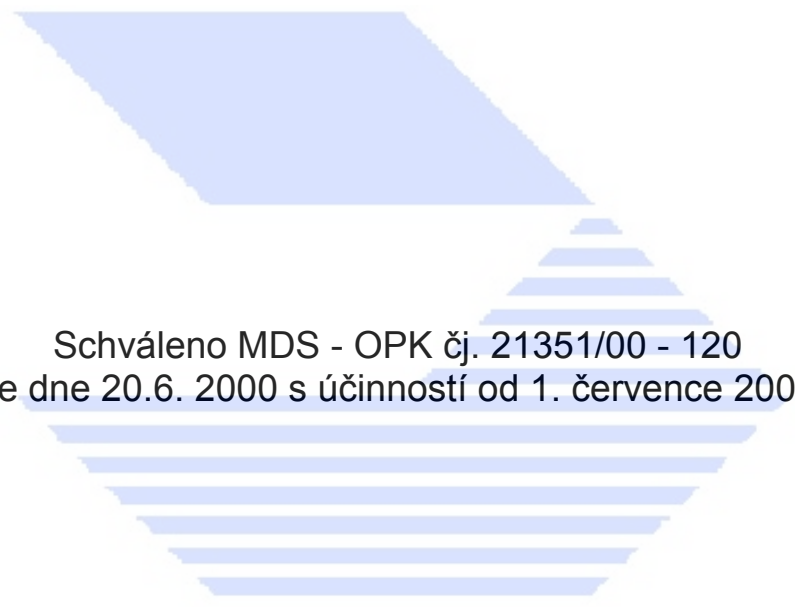


POVLAKOVANÁ VÝZTUŽ DO BETONU

Technické podmínky



Schváleno MDS - OPK čj. 21351/00 - 120
ze dne 20.6. 2000 s účinností od 1. července 2000

SVÚOM s.r.o.
březen 2000

O B S A H

- 1 Předmět technických podmínek
 - 2 Všeobecně
 - 2.1 Názvosloví a definice
 - 2.2 Účel použití povlakované výztuže
 - 2.3 Podmínky použití
 - 2.4 Technický a prováděcí předpis
 - 2.5 Technické požadavky
 - 3 Použití povlakovaných výztuží
 - 3.1 Zatřídění stavebních částí s ohledem na využití povlakované výztuže
 - 3.2 Vybrané prvky s použitím povlakované výztuže
 - 3.3 Systémy povrchové ochrany
 - 3.4 Požadavky na systém povrchové ochrany
 - 3.5 Požadavky na návrh konstrukcí s použitím povlakovaných výztuží
 - 3.6 Požadavky na zhotovení díla s použitím povlakovaných výztuží
 - 3.7 Požadavky na výrobní operace s povlakovanou výztuží
 - 4 Zajištění jakosti
 - 4.1 Obecná ustanovení – druhy zkoušek
 - 4.2 Průkazní zkoušky
 - 4.3 Kontrolní zkoušky
 - 4.4 Přejímací zkoušky
 - 4.5 Opravy poškozeného povlaku
 - 5 Související normy a předpisy
 - 5.1 Související normy
 - 5.2 Související předpisy
 - 5.3 Informativní normy a předpisy
- Přílohy :
- A 1 Stanovení přilnavosti metodou katodické delaminace
 - A 2 Stanovení přilnavosti po zkoušce v solné mlze
 - A 3 Stanovení soudržnosti povlakované výztuže s betonem
 - A 4 Souhrnný přehled průkazních zkoušek
 - A 5 Souhrnný přehled kontrolních zkoušek
 - B 1 Další možnosti zvýšení životnosti betonových konstrukcí
 - B 2 Ekonomické parametry řešení

1. Předmět technických podmínek

Tyto technické podmínky (dále jen TP) platí pro navrhování, výrobu, kontrolu a používání povlakované betonářské výztuže betonových konstrukcí a jejich prvků uplatněných při stavbě nových mostů pozemních komunikací, lávek a dalších součástí a příslušenství PK.

TP platí ve využitelném obsahu i pro opravu stávajících betonových mostů, lávek a dalších příslušenství a součástí pozemních komunikací.

TP lze v přiměřeném rozsahu použít pro objekty na účelových komunikacích s neveřejným provozem.

TP lze také využít v přiměřeném nebo doplněném rozsahu i pro jiná (např. vodohospodářská) díla stavěná v souvislosti s výstavbou pozemních komunikací.

2. Všeobecně

2.1 Názvosloví a definice

Základní názvosloví je uvedeno v ČSN 73 6200 a ČSN EN ISO 4618, ČSN EN 971-1, přičemž pro tyto TP jsou definovány následující termíny:

- **epoxidový povlak vytvářený z práškových plastů** je souvislá vrstva povlaku nanesená na ocelový podklad z materiálu na bázi epoxidů, které jsou před zhotovením v práškové formě;
- **epoxidový nátěr pro opravy** je materiál v kapalné formě, určený pro opravu epoxidového povlaku z práškových plastů;
- **chemická odolnost** je odolnost proti působení specifických chemických vlivů;
- **katodická delaminace** je ztráta přilnavosti povlaku k ocelovému podkladu vlivem působení produktů vznikajících na katodě při elektrochemických pochodech;
- **korozní odolnost** je odolnost materiálů nebo ochranných povlaků při působení vnějších vlivů;
- **maximální tloušťka** je největší akceptovatelná tloušťka, při jejímž překročení dochází ke zhoršení vlastností vzniklého povlaku
- **minimální tloušťka** je nejmenší akceptovatelná tloušťka při jejímž nedodržení nelze očekávat, že povlak bude dosahovat požadovaných vlastností;
- **nominální tloušťka** předpisem nebo jiným dokumentem specifikovaná tloušťka vrstvy povlaku nebo nátěru;
- **odolnost proti oděru** schopnost povrchu povlaku odolávat působení oděru
- **odolnost proti úderu** schopnost povrchu povlaku odolávat úderu
- **ochranný povlak** je povlak chránící podklad proti působení vlivů prostředí ve kterém je exponován
- **opravárenský materiál** je materiál sloužící k opravám poškozených míst
- **pórovitost povlaku** porušení souvislosti povlaku ve formě pórů které umožňují pronikání složek vnějšího prostředí k podkladu;

- **povlakovaná výztuž** je výztuž opatřená ochranným povlakem zejména na bázi epoxidů, epoxyesterů nebo akrylátů, které se vyznačují odolností proti působení alkalického prostředí betonu
- **přilnavost** výsledná vazba mezi povlakem a podkladem
- **příprava povrchu** způsob povrchové úpravy podkladu před nanášením ochranného povlaku
- **celistvost povlaku** stav povrchu který nevykazuje povrchová poškození nebo výskyt pórů
- **teplota skelného přechodu T_g** je hranice mezi elastickým a skelným stavem polymeru
- **tvrdost** schopnost povlaku odolávat vniknutí nebo proniknutí tuhého tělesa

2.2 Účel použití povlakované výztuže

Spolehlivost a trvanlivost betonových mostních a dalších konstrukcí je výrazně spojena s vlastnostmi betonu a stavem ocelové výztuže. Korozí ocelové výztuže v betonu je hlavním problémem v oblasti dlouhodobě používaných betonových konstrukcí. Účelem použití výztuže chráněné povlakem je zabránění nárůstu objemných korozních produktů na povrchu výztuží, neboť dlouhodobě nelze zabránit působení negativních vlivů prostředí, jejichž důsledkem je destrukce betonu a tím snížení spolehlivosti a trvanlivosti betonových konstrukcí nebo jejich částí.

Důvodem korozí výztuže je většinou porušení nebo snížení kvality krycí vrstvy betonu, která běžně vytváří ochranné prostředí v němž nedochází ke korozí výztuže. Snížení kvality nebo porušení krycí vrstvy betonu může dojít zejména z těchto důvodů (nebo jejich kombinací):

- beton je uložen v agresivním prostředí (např. znečištěné ovzduší, půdní agresivita, agresivita půdních i povrchových vod, zvláště pak agresivita prostředí s chemickými rozmrazovacími látkami), které zrychluje snižování jeho kvality,
- beton je silově nebo deformačně namáhán účinky zatížení (např. silničním provozem, teplotou, objemovými změnami betonu), vznikají trhliny a dochází k rozrušení jeho homogenity,
- beton je mechanicky rozrušován (např. otěrem splavenin), nebo porušován (např. vozidly silničního provozu), dochází tak ke zmenšení tloušťky krycí vrstvy nebo k přímému obnažení výztuže,
- beton je karbonatován působením oxidu uhličitého.

Poznámka - Jiná řešení možností ochrany betonářské oceli a zvýšení spolehlivosti a trvanlivosti betonových konstrukcí nebo jejich částí jsou uvedena v příloze B 1. Ekonomické podklady pro různé varianty jsou uvedeny v příloze B2.

2.3 Podmínky použití

Povlakované výztuže i jejich použití musí odpovídat těmto TP, příslušným technickým normám a předpisům jsou-li v nich uvedena ustanovení týkající se výztuže s povrchovou ochranou nebo lze-li je v přiměřeném rozsahu použít.

Pro povlakování lze použít pouze betonářské výztuže (základní materiál) povolené příslušnými normami a předpisy k použití do železobetonových mostních konstrukcí a to především ČSN 73 6206 nebo ČSN P ENV 1992-2. Pro navrhování jiných konstrukcí platí především ČSN 73 1201 nebo ČSN P ENV 1992-1-1, popřípadě ČSN 736123

Každá povlakovaná výztuž musí být jako výrobek jasně rozpoznatelná nejen co do druhu základního materiálu (viz článek 3.2.2 ČSN P ENV 1992-1-1), ale i co do druhu povlakové vrstvy. Požadovaný druh povlakované výztuže pro výztužné vložky musí být uveden v dokumentaci stavby především ve statickém výpočtu a na výkresech (ve shodě s článkem 69 a 70 ČSN 73 6206) s tím, že před písmenové označení se uvede skupina písmen „PX“, kde písmeno „P“ značí povlakovanou výztuž, písmeno „X“ se nahradí písmenem charakterizující druh povlakovaného materiálu (např. „E“ pro epoxidový povlak, „PES“ polyesterový povlak, vytvořený z práškových plastů).

