
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 ojedinelé 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.

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).

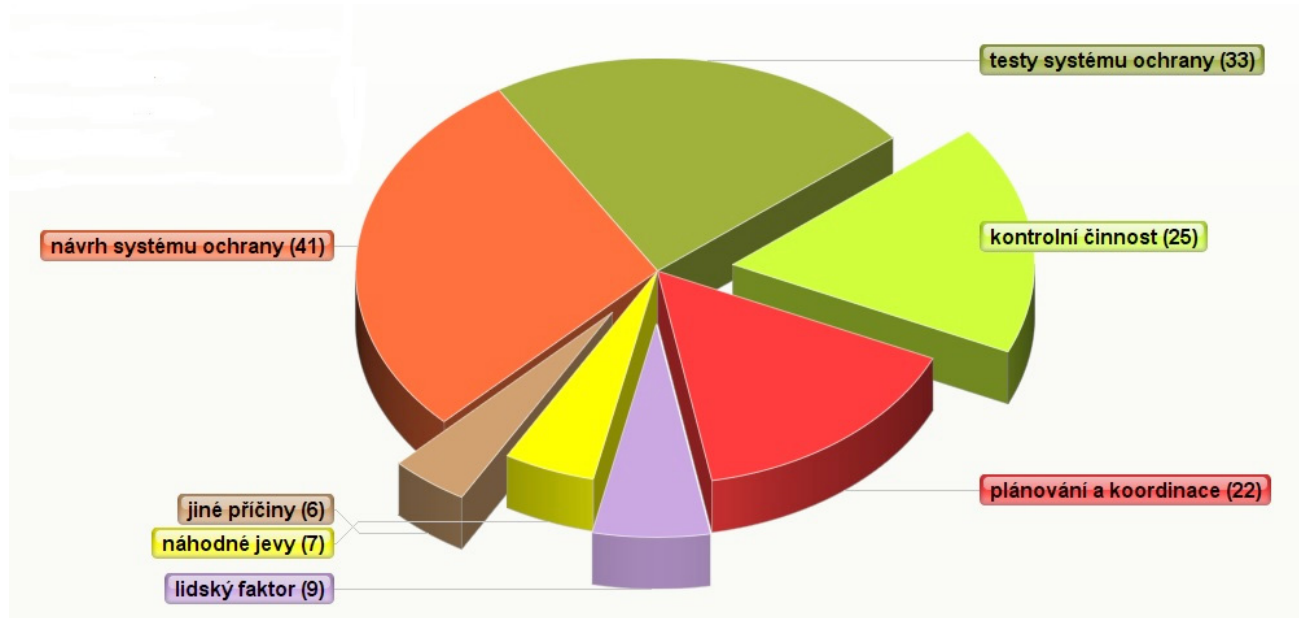


Obrázek 1.5 Poselství cizím inteligencím na destičce z čistého hliníku pokrytého zlatem.

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).

Řešení složitých vztahů mezi materiálem, jeho ochranou před znehodnocováním a znehodnocujícím prostředím je především vedeno snahou o dosažení požadované jakosti výrobku, zejména jeho technické spolehlivosti a estetické úrovně. Ne vždy je však otázkám ochrany přikládán dostatečný význam. Je to dáno charakteristikou ochranných opatření v procesu technologie výroby, kde tato opatření zpravidla tvoří závěrečnou etapu, principiálně odlišnou od hlavní nosné technologie. Tak se stává, že již vstupní materiálové řešení a návrh konstrukce výrobku nejsou z hlediska potřeb technologie ochrany proti znehodnocování dostatečně vyhovující, navržená a zhotovená ochranná opatření jsou nekvalitní nebo v krajním případě je dokonce nelze provést vůbec.

Z tohoto pohledu je úloha ochrany proti znehodnocování významná již v etapě projektování a přípravy výroby, v celém technologickém řetězci výroby, při skladování, přepravě, provozu i případné repasi technických výrobků.

