



**OCHRANA  
MATERIÁLŮ  
PROTI  
VLIVŮM  
PROSTŘEDÍ**

(teorie a metody)

Jaromír Tulka



VUTIU

## *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

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>2. SYSTÉM ZNEHODNOCOVÁNÍ MATERIÁLŮ</b> .....	<b>18</b>
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
<b>3. MECHANISMUS A KINETIKA ZNEHODNOCOVÁNÍ MATERIÁLŮ</b> .....	<b>41</b>
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
<b>4. FORMY ZNEHODNOCOVÁNÍ MATERIÁLŮ</b> .....	<b>93</b>
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
<b>5.</b>	<b>PRINCIPY A METODY OCHRANY MATERIÁLŮ PROTI ZNEHODNOCOVÁNÍ. ....</b>	<b>107</b>
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
<b>6.</b>	<b>ANORGANICKÉ NEKOVOVÉ VRSTVY A POVLAKY .....</b>	<b>139</b>
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
<b>7. KOVOVÉ, SLITINOVÉ A KOMPOZITNÍ POVLAKY</b>	<b>152</b>
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
<b>8. ORGANICKÉ POVLAKY (NÁTĚROVÉ SYSTÉMY)</b>	<b>181</b>
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 Filtrovací 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
<b>9. PLASTOVÉ POVLAKY . . . . .</b>	<b>214</b>
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
<b>10. SMALTY .....</b>	<b>217</b>
<b>11. NAPOUŠTĚNÍ, IMPREGNACE A IZOLACE .....</b>	<b>219</b>
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
<b>12. DOČASNÁ OCHRANA PROTI ZNEHODNOCOVÁNÍ .....</b>	<b>223</b>
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
<b>POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>234</b>

# 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](http://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 destruktivním 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.

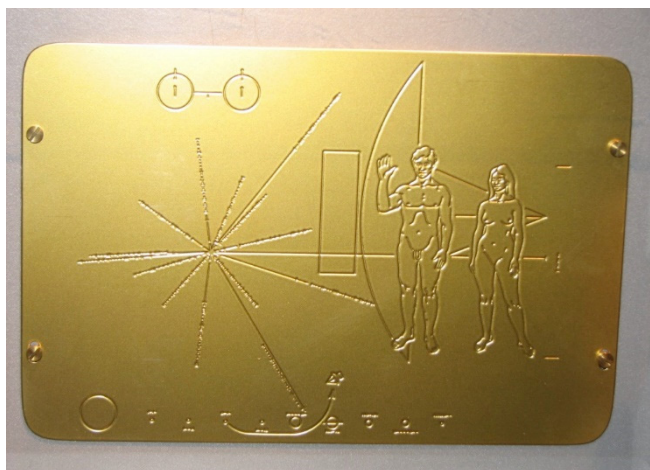
Celá další staletí se pod označením konstrukční materiály rozuměly především dřevo a kovy. Použití jiné skupiny materiálů se obvykle datuje od 15. století, kdy Kryštof Kolumbus přivezl do Evropy přírodní surový kaučuk, využívaný dodnes k výrobě polymerů. Avšak širokého rozmachu polymerní materiály dosáhly 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).



