

---

## Co je koroze?

White Paper

# Co je koroze?

---

**od Doug Jones**

Expertní tým Bossard  
Bossard United States

[www.bossard.com](http://www.bossard.com)

Všechna práva vyhrazena © 2020 Bossard

Uvedená doporučení a rady musí být čtenářem v praxi náležitě zkontrolována a pro konkrétní aplikaci musí být schválena jako vhodná. Změny vyhrazeny.



ASSEMBLY  
TECHNOLOGY  
EXPERT

## CO JE KOROZE?

# Úvod

V některých případech lze korozi vidět jako příjemnou a líbivou, například měděnka na mědi může být používána pro dekorativní účely, ale většinou chceme, aby se koroze nevyskytovala na našich konstrukcích až do konce předpokládané životnosti výrobku. Koroze může vést k nešťastným zákazníkům, kteří mohou objevit rezavé skvrny na svém zářivém novém zahradnickém traktoru, nebo koroze může dokonce způsobit úraz a smrt v důsledku zborcení stropu nad plaveckým bazénem, jehož střecha byla nesprávně navržena. Porozumění typům koroze a používání správných návrhových principů pro vyloučení výše uvedených případů musí být důležité pro každého technika.

## Principy koroze

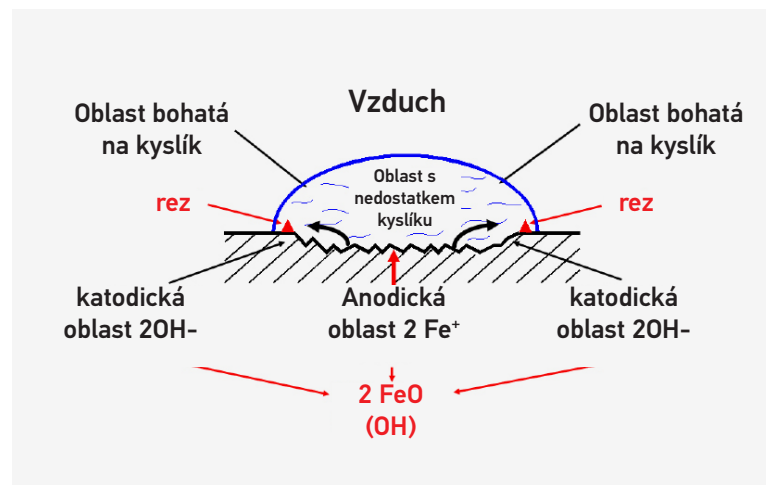
Hlavní příčinou koroze spojovacích materiálů je vlhkost a elektrochemické reakce, které se mohou vyskytnout mezi nimi a jejich sdruženými komponenty.

## Model vodní kapky

Uvedený obrázek znázorňuje vodní kapku spočívající na rovném železném povrchu. Povrch vodní kapky je vystaven působení vzduchu, což má za následek vzniku oblasti bohaté na kyslík. Uvnitř kapky je nedostatek kyslíku, což vytváří rozdíl elektrochemického potenciálu umožňujícího průtok elektrického proudu. Elektrický proud protéká vodní kapkou, která působí jako elektrolyt, od anodického povrchu železa ke katodickému povrchu vody a způsobuje rozpouštění iontů železa.

Současně se ve vodě tvoří ionty hydroxidu a reagují s ionty železa, přičemž způsobují vylučování hydroxidu železa  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Rozpuštěný kyslík rychle oxiduje tuto sloučeninu a vytváří  $(\text{FeO}(\text{OH}))_n\text{H}_2$  obvykle známou jako rez.

Spuštění tvorby rzi nevyžaduje mnoho vlhkosti. Koroze začíná při 60 % relativní vlhkosti. Pokud vzduch obsahuje oxid siřičitý, sirovodík, oxidy dusíku, sůl, popel, saze a jiné nečistoty, šance na korozi rostou.



