

Ekonomické aspekty katodové ochrany

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
doc. Ing. Michal Černý, CSc.

Vypracovala:
Nikol Vernerová

Brno 2015

Strana obsahující v tištěné verzi originální zadání bakalářské práce.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Ekonomické aspekty katodové ochrany** vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 20. 05. 2015

Poděkování:

Dovoluji si vyjádřit vřelé poděkování doc. Ing. Michalu Černému, CSc. za ochotu, trpělivost a čas, který mi při psaní jakožto vedoucí bakalářské práce věnoval. Rovněž svojí rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce pojednává o ekonomických aspektech katodové ochrany. První část práce je věnována korozní protetice v oblasti elektrochemické koroze. Část druhá se zabývá výhodami katodové ochrany v průmyslu. Ekonomické vyhodnocení nejvhodnějšího způsobu obětovanou elektrodou z pohledu expertního inženýrství je nastíněna v části třetí.

Klíčová slova

Ekonomické aspekty, katodová ochrana, elektrochemická koroze, obětovaná elektroda.

Abstract

This bachelor thesis discusses the economic aspects of cathodic protection. The first part of this thesis focuses on corrosion prosthetics in the area of electrochemical corrosion. The second part describes the benefits of cathodic protection in industry. The third and the last part economically evaluates appropriate ways of sacrificial electrode from expert engineering point of view.

Keywords

Economic aspects, cathodic protection, electrochemical corrosion, a sacrificial electrode.

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíle bakalářské práce	11
3 Koroze	12
3.1 Obecně	12
3.2 Úprava povrchu.....	13
3.1.1 Odmaštění	13
3.1.2 Odstranění rzi a okují.....	13
3.3 Nátěry.....	14
3.3.1 Permeabilita nátěrů	14
3.3.2 Koroze pod nátěrem.....	14
3.4 Pokovování	15
3.5 Korozivzdorná ocel.....	16
3.6 Patinující ocel.....	16
3.7 Kontrukční opatření	17
3.7.1 Škodlivost bimetalického spoje	18
3.8 Druhy korozního napadení.....	19
4 Katodická ochrana	20
4.1 Způsoby katodické ochrany	21
4.2 Zaměření protikorozní ochrany.....	21
5 Anodická ochrana	23

5.1 Materiál obětovaných anod.....	23
5.2 Použití obětovaných anod	24
6 Ekonomika galvanické ochrany	25
6.1 Ekonomické problémy výroby.....	25
6.1.1 Přímé korozní ztráty.....	25
6.1.2 Technologie	26
6.2 Význam protikorozní ochrany.....	26
6.3 Korozní ztráty	27
6.3.1 Přímé korozní ztráty.....	27
6.3.2 Nepřímé korozní ztráty	27
6.4 Protikorozní ochrana z technicko-ekonomického pohledu.....	27
6.5 Ekonomie povrchových úprav	28
7 Příklady galvanické ochrany	30
7.1 Koroze potrubí uloženého v zemi	30
7.1.1 Vliv vysokonapěťových stejnosměrných rozvodných systémů (HVDC) na podzemní kovové konstrukce.....	31
7.1.2 Ochranné metody v oblasti bludných proudů	32
7.2 Koroze sběrných nádrží chladicí vody.....	33
7.3 Koroze lodí.....	34
7.3.1 Mořská voda.....	34
7.3.2 Koroze v teplé vodě do 100°C	35
7.4 Plán katodické ochrany tunelu pod La Manchem.....	36
8 Diskuse	37

Ekonomické aspekty katodové ochrany	8
9 Závěr	38
Seznam použité literatury	39

1 Úvod

Koroze způsobuje národnímu hospodářství velké újmy, které se pohybují v miliardách korun. V mnohých případech může mít pozbytí funkce jedné součástky za následek ztrátu funkčnosti celého zařízení či provozu. V těchto případech jsou deficity prodělečné až likvidační.

Korozi lze však předejít užitím vhodné protikorozní ochrany, jejímž hlavním úkolem je zamezit korozi kovů a zachovat funkční vlastnosti materiálu. Úspora kovů, které předchází účinná protikorozní ochrana, znamená velký národohospodářský přínos. Koroze rovněž způsobuje narušení vzhledu předmětu, výrazně zkracuje jeho životnost a negativně ovlivňuje bezpečnost.

V současné době je protikorozní problematice věnována mimořádná péče. Touto problematikou se zabývají výzkumníci nejen ve Státním výzkumném ústavu ochrany materiálu, ale i rozvojoví pracovníci, projektanti, konstruktéři, technologové, mistři, dělníci ve výrobních závodech. Při projektování výrobku musí konstruktér znát mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu, z něhož budou jednotlivé součástky zhotoveny, a musí také vyhodnotit, jak se budou součástky chovat za provozních podmínek. Tyto předpoklady mají vliv na pravděpodobnou trvanlivost výrobku. O volbě materiálu rozhodují také korozní vlastnosti materiálu. Je proto třeba, aby pracovník, který odpovídá za funkci výrobku i z hlediska trvanlivosti a odolnosti proti korozi, byl co nejlépe seznámen s celou problematikou zamezující vzniku koroze.

Uvedená bakalářská práce se zaměřuje přednostně na problémy koroze z pohledu ekonomického, neboť protikorozní ochrana je především problémem ekonomickým. Dříve než zvolíme typ protikorozní ochrany, měli bychom mít podložené údaje ekonomickým rozbořem. Před přistoupením k volbě protikorozní ochrany, bychom měli zpracovat ekonomický rozbor. Bereme v potaz náklady spojené s aplikací protikorozní ochrany, které se pohybují ve velmi nesourodých částkách a mají rozdílnou životnost. Proto je zásadní určit vhodnou protikorozní ochranu s přihlédnutím na ekonomický

aspekt nezbytně nutné odstávky, jenž může z pohledu nákladů představovat rozhodující podíl v množství vynaložených prostředků pro likvidaci následků korozní degradace.

2 Cíle bakalářské práce

Primárním cílem této bakalářské práce je uvést do problematiky katodické protikorozní ochrany a do jejich ekonomických hledisek. K dalším cílům práce náleží vysvětlení nutnosti úpravy povrchu před aplikací protikorozní ochrany, ekonomická náročnost přípravy kotvícího profilu povrchu a dalších vlivů, řešit problematiku aktuálních otázek v oblasti koroze a z toho vzniklé národohospodářské ztráty. Práce se zabývá jednotlivými druhy korozního napadení a korozní protetiky, popisuje způsoby aplikace katodické ochrany, příp. její využití a budoucí ekonomické klady. Upozorňuje na příklady dobře zvládnuté protikorozní ochrany u významných konstrukcí, např. průplavu La Manche.

3 Koroze

3.1 Obecně

Koroze je samovolně probíhající proces, kde dochází působením okolního prostředí ke znehodnocení materiálu. Děje nebo reakce, které jsou příčinou korozního poškozování materiálů, jsou fyzikálně chemické povahy (Bartoníček, 1980).