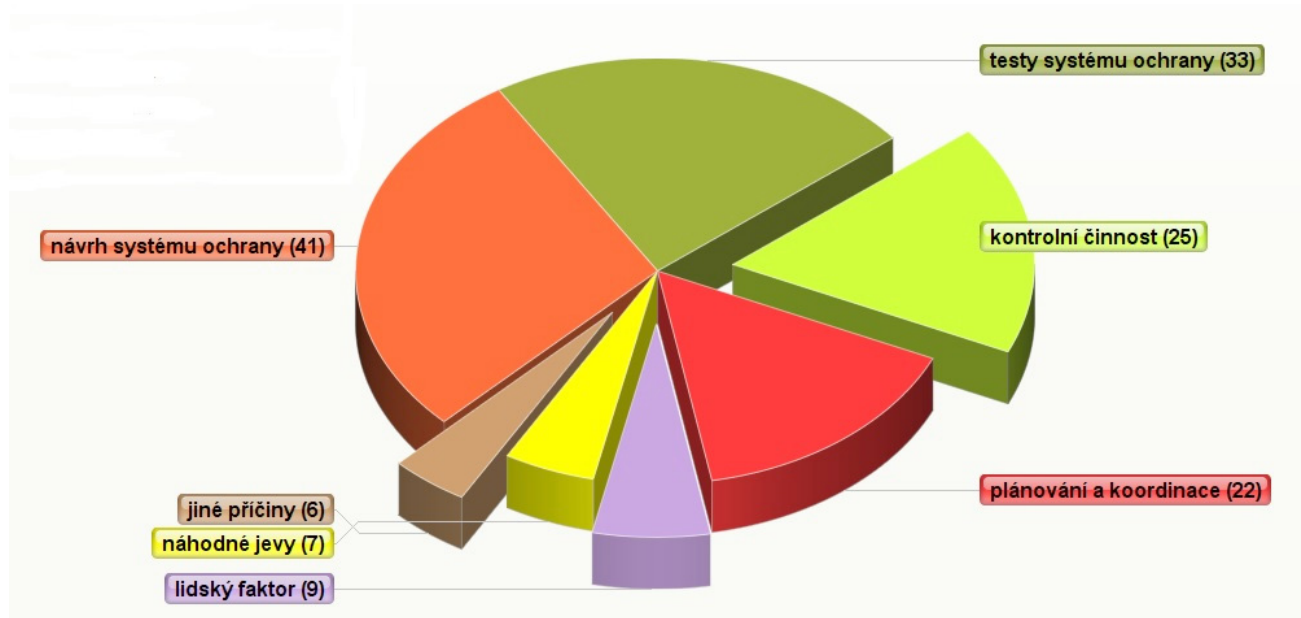
Obrázek 1.5 Poselství cizím inteligencím na destičce z čistého hliníku pokrytého zlatem.



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).

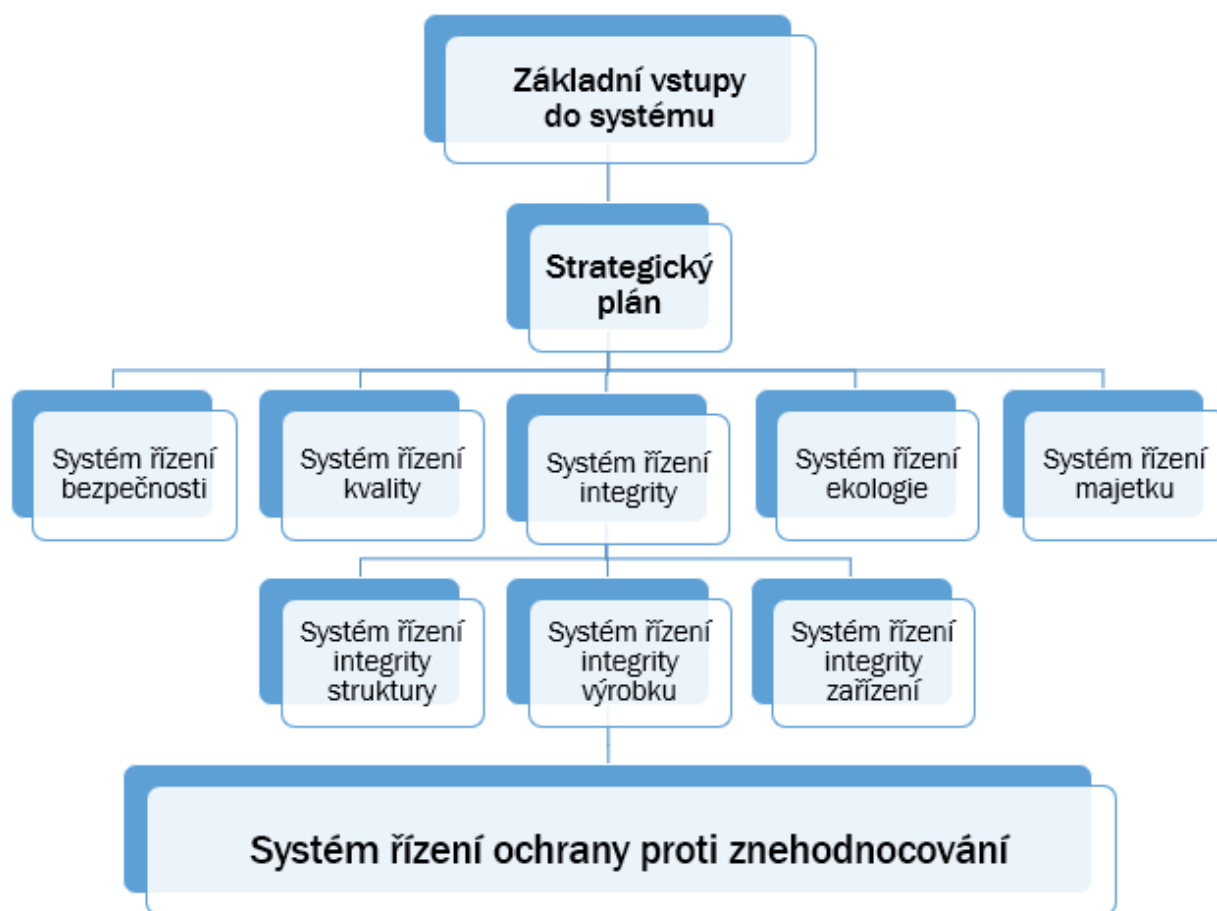
Zpráva uvádí, že použitím dostupných opatření proti korozi v praxi by bylo možné podle odhadů realizovat úspory ve výši 15 až 35 % nákladů na korozi (viz Obrázek 1.6). Přitom do těchto nákladů nejsou zahrnuty náklady na zabezpečování bezpečnosti lidí a životního prostředí.



