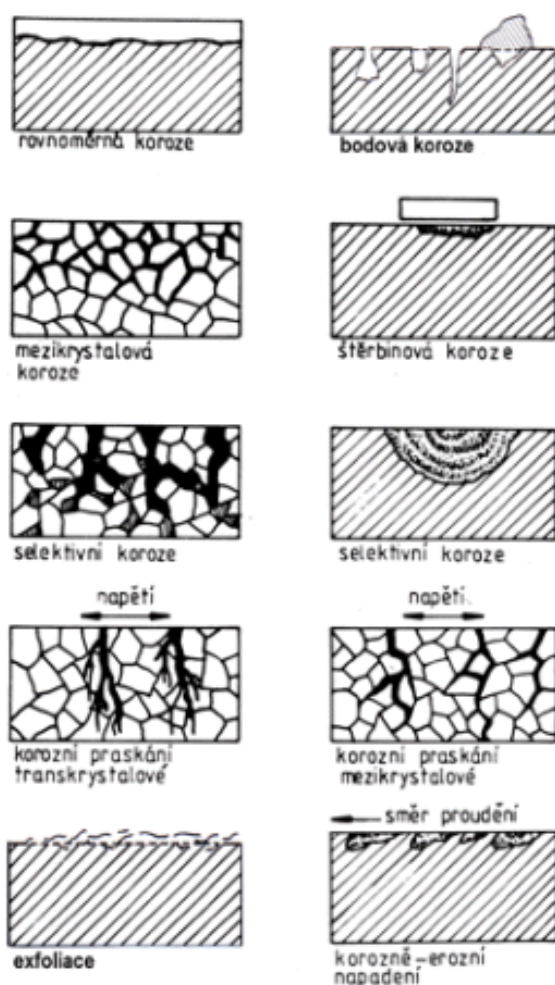


Druhy koroze kovů

DRUHY KOROZE KOVŮ V ELEKTROLYTECH

(1) (2) (3) (4)



Obr. 1 Rozdělení koroze podle vzhledu (1)

ROVNOMĚRNÁ (PLOŠNÁ) KOROZE

Při tomto typu koroze dochází ke stejnosměrnému rozpouštění kovu po celém napadeném povrchu. Vyskytuje se v systémech s homogenním povrchem kovu a homogenním prostředím (teploty a koncentrace všech složek prostředí i kovu jsou na jejich vzájemném rozhraní vyrovnané).

DŮLKOVÁ KOROZE

Jedná se o nerovnoměrný typ koroze. Poměr hloubky k šířce napadené plochy je malý. Pokud vznikají mělké důlky na rozměrné ploše mluvíme o důlkové korozi, pokud vznikají shluky důlků na korozně nenapadnuté povrchu jedná se o korozi skvrnitou.



Obr. 2 Důlková koroze. Detail korozního důlku. (5)

ŠTĚRBINOVÁ KOROZE

Vzniká v místech, kde je odděleno malé množství kapaliny, v prostředí kapiláry nebo štěrby (mezi dvěma plechy spojenými nýty, šrouby nebo bodovými svary, pod podložkami, těsněními, pod nekovovými úsadami, pod korozními produkty, pod povlaky, které ztratily adhezi ke kovu). Štěrbínovou korozi podporuje přítomnost chloridových a fluoridových iontů. Tyto složky se mohou uvolňovat i např. z těsnících materiálů a intenzifikovat tak korozní proces. Štěrbínová koroze se týká především kovů, které vytvářejí pasivní vrstvu.