## CO JE KOROZE?

# Typy koroze

### Plošná koroze

Plošná koroze oceli je nejčastějším typem koroze a lze ji rozpoznat podle načervenalé barvy rozložené rovnoměrně po nechráněné části upevňovacího prvku. Pokud jsou tyto části ponechány bez ošetření, postupně se ztenčují a slábnou, případně způsobí porušení spoje nebo jeho nerozebíratelnost.

#### Prevence

- Chraňte součásti před vlhkostí
- Používejte konstrukce, které umožňují odvod vody
- Zajistěte dobré větrání pro schnutí
- Udržujte povrchy čisté a zabraňte kontaminaci
- Zabraňte nepřetržitě kondenzaci
- Chraňte spojovací materiály pokovováním nebo povlaky



### Štěrbinová koroze

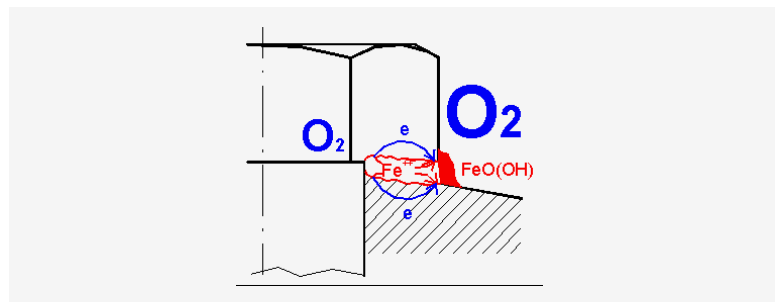
Malé mezery a drážky mají tendenci nasávat vlhkost a pak snadno neschnou. Vlhkost ve štěrbině rychle ztrácí kyslík a spouští anodickou korozi popsanou v modelu vodní kapky. V případě spojovacích materiálů se riziko štěrbinové koroze násobí počtem dělicích ploch.

Spojovací materiály z austenitické nerezové oceli vykazují také riziko štěrbinové koroze, zvláště pokud jsou používány v prostředí, ve kterém se ve vodě nacházejí ionty chloru.



#### Prevence

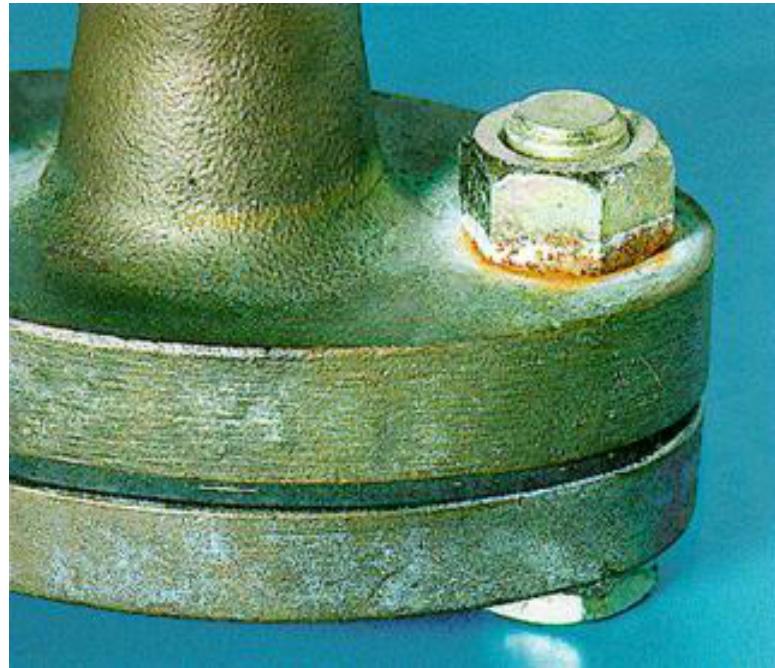
- Minimalizujte používání podložek - používejte přírubový spojovací materiál
- Zajistěte stykové plochy spojů co možná nejhladší