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

## SYSTEM 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, udržovatelnost 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
Udržovatelnost	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.

Přiřazení 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 plastu	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.

---

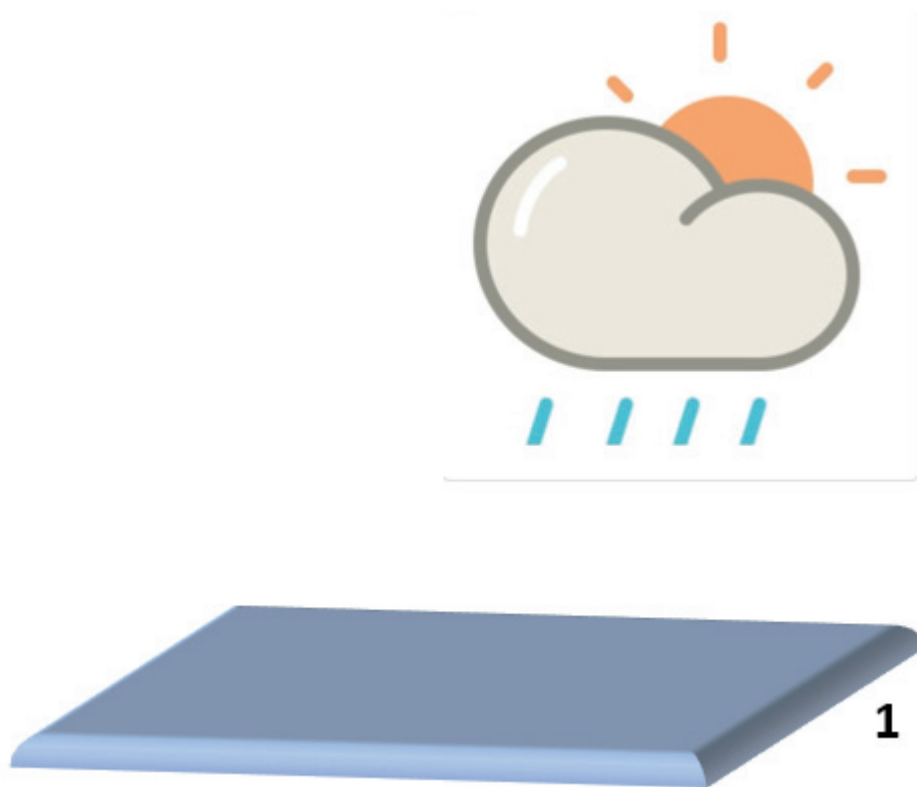
## 2.3 Definice systému

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.