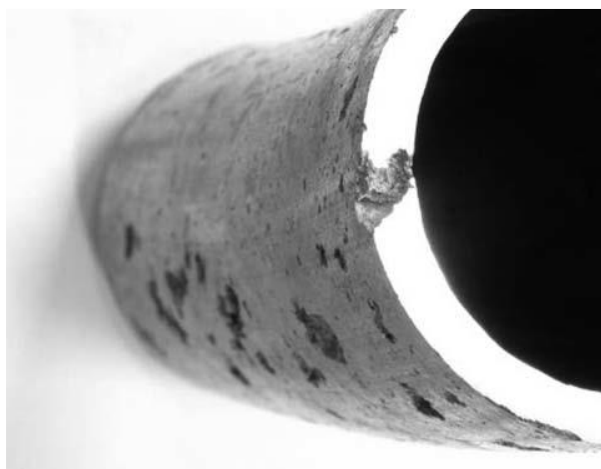


Obr. 6 Štěrbínová koroze příruby potrubí z korozivzdorné oceli typu CrNi 18-8 (1)

BODOVÁ KOROZE (PITTING)

K tomu druhu napadení dochází především u materiálů, které jsou schopné vytvářet v daném korozním prostředí tenkou kompaktní vrstvu oxidů tzv. pasivní vrstvu (např. korozivzdorná ocel, hliník, ale i železo a měď). Jedná se o lokalizovaný korozní děj, při kterém vznikají na kovovém povrchu hluboké důlky a okolní povrch zůstává bez pozorovatelného napadení. V místech vzniku důlku může dojít až k perforaci materiálu.

Pro vznik důlkové koroze je typická přítomnost chloridových a/nebo síranových iontů. Koroze je podporována zvýšenou teplotou a nízkým pH. Důlky mohou vznikat v místech, kde pasivní vrstva není homogenní (škrábanec, přítomnost vměstku u povrchu kovu ...) nebo v místech nehomogenit prostředí (např. rozdíly v koncentraci rozpuštěného kyslíku).

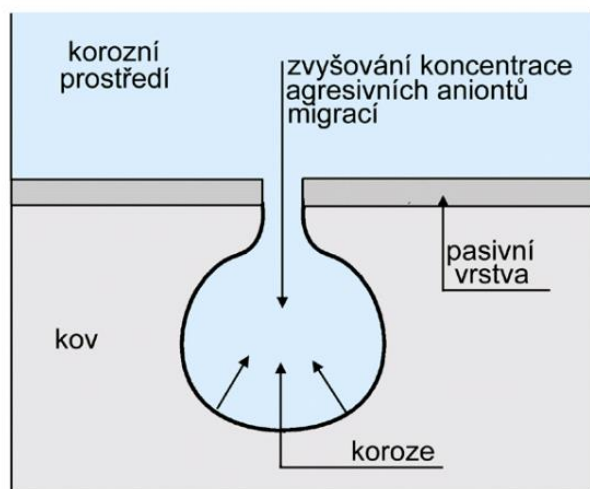


Obr. 3 Bodová koroze hliníku. (2)



Obr. 4 Bodová koroze korozivzdorné oceli. (3)

V místě poruchy pasivní vrstvy vzniká důlek, ve kterém migrací vzrůstá koncentrace agresivních iontů (nejčastěji chloridů) a hydrolýzou korozních produktů klesá hodnota pH. Tím se vytvářejí stále agresivnější podmínky, vzniklý důlek se dále šíří a malá velikost ústí důlku nedovoluje výměnu roztoku uvnitř.



Obr. 5 Mechanismus bodové koroze (3)

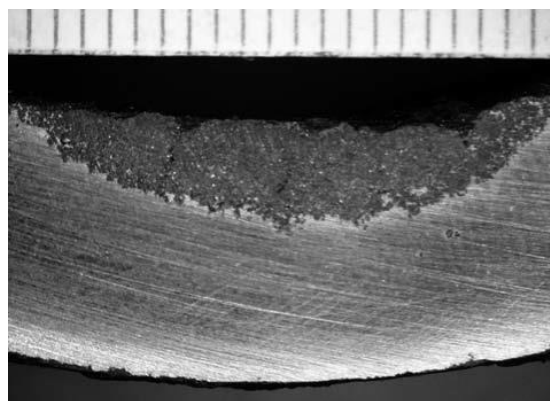
SELEKTIVNÍ KOROZE

Selektivní koroze je přednostní rozpouštění některé ze složek slitiny jejíž přítomnost je v kovu žádoucí. V místě napadení je přilehlá oblast kovu ochuzována o korodující složku, dochází ke strukturním změnám krystalové mřížky a tím pádem k rozrušení povrchu a zhoršení mechanických vlastností. Selektivní koroze může být homogenní rovnoměrná (ve slabě kyselých vodách, při běžné teplotě) nebo lokalizovaná (v neutrálních a slabě alkalických vodách s vysokým obsahem solí, při zvýšené teplotě).