Rozhodnutí o použití povlakované výztuže pro výztužné vložky do železového betonu může být dáno:

- objednávkou trvanlivějšího nebo spolehlivějšího díla s menšími udržovacími a obnovovacími náklady;
- vnějšími podmínkami (např. agresivní prostředí), v nichž má být betonová konstrukce nebo její část umístěna; technickými předpisy nebo požadavky, kdy je použití výztuže s povrchovou ochranou předepsáno (např. článek 163 „netěsné spáry“ ČSN 73 6206 Z2 nebo článek 4.1.3.3 P(7) „povrchová výztuž“ ČSN P ENV 1992-1-1),
- umístěním betonového prvku v místech konstrukce, které je nepřístupné nebo velmi těžko a nákladně opravitelné a přitom pro únosnost a použitelnost konstrukce významné.

2.4 Technický a prováděcí předpis

Pro využití povlakované výztuže musí výrobce vypracovat Technický a prováděcí předpis (dále jen TPP) odpovídající těmto TP. TPP musí zhotovitel předložit objednateli k odsouhlasení. V Technickém a prováděcím předpisu se zejména stanoví:

- technické a kvalitativní parametry ocelové výztuže, která bude povlakována;
- technické a kvalitativní parametry ochranného povlaku;
- technické a kvalitativní parametry povlakované výztuže;
- technologické a pracovní postupy uplatněné při výrobě povlakované výztuže;
- podmínky a způsob návrhu železobetonových prvků s použitím povlakované výztuže;
- způsob označení povlakované výztuže v technické a projektové dokumentaci;
- technologické a pracovní postupy uplatněné při zpracování a ukládání povlakované výztuže;
- způsob opravy ochranného povlaku;
- pokyny pro kontrolu jakosti;
- dodací podmínky;
- informace o provedených průkazných a kontrolních zkouškách s posouzením jejich výsledku;

- bezpečnostní předpisy;
- ustanovení s ohledem na ekologii.

TPP musí komplexně a jednoznačně definovat celý proces výroby a použití povlakované výztuže od přebírání základního materiálu přes nanášení povlaku, všech požadavků na manipulaci až po ukládání do bednění. TPP musí také definovat výpočtové charakteristiky povlakované výztuže pro návrh betonové konstrukce a požadavky pro konstrukční opatření.

2.5 Technické požadavky

Základní technické požadavky na povlakovanou výztuž ve znění zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky ve znění zákona č. 71/2000 Sb., jsou uvedeny v příloze č. 1 nařízení vlády č.178/1997 Sb., ve znění nařízení vlády č.81/1999 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky.

Technické požadavky na základní materiál (betonářská výztuž) určený k povlakování jsou dány materiálovými a rozměrovými normami příslušnými k použité výztuži (např. pro výztuž jakostní třídy 10 505 jsou to ČSN 41 0505, ČSN 42 5538, ČSN 42 0139).

Technické požadavky na výztuž s povlakem určují tyto TP a příslušné TPP. Jsou to především požadavky k zajištění vlastností č.1, přílohy 1 nařízení vlády č. 178/1997 Sb. ve znění nařízení vlády č.81/1999 Sb. na:

- přilnavost povlaku k základnímu materiálu
- odolnost povlaku proti úderu a oděru
- tvrdost a pružnost povlaku na výztuži
- korozní a chemická odolnost povlaku na výztuži
- soudržnost povlakované výztuže s betonem

Posouzení shody vlastností nepovlakované a povlakované betonářské výztuže tak povlakovacího materiálu s technickými požadavky se ve smyslu nařízení vlády č. 178/1997 Sb. ve znění nařízení vlády č. 81/1999 Sb. provádí postupem podle §5 tzn. certifikací výrobku. Postup posouzení shody je dán přílohou č. 2 výše uvedených nařízení vlády, skupina 1 podskupina 2 pro nepovlakovanou i povlakovanou betonářskou výztuž, skupina 5 podskupina 14 pro ochranné povlaky.

Certifikát povlakované výztuže jako výrobku je požadován za předpokladu, že je uváděna na trh jako samostatný výrobek. V případě, že se jedná o jednorázovou, kusovou výrobu pro konkrétní stavbu menšího rozsahu je možno využít ustanovení odstavce 6 §2 výše uvedených nařízení vlády a provést posouzení shody podle § 8 tzn. posouzení shody výrobcem.

3. Použití povlakovaných výztuží

3.1 Zatřídění stavebních prvků s ohledem na využití povlakovaných výztuží

Použití povlakované výztuže v betonových konstrukcích lze rozdělit podle povahy využití na tyto základní skupiny:

- skupina **A** (zvýšená trvanlivost) prvky, které jsou konstrukčně a staticky navrženy dle pokynů pro povlakovanou výztuž, ale z hlediska trvanlivosti nejsou realizovány žádné ústupky oproti požadavkům při použití nepovlakované výztuže (např. nejsou snížena krytí výztuže betonem),
- skupina **B** (obvyklá trvanlivost) prvky, které jsou konstrukčně a staticky navrženy dle pokynů pro povlakovanou výztuž, ale z hlediska trvanlivosti jsou realizovány ústupky oproti požadavkům při použití nepovlakované výztuže (např. jsou snížena krytí výztuže betonem),
- skupina **C** (požadovaná trvanlivost) prvky, pro které je použití výztuže s ochranným povlakem předepsáno normou, nebo předpisem (např. článek 163 „netěsné spáry“ ČSN 73 6206 Z2 nebo článek 4.1.3.3 P(7) „povrchová výztuž“ ČSN P ENV 1992-1-1), "CB krytí" ČSN 73 6123

Poznámka: Krytí výztuže betonem je určeno nejen z hlediska trvanlivosti, tzn. ochrany výztuže proti korozi, ale i z hlediska:

- spolehlivého přenesení sil v soudržnosti mezi betonem a výztuží;
 - odlupování betonu;
 - potřebnou požární odolnost;
- (viz článek 4.1.3.3 P2 ČSN P ENV 1992-1-1).

3.2 Zatřídění stavebních prvků s ohledem na silové namáhání povlakované výztuže

Použití povlakované výztuže v betonových konstrukcích lze rozdělit podle jejich namáhání na tyto základní skupiny:

- skupina **a** (konstrukční výztuž): prvky, v nichž je povlakovaná výztuž rozmístěna a určena na základě konstrukčních pravidel a požadavků norem, předpisů a pod.;
- skupina **b** (statické namáhání): prvky, v nichž je povlakovaná výztuž namáhána a určena na základě statických návrhů a posudků určených normami a předpisy pro výztuž nenamáhanou na únavu;
- skupina **c** (opakované namáhání): prvky, v nichž je povlakovaná výztuž rozmístěna a určena na základě statických návrhů a posudků určených normami a předpisy pro výztuž namáhanou na únavu.

3.3 Vybrané prvky s použitím povlakované výztuže - příklady

3.3.1 Mostní konstrukce

- zakládání
 - zemní a horninové kotvy
 - piloty (zejména tahové)
 - základy (táhla, ohýbané prvky, prefa prvky)
- podpěry
 - pilíře (pilíře v oblasti styku se zeminou v dosahu rozstříku CHRL)
 - opěry (závěrné zdi, křídla, úložné prahy)
- nosné konstrukce
 - uložení NK (vrubové a pérové klouby, rozpěrákové trny, ozuby vložených polí)
 - mostovky (bez izolace)
- vybavení
 - římsy, chodníky
 - betonová svodidla a zídky
 - odvodňovací žlaby
 - zábradlí
 - protihlukové clony
 - prvky odvodnění.

3.3.2 Vodohospodářské stavby PK

- jímky lapolů a sedimentačních nádrží,
- šachty a poklopy
- hradící stěny a přepady
- prvky propustků

3.3.3 Samostatné protihlukové clony /zdi

3.3.4 Zárubní a opěrné zdi

3.3.5 Vozovky

- CB kryt vozovky

3.4 Systémy povrchové ochrany

Úkolem systému povrchové ochrany výztuží do betonu je chránit ocelovou výztuž proti korozi vyvolané přítomností chloridů anebo vznikající v důsledku postupného snižování alkality betonu vlivem působení dalších činitelů okolního prostředí. Zhotovení povrchové ochrany nanesením povlaku má za úkol vytvářet celistvou izolační vrstvu mezi prostředím uvnitř betonu a povrchem oceli.

S ohledem na řadu technických a technologických požadavků spojených s využíváním povlakovaných výztuží je nejvhodnější použití epoxidových povlaků zhotovených s využitím práškových materiálů.

Nevylučuje se použití jiných typů materiálů za předpokladu splnění požadovaných kvalitativních ukazatelů, které jsou ověřeny zkouškami dle kap. 4 těchto TP, např. akrylátů, polyuretanů, akryluretanů, silikonů, siloxanů nebo kombinace cementů s disperzními pojivy.

Každé použití povlakového materiálu pro výztuže musí zahrnovat kompletní dokumentaci uvedenou v TPP obsahující zejména:

- označení povlakového systému, typ pojivové báze a výrobce
- písemné doporučení technologického postupu aplikace materiálu
- fyzikálně – mechanické charakteristiky vztahující se k ověřovaným parametrům průkazných zkoušek
- zkoušek korozní a chemické odolnosti
- doporučenou tloušťku povlaku
- ekologická charakteristika.