Chmela (1970, s. 2) definuje korozi jako „rozrušení a tedy znehodnocování materiálů chemickými vlivy prostředí. V některých případech jsou to i děje fyzikální povahy, způsobené například rozpouštěním (při korozi roztavenými kovy), nebo odpařováním. Koroze kovů obecně je takový děj, při kterém kov přechází v okysličený stav.“

Podle *Hrstky a Miška (1973, s. 3)* se korozi rozumí „souhrn heterogenních chemických a elektrochemických reakcí probíhajících mezi povrchem kovu a okolním agresivním prostředím, které vedou k rozrušení kovu.“

Nejčastější příčinou koroze jsou elektrochemické reakce. Dále pak chemické reakce, např. u anorganických nekovových materiálů, popř. fotooxidace vzdušným kyslíkem, která je jednou z příčin stárnutí nátěrů, pryží a plastů. Průběh samovolného korozního procesu je způsoben tím, že korozní soustava (prostředí a materiál) směřují do pravděpodobnějšího neuspořádanějšího stavu s menší volnou entalpií. V důsledku těchto samovolných reakcí dochází ke znehodnocení materiálů resp. zhoršení jejich užitných vlastností a tím odlišuje korozi od jiných či obdobných, ale žádoucích reakcí, jimž jsou materiály podrobovány s určitým záměrem. Koroze může probíhat v kapalinách, plynech, ale i v zeminách nebo různých chemických látkách, které jsou s určitým materiálem nějakým způsobem ve styku. Toto dění se může projevovat rozdílně - od změny vzhledu až po úplný rozpad materiálu. Spolu se znehodnocením výrobku je spojována ztráta společenské práce, jež byla vynaložena na jeho realizaci, z níž je zhotoven a znečištěním prostředí. Protože korozní reakce probíhají samovolně, můžeme se domnívat, že jde o neovladatelný přírodní jev. Korozní věda a technika musí však hledat opatření, která by průběh koroze co nejvíce zpomalila (Bartoníček, 1980).

Podle povahy korozního napadení *Hrstka, Mišek (1973, str. 4)* třídíme korozi:

„Koroze rovnoměrnou – probíhá rovnoměrně po celém povrchu, přičemž dochází k stejnosměrnému úbytku kovu.

Koroze nerovnoměrnou, která se projevuje jen napadením některých míst povrchu materiálu do různé šíře a hloubky.“

3.2 Úprava povrchu

Před jakoukoli protikorozi ochranou je důležité odstranit rez, nečistoty a zbytky okují. Čištění lze provádět několika způsoby v odlišné kvalitě. Kvalitní čištění je zpravidla finančně nákladné. Na tomto postupu se však nevyplatí šetřit, neboť na protikorozi úpravě závisí budoucí trvanlivost této ochrany. (Studnička, 2014)

3.2.1 Odmaštění

Odmaštění (např. ocelových výrobků) se provádí čistícími emulzemi s následným omytím tlakem vody nebo párou. Tím docílíme také odstranění volných nečistot. Rozpouštědla se nedoporučují a při použití detergentů poslední mytí by mělo být učiněno čistou proudící vodou. (Studnička, 2014)

3.2.2 Odstranění rzi a okují

Nejlevnější krátkodobou ochranu proti korozi je možno provést drátěnými kartáči nebo mechanickými kartáči. Tato metoda však není příliš účinná. Okuje lze také odstranit opálením plamenem nebo mořením v kyselině fosforečné. Velmi účinnou metodou proti rzi je otryskání povrchu ocelovou drtí nebo křemičitým pískem. Tryskání se provádí v hermetických komorách, kde se použité abrazivo nasává a pak znovu používá. U tryskání abrazivo rozmetáme centrifugou nebo stlačeným vzduchem. Po této úpravě je povrch materiálu lesklý a připravený pro aplikaci protikorozi nátěrů. (Studnička, 2014)

3.3 Nátěry

Nátěrové systémy používají barvy a jsou nejčastějším způsobem ochrany proti korozi ocelových konstrukcí.

Přínosné jsou jejich vysoké ochranné účinky a snadno se nanášejí. Z hlediska ekonomického jsou nátěry také výhodné. (Bartoníček, 1966)

Každá barva obsahuje:

- pryskyřičnatou složku pojidla (umožňuje vytvářet nátěrový film),
- pigment (udává odstín barvy, je odolný proti vodě, někdy také obsahuje inhibitor koroze)
- ředidlo (má za úkol správně určit konzistenci daného nátěru).

Barvy rozlišujeme na olejovém základě, chemického původu, nebo dvousložkové. Pro estetický dojem se používají krycí nátěry. Trvanlivost nátěru má přímou souvislost s agresivitou prostředí. Běžně nátěry vydrží přibližně 10 let, pak se musí provést nepatrná oprava, teprve po 20 - 30 letech musí být nátěr znovu zcela obnoven (povrch se musí znovu očistit od starého nátěru a pak je připraven na nátěr nový). Obnova nátěru se provádí v případě více než 5% poškození nátěru stávajícího. Dodavatelé těchto nátěrových (protikoročních) nátěrů poskytují záruku provedení práce cca do 5 let stáří této protikoroční ochrany. (Studnička, 2014)

3.3.1 Permeabilita nátěrů

Domněnka o funkci nátěrového filmu jakožto bariéry, kde nemohl prostupovat kyslík, vlhkost a jiné agresivní složky prostředí, je nyní už považována za překonanou. Nátěry jsou částečně propustné pro kyslík a vodu, prošlé množství těchto látek převyšuje spotřebu pro korozi oceli, která probíhá rychlostí obvyklou v atmosférických podmínkách v nechráněném stavu. (Bartoníček, 1966)

3.3.2 Koroze pod nátěrem

Dalším významným činitelem je koroze pod nátěrem. Tento předpoklad souvisí s charakterem kovového povrchu, kde byl nátěr vytvořen. Než se výrobky natírají, jsou vy-

staveny působením atmosféry. Pro kinetiku i mechanismus atmosférické koroze je nejdůležitější kombinace dvou vnějších faktorů – nadkritické vlhkosti a znečištění. Z hlediska koroze pod nátěrem je nejdůležitější charakter korozních zplodin na kovovém podkladě. Jestliže by tyto zplodiny vznikly v naprosto čistém prostředí (v praxi se nevyskytuje), nemohou nijak urychlit korozi pod nátěrem. Korozní zplodiny vznikající ve znečištěném prostředí, jsou dvojího typu: zplodiny na neželezných materiálech, jež mají anion agresivního činitele vázán v nerozpustné formě, nezpůsobuje ani korozi pod nátěrem a velmi malé množství přilnavých zplodin pod nátěrem je pro zvýšení přilnavosti naopak žádoucí, a korozní zplodiny na železných materiálech, pokud vznikly ve znečištěném prostředí a pokud nebyly před nátěrem dokonale odstraněny (otryskáním apod.), nátěr bude rychle znehodnocen podrezivěním. Protože dosáhnout naprosto čistého povrchu oceli je velice obtížné, je proto nutné používat speciálních antikoročních základních nátěrů. Na základě rozboru působení nátěrů můžeme stanovit základní vlastnosti povlaků, které ovlivňují jejich protikorozní efekt. Jsou to:

- čistota a jakost základních materiálů,
- antikorozní parametry základních nátěrů,
- celkem malá propustnost filmu pro ionty, vodu a kyslík,
- adheze základních nátěrů,
- odolnost nátěrů (vrchních) vůči atmosférickým činitelům. (Bartoníček, 1966)



Obr.1 Koroze pod nátěrem; zdroj: www.reprof.eu

3.4 Pokovování

Pokovování je založeno na elektrochemické podstatě koroze. Jako ubývající anoda se používá zinek, hliník, nebo jejich kombinace. Není avšak vhodné pro ocel, kde se vyskytuje větší množství křemíku. Co se týká trvanlivosti, je mnohem vyšší než u

nátěrů. V běžných podmínkách venkovské atmosféry se životnost pokovování uvádí cca 30 let. Při průmyslové nebo velkoměstské atmosféře se tato doba snižuje asi o polovinu. (Studnička, 2014)

3.5 Korozi vzdorná ocel

Ocel, která se silně leguje chromem a niklem nerezaví. Používá se však velice zřídka pro její finanční nákladnost. Vhodné je použití například pro plavecké bazény nebo v luxusnějších interiérech. (Studnička, 2014)