Příkladem selektivní koroze je odzinkování mosazi, což bývá častým důvodem selhání mosazných armatur ve vodních rozvodech. K odzinkování jsou náchylné všechny mosazi s obsahem Zn vyšším než 15%. Zinek (méně ušlechtilý kov) je více náchylný ke korozi a přechází do roztoku, zatímco měď je vyloučena zpět v nekompaktním (houbovitým) stavu. K odzinkování dochází především v provzdušněných vodách s obsahem oxidu uhličitého, v přítomnosti chloridů, při malém nebo žádném proudění. Tento druh koroze je pozorovatelný také u dalších slitin mědi (např. s niklem, křemíkem nebo hliníkem). Vážným problémem je selektivní rozpouštění železa v šedé litině (spongióza, grafitická koroze), jehož výsledkem je pórovitá struktura grafitu s horšími mechanickými vlastnostmi.



Obr. 8 Selektivní koroze – odzinkování mosazi (6)



Obr. 8 Selektivní koroze – Grafitická koroze (spongióza) šedé litiny (2)

KOROZE V DŮSLEDKU KONCENTRAČNÍCH ČLÁNKŮ

Koroze v důsledku koncentračních článků vzniká, pokud je povrch kovu v kontaktu s nehomogenním korozním prostředím. Nejčastěji jsou články v důsledku různého přístupu vzdušného kyslíku k povrchu oceli, který je v kontaktu s neutrálními vodnými roztoky. Koncentrační články se často podílí i na dalších druzích koroze (koroze štěrbinová, bodová atd.)

MEZIKRYSTALOVÁ KOROZE

Mezikrystalová koroze se nejčastěji objevuje u korozivzdorných ocelí (vzniká při svařování). Je způsobena snížením obsahu chromu na hranicích zrn korozivzdorných ocelí. Toto ochuzení může být způsobeno jejich ohřevem v rozmezí teplot 500 – 800 °C, při kterém dochází k precipitaci karbidů chromu. V oblastech se sníženým množstvím rozpuštěného chromu dochází k přednostní korozi. Interkrystalická koroze je velmi nebezpečná, jelikož zrna ztrácejí soudržnost a materiál mechanickou pevnost, aniž by došlo k pozorovatelné vzhledové změně. Druhem mezikrystalové koroze je také nožová koroze stabilizovaných korozivzdorných ocelí a exfoliace (koroze po vrstvách) hliníkových slitin.



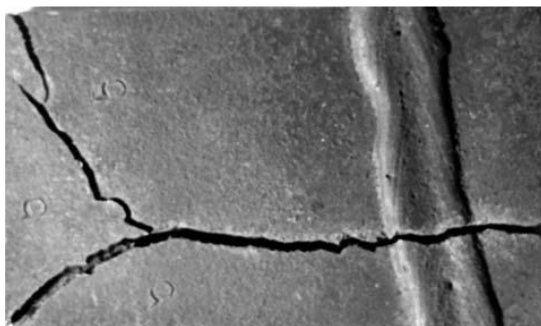
Obr. 7 Mezikrystalová koroze korozivzdorné oceli 10CrNi 8-10 (8)

KOROZNÍ PRASKÁNÍ

Praskání vyvolané prostředím je kombinované působení tahového namáhání a korozního prostředí na kov. Trhliny často vycházejí z místa lokálního porušení pasivní vrstvy (např. bodové koroze) a šíří se buď po hranicích zrn nebo napříč zrny. Druhem korozního praskání je také praskání vyvolané vodíkem a korozní únava. Klasickým příkladem korozního praskání je tzv. louhová křehkost ocelí. Docházelo k ní v parních kotlích z uhlíkové oceli, pro které byla voda alkalizována k potlačení rovnoměrné koroze ($\text{pH} > 9$). V místech nýtovaných spojů se hydroxid přehřátím zkoncentroval a tahově namáhané nýty praskly, což způsobilo výbuch kotle.