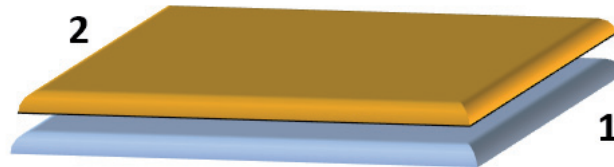
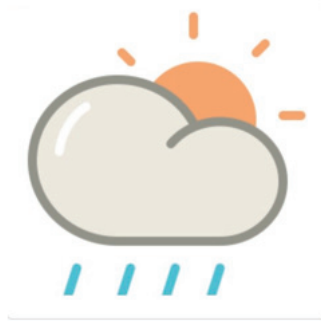
### SYSTÉM ZNEHODNOCOVÁNÍ

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.

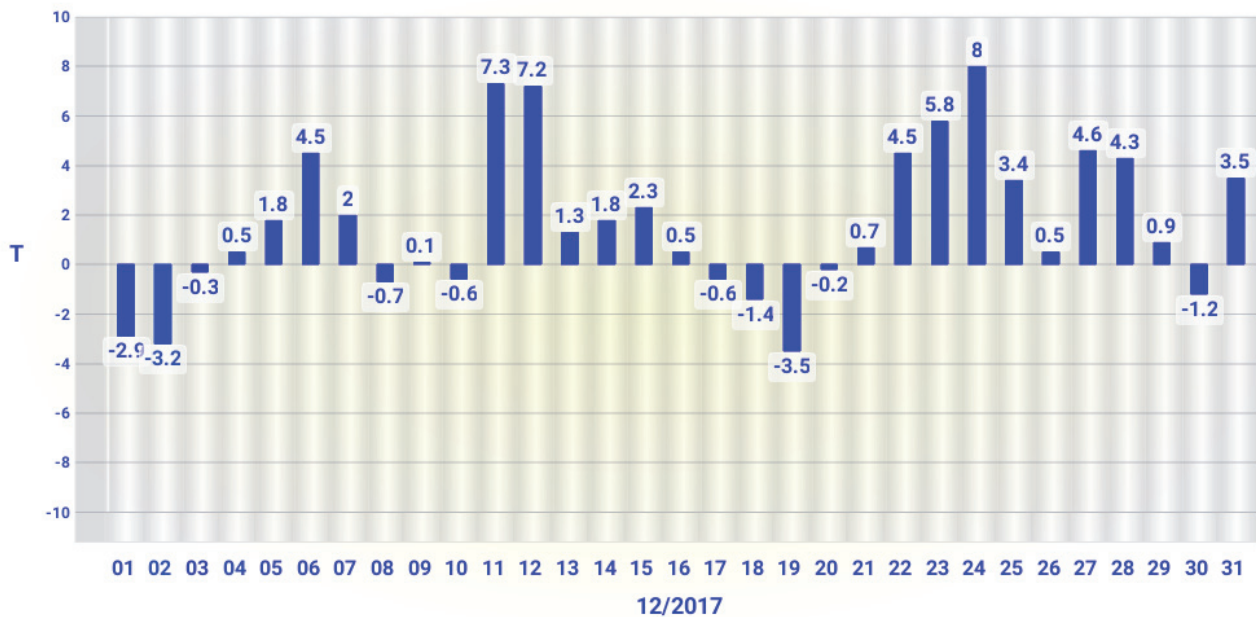


Obrázek 2.1 Vzájemná interakce systému materiál (1)/prostředí.



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.