## Galvanická koroz

Spojení dvou odlišných kovů za přítomnosti vlhkosti vytváří elektrochemický potenciál, který vede ke korozi. Při této galvanické reakci protéká proud od méně ušlechtilého anodického kovu k ušlechtilejšímu katodickému kovu a dochází k rozpouštění méně ušlechtilého materiálu.

voda, pH 6,0	mořská voda, pH 7,5	
stříbro	stříbro	ušlechtilejší (katoda)
měď	nikl	
nikl	měď	↑
nerez A2	nerez A2	
hliník olovo		
cín	ocel	méně ušlechtilý (anoda)
olovo	kadmium	
ocel	hliník	
kadmium	zinek	
zinek	cín	

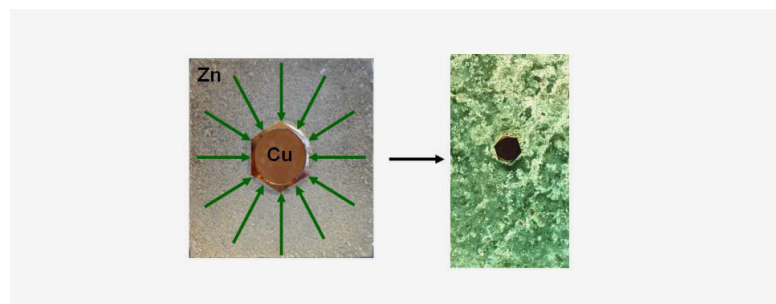
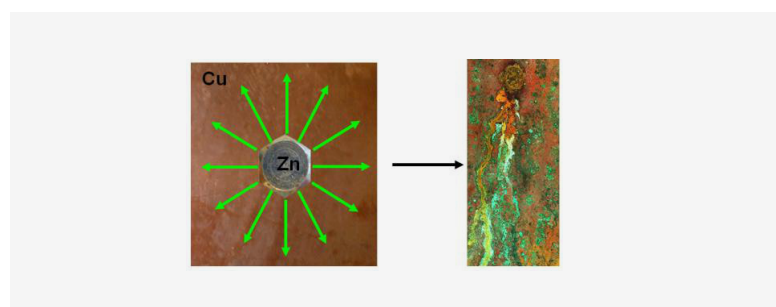


### Elektrochemické potenciály kovů

Hustota korozního proudu je přímo úměrná rychlosti rozpouštění kovu. V níže uvedeném případě je použit méně ušlechtilý pozinkovaný šroub k upevnění měděné desky. Malá plocha zinku v porovnání s mnohem větší plochou mědi vytváří vysokou hustotu proudu. Když se přidá vlhkost, zinek se rychle rozpouští.

Jestliže zaměníme prvky a upevníme velký kus pozinkované oceli pomocí měděného upevňovacího prvku, hustota proudu je poměrně nízká a rychlost postupu koroze je mnohem pozvolnější.

Pozinkovaná matice na bronzové přírubě



## Prevence

- Spojovací materiály nebo zvolená povrchová úprava musí být buď stejně ušlechtilé nebo ušlechtilejší než spojované prvky
- Pro spoje, u kterých není síla předpětí ve spoji rozhodující, mohou být použity izolační plastové podložky
- Součásti z nerezové oceli nebo mědi nesmí být nikdy upevňovány pozinkovanými spojovacími materiály

## Důlková koroze

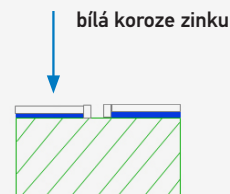
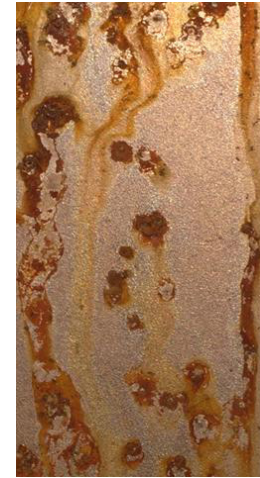
Na kovovém povrchu, který je pokryt velmi ušlechtilou povrchovou úpravou, například niklem nebo chromem, se může vyskytnout důlková koroze. V níže uvedeném příkladě má poniklovaná ocel neviditelné póry, které propouštějí vodu na základní kov. Štěrbínová koroze začala pod povrchem a prosvítala póry jako malé tečky nebo důlky.