Obr. 9 Korozní praskání mosazi (2)

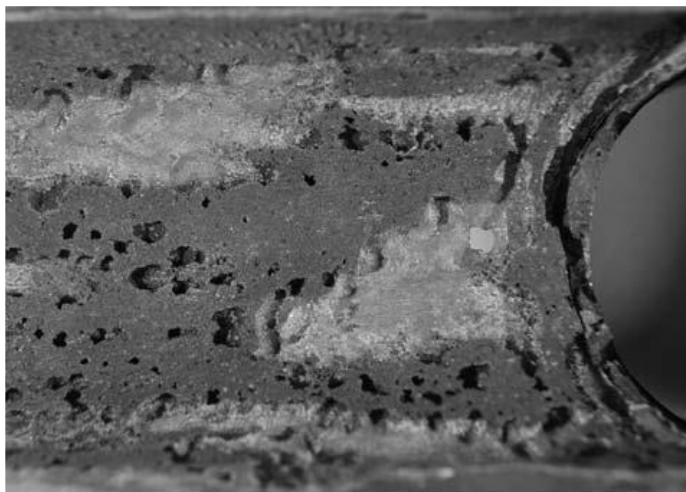


Obr. 10 Korozní praskání oceli (2)

EROZNÍ KOROZE

Tento typ koroze vzniká v rychle proudícím prostředí. Příčinou je erozní porušování pasivní nebo jiné ochranné vrstvy kovu. Účinek erozního působení je zvyšován přítomností pevné nebo plynné fáze v proudící kapalině. Pokud je prostředí elektrolyticky vodivé, dochází ke zvýšení koroze kovových materiálů i za podmínek, kdy intenzita vlastního mechanického poškození je velmi malá. Je to dáno tím, že většina kovů vděčí za svoji korozní odolnost pasivitě, tedy existenci povrchové vrstvy korozních produktů, která potlačuje anodické rozpouštění.

Účinek rychle proudícího média může u solných pasivních vrstev spočívat pouze v intenzivním odstraňování povrchové vrstvy kapaliny, nasycené rozpuštěnými složkami vrstvy. Obsahuje-li kapalina částice, napadení se zvětší již při nízkých rychlostech proudění. Částice jsou ve velikostech desítek mikrometrů až milimetrů a proti tloušťce pasivní vrstvy jsou obrovské, tj. v místě nárazu zcela zničí pasivní vrstvu. Přestože je kov v daných podmínkách samopasivovatelný, obnovení pasivní vrstvy je v místě kolize spojeno s významným anodickým rozpouštěním kovu. Opakovaný erozní účinek částic tak nedovolí, aby se na povrchu kovu vytvořila dostatečně chránící vrstva, která bez erozního účinku zajišťuje přijatelnou korozní rychlost. Projevem erozní koroze jsou rýhy, vlnky a kapkovité nebo podkovovité důlky v povrchu kovu.



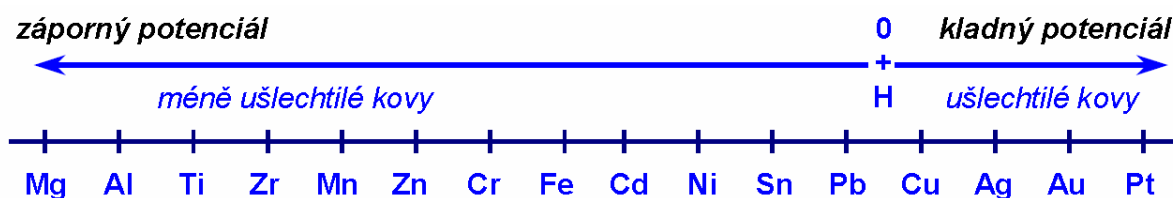
Obr. 11 Erozní koroze uhlíkové oceli (2)

GALVANICKÁ KOROZE (KOROZE PŮSOBENÍM GALVANICKÝCH MAKROČLÁNKŮ)

Tento typ koroze závisí na geometrickém uspořádání a vodivosti elektrolytu. Galvanickou korozi můžeme rozdělit na BIMETALICKOU korozi a korozi V DŮSLEDKU KONCENTRAČNÍCH ČLÁNKŮ.