Ochranný povlak musí také umožňovat, aby výrobek měl vyhovující schopnost ohýbání, odpovídající účelu, pro které se má použít. Povlak musí zabezpečovat požadovanou soudržnost s betonem, být dostatečně tvrdý a odolný proti oděru, aby umožňoval přiměřeně pracné zpracování povlakované výztuže na výztužné vložky, jejich přesuny a uložení.

Vlastnosti povlakované výztuže a vhodnost jejího použití ve smyslu těchto TP prokazuje zhotovitel stavby předložením dokladu o vydaném prohlášení o shodě včetně protokolů s výsledky zkoušek materiálů a jejich hodnocení z hlediska splnění kvalitativních parametrů podle příslušných ČSN, TP a TPP.

3.5 Požadavky na systém povrchové ochrany

3.5.1 Příprava povrchu

Ocelové tyče z uhlíkové oceli musí být před zhotovením ochranných povlaků očištěny od okují, korozních produktů a jiných mechanických nečistot otryskáváním minimálně na stupeň Sa 2 1/2 dle ČSN ISO 8501-1.

Drsnost povrchu je předepsána v rozmezí R_m 50 až 70 μm dle ČSN 038230 a ČSN EN ISO 8103.

Po otryskání musí být povrch zbaven všech mechanicky ulpělých nečistot, nejlépe ofouknutím stlačeným vzduchem. Nevylučuje se dodatečná vhodná úprava otryskaného povrchu např. fosfátováním.

Před nanášením povlaků musí být povrch suchý.

Interval mezi dokončením tryskání a nanášením povlaku je max. 4 h.

V případě epoxidových povlaků vytvářených z práškových plastů se po otryskání povrch výztuží z uhlíkové oceli bezprostředně před povlakováním zahřívá na teplotu doporučenou výrobcem práškových epoxidových materiálů, ale ne vyšší než 260 °C.

Způsob ohřevu nesmí vyvolat oxidaci ocelového povrchu, která je viditelná pouhým okem a nesmí vést ke vznícení povlakových materiálů, které jsou nanášeny na ocelové výztuže.

3.5.2 Aplikace povlaků

Práškový epoxidový materiál se nanáší v elektrostatickém poli vysokého napětí a musí být následně vytvrzen dle pokynů jeho výrobce. Před následnou manipulací musí být tyče s povlakem ochlazený na teplotu nižší než je teplota skelného přechodu (T_g) pro daný epoxidový prášek.

Při využití jiných materiálů, než práškových epoxidových, je nutno dodržovat všechna výše uvedená ustanovení ohledně přípravy povrchu a jeho čistoty, včetně intervalů mezi dokončením operace čištění a nanášením ochranného povlaku.

Technologie zhotovení povlaku musí zajišťovat dosažení vrstvy o rovnoměrné tloušťce s vyloučením nepokrytých míst, pórů a jiných vad a musí respektovat technické podmínky a pokyny výrobce materiálu. Nejvyšší rovnoměrnost tloušťky vrstvy se dosahuje nanášením materiálů v elektrostatickém poli vysokého napětí. S ohledem na konkrétní podmínky pracoviště se nevyklučuje použití i jiné technologie za předpokladu splnění požadavku rovnoměrnosti povlaku.

Předepsaná nominální tloušťka povlakového systému je 200 μm . Při měření tloušťky musí 90 % hodnot vykazovat tloušťky v rozmezí 175 až 300 μm , pokud není v SoD stanoveno jinak. Tloušťka povlaku při jednotlivém měření pod 130 μm není přípustná. Měření je možno provádět přístroji na principu magnetickém nebo na principu vířivých proudů.

Postup stanovení tloušťky viz kap. 4.3

3.6 Požadavky na návrh konstrukcí s použitím povlakovaných výztuží

3.6.1 Technologické (viz kap. 3.8)

3.6.2 Statické (dovolené namáhání, tažnost)

Využití povlakovaných výztuží nemění ustanovení pro výpočet železobetonových konstrukcí platné pro nepovlakované výztuže, vyjma případů, kdy se posuzuje soudržnost a kdy se dovolené namáhání v soudržnosti sníží o 20 %.

3.6.3 Konstrukční (poloměry ohýbání, kotevní délky)

V TPP se předepisuje poloměr ohýbání, při dosažení specifikovaných parametrů jakosti (nepřítomnost trhlin, pórů, odlupování apod.), kotevní délky a konstrukční požadavky na krytí.

Při použití povlakovaných výztuží se kotevní délky povlakovaných výztuží prodlužují o 20 % ve srovnání s nepovlakovanou výztuží (ACI Committee 318, 1989 - viz 5.3).

3.7 Požadavky na zhotovitele

Zhotovitel musí prokázat způsobilost pro zajištění jakosti při provádění prací certifikátem systému jakosti podle MP k RSJ-PK oblast 2.2.2.- Provádění silničních a stavebních prací.

Zhotovitel stavebního díla obsahujícího prvky s povlakovanou výztuží je povinen dodržovat ustanovení těchto TP a TPP a předkládat zprávy o výsledcích průkazných zkoušek objednateli k odsouhlasení.

Údaje o použitých povlakovaných výztužích jsou součástí seznamu materiálů předávaných v nabídce.

Zhotovitel musí být prokazatelně způsobilý pro provádění betonáže dle TKP kapitola 18 a prokázat vybavenost pro zpracování povlakovaných výztuží v souladu s těmito TP.

Při manipulaci a práci s povlakovanými výztužemi musí být pracovníci zhotovitele prokazatelně poučeni o systému zacházení a specifických odchylkách systému práce od využívání běžných výztuží. Vedoucí skupiny musí být při manipulaci a ukládání výztuže na pracovišti trvale přítomen a musí dbát na to, aby nedošlo k poškození povlaku. V případě že dojde k porušení celistvosti povlaku, musí být neprodleně provedena jeho oprava, nebo musí být porušená část vyměněna. Způsob provedení opravy viz kap. 4.5.

Pro všechny operace s povlakovanou výztuží, s ohledem na konkrétní podmínky stavby, musí mít zhotovitel vypracován a objednatelem odsouhlasen technologický předpis (dále TePř), který navazuje na TPP výrobce a rozpracovává zejména pokyny pro objednání nebo zajištění povlakované výztuže, pro dopravu, skladování, uložení na stavbě, zpracování, zabudování, opravy apod.

Všechny případné změny a doplňky oproti TPP uvedené v TePř je nutno projednat a odsouhlasit výrobcem povlakované výztuže a v TePř je pak nutno uvést, které skutečnosti mění, nebo doplňují příslušné TPP.

V jednotlivých případech kusové výroby, je-li výrobce povlakované výztuže shodný se zhotovitelem, je možné TPP a TePř spojit.

3.8 Požadavky na výrobní operace s povlakovanou výztuží

3.8.1 Výroba výztužných vložek

Části výrobní linky přicházející do kontaktu s povlakovanou výztuží musí být opatřeny ochrannou vrstvou tak, aby nedocházelo k poškození povlaku výztuže.

Před zahájením ohýbání se musí zkontrolovat tvar trnu, t.j. poloměr ohybu, počet, délka a průměr tyčí. Používají se pryžové, polyamidové nebo neoprenové, příp. jiné vhodné manžety na ohýbacích trnech, aby se poškození minimalizovalo.

Stav povrchu povlaků se kontroluje již při výrobě a opravuje se před expedicí od výrobce výztužných vložek. Připouští se max. 4 póry na 1 m délky výztuže.

Způsob provedení opravy povlaku výztuže a střížných hran před její přepravou do skladu, nebo na stavbu se řídí postupem popsáním v kap. 4.5.

Poškození nesmí být soustředěno do jednoho místa a nesmí překročit 0,5 % plochy na 1,0 m délky výztuže, poškození nesmí být souvislé po celém obvodu výztužného prutu. Do plochy poškození se nepočítají střížné hrany.

3.8.2 Manipulace

Veškerá manipulace s povlakovanými výztužemi musí být prováděna tak, aby bylo minimalizováno poškození ochranné vrstvy. Výztuž se zavěšuje ve více bodech, aby nedocházelo k deformacím svazků tyčí. Svazky se nesmí vláčet ani volně pouštět. Při zavěšování se používají polyamidové nebo obalené smyčky. Ocelová lana nebo řetězy jsou zakázány. Pro spojování svazků se používají polyamidové nebo podobné pásky, vylučující poškození.

Při nakládání na vagón nebo kamion se povlakovaná výztuž umísťuje na dřevěné, nebo jiné podložky, náklad se zajistí proti posunu a možnému poškození. Poškození povlaku při manipulaci nesmí plošně převyšovat 10 mm² na každý běžný metr výztuže, přičemž na jedné výztuži (prutu) se nesmí vyskytovat více než 4 poškození.

Při vykládce se nesmí nechat svazky prutů výztuže klouzat z úložných ploch na zem. Používají se zařízení určená pro zvedání nákladu (jeřáby, vysokozdvizné vozíky). Jako úvazy se používají polyamidová lana nebo ocelová lana s ochranným obalem. Svazky se uchycují ve více bodech, aby se zabránilo odření mezi jednotlivými kusy ve svazku, zvláště v případě dlouhé výztuže. Výztuže není dovoleno házet nebo vléci.

3.8.3 Skladování

Povlakovaná výztuž se skladuje co nejbližší k místu použití, aby manipulace byla omezena na minimum. Dodávky se plánují tak, aby nedocházelo k dlouhodobému skladování na staveništi.

Pokud doba skladování překročí dva měsíce, je nutná ochrana výztuže proti vlivům povětrnosti uložením pod přístřeškem, ve skladu, nebo zakrytím neprůhlednou plastovou fólií a pod. Výztuž se skladuje nad zemí, položená na dřevěných trámech nebo podobných podložkách. Podpěry se umístí tak, aby nedocházelo k nadměrným deformacím výztuže. Mezi jednotlivými svazky se ponechá dostatek prostoru, aby byl zajištěn snadný přístup pro následnou manipulaci. Při použití ochrany plastovou fólií je nutno umožnit cirkulaci vzduchu, aby se snížila možnost kondenzace vody pod fólií.