5.1 Vztah jakosti a ochrany materiálů

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 především z kovu, plastu, pryže, kompozitu aj. materiálů, přičemž tyto materiály nemusí, ale mohou výrazně ovlivnit chování kompletního výrobku v znehodnocujícím prostředí.

Pokud je odolnost materiálů proti vlivům prostředí nízká, lze ji zvýšit záměnou málo odolného materiálu za materiál s vyšší odolností. V některých případech je však tato forma zvýšení odolnosti proti vlivům prostředí nevýhodná. Další z možností je provedení vhodného ochranného systému, a to různou kombinací dílčích ochranných opatření.

Jinou variantou řešení odolnosti materiálů proti znehodnocování vlivem prostředí je možné řešení úpravy znehodnocujícího prostředí.



Obrázek 5.1 Znehodnocení kovového zařízení v agresivním prostředí.
<https://www.chiefaircraft.com/aircraft/chemicals/corrosion-control.html>

Na rozdíl od kovových materiálů je u plastových a pryžových materiálů řešena jejich odolnost proti vlivům prostředí především modifikací ve výrobním procesu a optimalizací vlastností. V případě dodatečně vytvářených ochranných opatření je třeba volbu těchto opatření pečlivě zvážit z hlediska funkce, přilnavosti k podkladu apod.

Zvláštní skupinu tvoří dočasné ochranné systémy po dobu skladování a přepravy, kde při výběru je nutné přihlédnout i k předpokládanému znehodnocujícímu prostředí a ochranná opatření též dimenzovat z hlediska času skladování, respektive přepravy, a pamatovat na technologii dekonzervace.

Zvláště významné je to u procesů označovaných „dočasné zakonzervování“ prováděných nejen u jednotlivých výrobků, ale celých technologických jednotek – viz kapitola 12.

Volbu ochranného systému lze provést, je-li znám účel a podmínky použití výrobku a mechanismus funkce ochranných úprav v předpokládaném systému výrobek/prostředí. Přesné vymezení jednotlivých funkcí a druhů ochranných opatření se vyskytuje velice zřídka. Ve většině případů lze vytvořit ochranu mající integrované vlastnosti pouze pro určitý druh podkladového materiálu (kov, slitina, plast aj.) a předpokládané podmínky znehodnocování.

Volba jednotné povrchové úpravy je složitější v případech, kdy výrobek se vyznačuje větší mnohotvárností použitých konstrukčních materiálů. Ochranná opatření vhodná pro kovové podklady nejsou obvykle ideální pro podklady z různých polymerů. Navíc předběžná úprava rozdílných podkladů má sice některé společné znaky, ale vzhledem k celkově odlišné charakteristice se u různých konstrukčních podkladů provádí často odlišně. To vyplývá např. z pórovitosti některých materiálů, tepelné nestability, nízké odolnosti proti určitým druhům čisticích médií apod.

Jak již bylo uvedeno, obvykle se při volbě zvažuje i možnost vhodných kombinací ochranných opatření. Při jejich výběru pro určený výrobek lze vycházet z normativní dokumentace, z technických podkladů předkládaných výrobcem nebo distributorem při nabídkovém řízení a z referencí a zkušeností při zhotovování ochranných systémů v praxi. V řadě případů je volba ochranných opatření závislá i na výsledcích zkušebních testů v laboratorních nebo provozních podmínkách. Z hlediska korozní odolnosti musí navrhovaná ochrana vyhovovat stanovené době ochrany v předpokládané korozní agresivitě prostředí. Estetické vlastnosti se volí podle charakteru požadavku, např. barevný odstín podle stupnice barevných odstínů RAL, lesk se definuje podle normativní stupnice.