Nerezová ocel a hliníkové slitiny jsou také náchylné na důlkovou korozi. Tyto kovy mají na povrchu pasivační vrstvu oxidu chromu, která v normálním prostředí brání jejich korodování. Pokud dojde lokálně k poškození této pasivační vrstvy buď mechanicky nebo roztoky obsahujícími ionty chloridu, může dojít k důlkové korozi.

Nechráněná plocha se stává méně ušlechtilou než mnohem větší pasivovaná plocha okolo ní a vytváří hustotu proudu umožňující galvanickou korozi na lokalizované ploše, nebo důlky. Pokud je k aktivní ploše zpřístupněn kyslík, může se znovu pasivovat, ale nečistoty, solné usazeniny a zbytky chloru mohou bránit přístupu kyslíku a tím ztížit obnovu pasivační vrstvy.

## Prevence

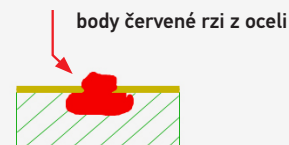
- Za účelem následných úprav, například dehydratační tekutinou Castrol (DW924), která vyplňuje póry, kontaktujte svého dodavatele v oblasti niklování.
- Udržujte povrchy čisté a hladké
- Zabraňte výskytu pevných nebo kapalných zbytků, zvláště chloridů - umyjte a opláchněte součásti, které byly vystaveny účinkům
- V prostředích vystavených účinkům chloridů používejte nerezovou ocel A4 nebo 316 obsahující molybden



Anodická ochrana:

zinek, kadmium

ocel



Katodická ochrana:

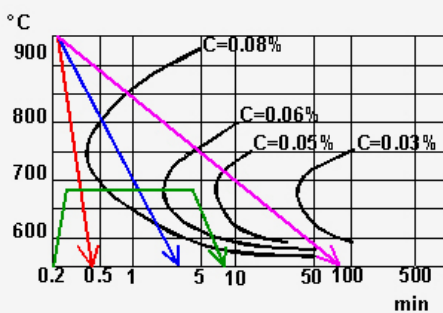
nikl, chrom

ocel

## Mezikrystalická korozie

Austenitické nerezové oceli (Cr Ni) mohou vyvíjet mezikrystalovou korozí, když jsou zahřáté na vysokou teplotu pro tváření za tepla nebo svařování. Po zahřátí (600 - 900 °C) a pomalém ochlazení se může uhlík slučovat s chromem a vytvářet karbidy chromu. Tvoření karbidů spotřebovává obsah chromu, který je nutný pro zajištění odolnosti oceli proti korozí. Pokud obsah chromu klesne pod 12 %, může se vyskytnout korozie, zvláště po hranicích zrn.

Vyšší obsah uhlíku v nerezové oceli a nižší rychlost ochlazení vytváří více karbidů. Níže uvedený graf znázorňuje dobu ochlazení v minutách z některých úrovní teplot. Dokud teplota oceli a doba trvání vystavení účinkům tepla zůstávají nalevo od křivky, mezikrystalová korozie se nevyskytne.