Při skladování povlakovaných výztuží může dojít vlivem působení slunečního záření ke změně barevného odstínu, což však nezakládá podklad pro reklamaci.

3.8.4 Dělení výztuže

V případě nezbytnosti dělení výztuží je nutno řezy do čtyř hodin chránit nátěrem pomocí materiálu určeného pro opravy poškozeného povlaku. Dělení se provádí

nejlépe hydraulickými nůžkami, příp. frikční pilou aby došlo pokud možno k co nejmenšímu poškození povlaku. Řezání plamenem se zakazuje.

3.8.5 Spojování

Spojování výztuže se provádí pomocí speciálních spojek určených k tomuto účelu, které jsou vždy rovněž opatřeny ochranným povlakem, nejlépe stejného typu jako vlastní výztuž. V případě poškození povlaku spojky je po instalaci nutná jeho oprava. Všechny svařované spoje a svary musí být provedeny před povlakováním.

3.8.6 Ukládání výztuže

Ukládání výztuže vyžaduje maximální možnou opatrnost z důvodu vyloučení poškození ochranného povlaku. Pro ukládání platí stejné zásady jako pro manipulaci. Zásadně je nutno používat nekorodující a nevodivé podložky a povlakovaný drát na vázání výztuže. Povlakovaný drát minimalizuje oděr a brání vytvoření přímého elektrovedivého spojení mezi tyčemi. Ocelové podložky musí být opatřeny nekorodujícím nevodivým materiálem (např. epoxid, polyamid nebo PVC). V případě použití povlakované výztuže pouze na korozně kritická místa, musí být rovněž účinným způsobem zabráněno vodivému spojení mezi výztuží povlakovanou a nepovlakovanou.

3.8.7 Závěrečná prohlídka

Po uložení výztuže se provede závěrečná prohlídka zaměřená na dodržení zásad spojování a zejména na případná poškození povlaku. Každé poškození nebo náznak poškození a jiné viditelné poškození musí být před betonáží opraveno. Při poškození povlaku přesahující 1% plochy na délku výztuže 1m musí být vyřazena výztuž z použití. V opačném případě je možné provedení opravy poškozeného povrchu. Pozornost musí být věnována zejména rezným koncům povlakované výztuže a místům spojování.

3.8.8 Betonování

Při betonáži je nutno dodržovat následující zásady:

- je nutno se vyvarovat poškození povlaku výztuže pádem tvrdých předmětů, nebo čerstvého betonu
- pro betonářské vozíky a hadice je nutno zřídit dráhy
- výztuž musí být zajištěna proti posunu
- při zhutňování betonu se používají pryžové nebo nekovové vibrátory.

4. Zajištění jakosti

Zásady pro zajištění jakosti zahrnují soubor zkoušek povlaků a povlakovaných výztuží, materiálů určených pro opravy, včetně vlivu technologie na jejich

zpracování. Druh, rozsah a četnost zkoušek jsou uvedeny v kapitolách 4.2 až 4.5. Konkrétní postupy speciálních průkazných zkoušek které nejsou předmětem ČSN jsou uvedeny v přílohách č. 1 a 2.

4.1 Obecná ustanovení – druhy zkoušek

zkoušky průkazní, kterými se prokazují vlastnosti materiálů a prací předepsané TP, TPP, normami a smlouvou o dílo,

zkoušky kontrolní (zkoušky prokazování shody), kterými se průběžně ověřují výsledky zkoušek průkazných při konkrétní aplikaci a případně další vlastnosti specifikované v TP, TPP, normami a smlouvě o dílo.

zkoušky přejímací, kterými se prověřuje kvalita hotových prací (celku nebo dílčích) a jsou dále podkladem pro provedení přejímky všech prací předepsaných projektovou dokumentací a smlouvou o dílo.

4.2 Průkazní zkoušky

Souhrnný přehled průkazných zkoušek ve formě tabulky je uveden v příloze A 4. Průkazní zkoušky jsou zkoušky, kterými se prokazuje vhodnost konkrétního povlaku naneseného na ocelovou výztuž. Druh a rozsah průkazných zkoušek je specifikován těmito TP. Výsledky zkoušek prokazuje výrobce protokolem akreditované zkušebny, v rámci certifikace výrobků autorizovanou osobou. Protokoly a certifikát předkládá zhotovitel před zahájením prací objednateli současně s předáním TPP a TePř. Zkoušky jsou rozděleny na zkoušky vztahující se k vlastním povlakům a zkoušky vztahující se k materiálu určenému pro opravy poškozených míst.

Zkoušky povlaků pro výztuže

Zkoušky povlaků zahrnují stanovení:

- přilnavosti mřížkovým řezem
- přilnavosti zkouškou katodické delaminace
- přilnavost po zkoušce v solné mlze
- odolnosti proti úderu
- odolnosti proti oděru
- tvrdosti
- pružnosti
- korozní odolnosti
- chemické odolnosti
- propustnost pro chloridy
- soudržnosti povlakované výztuže s betonem.

Přilnavost se stanovuje :

a) mřížkovým řezem dle ČSN ISO 2409 u povlaku naneseného na rovinných vzorcích a zhotoveného na ocelovém podkladu stejnou technologií a stejným materiálem jaký je určen pro povlaky výztuží; po provedení zkoušky musí 90 % čtverečků zůstat na povrchu kovu

b) katodickou delaminací dle postupu uvedeného v ISO 14656, viz příloha č. A1; průměrná hodnota poloměru delaminace ze stanovení na třech vzorcích nesmí být větší než 2 mm (měřeno od kraje poškození povlaku)

c) hodnocením přilnavosti po zkoušce v solné mlze dle postupu uvedeného v ISO 14656 viz příloha A.2; průměrná hodnota ztráty přilnavosti nesmí být větší než 3 mm (měřeno od kraje poškození povlaku);

Odolnost proti úderu se stanovuje metodou uvedenou v ČSN 67 3082. Pád závaží které je v případě zkoušky povlaků pro výztuže o hmotnosti 1,8 kg a dopadá z výšky 1,5 m nesmí poškodit povlak. Tvar zakončení úderníku je polokulovitý o průměru 14 ± 1 mm.

Odolnost proti oděru se stanovuje zkouškou odolnosti proti oděru padajícím oděrovým materiálem dle ČSN 67 3083. Při dopadu 500 kg abrazivního materiálu, nesmí dojít k porušení povlaku až k podkladovému kovu. Alternativně lze využít zkoušku dle ISO 9352 (ČSN 67 3078) s oděrovými kotouči (CS-10 a zatížení 1 kg). Ztráta hmotnosti nesmí překročit 50mg na 100 cyklů.

Tvrдость se stanovuje jednorázovým kolmým řezem ostrým řezným nástrojem pod zatížením 100 N. Při daném zatížení nesmí dojít k porušení povlaku až k podkladu.

Pružnost (vláčnost) povlaku se stanovuje ohybem kolem trnu, jehož průměr a úhel ohybu závisí na průměru výztuže. Volba trnu a úhel ohybu se řídí následujícími zásadami:

- pro průměr tyče výztuže $d \leq 20$ mm se volí trn o průměru 4 d, úhel ohybu 180°
- pro průměr tyče výztuže $d > 20$ mm se volí trn o průměru 6 d, úhel ohybu 180°
- pro průměr tyče výztuže $d \geq 36$ mm se volí trn o průměru 6 d, úhel ohybu 90 °.

Teplota zkušebního prostředí se musí pohybovat v rozmezí 23 ± 5 °C.

Po provedení ohybové zkoušky nesmí být pouhým okem zjistitelné praskání nebo odlupování povlaku na vnější straně ohnuté výztuže.

Prasknutí, nebo částečné poškození ocelové výztuže případně prasknutí a odlupování povlaku způsobené nedostatky povrchu ocelové výztuže, vzniklé po ohybové zkoušce není považováno za negativní výsledek zkoušky pružnosti povlaku. Pro každou šarži se stanoví ohyb na třech vzorcích povlakované výztuže.

Korozní odolnost se prokazuje zkouškou v prostředí solné mlhy, při teplotě 35 ± 2 °C. Pro přípravu solné mlhy se používá roztok 5 % hmot. chloridu sodného. Zkouška odpovídá ČSN ISO 9227 (03 8132). Doba trvání zkoušky 1000 h. Po této době je maximálně přípustná šířka koroze v řezu 1 mm vypočítaná dle následující rovnice:

$$M = \frac{C - W}{2}$$

kde C je maximální šířka podrezavění v řezu a W je původní šířka řezu v mm.
Koroze v ploše je nepřípustná.

Chemická odolnost povlaků se stanovuje ponorovou zkouškou při teplotě 23 ± 2 °C po dobu 45 dní v každém z následujících roztoků zvlášť.

Působícím roztokem je:

- 3 % roztok chloridu sodného,
- 0,05 M roztok hydroxidu sodného + 0,3 M roztok hydroxidu draselného
- 0,3 M roztok hydroxidu draselného + 0,05 M roztok hydroxidu sodného + 3 % chloridu sodného
- destilovaná voda / deionizovaná voda.

Do zkoušky jsou zařazovány vzorky s umělým poškozením a vzorky bez umělého poškození povlaku. Poškození vzorků se realizuje provrtáním povlaku až k ocelovému podkladu vrtákem o průměru 6 mm.

Po zkouškách korozní a chemické odolnosti nesmí povlaky vykazovat vznik puchýřků, změknutí, ztrátu přilnavosti a místa obnažená v průběhu zkoušky. V okolí umělého poškození nesmí docházet ke ztrátě přilnavosti povlaku.