Výběr ochranného systému se provádí pro výrobek na základě posouzení rozhodujících činitelů (viz Tabulka 5.1). K nim přistupují některá další specifika pro skupiny konstrukčních materiálů: požadavky na zachování mechanických, tepelných a elektrických vlastností, koeficient roztažnosti, větší či menší pórovitost podle jejich chemické struktury, fyziologická nezávadnost, odolnost proti UV záření, možnost dodatečné ochranné úpravy, nasáklivost, odolnost proti biologickým škůdcům, odolnost proti ohni aj.

Tabulka 5.1

Rozhodující činitelé pro volbu ochranného systému proti znehodnocování.

Činitel volby systému	Rozhodující hlediska pro volbu ochranného systému
Druh výrobku	Určení výrobku Rozměrové parametry Nutnost ochranných opatření a jejich repase.

Druhy materiálů	Třída materiálu Fyzikální a chemické vlastnosti materiálů Mechanické vlastnosti materiálů
Konstrukční řešení	Kombinace kovů Tvarové řešení Proveditelnost ochranných opatření a jejich repase
Funkční požadavky	Rozhodující (primární) funkce výrobku Sekundární funkce výrobku Integrita funkčních požadavků
Požadavky na ochranná opatření	Požadovaný technický život výrobku Směrný technický život ochranného systému
Estetické požadavky	Vzhled výrobku Lesk a/nebo mat ochranných opatření Barevný odstín
Speciální požadavky	Druh speciálního požadavku Vliv speciálních požadavků na funkci výrobku Vliv speciálních požadavků na směrný technický život ochrany
Technologie zhotovování	Kompatibilita technologie ochranných opatření s výrobkem Technologické postupy zhotovování
Kontrolní činnost	Rozsah a druh kontrolní činnosti Metodické a experimentální vybavení kontrolního pracoviště
Ekonomie zhotovování	Náklady na technologii zhotovování a repasi ochranného systému
Ochrana životního prostředí	Nebezpečnost ochranných opatření pro životní prostředí Odpadové hospodářství
Ochrana veřejného zdraví	Nebezpečnost chemických látek a směsí pro zdraví Rizika technologie zhotovování pro zdraví člověka Rizika fyzikálně-chemických parametrů technologie zhotovování

V případě, že konkretizovaná složka jakosti výrobku v určitém prostředí nevyhovuje předpokládaným požadavkům, řeší se zlepšení vlastností výrobku pro daný případ třemi základními způsoby:

- nevyhovující konstrukční materiál se zamění za materiál vhodnější,
- nevyhovující konstrukční řešení výrobku se změní za řešení optimálnější,
- vlastnosti výrobku se zlepší povrchovou úpravou konstrukčního materiálu.

Je zřejmé, že první dvě varianty záměny materiálů, respektive konstrukce, jsou možné. Jejich použití však obvykle limituje hodnota zvýšených nákladů. Ve většině případů se zvýšení vlastností nevyhovujícího materiálu dosahuje vhodnou povrchovou úpravou.

Jak už bylo uvedeno, jako povrchové úpravy se označují všechny druhy úprav prováděné na povrchu nejrůznějších konstrukčních materiálů za účelem změny vedoucí obvykle ke zkvalitnění jejich vlastností. Při volbě povrchové úpravy se především přihlíží k účelu použití výrobku, jeho materiálové skladbě, konstrukčnímu řešení, technologickému režimu výroby a následně k účelu povrchové úpravy ve vztahu k celkové charakteristice požadavků.

Je třeba rozlišovat mezi povrchovou úpravou, která se vztahuje pouze ke zvýšení úrovně vlastností (především ochranných) povrchu výrobku vytvářením vrstev a povlaků a pojetím ochranného systému, který zahrnuje jak povrchovou úpravu, tak i ochranná opatření znehodnocujícího prostředí destimulací, inhibicí a ochranným balením.

Tabulka 5.2

Vybrané znaky ochrany proti znehodnocování výrobků.