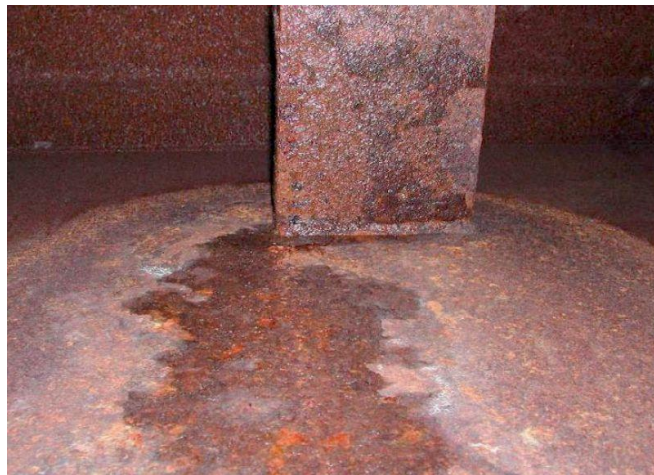


Obr.2 Korozi vzdorná ocel; zdroj: www.alfun.cz

3.6 Patinující ocel

Patinující ocel obsahuje 1-2% leguru, a tím dostává vhodnější účinky proti korozi než běžné uhlíkové oceli. Vrstvička koroze je u této oceli navíc zcela kompaktní a rez nenabývá na objemu oproti uhlíkové oceli. Koroze proto neprostupuje do hloubky a na povrchu konstrukce se utvoří patina, která má červenohnědou až tmavohnědou barvu. Patina vzniká mnoho let při střídavém vlhčení a osychání povrchu konstrukčních prvků. V konstrukční praxi se z tohoto důvodu počáteční korozní úbytky patinující oceli kompenzují přidávkem 1,55 mm navíc k vypočítané tloušťce prvků. Musíme přihlídnout ke skutečnosti, že v trvale vlhkém prostředí patina nevznikne a koroze potom postupuje rychle do hloubky obdobně jako je tomu u uhlíkové oceli. Patinující oceli je vhodné používat například u mostů nebo stožárů VVN, kde je podmínka

střídavého vlhčení a osychání při vhodném návrhu splněna. Konstrukční návrh musí zamezit vzniku míst v konstrukci, které jsou vlhké po celou dobu. Spáry proto musí být zatmelené a šrouby, matice a podložky musí být vyrobeny rovněž z patinující oceli. Taktéž ke svařování je zapotřebí zvláštních elektrod. (Studnička, 2014)



Obr.3 Patinující ocel, zdroj: www.silnice-zeleznice.cz

3.7 Konstrukční opatření

Už při návrhu konstrukčních detailů by měl projektant zvážit, jak předejít hromadění vody v konstrukci, umožnit cirkulaci vzduchu, odstranit hrany, ostré rohy, umožnit přístup k inspekci konstrukce, čištění a údržbě. Pozornost by měl věnovat spojovacím prostředkům, které jsou rovněž důležité pro náležitý chod konstrukce. Materiály by měly mít stejné chemické složení, aby nevznikl galvanický člunek (Studnička, 2014).

Spolehlivost a životnost protikorozi ochrany závisí ve značné míře na konstrukčním provedení daného výrobku. Velmi často se setkáváme s nedostatky z hlediska odolnosti předmětu proti korozi. Neúměrně krátká životnost zařízení nebo havárie způsobená korozi dodatečně potvrzují nevhodnost konstrukčního řešení. (Chmela, 1979)



Obr.4 Konstrukční opatření při stavění mostu, zdroj: imaterialy.dumabyt.cz

3.7.1 Škodlivost bimetalického spoje

Je třeba předejít konstrukci, při níž vzniká bimetalický spoj dvou kovů elektrochemicky rozdílných (např. spojení pozinkovaného plechu měděným šroubem) a kdy se koroze vysoce uplatní na kovu méně ušlechtilém. V tomto případě se jedná o korozi zinkové vrstvy, tzv. korozním makročlánku. (Chmela, 1979)

	uhlocel litina	korozivzd. oceli	měď a slitiny	hliník a slitiny	zinek	olovo, cín, pájky	zlato
uhlíková ocel, litina							
korozivzdorné oceli							
měď a slitiny							
hliník a slitiny							
zinek							
olovo, cín, pájky							
zlato							

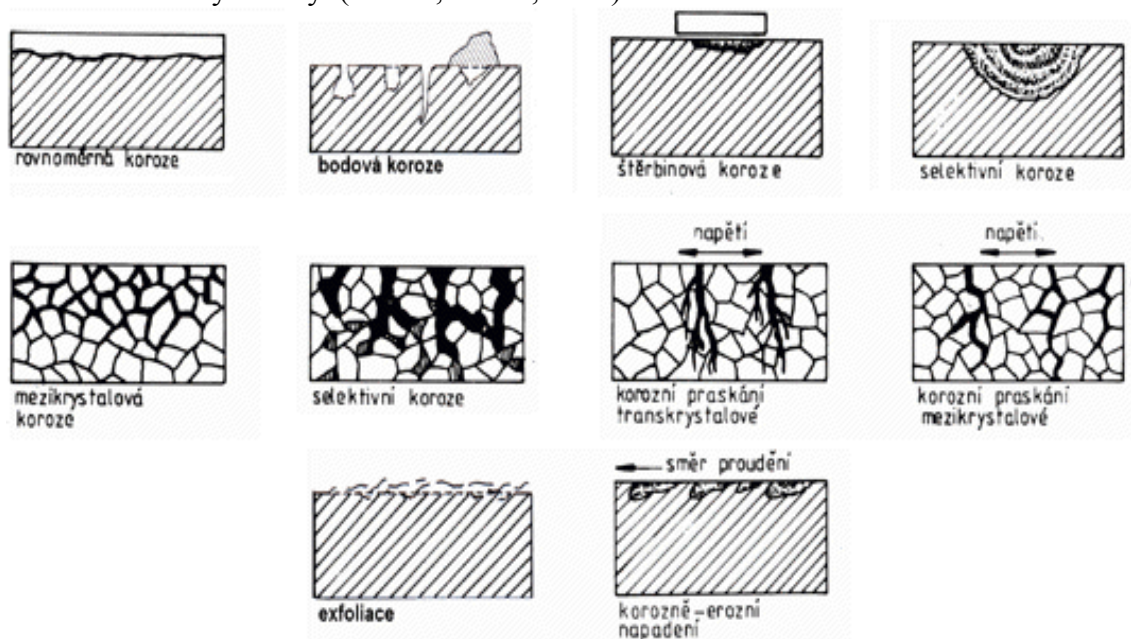
Zelená – korozní ovlivnění je zanedbatelné (kombinace kovů nemá vliv)
 Žlutá – koroze je spojením mírně zvýšena (kombinace kovů je přijatelná)
 Červená – korozní ovlivnění je velké (kombinace kovů se nedoporučuje)

Tab. 1 Vliv spojení kovových materiálů na korozi v atmosférických podmínkách; zdroj: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_makro.htm.