Propustnost pro chloridy - se stanovuje na volných filmech povlaku v tloušťce určené pro povlakování /min.130 μ m/ po dobu 45 dní, ve dvou celách oddělených volným filmem povlaku. Jedna s destilovanou vodou o obsahu 115 ml, druhá s NaCl o koncentraci 3 M o obsahu 175 ml (viz ISO 4656)

Pomocí vhodného přístroje se stanoví obsah chloridů v destilované vodě.

Přípustná koncentrace chloridu v cele s destilovanou vodou po 45 dnech je nižší než 0,0001 M.

Relativní soudržnost povlakované výztuže s betonem

Relativní soudržnost výztuže s betonem se stanovuje jako poměr soudržnosti povrchu ocelových tyčí s povlakem a bez povlaku, které jsou zabudované v betonu při definovaných rozměrech zkušebních vzorků zkušebním postupem, dle ČSN 73 1328. S ohledem na požadavek relace soudržnosti mezi výztuží s povlakem a bez povlaku je možné využití i jiných zkušebních uspořádání a postupů (např. předpis RILEM - 1994, ASTM A 944-95) viz. příloha A.3

Relativní soudržnost tyčí s povlakem nesmí být nižší než 80 % soudržnosti tyčí bez povlaku.

Zkoušky materiálu určeného pro opravy povlaku

Materiály určené pro opravy povlaku musí vyhovovat požadavkům na povlaky s výjimkou zkoušky soudržnosti povlaku s betonem a stanovení přilnavosti zkouškou katodické delaminace. Přilnavost materiálu pro opravy se prokazuje průkaznými zkouškami jak k ocelovému podkladu, tak i k povlaku.

4.3 Kontrolní zkoušky

Souhrnný přehled kontrolních zkoušek ve formě tabulky je v příloze A.5 .
Kontrolní zkoušky provádí zhotovitel. Zahrnují hodnocení následujících ukazatelů jakosti povlaků zhotovených přímo na ocelové výztuži:

- tloušťku povlaku
- celistvost povlaku
- přilnavost
- vizuální hodnocení

Tloušťka povlaku se stanovuje přístroji na magnetickém principu, nebo na principu vířivých proudů. Použitá sonda přístroje musí umožňovat měření jak na hladké výztuži, tak zejména na výztuži žebírkové.

Nejméně 90 % provedených měření musí vykazovat tloušťku v rozmezí 175 až 300 μm , pokud není předepsáno jinak. Tloušťka nižší než 130 μm není přípustná. Pro stanovení se používá metoda č.6 dle ČSN EN ISO 2808.

V případě žebírkové výztuže se tloušťka povlaku stanovuje mezi žebírky. Jedno zaznamenané měření je průměrem ze tří jednotlivých stanovení získaných mezi třemi po sobě následujícími žebírky. Podél každé strany zkoušeného prutu musí být provedeno alespoň pět rovnoměrně rozložených měření.

Celková četnost měření je předmětem SoD mezi zhotovitelem a objednatelem. Není-li tato stanovena, provádí se 20 měření na každou tunu výztuže, nejméně však 10 měření při menším množství.

V případě potřeby rozhodčích zkoušek se pro stanovení tloušťky povlaků využívá mikroskopických výbrusů příčných řezů výztuží.

Celistvost povlaku se stanovuje přístrojem pro měření defektů a pórů – nízkonapěťová zkouška - pomocí navlhčené houby při nastaveném napětí 67,5 V a odporu $125 \pm 10 \% k \Omega$.

Pro stanovení celistvosti povlaku je možno použít i jiný způsob, odsouhlasený mezi objednatelem a zhotovitelem.

Povlak nesmí vykazovat více než čtyři póry nebo defekty na jeden metr výztuže.

Přilnavost se kontroluje vyhodnocením pomocí křížového řezu tak, že se provedou dva na sebe kolmé řezy až k podkladu. Délka řezu na každou stranu nesmí být menší než 5 mm, nebo v rozsahu vzdálenosti mezi žebírky. Pomocí špičky skalpelu se odstraní nepřilnavý povlak. Povlak nesmí vykazovat samovolné odlupování v místech křížení ani podél jednotlivých řezů. V případech nevyhovujícího výsledku se provádí stanovení přilnavosti metodou katodické delaminace, porovnáním s průkazními zkouškami.

Vizuální hodnocení: povlak nesmí vykazovat viditelné póry, nepokrytá místa, znečištění, trhlinky, odlupování a vrásnění.

4.4 Přejímací zkoušky

Přejímací zkoušky zahrnují zejména vizuální hodnocení povlaku, hodnocení tloušťky a hodnocení celistvosti povlaku. Četnost zkoušek stanovuje v SoD objednatel stavby.

4.5 Opravy poškození povlaku

Při poškození povlaku přesahujícím 1% plochy na délku výztuže 1 m, musí být vyřazena z použití. V opačném případě je možné provedení opravy poškozeného povrchu.

Před nanášením opravárenské hmoty je nutno ocelový povrch očistit od rzi.

Povrch musí být očištěn dle ISO 8501-2 na stupeň P Ma a zbaven všech mechanicky ulpělých nečistot.

Pro opravy poškozeného povlaku výztuže lze používat pouze speciální pro tento účel ověřené a schválené materiály. Oprava povlaku se provádí v souladu s pokyny výrobce, dle TePř. Opravárenská hmota nesmí stávající povlak napadat a musí být s ním kompatibilní.

Při jejich zpracování je nutno dbát pokynů a technických podmínek výrobce. Zejména je nutno dodržovat dobu určenou pro jejich zasychání a vytvrzování. Betonování je možno provádět až po dostatečném vytvrzení tak, aby nedošlo k novému poškození opravovaných míst.

Zaschlá vrstva musí, pokud není stanoveno jinak, vykazovat minimální tloušťku povlaku 175 µm a maximální tloušťku povlaku 300 µm. Překročení doporučených tloušťek může mít za následek snížení přilnavosti.

Střížné konce se chrání stejným způsobem – obvykle materiálem stejné pojivové báze ve formě kapalné nátěrové hmoty – jako místa poškozená při manipulaci. Typ doporučené nátěrové hmoty musí splňovat podmínky těchto TP a TPP.

Opravená místa musí v kvalitativních ukazatelích odpovídat původnímu povlaku.

5. Související normy a předpisy

5.1 Související normy

ČSN 73 6200 : 1977	Mostní názvosloví
ČSN EN 971 -1: 1996	Nátěrové hmoty - Názvy a definice v oboru nátěrových hmot Část 1: Obecné pojmy
ČSN EN ISO 4618:2000	Nátěrové hmoty. Názvy a definice v oboru nátěrových hmot
ČSN 73 6206 : 1972	Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí, včetně změny č.2 1999
ČSN 73 1201 : 1988	Navrhování betonových konstrukcí
ČSN P ENV 1992-1-1: 1994	Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
ČSN ISO 8501-1 : 1998	Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu. Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků.
ČSN ISO 8502-1: 1996	Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu. Část 1: Provozní metody pro rozpustné korozní produkty železa.
ČSN ISO 8502-2 : 1996	Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu. Část 2: Laboratorní stanovení chloridů na očištěném povrchu.
ČSN ISO 8502-6 : 1998	Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu. Část 6: Extrakce rozpustných nečistot pro analýzu - Breslova metoda
ČSN ISO 8503-1: 1996	Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Charakteristiky

drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů .
Část 1: Specifikace a definice pro hodnocení otryskaných povrchů pomocí ISO komparátorů profilu povrchu.

- ČSN ISO 8504-1: 1996 Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Metody přípravy povrchu - Část 1: Obecné zásady.
- ČSN ISO 8504-2 : 1996 Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Metody přípravy povrchu - Část 2: Otryskávání
- ČSN ISO 8504-3 : 1996 Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Metody přípravy povrchu - Část 3: Ruční a mechanizované čištění.
- ČSN 03 8230 : 1976 Otryskávání povrchu materiálů
- ČSN 41 0505 : 1996 Ocel 10 505
- ČSN 42 5538 : 1996 Tyče žebírkové pro výztuž do betonu z oceli značky 10 505.Rozměry
- ČSN 42 0139 : 1978 Tyče pro výztuž do betonu. Technické dodací předpisy.
- ČSN 73 6123 : 1994 Stavba vozovek. Cementobetonové kryty
- ČSN ISO 2409 : 1993 Nátěrové hmoty. Mřížková zkouška
- ČSN 67 3082 : 1984 Stanovení odolnosti nátěru při úderu
- ČSN 67 3083 : 1990 Stanovení odolnosti nátěrů proti oděru padajícími oděrovými materiálem.
- ČSN 73 1328 : 1972 Stanovení soudržnosti oceli s betonem
- ČSN ISO 9227 : 1994 Korozní zkoušky v umělých atmosférách. Zkoušky solnou mlhou.
- ČSN EN ISO 2808 : 2000 Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky.

Poznámka: U zkušebních norem se používá aktuální verze

5.2 Související předpisy

Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky ve znění zákona č.71/2000 Sb.

Nařízení vlády č. 178/1997 Sb.

Nařízení vlády č. 81/1999 Sb.

MP k RSJ-PK

TP 89 Ochrana povrchů betonových mostů proti chemickým vlivům

TP 120 Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů pozemních komunikací

TP 121 Zkušební a diagnostické postupy pro mosty a ostatní konstrukce pozemních komunikací

TP 124 Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací

5.3 Informativní předpisy

BS 3900: Part F 10:1985 Cathodic disbondment resistance of coatings - Odolnost ISO/CD 15711 povlaků vůči katodické delaminaci

ASTM A 944-95 Standard Test Method for Comparing Bond Strength of Steel Reinforcing Bars to Concrete Using Beam-End Specimens - Normalizovaná zkušební metoda pro porovnání soudržnosti ocelových výztužných prutů s betonem při použití zkušebních těles modelujících koncovou oblast nosníku.

