

SOUHRNNÉ ZHODNOCENÍ MOŽNOSTI POUŽITÍ ŽÁROVĚ ZINKOVANÉ VÝZTUŽE DO BETONU – ČÁST I: ELEKTROCHEMICKÉ KOROZNÍ ZKOUŠKY ■ ASSESSMENT OF THE USE OF HOT-DIP GALVANIZED REINFORCEMENT IN CONCRETE – PART I: ELECTROCHEMICAL CORROSION TESTS

Petr Pokorný, Tomáš Mandlík,
Daniel Dobiáš, Radka Pernicová

V tomto článku je na základě konvenčních elektrochemických (korozních) zkoušek v modelových pórových roztocích betonu sledováno korozní chování žárově zinkované oceli. Studován je rovněž vývoj vodíku od povrchu takto povlakované oceli v tomto prostředí a rovněž skladba precipitovaných korozních produktů. Závěry článku jsou dány do kontextu s obdobnou odbornou literaturou. V navazujícím článku (na str. 61) je hodnocen vliv vývoje vodíku na soudržnost hladké žárově zinkované oceli s betonem na bázi portlandského cementu. ■ In this article, the corrosion behaviour of hot-dip galvanized steel is monitored on the base of conventional electrochemical (corrosion) tests in model concrete pore solutions. Hydrogen evolution from the surface of coated steel in this environment is monitored and also composition of precipitated corrosion products is studied. Conclusions of the article are brought into context with similar scientific literature. In the following article (see page 61), the influence of hydrogen evolution on the bond strength properties of plain hot-dip galvanized steel bars with Portland cement-based concrete is evaluated.

Použití typicky profilované ocelové výztuže betonu (nejčastěji např. B500B) je jednoznačně neodmyslitelně spjata s moderním stavitelstvím. Ocelová výztuž zajišťuje významné vylepšení mechanických vlastností betonu především v tahu a podmiňuje významné navýšení možnosti uplatnění betonu jako stavebního materiálu. Paradoxně je to právě použitá konvenční ocelová výztuž, která úzce limituje životnost železobetonových staveb, a to kvůli vlastní korozi. Koroze výztuže nepřijatelnou korozní rychlostí je obvykle způsobena působením chloridových aniontů na její povrch (to např. souvisí s použitím rozmrazovacích solí při zimní údržbě komunikací či kontaminací z provozů chemického průmyslu). Nepřijatelná korozní rychlost výztuže může být vyvolána i karbonatací krycí vrstvy betonu. Nepřijatelná korozní rychlost oceli souvisí s urychlenou tvorbou objemných korozních produktů a odprýskáváním betonu s následným odkrytím

povrchu výztuže a usnadněním dalšího korozního poškození [1], [2], [3].

Přestože je koroze ocelové výztuže betonu jedním ze zásadních korozních problémů současnosti, výzkum protikorozi ochrany výztuže bývá v mnoha rozvinutých zemích řešen obvykle zcela okrajově. Z tohoto pohledu je z logických důvodů až do současnosti řešena především protikorozi ochrana výztuže povlaky [4]. Logické důvody zahrnují přijatelnou finanční stránku věci, rychlou realizaci a bezúdržbové provozování této protikorozi ochrany. V této záležitosti bývají z tradičních důvodů (ověřené s ohledem na atmosférickou korozi) diskutovány epoxidové povlaky [5] nebo povlaky na bázi žárového zinku [6].

Ačkoli je výzkum účinnosti žárově zinkované výztuže starý již více než sto let [7], [8], dodnes nejsou známy jednoznačné výsledky, zda je využití této protikorozi ochrany vhodné k prodloužení životnosti železobetonových staveb.

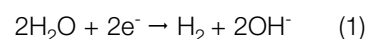
Dostatečně objektivně nejsou dodnes zodpovězeny dvě základní otázky spjaté s použitím žárově zinkované výztuže betonu:

- ovlivňuje vodík vznikající katodickou korozní reakcí zinkového povlaku a čerstvého betonu významně soudržnost takto povlakované výztuže s betonem?
- jaké lze očekávat objektivní prodloužení životnosti betonových staveb s takto povlakovanou výztuží?

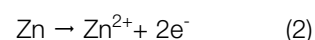
Výzkum v této oblasti nikdy nebyl jednoznačně uzavřen a bohužel lze někdy sledovat, že v komerční literatuře jsou uváděny výsledky vyzdvihující účinnost žárově zinkované výztuže betonu, ovšem bez relevantních experimentálních výsledků. Naopak lze dohledat, že použití žárově zinkovaných profilů ve styku se stavebními materiály na bázi cementu způsobilo předčasně významné poškození staveb [9], [10].

V čerstvém cementovém tmelu totiž koroduje zinkový povlak za vývoje vodíku (1), který zvyšuje pórovitost hydratujícího cementu na fázovém rozhraní a negativně tedy ovlivňuje soudržnost takto

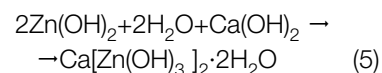
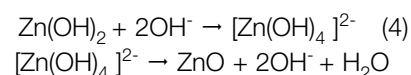
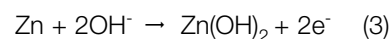
povlakované výztuže s betonem. Protože interpretace zkoušek soudržnosti povlakované výztuže s betonem je velmi komplikovaná, je velmi obtížné určit, do jaké míry má samotná koroze povlaku v čerstvém betonu vliv na soudržnost (promítají se i ostatní faktory – tření, vliv mechanického provázání případných žebírek, způsob uspořádání, teplota při zkoušce, mechanické vlastnosti povlaku apod.) [11], [12]:



Katodická (depolarizační) korozní reakce za vývoje vodíku (1) je samozřejmě spjata s anodickou korozní reakcí – tedy vlastní korozi zinkového povlaku. V úvodním přiblížení lze tuto reakci zapsat jako konvenční oxidaci zinku (2) [11], [12]:



V zásaditém prostředí cementového tmelu za přítomnosti záměsové vody a také $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vznikají ze Zn^{2+} rozličné korozní produkty – $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (3), ZnO (4) a $\text{Ca}[\text{Zn}(\text{OH})_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (5) [12]:



Je dobře známo, že v případě koroze zinku v zásaditém prostředí bez přítomnosti vápenatých kationtů (Ca^{2+} z $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dochází do pH přibližně 12,5 k pasivaci povrchu tohoto kovu tvorbou velmi tenké spíše amorfní vrstvy složené ze ZnO a $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (3) a (4). Toto je zřejmé z obr. 1. [6]. Pasivací rozumíme tvorbu dostatečně nerozpustné, kompaktní a přilnavé vrstvy korozních produktů tvořící efektivní izolaci s omezením elektrochemické formy korozního napadení. K významnému omezení korozního poškození není třeba silné tloušťky vrstvy, ale spíše vrstvy dokonale kompaktní. Silné vrstvy krystalických korozních produktů nejsou schopny zajistit