3.8 Druhy korozního napadení

Dominantní vliv určitých faktorů při různých podmínkách interakce kovu s prostředím se projevuje nejen rozdílnou rychlostí koroze, ale rozmanitými druhy korozního napadení, které jsou rozlišovány podle intenzity a charakteru pronikání prostředí do kovu a tím porušují jeho strukturu. Napadení rozlišujeme:

- rovnoměrné napadení
- nerovnoměrné a skvrnité napadení
- důlkové a bodové napadení
- nitkové napadení
- podpovrchové napadení
- selektivní napadení
- mezikrystalové napadení
- transkrystalové napadení
- extrakční napadení
- korozní trhliny a lomy. (Hrstka, Míšek, 1973)



Obr.5 Druhy korozního napadení; zdroj: www.vscht.cz

4 Katodická ochrana

Katodická ochrana vznikne zpomalením anodické reakce při posunu potenciálu v negativním směru. Je podstatná a přínosná pro kov, který se stává korozně odolnější v důsledku dosažení potenciálu, jenž termodynamicky odpovídá potenciálu rovnováhy mezi kovem a ionty roztoku. (Polák, Veleta, 2002)

Anodická ochrana podle Poláka, Velety (2002, s. 49) „je založena na jevu anodické pasivace kovů, kdy v důsledku anodické polarizace kovu vzniká pasivní stav na povrchu kovu, při kterém je rychlost rozpouštění kovu v daném elektrolytu podstatně menší než při samovolné korozi. Anodická ochrana je především využitelná pro pasivovatelné kovy (u kterých nádrží na skladování agresivních kapalin), např. pro nádrže s kyselinou dusičnou v nádržích z nerezavějící oceli.“

4.1 Způsoby katodické ochrany

Základním principem katodové ochrany je záměrné vytvoření elektrického obvodu, ve kterém je v korozním prostředí chráněný předmět katodou. Dosáhne se tak vodivým spojením chráněného předmětu s kovem, který má v tomto daném prostředí zápornější potenciál než kov chráněný a tím vznikne umělý galvanický článek. V tomto článku je chráněný předmět katodou. Elektrolyt tvoří korozní prostředí a připojený kov se zápornějším potenciálem je anodou, kterou můžeme pojmenovat jako anoda galvanická (obětovaná anoda, protektor), protože vznik proudu potřebného k ochraně je spojen s jejím rozpoštěním. Tento způsob nazýváme katodickou ochranou obětovanými anodami.

Druhým způsobem je katodická ochrana vnějším zdrojem proudu, kde je chráněný kov připojen k zápornému pólu zdroje stejnosměrného proudu a tímto se stane katodou. Kladný pól zdroje je spojen s pomocnou anodou umístěnou v korozním prostředí. Mezi těmito způsoby katodické ochrany není nijak zásadní rozdíl pro dosažení ochrany. Důležitý je elektrický proud, bez ohledu na to, jak vznikl. Použití drenáží a saturáží při ochraně proti bludným proudům a galvanické propojení konstrukcí

při řešení interference, kdy se při ochraně liniových podzemních zařízení využívá bludných proudů, jenž jsou také způsoby katodické ochrany. (Polák, Veleta, 2002)

4.2 Zaměření protikorozi ochrany

Hlavním úkolem protikorozi ochrany je zamezit korozi kovů a zhoršení funkčních vlastností materiálů. Ochrana proti korozi je rozšiřována o nové informace, které se týkají poznání vlastností kovů, rozvojem výroby, průmyslu a technologií. Prolíná se nepřeborným množstvím oblastí běžného života. Zaměření protikorozi ochrany je velice široké a lze ji provést těmito způsoby:

Úprava korozního prostředí

Probíhá záměrně, jde o vhodnou úpravu korozního prostředí a ovlivnění agresivních činitelů (Ph chemického složení agresivního prostředí – oxid siřičitý apod.)

Volba vhodného materiálu

Materiál musí být vhodný do určitých podmínek, ve kterých bude materiál podroben korozní exploataci. Podle způsobu použití musíme zvážit aplikaci materiálu s odpovídajícím postavením v tabulce elektrochemické, respektive korozní odolnosti. Tím zaručíme jeho dlouhověkost.

Technologie výroby

Zejména u svarů je třeba dbát na minimální tepelné ovlivnění struktury daného materiálu (vliv zákalných struktur, vliv difúzního poškození materiálu – obsah uhlíku).

Oddělení kovu od okolního prostředí

Oddělení kovu od okolního prostředí se provádí pomocí izolačního materiálu. Dojde k oddělení povrchu kovu a okolního prostředí a tím značně minimalizujeme vznik koroze (nátěrové systémy, izolační systémy na bázi asfaltu, PE, PU apod.)

Elektrochemická ochrana

Záměrná změna potenciálu kovu:

Katodická ochrana - vzniká při posunu potenciálu v negativním směru. Je aktivní nebo pasivní.

Anodická ochrana - vzniká při posunu potenciálu v pozitivním směru. Je aktivní nebo pasivní. (Číp a kol., 2014)

5 Anodická ochrana

Obětovaná anoda (nebo také protektor či galvanická anoda) je způsobem protikoroziční ochrany, která funguje na principu anodické polarizace. Chráněný objekt (zařízení) se vodivě spojí s kovem méně elektrochemicky ušlechtilým než je chráněný předmět. Protektory jsou často zhotoveny z hořčíku, hliníku nebo zinku a mají tvar desky. Užití železa však není vhodné. Používají se nejčastěji pro rozvody, kabely, nádrže apod. Obětované anody jsou nejjednodušším zdrojem stejnosměrného proudu. Tím, jak kovy přecházejí do roztoku a vytváří ionty, uvolňují se záporně nabitě elektrony, které vyvolávají průtok elektrického proudu. (Polák, Veleta, 2002)



Obr.6 Obětovaná anoda; zdroj: old.vscht.cz

5.1 Materiál obětovaných anod

Při výběru materiálu obětovaných anod si musíme připustit, v jakých podmínkách budeme pracovat. Materiály jsou celkem snadno dosažitelné a vyskytují se jako kov nebo slitina. Nejvíce užívané jsou tři základní kovy, tj. hořčík, zinek a hliník. Hořčík se používá v neutrálním elektrolytu, zinek má využití nejen v nízkoohmickém elektrolytu, ale i v mořské vodě, zatímco hliník se využívá pouze v mořské vodě. Při výběru se přihlíží například na tvar anody a vzájemné ovlivňování anod při korozi. Při volbě materiálu vycházíme z jeho elektrochemických vlastností. Účinnost kovů můžeme zvýšit například legováním nebo tepelným zpracováním. (Polák, Veleta, 2002)

5.2 Použití obětovaných anod

Obětované anody se nejčastěji používají v případech, kde jsou malé proudové požadavky, když konstrukce mají kvalitní ochranný povlak, při lokalizované ochraně, při částečné ochraně, při malém měrném odporu půdy apod.

Výhody galvanické ochrany

- nepotřebují vnější zdroj energie,
- nízké náklady na údržbu po instalaci,
- náklady na pořízení jsou nízké,
- nulové náklady na nákup pozemků,
- využití ochranného proudu správným způsobem.

Nevýhody galvanické ochrany

- omezené hnací napětí,
- výstupní proud je limitovaný,
- může být nutné po 3 až 5 letech nahradit anody novými. (Polák, Veleta, 2002)

6 Ekonomika galvanické ochrany

Kovový fond v ČR v roce 2013 činil cca 177 milionů tun, převážně oceli. Ročně vzrůstá asi o 7% a je vystaven korozní degradaci. Povrch všech kovů v ČR je odhadován celkem na 14 miliard m².

Více než 8 miliard m² je opatřeno povlaky. Ročně se vytvoří ochranné povlaky na 700 milionech m², přičemž za rok koroze zmizí 2% vyrobené oceli. Z toho vyplývá, že v ČR ztrácíme 70 kilotun oceli za miliardy korun.