Směrný činitel	Rozhodující hledisko
Druh výrobku	Určení výrobku Rozměrové parametry Nutnost ochranných opatření
Druhy materiálů	Materiálové složení Fyzikálně-chemické vlastnosti Mechanické vlastnosti
Konstrukční řešení	Kombinace materiálů a jejich kontakt Typy spojení Tvarové uspořádání Proveditelnost ochranných opatření
Funkční požadavky	Rozhodující funkce Integrita funkčních požadavků Předpokládaný proces znehodnocování
Ochranné požadavky	Technický život výrobku Technický život ochranného systému v plánovaném prostředí
Estetické požadavky	Vzhled výrobku Vzhled ochranného opatření
Požadavky na kontrolu	Rozsah a druh kontrolní činnosti Metodická úroveň kontroly Experimentální vybavení Systém hodnocení jakosti
Ekonomické požadavky	Náklady na zhotovení ochranného systému Náklady na repasi ochranného systému v intervalech oprav
Ekologické požadavky	Nebezpečnost ochranného systému pro životní prostředí Odpadové hospodářství
Ochrana veřejného zdraví	Nebezpečnost složek ochranného systému pro zdraví Nebezpečnost zhotovování ochranného systému
Speciální požadavky	Druh požadavku Vliv požadavku na funkční, ochranné a estetické vlastnosti

Požadavkem je vyhovující kompatibilita ochranných opatření i možnost technologické realizace. Základním požadavkem je aditivní nebo synergický ochranný účinek.

5.4 Druhy ochranných opatření

K zabezpečení uvedených funkcí izolace materiálu od znehodnocujícího prostředí, elektrochemického účinku, estetických a speciálních funkcí ochranných opatření se používá řada technologií, které je možné navzájem kombinovat a tím zvyšovat jejich ochranné vlastnosti.

5.4.1 Výběr odolného materiálu

V obecné rovině je v současné době k dispozici řada podkladových materiálů popisujících slovně, tabelárně i ve formě databází vhodnost či nevhodnost různých konstrukčních materiálů a jejich vzájemných kombinací pro předpokládané znehodnocující prostředí a podmínky znehodnocování.

Obtížnost využití těchto podkladů spočívá v případě, kdy výrobek je z kombinací kovů nebo plastů, případně kombinací kov/polymer, neboť znehodnocující prostředí může mít na tyto materiály odlišné

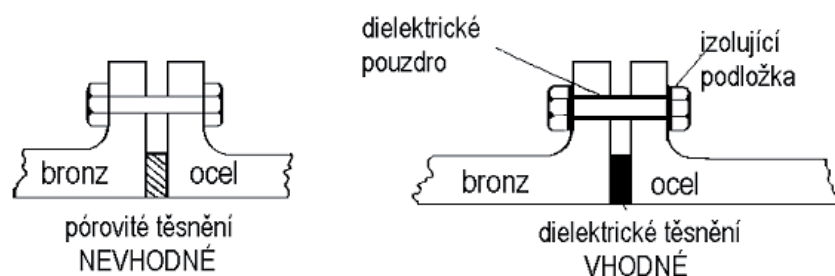
negativní vlivy. A v tom se údaje výrobců materiálů a publikované údaje často liší. Není to jen chybou výrobců, podstata nejasnosti vyplývá z nedostatečně specifikovaného konstrukčního materiálu, případně z nedostatečného popisu testování. Nestačí jen uvedení např. nerezová ocel, neboť v této kategorii materiálů jsou z hlediska odolnosti proti vlivům prostředí značné rozdíly. Obdobně značně rozdílné odolnosti existují v použití obecně uváděného polymeru. Je podstatný rozdíl v odolnosti polyethylenu lineárního, polyethylenu rozvětveného, polyethylenu nestabilizovaného a polyethylenu stabilizovaného.

Přitom je třeba připomenout, že za znehodnocující prostředí se považuje nejen atmosféra, ale i voda, půda, kyseliny, zásady, soli, též organická rozpouštědla, paliva, potravinářské výrobky. Takže rozmanitost systémů znehodnocování je obrovská.

