to i ve srovnání s polymery. Na Obrázku 2.5 jsou ukázky rozdílu mezi kovovým materiálem (korozi-vzdornou ocelí) a polymerním materiálem (transparentním fluorescenčním akrylátem).

Železné kovy

Zatímco jako železo je název používán pro chemický prvek značky Fe, ocel je označení pro technicky významné materiály, ve kterých je železo legováno uhlíkem a dalšími prvky v širokém rozmezí výsledných vlastností. Oceli jsou nejčastěji používanými kovovými materiály. Z pohledu znehodnocování jsou významné především nelegované oceli (nizkouhlíkové oceli), dále oceli legované a oceli korozivzdorné.



Obrázek 2.5 Rozdíl materiálů (vlevo – korozivzdorná ocel; vpravo – akrylátový polymer).

Nelegované oceli

Slitina železa a uhlíku s obsahem uhlíku do 2 %, přičemž hmotnostní podíl železa je větší než jakéhokoliv jiného prvku. Obsah doprovodných prvků musí být podle ČSN EN 10020 nižší, než je maximální normovaná hodnota. Mezi nelegované oceli patří podle normy oceli třídy 10 až třídy 12. Příkladem je chemické složení velmi často používané nizkouhlíkové konstrukční oceli ČSN EN 11 375 (viz Tabulka 2.4).

Tabulka 2.4

Chemické složení konstrukční oceli ČSN 11 375.

Materiál	Obsah složek v oceli [%]			
	C	P	S	N
Ocel 11 375	0,170 max.	0,045 max.	0,045 max.	0,007 max.

Oceli třídy 10

Nelegovaná konstrukční ocel, u které není zaručeno chemické složení a která má vesměs nízký obsah uhlíku. Jedná se o ocel používanou pro různé stavební a strojní konstrukce. Dělí se na: konstrukční oceli s odstupňovanou pevností, oceli na kolejnice, betonářské oceli a oceli proti atmosférické korozi (malé množství mědi nebo chromu).

Oceli třídy 11

Nelegovaná konstrukční ocel, u které je zaručen určitý obsah fosforu a síry. Nehodí se pro tepelné zpracování, proto se používá pouze pro méně namáhané součásti.