Skutečné ztráty jsou však ještě vyšší. V některých případech má ztráta funkce jedné součástky za následek ztrátu funkčnosti celého zařízení nebo provozu. Ztráty jsou pak vyčísleny podle profesora Nováka (zástupce ČR v Světové asociaci korozních inženýrů - AKI) na 60 až 100 miliard Kč. (Frank, 2013)

6.1 Ekonomické problémy výroby

Míra vynaložených prostředků, s ohledem na důležitost objektu, může být rozdílná. Z hlediska společnosti je to hodnota množství použité živé a neživé práce. Z toho posuzujeme vhodnost řešení podle předpokládané spotřeby pracovních sil, surovin, energie apod., Obvyklejší způsob posuzování je podle hodnoty vynaložených finančních prostředků. (Groysman, 2010)

6.1.1 Přímé korozní ztráty

Značná část materiálů a prostředků ochrany proti korozi vychází z deficitních surovin, které se musejí dovážet (nikl, měď, zinek, chrom, cín, suroviny a chemikálie pro anorganické a organické povlaky aj.). Úsporu materiálů a surovin můžeme zajišťovat co možná nejdůslednějším uplatňováním zásad protikorozní ochrany (můžeme vytvářet tenčí povlaky – hraniční tloušťky a povlaky z méně nákladných surovin). Jestliže zkvalitníme protikorozní ochranu a snížíme spotřebu výrobků jiných téhož druhu, uspoříme materiál a v neposlední řadě i pracovní síly. (Chmela, 1979)

6.1.2 Technologie

Na vytváření nových protikorozních ochrany se každý den podílí mnoho odborných pracovníků a firem. Hodnota instalovaných zařízení v oblasti protikorozní ochrany je v objemu desítek miliard Kč. Z toho vyplývá požadavek co největší mechanizace a automatizace výrobních pochodů při vytváření povrchových ochrany jednotlivých výrobků. (Roberge, 2012)

6.2 Význam protikorozní ochrany

Téměř každý den se setkáváme s nepříjemnostmi spojenými s korozi, které jsou také na finančně zatěžující. Nepříznivé důsledky koroze kovů jsou:

- ekonomické (drahé náklady na protikorozní ochranu – přímé a nepřímé korozní ztráty),
- ekologické (zapříčiněním korozních havárií může být znečištěno pracovní a životní prostředí),
- škody na zdraví a životech (zřícení konstrukcí).

Úkolem protikorozní ochrany je především prevence koroze, snížení ekonomických ztrát. Výběr vhodné protikorozní techniky je procesem náročným. Bereme v úvahu pravděpodobnost, rozsah koroze, důsledky koroze, dostupné způsoby opatření proti korozi a jejich náklady, náklady pořizovací, náklady na údržbu zařízení, účinnost protikorozních metod. Je vhodné už při výběru počítat s těmito finančními výdaji. Musíme přihlídnout k výši pořizovacích nákladů po přičtení nákladů za provoz a údržbu. Doposud není věnována této problematice zevrubnější pozornost (i když v poslední době lze pozorovat nárůst ze strany odborné veřejnosti, zvláště v těch případech, jsou-li ztráty korozi ve velkém rozsahu). Tato problematika je odborně a finančně mimořádně náročná a složitá. Vlastní korozní ztráty pak rozdělujeme v zásadě na přímé a nepřímé. (Polák, Veleta, 2002)

6.3 Korozní ztráty

Přímé i nepřímé korozní ztráty se pohybují v miliardách korun. Stavby, automobily, konstrukce, stroje a jiné předměty jsou vždy určitým způsobem vystaveny působením okolního prostředí. Účinek tohoto prostředí se projeví právě korozi materiálů, ze kterých jsou tyto předměty zhotoveny, a zhoršením funkčních vlastností konstrukčních celků. Proto se v současné době klade velký důraz na rozvoj ochrany proti korozi. Při korozi dochází k hospodářským ztrátám, tj. společenské práce vynaložené na výrobu daného zařízení a ztrátám vznikajícím omezením či zastavením výroby v důsledku jeho poškození korozi. Ztráty lze rozdělit, jak již bylo uvedeno, na přímé a nepřímé. (Polák, Veleta, 2002)

6.3.1 Přímé korozní ztráty

Rozdělujeme je do několika skupin. Dochází při nich ke zvyšování nákladů (např. na opravy, výměnu zkorodovaných součástek, opravy, obnovu protikorozní techniky, zařízení elektrochemické ochrany). Materiálové ztráty, např. v oblasti slitin železa, se pohybují okolo 70 kt ročně. (Polák, Veleta, 2002)

6.3.2 Nepřímé korozní ztráty

Jedná se o zvýšení provozních nákladů u uživatelů a odběratelů (ztráty, které vznikají při výpadku výroby u havárií způsobených korozi, ztráty při neplánovaných opravách, výměně zařízení v důsledku koroze, ztráty materiálů znehodnocených u havárií, důsledky u znečištění životního prostředí, použití drahých materiálů atd.). Nepřímé korozní ztráty se pohybují z důvodu odstávek zařízení a konstrukcí více než 10^8 až 10^9 Kč. (Polák, Veleta, 2002)

6.4 Protikorozní ochrana z technicko - ekonomického pohledu

Potvrzujeme, že protikorozní ochrana je problémem ekonomickým. Než zvolíme určitou protikorozní ochranu, musíme mít tyto údaje podložené ekonomickým rozbohem. U výběru protikorozních technik se vždy musíme řídit ekonomicky

zdvoudněnou životností chráněného zařízení. Nejčastěji se doba životnosti stanoví odborným odhadem založeným na zkušenostech, nebo ze statistických dat. Při výběru je nejjvhodnější volit variantu, která je po dobu životnosti základních prostředků co nejméně náročná po energetické stránce. Když se protikorozi technika dobře uplatní, významně vede k úspoře investičních nákladů. Náklady na tuto ochranu můžeme také snižovat ekonomicky výhodnější variantou ochrany proti korozi s přihlédnutím k pravidlům, která hodnotí efektivnost investic, a k činiteli času. (Polák, Veleta, 2002)

Podstatně vyšší než přímé korozní ztráty, jsou ztráty nepřímé. Mezi ztráty nepřímé můžeme zařadit ztráty na výrobě při srážkách provozů a závodů, ztráty materiálové a na energii (unikání plynu, vody, ropy z potrubí). Nezanedbatelné jsou škody na zdraví, zejména na životech (výbuchy, zřícení konstrukcí aj.). Takovými haváriemi vznikají další národohospodářské ztráty. Přerušení výroby může vést ke škodám, které mohou několikanásobně převyšovat náklady na opravu nebo obnovu přerušenoho zařízení. To platí především u moderních kontinuálních výrobcích s vysokým stupněm amortizace, jejichž produktivita je závislá na kontinuálním bezporuchovém provozu. Do této skupiny musíme také zařadit ztráty materiálové vznikající nevhodným používáním a nedostatečnými znalostmi z oblasti koroze. Z obavy před korozi se často volí nekompetentně vysokí součinitelé bezpečnosti nebo drahé materiály. Nedostatečná protikorozi ochrana exportovaných výrobků způsobuje, že je zákazníci obdrží ve špatném stavu (funkčním nebo vzhledovém) a může tak docházet ke ztrátě důvěry k výrobcí. Mezi nepřímé ztráty zařazujeme práci vynaloženou na výrobu ochranných prostředků a obnovu ochrany (i celých zařízení v důsledku jejich neúměrně krátké životnosti), které vznikají nedostatečnou protikorozi ochranou. Nepřímé škody jsou téměř nevyčísitelné a převyšují podstatně hodnotu ztrát přímých. (Bartoníček, 1966)

6.5 Ekonomie povrchových úprav

Jako v každém technologickém procesu i u povrchových úprav bereme ohled na ekonomické ukazatele. Povrchové úpravy jsou velmi složité procesy, složitější než procesy základní, kterých se používá pro stavbu strojů (stroje pro tváření, pro třískové, beztrískové obrábění). Ukazatelé, které určují ekonomické hodnoty jsou:

1. náklady v korunách, které přepočítáme na m^2 upravované plochy předmětu
2. produktivita práce vyjádřená v počtu m^2 upravované plochy předmětů připadajících na 1 dělníka za určité časové období. (Hrstka, Míšek, 1973)