RILEM - 1994 Technical recommendation for the testing and Use of Construction Materials
RC 5 Bond test for reinforcement. 1. Beam test
RC 6 Bond test for reinforcement. 2. Pull-out test.
Technické doporučení pro zkoušení a použití konstrukčních materiálů
RC 5 Zkoušení soudržnosti výztuží 1. Ohybová zkouška
RC 6 Zkoušení soudržnosti výztuží 2. Tahová zkouška.

ACI Committee 318, 1989. " Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary" - Soustava zásad a požadavků na betonové stavby a výklad.

ASTM A 775/A 775M - 97 Standard Specification for Epoxy _ Coated Reinforcing Steel Bars
(Specifikace epoxidových povlaků pro ocelovou výztuž)

ASTM D 3963/D 3963M - 97 Standard Specification for Fabrication and Jobsite Handling of Epoxy - Coated reinforcing Steel Bars
(Specifikace tvarování a manipulaci s ocelovou výztuží s epoxidovým povlakem)

ASTM A 934/A 934M - 97 Standard Specification for Epoxy - Coated Prefabricated Steel Reinforcing Bars
(Specifikace povlakované ocelové výztuže, která je před povlakováním tvarovaná)

BS 7295 Part 1:1990 Fusion Bonded Epoxy - Coated Carbon Steel Bars for Reinforcement of Concrete . Part 1 Specification for Coated Bars
(Epoxidové povlaky z práškových materiálů na výztuži z uhlíkové oceli do betonu. Část 1 : Specifikace povlakovaných tyčí)

BS 7295 Part 2:1990 Fusion Bonded Epoxy - Coated Carbon Steel Bars for the Reinforcement of Concrete. Part 2 : Specification for Coatings
(Epoxidové povlaky z práškových materiálů na výztuži z uhlíkové oceli do betonu. Část 2 Specifikace povlaků)

ISO 14654:1999 Epoxy-coated steel for reinforcement of concrete
(Epoxidové povlaky pro ocelové výztuže do betonu)

ISO 14656: 1999 Epoxy powder and sealing material for the coating of steel for the reinforcement of concrete
(Epoxidový prášek a utěšňovací materiál pro povlékání ocelové výztuže do betonu)

Příloha A.1 Stanovení přilnavosti povlaku na betonářské výztuži metodou katodické delaminace

Stanovení se provádí na tyči o délce 200 mm opatřené povlakem která je ve zkušebním uspořádání katodou, anodou je 150 mm dlouhá platinová elektroda o průměru 1.6 mm, nebo poplatinovaný drát o průměru 3,2 mm.

Jako referenční se používá kalomelová elektroda.

Roztok elektrolytu tvoří 3%-ní NaCl rozpuštěný v destilované vodě.

Roztok elektrolytu je udržován na teplotě $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Poškození povlaku před zkouškou je realizováno místním provrtáním povlaku až k podkladu otvorem o průměru 3 mm.

Zkušební napětí je $- 1500 \text{ mV} \pm 20 \text{ mV}$

Délka zkoušky je 168 hodin.

Před expozicí (24 h) a před hodnocením povlaku po zkoušce musí být výztuž kondicionovaná min.1 h při teplotě $23 \pm 2 ^\circ\text{C}$.

Zkušební uspořádání

Schéma uspořádání je znázorněno na obrázku č.1.

Pokud není dohodnuto jinak, provádí se zkouška třikrát.

Na každém zkušebním vzorku se provrtá povlakem otvor o průměru 3 mm až k podkladu cca 50 mm od jednoho konce. Otvor musí být umístěn mezi žebírky. Je nutno zajistit, aby tento konec zkušebního vzorku byl opatřen povlakem.

Na druhém konci vzorku se provrtá otvor o průměru 3 mm pro závitořezný šroub sloužící ke spojení okruhu.

Vzorek se vloží do zkušební nádoby chráněným koncem směrem ke dnu nádoby. Nádoba se naplní elektrolytem do výšky 100 mm vzorku. Vzorek se připojí k zápornému pólu zdroje stejnosměrného proudu. Do elektrolytu se ponoří 75 mm délky anody. Použije-li se poplatinovaný drát, musí být jeho konec chráněn silikonem aby bylo vyloučeno poškození měděného jádra drátu.

Vzdálenost mezi koncem anody a vyvrtaným otvorem v povlaku je 10 mm.

Odporový bočník se připojí k anodě a zapojí se ke kladnému pólu zdroje v sérii.

Do roztoku se ponoří kalomelová elektroda tak, že její pórovitý konec je ve vzdálenosti 10 mm od vyvrtaného otvoru.

Voltmetr se kladným koncem připojí ke kalomelové elektrodě a záporným ke vzorku.

Po připojení zdroje proudu se potenciál vyrovná na $- 1500 \text{ mV} \pm 20 \text{ mV}$, ve vztahu ke kalomelové elektrodě. Tato hodnota se udržuje po celou dobu zkoušky.

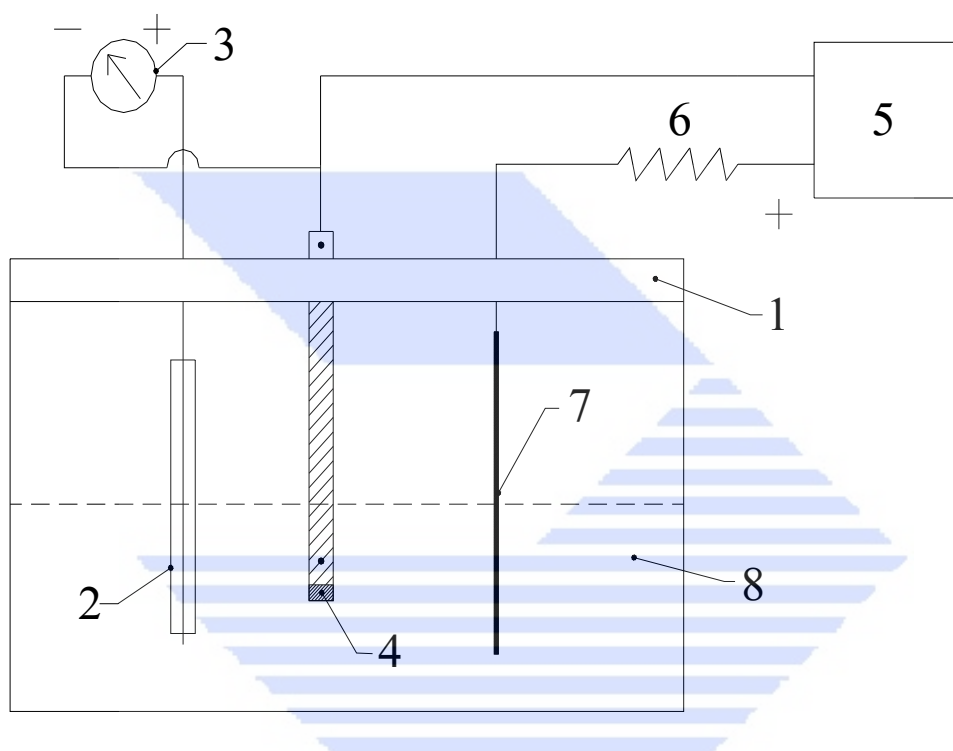
Po ukončení zkoušky se vzorek ponechá 1 h při $23 \pm 2 ^\circ\text{C}$ a provede se stanovení přilnavosti.

Vyhodnocení přilnavosti se provede tak, že se přes umělé poškození (vyvrtání) provedou dva na sebe kolmé řezy až k podkladu. Délka řezu na každou stranu nesmí být menší než 5 mm, nebo v rozsahu vzdálenosti mezi žebírky. Pomocí špičky skalpelu se odstraní nepřilnavý nátěr (přilnavost narušená delaminací).

Výsledek hodnocení.

Průměrná hodnota poloměru delaminace ze všech čtyřech sekcí(ztráty přilnavosti) nesmí překročit 2 mm, měřeno od hrany provrtání povlaku.

Obr. č. 1: Schéma zapojení pro stanovení katodické delaminace



- 1 - kryt
- 2 - kalomelová elektroda
- 3 - voltmetr
- 4 - zkušební vzorek

- 5 - zdroj stejnosměrného proudu
- 6 - odpor
- 7 - anoda
- 8 - elektrolyt

A.2 Hodnocení přilnavosti po zkoušce v solné mlze

Na vzorku výztuže o délce 200 mm se provede celkem šest umělých poškození ve formě provrtání o průměru 3 mm, přičemž tři jsou na jedné straně vzorku a tři na opačné. Vzdálenost krajních otvorů od konců vzorku musí být nejméně trojnásobek vzdálenosti mezi žebírky. Třetí otvor se vyvrtává cca uprostřed mezi dvěma krajními. Všechna umělá poškození jsou vždy umístěna mezi žebírky.

Vzorky se vloží do komory s NaCl tak, že poškozená místa jsou kolmo k rozprašovači solné mlhy.

Doba zkoušky 800 ± 20 h., teplota 35 ± 2 °C.

Po ukončení zkoušky se vzorky opláchnou destilovanou vodou a ponechají se v laboratoři 24 ± 2 h při teplotě 23 ± 2 °C. V místech otvorů se odstraní korozní produkty a přilnavost se stanoví stejným způsobem jako při zkoušce katodické delaminace (viz A.1)

Průměrná hodnota delaminace nesmí překročit 3mm od vzdálenosti hrany umělého poškození.