## Prevence

- V případě tváření za tepla nebo svařování použijte nerezovou ocel s obsahem uhlíku 0,05 %
- Kalení provádějte okamžitě po zahřátí
- Nerezové oceli obsahující více než 0,05 % uhlíku, které budou vystaveny účinkům vysokého tepla, mohou být stabilizovány přidáním titanu, niobu nebo tantalu (oceli A3 a A5)



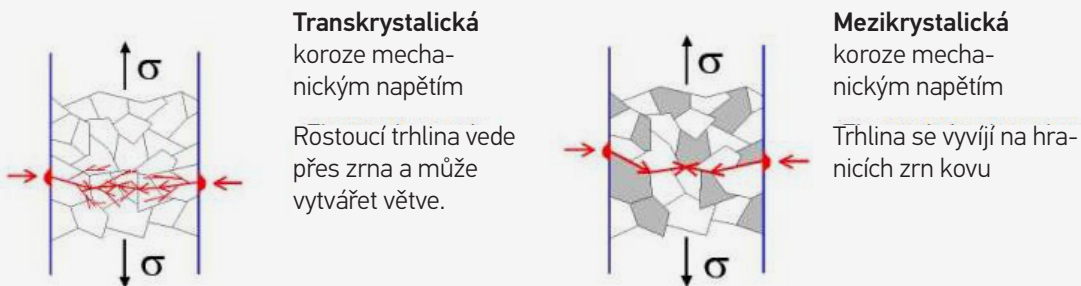
## Trhliny způsobené napětím

Korozní praskání mechanickým napětím může nastat, když se koroze vyskytuje na spojovacích materiálech, na které působí tahové napětí. Nejčastěji se tento typ poškození spouští důlkovou korozí.

V případě austenitické nerezové oceli, která má důlkovou korozi za přítomnosti slané vody je koroze urychlována kolmo na orientaci mechanického napětí a vytváří se prasklina. Během reakcí, které probíhají, se v základně praskliny nepřetržitě vytváří červená rez a kyselina chlorovodíková. Působení kyseliny brání repasivaci, působení koroze pokračuje a způsobuje hlubší a hlubší prasklinu, až dojde k poškození kovu.



Trhliny způsobené napětím se mohou vyskytovat také v nelegovaných a nízkolegovaných ocelích. Vytvořená trhlinka bude povahou mezikrystalová, zatímco trhliny v austenitických nerezových ocelích budou transkrystalické.



Tvorba trhlin v austenitických nerezových Cr Ni ocelích

Mezikrystalický vývoj trhlin je pravděpodobnější v nelegovaných a nízkolegovaných ocelích.

## Prevence

- Dodržujte pravidla prevence pro důlkovou korozi, zvláště pro spojovací materiály, které jsou vystaveny vysokému mechanickému napětí
- Pravidelně kontrolujte známky koroze u součástí, které jsou kritické a je nutno dodržet jejich bezpečnost
- Použijte povrchové úpravy žárového zinkování u součástí, které jsou kritické a je nutno dodržet jejich bezpečnost, v případě, že je koroze posuzována vizuálně
- Zajistěte, aby součásti, které jsou kritické a je nutno dodržet jejich bezpečnost, byly přístupné pro kontrolu a výměnu

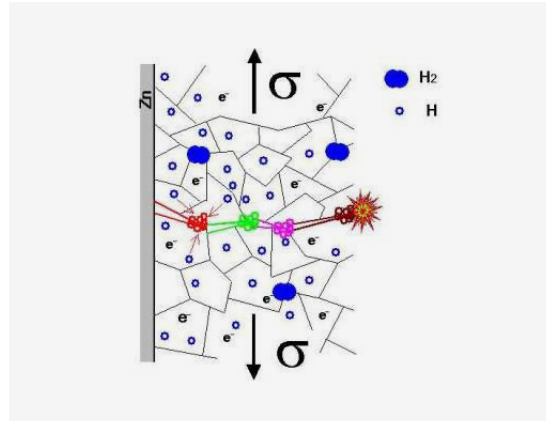


## Vodíková křehkost

Vodík se může dostat do oceli během čištění kyselinou nebo během elektrolytického pokovování. Během zpracování většina vodíku uniká ve formě plynu, ale určité množství se šíří do kovu v atomické formě. Atomy vodíku zůstávají ve struktuře zrn kovu vysoce pohyblivé a mají tendenci migrovat do míst koncentrace mechanického napětí.