Nákladovost nejvíce ovlivněna pracností, namáhavostí. V určitých jednotlivých operacích se vyjadřuje v minutách / m^2 / dělník. Náklady různých povrchových úprav mají velké cenové rozpětí. Zatímco při některých procesech jsou náklady nízké (odmašťování, moření, chromování), jsou i procesy, u nichž je to naopak (pokovování drahými kovy, tvrdé chromování, aj.). Jestliže jsou náklady povrchových úprav vysoké, ovlivňují náklady z vlastního procesu také:

- a) kvalita základního materiálu nebo jeho výchozího povrchu (čistota, rez, okují apod.). Např. galvanický povlak na výrobku z velmi jakostního, za studena válcovaného plechu, s minimální potřebou broušení, stojí mnohem méně než plech nekvalitní. Nebo moření tence okujeného plechu hladkého stojí mnohem méně než moření silně okujeného plechu nebo plechu rezavého,
- b) mechanizace případné automatizace úkonů technologického procesu (broušení, moření, jednoduchý nátěr, otrýskání). Mechanické opracování je mnohem levnější než opracování ruční (Kašpar, 1964).

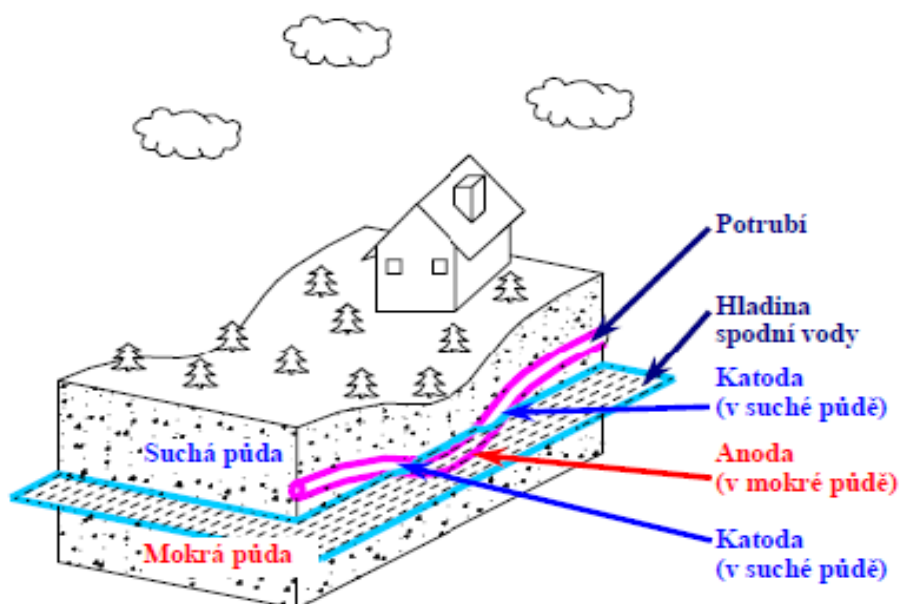
Odborné provádění a správně zvolené technologie povrchových úprav má značný vliv na celkové výrobní náklady výrobků, neboť podíl nákladů na povrchovou úpravu u některých výrobků (vozidla, předměty domácí spotřeby, aj.) se může pohybovat mezi 10 – 40% celkových výrobních nákladů. V kovovýrobě dosahují kolem 10% celkových výrobních nákladů. Pro srovnání, například náklady na tepelné zpracování dosahují jen cca 1% celkových nákladů na výrobu.

Specificky závažnou u povrchových úprav a hlavní kritérium pro určení druhu, efektivnosti a správné technologie, je otázka tzv. fyzické životnosti (buďto předpokládané, nebo dosahované v daném prostředí, náklady na opravy, nároky na pracovní hygienu, bezpečnost práce, aj.). Protože odborné provádění povrchových úprav a jejich správně zvolené technologie mají veliký vliv na celkové výrobní náklady, je nutno tomuto oboru věnovat zvláštní úsilí, péči a pozornost. (Hrstka, Míšek, 1973)

7 Příklady galvanické ochrany

Koroze bludnými proudy je spojována převážně s korozí v půdě, probíhá však za specifických podmínek a dochází k ní při průtoku stejnosměrného elektrického proudu od vnějších zdrojů částmi kovových zařízení uložených uvnitř půdy. (Hrstka, Míšek, 1973)

7.1 Koroze potrubí uloženého v zemi



Obr.7 Koroze potrubí uloženého v zemi; zdroj: přednášky, Černý 2014

Bludné proudy jsou zahrnuty pod pojem „cizí proudové pole“, jež je definováno jako proudové pole vznikající průtokem elektrických proudů různých původů zemí. Jsou to především bludné proudy z dopravních a důlních soustav, vysokonapěťových stejnosměrných rozvodných soustav, bludné proudy celozemského původu, které vznikají v důsledku výskytu slunečních skvrn a následných poruch magnetického pole Země,

což se projevuje magnetotelurickou aktivitou. Může se jednat také o místní vliv spontánní polarizace rudných těles na podzemní potrubí.

Interferenční proudy jsou bludné proudy z instalací katodické ochrany galvanicky nepřipojených kovových konstrukcí, které jsou uloženy v zemi nebo ve vodě, popřípadě zkříženě. Na rozdíl od bludných proudů ze stejnosměrné elektrizované kolejové dopravy a telurických proudů nemění v průběhu času svoji velikost ani směr, pokud se nejedná o automaticky řízené usměrňovače. (Polák, Veleta, 2002)

7.1.1 Vliv vysokonapět'ových stejnosměrných rozvodných systémů (HVDC) na podzemní kovové konstrukce

Vznik bludných proudů a rozsah korozních škod je patrný ze základních prvků soustavy VNSS. Systém HVDC se skládá ze dvou částí (stejných). Jedna část o stejnosměrném napětí má 400 kV je propojena vodičem vrchního vedení a zemí, kdy vodič vrchního vedení má kladnou polaritu. Tento vodič vrchního vedení má kladné napětí 400 kV vůči zemi a druhý vodič má záporné napětí 400 kV vůči zemi, tedy celkové napětí mezi vodiči je 800 kV.

Mezi bludnými proudy soustavy VNSS a bludnými proudy, například ze stejnosměrné trakce elektrizovaných železnic, existují mnohé rozdíly. Především takové, že cesta bludných proudů soustavy VNSS je dlouhá, protože soustava je hospodárná pouze při přenosu velkého množství energie na vzdálenosti stovek kilometrů. Mezi koncovými stanicemi mohou tyto proudy ovlivnit vysoký počet podzemních kovových konstrukcí.

Dalším rozdílem je například možnost obrácení toku bludných proudů v soustavách VNSS. Za běžných provozních podmínek bude uzemnění koncové stanice proud přijímat nebo odvádět - podle toho, za jakých podmínek zrovna pracuje. Další rozdíl je v hnacím napětí potlačujícím bludné proudy zemí.