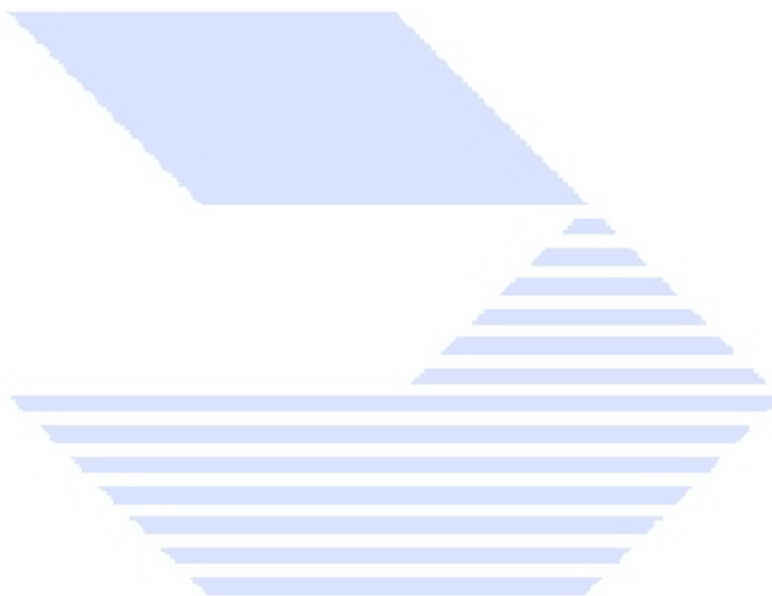


A.3 Stanovení soudržnosti povlakované výztuže s betonem

Stanovení soudržnosti povlakované ocelové výztuže s betonem se provádí dle ČSN 73 13 28 : 1972.

Zkoušky jsou prováděny na zkušebních tělesech ve tvaru hranolu (postup a) dle čl. 3).

Při zkoušce se posuzuje soudržnost výztuží s betonem postupem stanoveným normou. Požadovaná soudržnost viz 4.2.

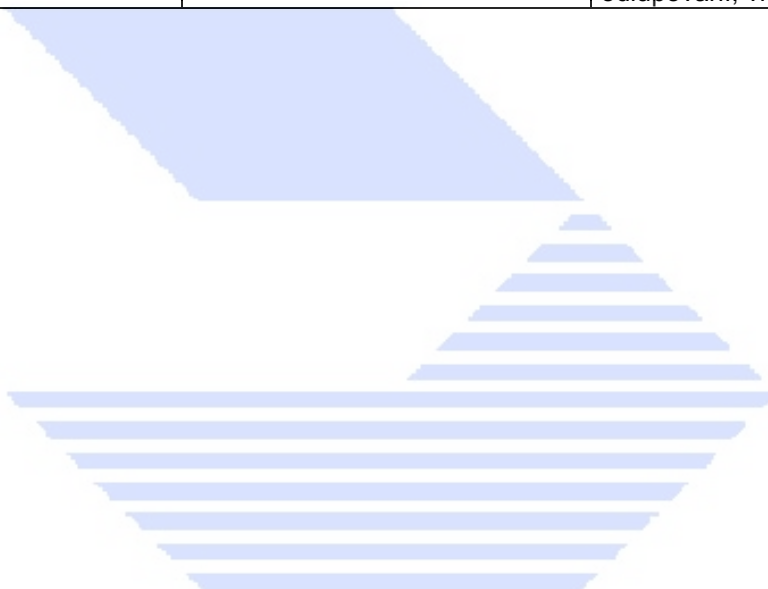


A.4 Souhrnný přehled průkazných zkoušek

Hodnocený parametr	Postup hodnocení	Požadovaný výsledek
Přilnavost mřížkovým řezem	dle ČSN ISO 2409	po provedení zkoušky musí zůstat 90% čtverečků na povrchu kovu
Přilnavost katodickou delaminací	dle ISO 14 656 kap. 5.2 viz příloha č. A.1	průměrná hodnota poloměru delaminace u tří vzorků nesmí být větší než 2 mm
Přilnavost po expozici v solné mlze	dle ISO 14 656 kap. 5.3 viz příloha č. A.2	průměrná hodnota ztráty přilnavosti u tří vzorků nesmí být větší než 3 mm od kraje poškození povlaku
Odolnost proti úderu	dle ČSN 67 3082	závaží o hmotnosti 1,8 kg při pádu z výšky 1,5 m nesmí poškodit povlak
Odolnost proti oděru	dle ČSN 673083	při dopadu 500 kg abrazivního materiálu nesmí dojít k porušení povlaku až k podkladu
Tvrdost	spec. zkouška	při jednorázovém kolmém řezu pod zatížením 100 N nesmí dojít k porušení povlaku až k podkladu
Pružnost	spec. zkouška ohybem	při ohybu o 180° kolem trnu, jehož průměr závisí na průměru tyče, nesmí být pouhým okem pozorovatelné praskání nebo odlupování na vnější straně ohybu
Korozní odolnost	ČSN ISO 9227	1000 h expozice je maximální přípustná koroze v řezu 1 mm, koroze v ploše je nepřípustná
Chemická odolnost	spec. zkouška ponorem	po expozici 45 dní nesmí docházet ke ztrátě přilnavosti v okolí umělého poškození a vizuálně nesmí být patrné na povrchu puchýřky, obnažená místa, změknutí povlaku
Propustnost pro chloridy	dle ISO 14 656 viz. kap. 5.4	přípustná koncentrace chloridů, které projdou povlakem za 45 dní musí být nižší než 0,0001 M
Relativní soudržnost výztuží s betonem	ČSN 73 1328 viz. příloha A.3	relativní soudržnost tyčí s povlakem nesmí být nižší než 80% soudržnosti tyčí bez povlaku

A.5 Souhrnný přehled kontrolních zkoušek

Hodnocený parametr	Postup hodnocení	Požadovaný výsledek
Tloušťka	dle ČSN EN ISO 2808 - metoda 6	musí odpovídat předepsané, není-li musí 90% měření vykazovat tloušťku v rozmezí 175 až 300 μm (pokud není stanoveno jinak)
Celistvost	nízkonapěťovým přístrojem při napětí 67.5 V a odporu $125 \pm 10\%$ k Ω	povlak nesmí vykazovat více než tři póry nebo defekty na 1 m délky výztuže
Přilnavost	křížovým řezem	nesmí vykazovat ztrátu přilnavosti v křížení a podél řezu
Vizuální hodnocení		povlak nesmí vykazovat viditelné póry, nepokrytá místa, trhlinky, odlupování, vrásnění, nečistoty



Informativní přílohy

B.1 Další možnosti ochrany betonářské výztuže proti korozi a zvýšení životnosti betonových konstrukcí

B.1.1 Žárově pozinkovaná ocelová výztuž

Zinkové povlaky zhotovené žárovým způsobem, tj. ponořením ocelové výztuže do roztaveného zinku se v praxi používají v omezené míře. Podle nanesených tloušťek vrstvy se zařazují do dvou kvalitativních tříd (ASTM A 767) daných hmotností zinku na 1m².

Třída I předepisuje hmotnost zinkového povlaku 1070 g/m², což odpovídá průměrné tloušťce povlaku 150 μm ;

Třída II předepisuje hmotnost zinkového povlaku 610 g/m², což odpovídá průměrné tloušťce povlaku 85 μm.

Dle výše uvedeného standardu se po nanesení zinkového povlaku zařazuje ještě pasivace povrchu chromátováním, které zajišťuje ochranu zinkového povlaku proti nežádoucímu koroznímu působení vysokého stupně alkality čerstvého betonu, které by mohlo být příčinou snížení tloušťky vrstvy v důsledku chemických reakcí za vzniku zinečtanů.

Poznámka:

Celková ochranná účinnost zinkového povlaku závisí na řadě faktorů, jako jsou zmíněná alkalita, vlastnosti cementu, poměry složek betonu, čistota zinku a obsahu vlhkosti v pórech. Významný je i obsah chloridů i když mezní koncentrace obsahu chloridů pro pozinkovanou výztuž je vyšší než pro ocel.

Nejvhodnějším postupem ověření vhodnosti tohoto způsobu ochrany jsou praktické zkoušky v konkrétním betonu.

Při vyloučení následných chemických reakcí zinku s výluhy čerstvého betonu vede působení povlaku, s ohledem na jeho katodickou funkci ochrany vůči oceli, ke zvýšení životnosti výztuže v betonu. Výhodný je poměrně dobře propracovaný technologický postup zhotovování povlaků žárového zinku, dostatečný počet specializovaných pracovišť, příznivé velikosti technologických zařízení (až 12 m délky).

Nevýhodou je porušení vrstvy povlaku při svařování, ekologická závadnost par zinku a nedostatečná flexibilita povlaku při tvarování.

B.1.2 Výztuže z korozivzdorné oceli

Pojem korozivzdorné nebo též nerezavějící, případně legované oceli se vztahuje na materiály, které obsahují minimálně 12% chromu a případně další legující prvky jako je nikl, molybden, titan a jiné, které upravují požadované korozní a mechanické vlastnosti těchto ocelí.

Legované oceli, vhodné pro výztuže do betonu lze rozdělit dle jejich metalografické struktury do tří skupin, a to na feritické, feriticko-austenitické a austenitické oceli.

Feritické oceli jsou nízkouhlíkové oceli obsahující méně než 17% chromu.

Austenitické oceli jsou nízkouhlíkové oceli obsahující chrom a nikl. Základní typ obsahuje 18% chromu a 8% niklu.

Feriticko-austenitické oceli obsahují 22 - 28% chromu a 4 - 8% niklu.

Legované oceli obecně podléhají čtyřem druhům koroze - rovnoměrné, mezikrystalové, důlkové a koroznímu praskání.

Rovnoměrná koroze se vyskytuje zejména v kyselém prostředí, což není případ betonu a vzniklý pasivní film v daném případě nepodléhá rozrušení ani v betonu po proběhlé karbonataci.

Rovněž pro vznik mezikrystalové koroze nejsou v prostředí betonu vytvořeny podmínky.

Korozní praskání vzniká při kombinaci několika faktorů jako je přítomnost chloridů, teplotní podmínky, mechanické namáhání a hodnota pH prostředí. V případě výztuže v betonu tento typ koroze nelze předpokládat.

Velmi závažným problémem při expozici výztuží z legovaných ocelí v betonu je možný výskyt důlkové koroze (tzv. pitting) v přítomnosti chloridů. Vedle koncentrace chloridových iontů závisí nebezpečí vzniku důlkové koroze na teplotě, hodnotě pH a typu legované oceli.