Když jsou vysokopevnostní upevňovací prvky (tvrdost > 320 HV) vystaveny mechanickému napětí, mohou se tvořit malé povrchové vady, např. škrábance nebo vměstky, ve formě velmi malých prasklin. Pokud se vodík nachází v oceli, jsou atomy přitahovány tahovým napětím okolo kořenu praskliny a vytváří zde „mrak atomů vodíku“. Vodík zeslabuje mikrostrukturu kovu a růst praskliny může pokračovat, dokud nedojde k poškození součásti.

Poškození vodíkovou křehkostí je vždy opožděným poškozením, které se nevyskytuje v době montáže, ale o několik hodin až týdnů později. Typická poškození se vyskytují do 24 - 48 hodin. Nejnáchylnějšími součástmi jsou spojovací materiály s třídou pevnosti 10.9 nebo vyšší (v případě metrického systému), případně třídou 8 nebo vyšší (v případě imperiálního značení). Rizika vzniku vodíkové křehkosti jsou ohroženy také cementované závitové součásti, například samořezné šrouby, a jakékoli prvky z pružinové oceli (tvrdost > 320 HV, například pojistné podložky a pojistné kroužky). V případě vysokopevnostních součástí může být provedeno tzv. odvodňování po dobu minimálně čtyř hodin při 200 - 230 °C do čtyř hodin po pokovování za účelem odstranění vodíku. Ačkoliv je tento postup velice doporučován a široce používán, neexistuje žádná záruka, že je toto riziko odstraněno. Nejlepší praxí je vůbec nezavádět vodík do součástí. Pro vysokopevnostní spojovací materiály by měly být uvažovány jiné povlaky, které nevytváří vodík.



## Pro vodíkovou křehkost jsou klíčové tři faktory:

1. Náchylný materiál - ocel s tvrdostí > 320 HV nebo pevností v tahu > 1000 N/mm<sup>2</sup>
2. Proces, který zavádí vodík do kovu
3. Trvalé tahové napětí

Pokud kterýkoli ze tří výše uvedených faktorů je odstraněn, vodíková křehkost se nevyskytuje.

## Prevence

- Neprovádějte elektrolytické pokovování nebo čištění kyselinou vysokopevnostních spojovacích materiálů s tvrdostí > 320 HV nebo pevností v tahu > 1000 N/mm<sup>2</sup>
- Pokud je elektrolytické pokovování nevyhnutelné, zajistěte, aby byly součásti co možná nejčistší pro minimalizování doby nutné pro čištění kyselinou a proveďte výše popsané odvodňování.

## CO JE KOROZE?

### Shrnutí

---

Při navrhování výrobků mějte na mysli, že spojovací materiály jsou nedílnou součástí celé sestavy a nelze je upravovat jako samostatné jednotky. Spojovací materiály musí být vždy stejně dobré nebo lepší než součásti, které spojují. Porozuměním různým typům koroze a preventivním opatřením a dodržováním níže uvedených pravidel lze dosáhnout kvalitní, trvanlivé spoje. Pro zajištění dobrého spoje dodržujte tři níže uvedená pravidla:

1. Spojovací materiály musí být vždy stejně kvalitní nebo lepší než spojované součásti
2. Spoje se nesmí nikdy stát slabými místy
3. Zajistěte, aby všechny spoje, zvláště kritické, byly přístupné pro kontrolu a výměnu



Pokud potřebujete více informací, navštivte prosím naše stránky [www.bossard.com/cs](http://www.bossard.com/cs) a kontaktujte vaši nejbližší obchodní jednotku.