Jestli daná potrubní síť bude nebo nebude vážně ohrožena, závisí na její poloze vůči koncovým stanicím VNSS či vůči jiným podzemním potrubím vedoucím velkou část bludných proudů této soustavy. (Polák, Veleta, 2002)

Koroze bludnými proudy se projevuje nejčastěji na potrubích, olověných částech kabelů, železobetonových kostrách budov apod. Tato koroze je podmíněna vznikem anodických a katodických míst. V praxi může nastat takový příklad všude, kde vzniká stejnosměrný proud z kladného pólu do zařízení a na jiném místě zařízení je zase opouští. Místo, kde proud vystupuje, je anodou a nastává na něm rychlé rozpouštění kovu. Nejčastějším zdrojem bludných proudů jsou elektrické dráhy. (Hrstka, Míšek, 1973)



Obr.8 Elektrická dráha; Zdroj: přednášky, Černý 2014

7.1.2 Ochranné metody v oblasti bludných proudů

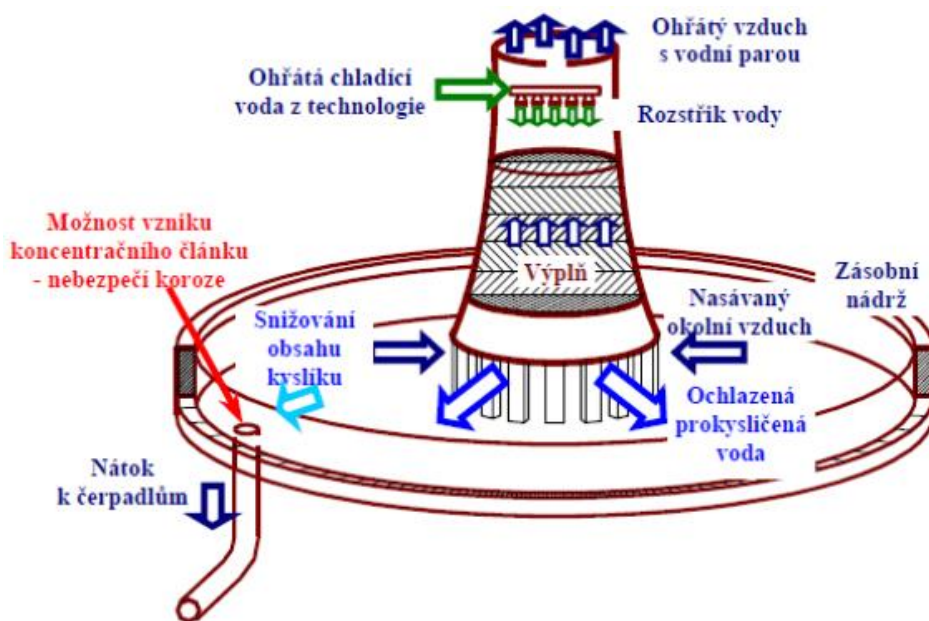
Pokud bychom omezili vliv bludných proudů z možných zdrojů, tj. ze železničních a tramvajových tratí, z důlních drah a z metra, mají vysoký význam tato technická opatření :

- dobré opatření na zdroji bludných proudů,
- vhodný výběr trasy nově budovaného potrubního řádu,
- lepší pasivní ochranu (izolace, speciální způsoby uložení v zemi – v kanálech, nadzemní vedení apod.),

- zvýšení podélného odporu potrubí (izolační spoje) – rozdělení na více sekcí,
- doplňovací uzemnění (potrubí je v anodickém pásmu připojeno přes polovodičový prvek k navíc vybudované uzemňovací anodě nebo k holé chrániče potrubí).
- elektrická ochrana (prostředky):
- elektrická drenáž musí být přímá,
- elektrická drenáž polarizovaná,
- silnější elektrická polarizovaná drenáž (saturáž),
- přítomnost řízené stanice katodické ochrany. (Polák, Veleta, 2002)

7.2 Koroze sběrných nádrží chladicí vody

- příklad významných nepřímých ztrát – odstavení celé elektrárny z provozu



Obr.9 Koroze sběrných nádrží chladicí vody; zdroj: přednášky, Černý 2014

Koroze sběrných nádrží vlivem aeračního článku – rozdílné provzdušnění chladicí vody u kořene chladicí věže a sběrného odtoku vody (nutno použít ušlechtilý materiál – izolovaný, nebo katodu v hydrofobních pouzdrech).

7.3 Koroze lodí



Obr.10 Umístění obětovaných anod na plášti a kormidle lodi; zdroj: přednášky, Černý 2014

- umístění obětovaných anod na plášti a kormidle lodi
- musí být obnoveny po spotřebování, které se projeví nástupem korozní degradace

7.3.1 Mořská voda

Obsah solí v mořské vodě je ve srovnání s říčními vodami nesrovnatelně větší. Poměr rozpuštěných látek ve vodě z otevřených oceánů je stejný, mění se pouze celkový obsah soli a teplota. Mořská voda obsahuje větší množství chloridů, síranů, hydrouhličitanů a z kationtů ve větší míře sodík, hořčík, vápník a také draslík. Fotosyntetický proces mořských rostlin zvyšuje pH, rozklad organických látek pH snižuje a také koncentraci kyslíku. Uhličitany působí svými ústojnými vlastnostmi, kdy z hlediska rozpustnosti CaCO_3 je voda do určité míry přesycena. I když teplota, solnost a růst mořských organismů nejsou totožné, jsou rozdíly koroze pro různá moře malé. Účinky hlavních faktorů se kompenzují, protože zvýšení koroze v důsledku vyšší teploty je potlačeno tvorbou ochranných vápenatých vrstev a pokrivy organismů. V místech, kde je moře silně znečištěno (v přístavech), je korozní chování materiálů rozdílné.

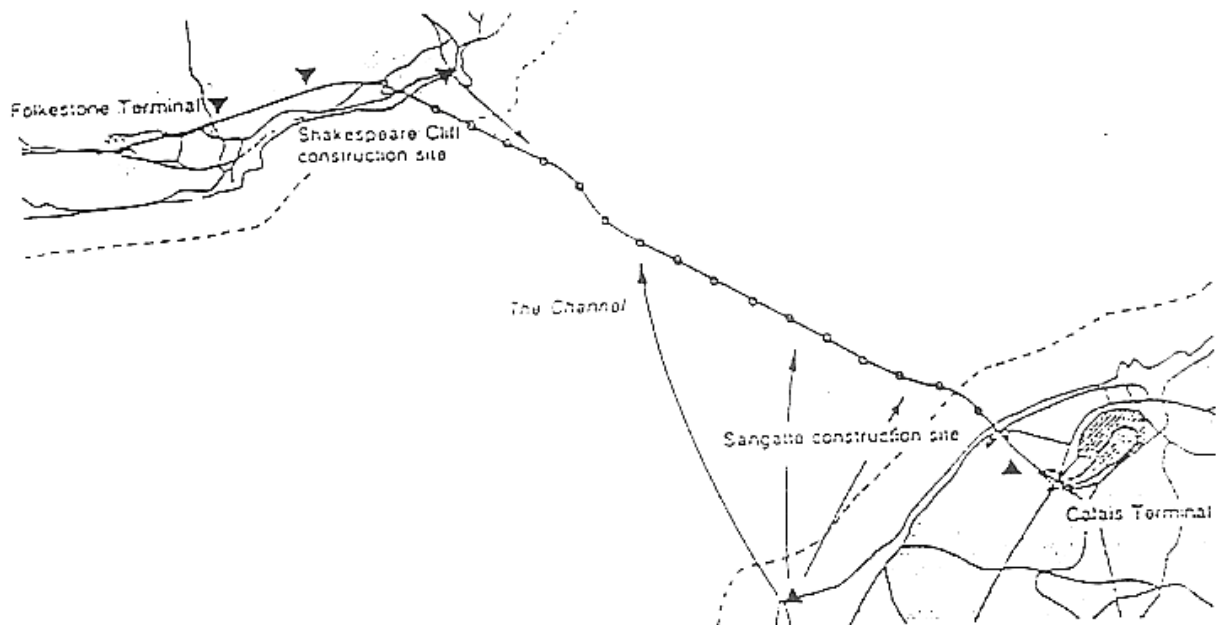
Koroze oceli v mořské vodě je nerovnoměrná. Během prvního roku se hromadí na povrchu korozní produkty, které způsobují mořské porosty, takže korozní rychlost je po jednom roce konstantní a je řízena přístupem agresivních složek uvedenou vrstvou. Pro rozmístění i rozsah koroze litiny má velký význam rozložení grafické fáze. Pokud grafit spolu s korozními produkty pokrývá litinu souvislou vrstvou, koroze se zpomalí. Pokud je porézni, je koroze urychlena v důsledku snadnějšího průběhu katodické reakce na grafitu.