BIMETALICKÁ KOROZE

Kovy jsou pevné krystalické látky se značnou tepelnou a elektrickou vodivostí. Podle vzrůstající afinity vázat kyslík rozdělujeme kovy na ušlechtilé (zlato, platina), poloušlechtilé (měď, cín, nikl...) a neušlechtilé (železo, zinek, hořčík, hliník...). Seřadíme-li tyto prvky podle svých standardních potenciálů vznikne elektrochemická řada napětí, tzv. Beketovova řada kovů.



Obr. 12 Elektrochemická řada napětí kovů (7)

Kovy vpravo od mědi se označují jako ušlechtilé, kovy vlevo od mědi se označují jako neušlechtilé.

V Beketovově řadě napětí platí, že jakýkoliv kov je schopen z roztoku vyredukovat kovy umístěné napravo od něj.

Nacházejí – li se různé kovy v nějakém elektrolytu (stačí vlhkost), může z méně ušlechtilého kovu (anody) proudit elektrický proud k ušlechtilejšímu kovu (katodě). Méně ušlechtilý kov bude korodovat výrazně rychleji, než kdyby kovy nebyly v kontaktu. Rychlost koroze závisí na velikosti plochy styku, teplotě a složení elektrolytu. Čím větší je plocha ušlechtilého kovu v poměru k ploše neušlechtilého kovu, tím rychlejší je napadení galvanickou korozí. Kovy nemusejí být v těsném kontaktu. K tomu, aby probíhala galvanická koroze je dostačující přítomnost iontů ušlechtilejšího kovu v elektrolytu.

materiál	hliník Al	měď Cu	nerez Fe-Cr	pozinkovaná ocel Fe-Zn	uhlík. ocel Fe
hliník Al	+	-	+	+	-
měď Cu	-	+	+	-	-
nerezová ocel Fe-Cr	+	+	+	+	+
pozinkovaná ocel Fe-Zn	+	-	+	+	-
uhlík. ocel Fe	-	-	+	-	+

+ materiály mohou být v kontaktu

- kontakt materiálů je třeba vyloučit, výrazně se ovlivňují, k elektrolytické korozi dochází za přítomnosti vody

Tab. 1 Vzájemná snášenlivost kovů

Použitá literatura:

1. **Brenner, Otakar.** *Základy teorie koroze*. Praha : FS ČVUT v Praze, 2019. přednáška.
2. **Novák, Pavel.** Druhy koroze kovů. *Koroze a ochrana materiálu*. 2005, Sv. 49, 4, stránky 75-82.
3. **Novák, Pavel.** [Online] [Citace: 03. 09 2020.]
<https://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Koroze%20kov%C5%AF.pdf?redirected>.
4. **Spoustová, Zuzana.** [Online] 2011. [Citace: 07. 09 2020.]
https://is.muni.cz/th/rdy1d/bakalarka_Zuzana.PDF.
5. **Nevěčný, RNDr. Petr.** Bojuji proti korozi. [Online] 03. 09 2020.
<http://www.korozniinzenyr.cz/fotografie.aspx>.
6. **Koroze.** [Online] [Citace: 03. 09 2020.]
https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old_web/_files/projekty/enazp/16/MMT/073_Koroze_-_P1.pdf
7. **Havlík, Luboš.** [Online] [Citace: 07. 09 2020.]
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=25912
8. [Online] [Citace: 10. 09 2020.] <https://docplayer.cz/9080515-Viii-koroze-ocelovy-hrebik-vystaveny-vzduchu-a-vlhkosti.html>