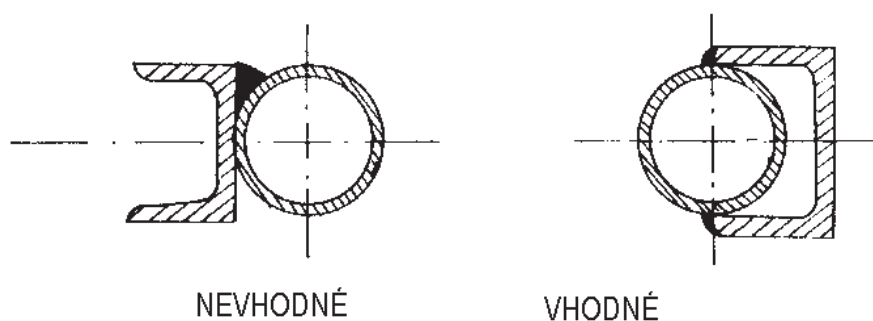
5.4.2 Konstrukční řešení

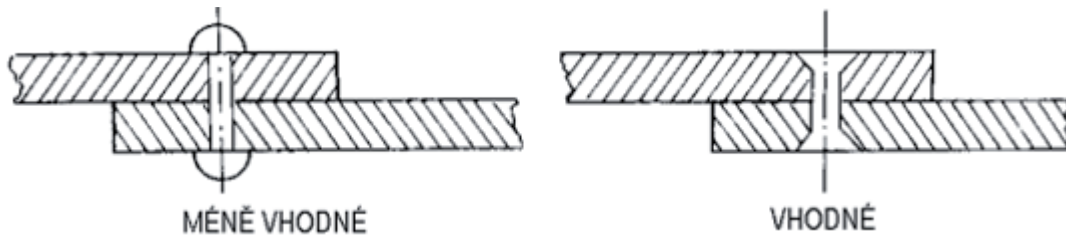
Často se v literatuře uvádí, že vznik technické disciplíny označované jako „korozní inženýrství“ byl iniciován řadou korozních problémů vzniklých nedostatků v řešení korozně odolných konstrukcí kovových výrobků způsobujících velké ekonomické ztráty. Dnes se věnuje pozornost konstrukčním řešením, které jsou odolné proti vlivům znehodnocování prostředím výrobků nejen kovových, ale i z polymerů, vzájemných kombinací, případně kombinací i s jinými konstrukčními materiály, např. kompozity.

Významným úkolem korozních inženýrů je řešit konstrukci výrobku tak, aby nedocházelo k lokálnímu zrychlování procesů znehodnocování nevhodnou kombinací materiálů (Obrázek 5.3 a), nevhodným spojením (Obrázek 5.3 b) nebo nevhodným tvarem a kvalitou povrchu materiálů (Obrázek 5.3 c). Přitom konstrukční řešení musí nejen vyhovovat z hlediska odolnosti proti znehodnocování, ale současně umožňovat aplikaci dalších dílčích opatření systému ochrany, např. úpravu znehodnocujícího prostředí, snadné odstranění opatření dočasné ochrany aj.