Korozivzdorné oceli jsou náchylné ke vzniku důlkové koroze především na hranách, ve spárách, pod hnojícími organismy, usazeninami a kde nejsou splněny předpoklady úplné pasivace celého povrchu oceli. Nejprísnejšími podmínkami je trvalý ponor, pokud se jedná o stojatou vodu nebo v pomalu tekoucí mořskou vodu, kde mořské organismy mohou urychlit korozi nepřímo stíněním nebo přímo za působení rozkladných produktů pro uhynutí organismů. (Bartoníček, 1966)

7.3.2 Koroze v teplé vodě do 100°C

Teplota ovlivňuje korozní děj přímo tím, že mění rychlost chemických reakcí, a nepřímo mění se rozpustností plynů ve vodě, ovlivňuje rovnovážné stavy rozpustných látek a mění vlastnosti ochranných vrstev. Se zvyšující se teplotou koroze oceli, zinku a hliníku ve vodě zpočátku stoupá, převládá vliv urychlení chemických reakcí. V uzavřených tlakových systémech, kde nemůže dojít k odplynění vody a koncentrace kyslíku neklesá, se koroze oceli neustále zvyšuje. V otevřených systémech koroze nejdříve stoupá, v oblasti teplot 65-75 °C dosahuje maximálních hodnot, potom se ale v důsledku klesající rozpustnosti kyslíku také snižuje. Složení vody ovlivňuje rychlost koroze i oblast korozního napadení. V teplých vodách je oblast nezávislosti koroze na pH menší než je tomu ve vodě studené, a nad 60°C již neexistuje. O rychlosti koroze stále rozhoduje přítomnost kyslíku, takže například v měkké vodovodní vodě dochází při ohřívání k silné korozi, zatímco ve vodě cirkulujícím ústředním topením, která obsahuje jen malé množství kyslíku, je koroze oceli podstatně menší (Bartoníček, 1966).

7.4 Plán katodové ochrany tunelu pod La Manche



Plán katodové ochrany tunelu pod La Manchem

▲: zemnění na zemi o: zemnění ve vrtu pod tunelem

Obr.11 Plán katodové ochrany pod La Manchem; zdroj: přednášky, Černý 2014

Typická ukázka katodické ochrany zařízení je u podmořského tunelu La Manche, kde po 500 metrech vyhotovené vrty do hloubky cca 100 metrů jsou osazeny titanovými deskami, na který je přiveden korozní potenciál E_{OKOR} , jenž zaručuje pomalou korozi titanových desek (titan, hliník, vanad), jejichž životnost je z korozního hlediska stanovena minimálně na 120 let.

8 Diskuse

Z uvedeného vyplývá neobvyklý význam ochrany obětovanými elektrodami právě s ohledem na mimořádnou důležitost a ekonomický význam chráněných objektů.

V oblasti pasivní i aktivní katodické ochrany se jedná především o vytvoření náhradních korozních cílů pro materiálovou degradaci agresivním prostředím. V případě aktivní ochrany je korozní potenciál vytvářen uměle tak, aby poskytoval dlouhověkost ochrany, při použití ušlechtlejšího materiálu, než je materiál chráněné konstrukce.

Z hlediska anodické ochrany se vesměs jedná o kontrolovanou úroveň vlivu heterogenních reakcí na konstrukční materiál. Chráněný materiál tak postupně podléhá degradaci, která je však zcela pod kontrolou provozovatele a tak můžeme přesně stanovit pomocí termodynamických a kinetických výpočtů životnost objektu, tedy provozované a kontrolované jednotky.

9 Závěr

Předkládaná bakalářská práce EKONOMICKÉ ASPEKTY KATODICKÉ OCHRANY je tvořená převážně jako kompilace stávajících odborných poznatků a vychází z podrobné rešerše odborných a vědeckých prací.

Je členěna na část teoretickou popisující stanovenou problematiku a část, jenž uvádí příklady řešení korozní ochrany (viz. Kapitola 3 až 5). Na tuto část navazuje ekonomický rozbor korozní protetiky v oblasti galvanické koroze (viz. Kapitola 6). Celek je doplněn příklady aplikace ochrany významných konstrukcí metodou obětované elektrody (viz. Kapitola 7).

(Práce obsahuje kapitoly: Úvod, Cíle bakalářské práce, Koroze, Katodická ochrana, Anodická ochrana, Ekonomika galvanické ochrany, Příklady galvanické ochrany, Diskuze a Závěr).

V současné době je téma protikorozní ochrany velmi aktuální. Jedním z důvodů je skutečnost, že koroze během každého roku způsobí národnímu hospodářství velmi vysoké finanční ztráty, které se pohybují v desítkách miliard korun.

Je podstatné, aby práci vykonávali odborníci, kteří mají s touto problematikou bohaté zkušenosti. Dobrá protikorozní ochrana může ušetřit nejen spoustu financí, problémů, ale i lidských životů.

Seznam použité literatury

BARTONÍČEK, R. *Navrhování protikorozi ochrany*. 1. vydání, Praha: SNTL, 1980, 287 s.

BARTONÍČEK, R. *Koroze a protikorozi ochrana kovů*. 1. vyd. Praha: Academia, 1966, 719 s.

ČÍP, J., DĚDINA, T., a MÍČKO, F.: *Katodická ochrana v teorii a praxi*. Vyd. 1. Ostrava: Ateko, 2014, 129 s, ISBN 978-80-905836-0-3.

FRANK, H., FIALA, J., KRAUS, I. *Elektronová struktura a reaktivita povrchů a rozhraní*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013, 317 s. ISBN 978-80-01-05397-3.

GROYSMAN, A. *Corrosion for Everybody*. Springer Science + Business Media, B. V. 2010, ISBN 978-90-481-3477-9.

HRSTKA, J. *Koroze a povrchová úprava kovů*. Brno, 1973.

CHMELA, J. *Koroze a ochrana materiálu (kovů)*. Praha: Ústav technického rozvoje a informací, 1979, 25 s.

KAŠPAR, E. *Koroze a povrchová úprava materiálu*. Praha, 1964.

POLÁK, J., VELETA, P. *Rukověť katodické protikorozi ochrany*. 1. vyd. Praha: Český plynárenský svaz, 2002, 534 s. ISBN 3-527-29586-0.

ROBERGE, P. R. *Handbook of Corrosion Engineering*. McGraw Profesional, 2. Edition, 2012, ISBN 007-1-750371.

STUDNIČKA, J. *Navrhování nosných konstrukcí*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2014, 120 s, ISBN 978-80-01-05490-1.

Seznam obrázků

Obr. 1	Koroze pod nátěrem	15
Obr. 2	Korozivzdorná ocel	16
Obr. 3	Patinující ocel	17
Obr. 4	Konstrukční opatření při stavění mostu	18
Obr. 5	Druhy korozního napadení	19
Obr. 6	Obětovaná anoda	23
Obr. 7	Koroze potrubí uloženého v zemi	30
Obr. 8	Elektrická dráha	32
Obr. 9	Koroze sběrných nádrží chladící vody	33
Obr. 10	Umístění obětovaných anod na plášti a kormidle lodi	34
Obr. 11	Plán katodické ochrany pod La Manche	36

Seznam tabulek

Tab.1	Vliv spojení kovových materiálů na korozi v atmosférických podmínkách	18
-------	---	----