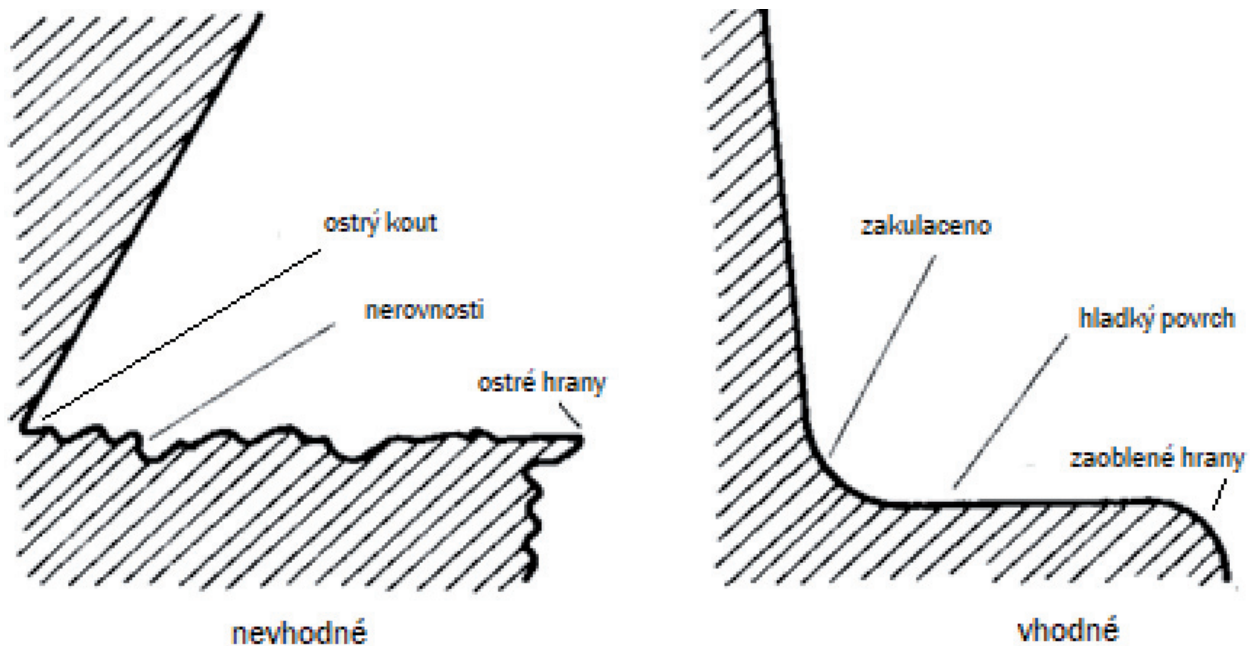
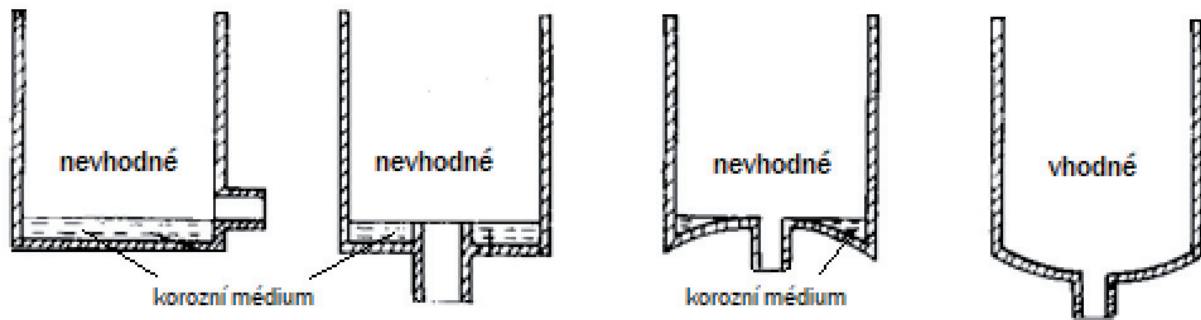


Obrázek 5.3 a Konstrukční řešení kombinace materiálů.





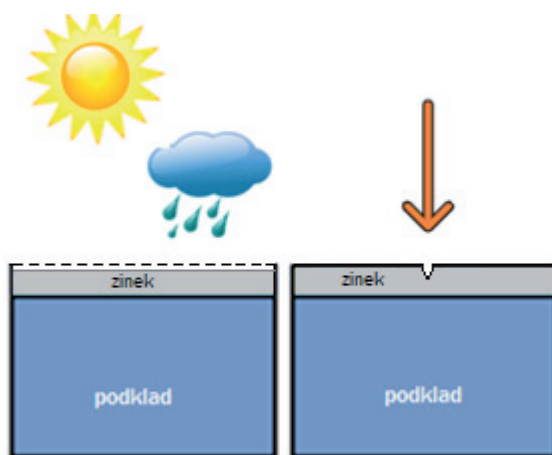
Obrázek 5.3 b Řešení spojů materiálů.



Obrázek 5.3 c Řešení nevhodných tvarů a geometrie povrchu výrobků.

5.4.3 Ochranné vrstvy a povlaky

Ochranné vrstvy a povlaky se rozdělují podle funkce na bariérové, izolující materiál od znehodnocujícího prostředí a na povlaky označované jako povlaky s elektrochemickým účinkem. Představitelem první skupiny jsou asfaltové laky, druhou skupinu tvoří především zinkové povlaky nebo povlaky ze slitin tohoto kovu.



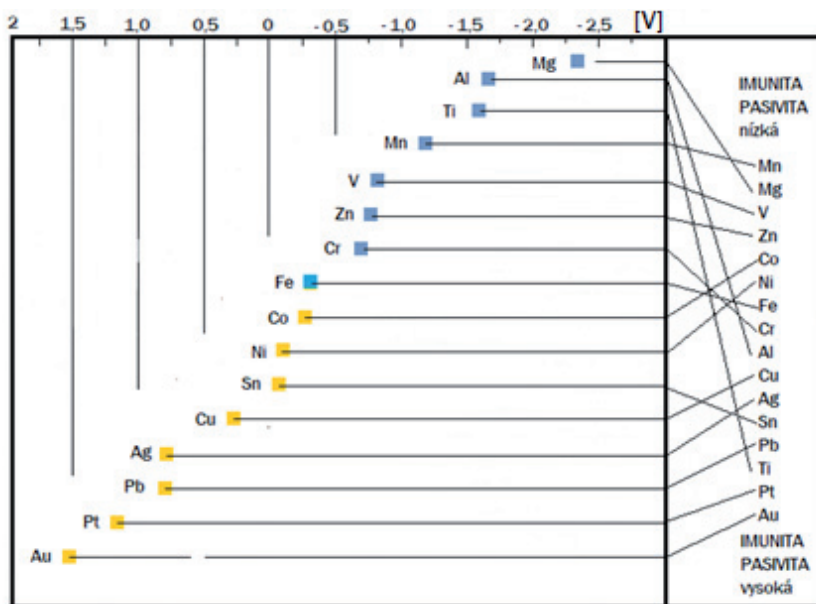
Obrázek 5.5 Povlak s elektrochemickým účinkem.

V tom je podstatný rozdíl od bariérového povlaku, kde takovým porušením vzniká lokální koncentrace složek prostředí a intenzivní napadení podkladu než v blízkém okolí.

5.4.4 Pasivita kovů

Jev pasivity kovů a slitin byl objeven před více než 200 lety. Je však intenzivně zkoumán i v současnosti. To vysvětluje nejen složitost tohoto jevu, ale i jeho velký význam pro praktické řešení problémů souvisejících se zvyšováním korozní odolnosti kovů a slitin proti vlivům prostředí.

Pasivita je jev, při kterém dochází k výraznému zpomalování anodického děje (koroze) u daného kovu, a to za podmínek, kdy podle hodnoty termodynamické ušlechtilosti by kov měl být v korozně aktivním stavu. V závislosti na podmínkách procesu (teplota, typ korozního prostředí, přítomnost iontů vyvolávajících pasivní stav kovu nebo naopak porušujících pasivitu aj. se postavení kovů v řadě podle zvyšování jejich pasivního stavu může významně odlišovat od postavení v řadě elektrochemické (termodynamické) ušlechtilosti (Obrázek 5.6).



Obrázek 5.6 Porovnání elektrochemických potenciálů kovů a jejich relativní pasivity.