Náchylnost ke vzniku důlkové koroze je charakterizována hodnotou označovanou jako PRE (příp. PREN - pitting resistance equivalent number), která se určuje ze vztahu:

$$PRE = 1 \times \% Cr + 3,3x \% Mo + 16 \times \% N$$

Hodnoty PRE pro některé vyráběné oceli, dle označení EN 10088

označení		obsah prvků, % hm.					PRE
		Cr	Ni	C(max.)	Mo	N	
1.4003	feritická	12	-	0,02	-	-	11
1.4016 / 430 ^x	feritická	17	-	0,06	-	-	17
1.4301/ 304 ^x	austenitická	18	10	0,05	-	-	18
1.4541	austenitická	18	10	0,06	-	-	18
1.4401/ 316 ^x	austenitická	17	12	0,05	2	-	24
1.4571	austenitická	17	12	0,06	2	-	24
1.4462	ferit.-austenitická	22	5	0,02	3	-	34

Hodnoty PRE pro některé oceli dle označení v USA /American Institute for Steel and Iron (AISI)/.

označení		obsah prvků, % hm.					PRE
		Cr	Ni	C(max.)	Mo	N	
304	austenitická	19	9,5	0,08	-	-	19
304L	austenitická	19	10	0,03	-	-	19
316	ferit.-austenitická	17	12	0,08	2,5	-	25
316L	ferit.-austenitická	17	12	0,03	2,5	-	25
316 LN	ferit.-austenitická	17	12	0,03	2,5	0,13	27
2205	ferit.-austenitická	22	5	0,03	3,0	0,14	34

Dle britského standardu BS 6744 :1986 Specifikace ocelové výztuže z austenitické oceli pro beton (Specification for austenitic stainless steel bars for reinforcement of concrete) jsou pro využití vhodné oceli 304 a 316.

Výztuže z feritických ocelí vykazují dobré výsledky při nízkém obsahu chloridů v betonu. Při vysokém obsahu chloridů dochází k výskytu důlkové koroze. V případě betonu o nízké kvalitě je to již při obsahu chloridů kolem 1 - 2 % hmotnosti betonu, u kvalitních betonů při obsahu chloridů 2 - 3%.

Oceli austenitické nevykazují za daných podmínek významné korozní napadení.

Korozní odolnost ocelí stoupá v řadě následovně:

- výztuž z uhlíkové oceli
- z feritické oceli (Cr 12 až Cr17)
- z austenitické oceli (Cr Ni 18 - 10)
- z feriticko-austenitické oceli ((Cr Ni N 23 - 4)
- z austenitické oceli (Cr Ni Mo 17 -12 - 2)
- z feriticko-austenitické oceli (Cr Ni Mo N 25 -5 -3).

V této řadě však významně stoupají i jednotkové ceny těchto ocelí.

Aplikace výztuže z legované oceli má oproti jiným způsobům řešení této problematiky řadu předností, mezi které patří vyloučení jejího poškození při dopravě, manipulaci a

skladování. Dále je to svařitelnost, vyloučení běžných poškození a nutnosti chránit střížné hrany. Při volbě vhodného typu korozivzdorné oceli lze dosáhnout životnosti bez oprav cca 100 let.

V tuzemsku výše uvedené specifikaci odpovídá ocel 17 346 dle ČSN 41 7346. Tato ocel odpovídá dle standardu EN 10088 oceli 1.4401, respektive oceli 316 dle AISI a dosahuje hodnoty PRE 24.

Levnější ocel 17 021 dle ČSN 41 7021 odpovídá oceli 410 dle AISI. Hodnota PRE vypočítaná dle obsahu rozhodujících složek je 13.

(výrobce Třinecké železárně a.s.).

B.1.3 Využití inhibitorů koroze jako přísad do betonu

V posledním desetiletí, v USA cca dvacetiletí, se řešení problematiky ochrany výztuží významně orientovalo na využití inhibičně působících přísad do betonu. Podle mechanismu jejich účinku se dělí na:

a) anodické, které vytvářejí ochranný film na anodických místech ocelového povrchu. Do této skupiny inhibitorů koroze patří chromany, dusitany, molybdenany, fosforečnan sodný a draselný, křemičitany a uhličitany. Jejich účinnost závisí na koncentraci, Některé mohou při nedostatečné koncentraci zvyšovat rychlost koroze a vést ke vzniku důlkové koroze.

b) katodické inhibitory koroze vytvářejí ochranný film na katodických místech ocelového povrchu. Jsou bezpečnější než anodické inhibitory, ale současně i méně účinné. Do této skupiny patří sole zinečnaté, antimonité, hořečnaté, manganaté a nikelnaté.

c) organické inhibitory koroze, které mohou ovlivňovat průběh reakcí jak na anodických, tak i na katodických místech cestou jejich adsorpce na povrch. Do této skupiny patří aminy, estery a sulfonované sloučeniny.

Z řady známých inhibitorů koroze našel využití při ochraně ocelové výztuže v betonu zejména dusitan vápenatý. Jeho hlavním nedostatkem je značná toxicita a možnost rozptýlení do okolí.

Dusitan vápenatý chrání ocelovou výztuž v betonu do koncentrace chloridů nepřesahující 7,8 kg/m³.

Účinnost dusitanu vápenatého je vysvětlována tím, že udržuje potenciál oceli na hodnotě odpovídající pasivnímu stavu oceli.

Jeho účinnost je podmíněna koncentrací v betonu, která je doporučována při 30% ním roztoku v množství 10 až 30 litrů na m³ čerstvého betonu. S ohledem na jeho rozpustnost ve vodě bude docházet k postupnému vyluhování z betonu v závislosti na poměrech v místě expozice a kvalitě betonu. Přítomnost dusitanu vápenatého snižuje, dle dostupných informací, rychlost koroze výztuže až na hodnoty 1,79 podílu Cl^- / NO_2^- . Doposud nejsou k dispozici výsledky dlouhodobého charakteru v praktických podmínkách.

Zkoušky prováděné s ostatními inhibitory koroze používanými v jiných aplikacích, jako je dusitan sodný, sodné a draselné sole kyseliny chromové a benzoové nedoznaly rozšíření z důvodu prokazatelně negativního ovlivnění pevnosti betonu.

Největší pozornost je v posledních letech věnována využití organických inhibitorů koroze, zejména tzv. migračním typům. Tyto inhibiční přísady, dle údajů výrobců, chrání ocelovou výztuž v betonu i v přítomnosti chloridů, neovlivňují fyzikální a chemické vlastnosti betonu, jsou bezpečné a snadno se aplikují a nevyznačují se toxickými vlastnostmi.

Obecně lze konstatovat, že první zkušenosti z využitím těchto inhibitorů spadají do roku 1986, poslední byl uveden na trh v roce 1994 a tudíž s jejich použitím nejsou dlouhodobé zkušenosti. Za ověřeného předpokladu, že alkalita betonu chrání ocelovou výztuž po dobu 15 - 20 let, pak doposud získané informace nemají významnou technickou hodnotu a vedou k závěru, zda po 10 až 20 letech, tj. po době, kdy lze předpokládat snížení alkality betonu, zůstane inhibitor stále ještě ve hmotě betonu v okolí výztuže, nebo se již dostane procesem migrace do míst, kde již nemůže projevit svojí účinnost, nebo se dokonce rozptýlí do okolního prostředí.

Vliv inhibitorů koroze různého chemického složení je předmětem výzkumu v mnoha zemích. Jsou publikovány ověření inhibitorů koroze na bázi aminů, morfolinu, křemičitanu sodného, polykřemičitanů alkalických kovů a některé další. Nedostatkem většiny výsledků je skutečnost, že jsou ověřovány v čerstvém betonu, kdy ještě ocel chrání alkalita betonu a vlastní vliv inhibitoru se nemůže dostatečně projevit. Transformaci laboratorních výsledků na praxi lze předpokládat v případech, kdy je v betonu přítomné i určité množství chloridů.



B.1.4 Ochrana povrchů betonu povlaky

Ochrana povrchu betonu je řešena zejména TP 89, TP 120 a TP 121.

Organické povlaky, v případě že neobsahují póry, mohou zajistit dlouhodobou ochranu povrchu různých materiálů v atmosférických podmínkách za předpokladu, že jejich pojivová složka dostatečně odolává slunečnímu záření, vlhkosti a dalším vlivům, v případě betonového podkladu např. jeho alkalickému výluhu.

Pro zajištění dobré funkčnosti jsou nutné i určité fyzikálně - mechanické vlastnosti zaschlého povlaku jako je přilnavost k podkladu, omezení pronikání vodní páry z vnějšího prostředí do betonu a naopak možnost difúze vodní páry z betonu do okolního prostředí. Důležitá je i schopnost omezit pronikání oxidu uhličitého a tím i rychlost karbonatace betonu.

Podle tloušťky nanesené ochranné vrstvy se rozlišují tyto ochranné systémy -TP89:

- hydrofobní impregnace (OS-A), která se provádí pomocí roztoků, které vsáknou do ošetřovaného povrchu a omezují průnik netlakové srážkové vody do povrchových vrstev konstrukce;
- nátěry pro nepojížděné plochy (OS-B)
- nátěry se zvýšenou hutností pro nepojížděné plochy (OS-C);
- nátěry a nepatrnou schopností přemostit trhliny, nepojížděné plochy (OS-DI/DII)
- vrstvy se zvýšenou schopností přemostit trhliny, nepojížděné plochy (OS-E)
- vrstvy se zvýšenou schopností přemostit trhliny, pojížděné plochy (OS-F).

Nepórovité organické povlaky o tloušťce 100 až 200 μm jsou obvykle nepropustné pro chloridové a síranové ionty, ale jsou do různé míry propustné pro plynné složky jako je oxid siřičitý a oxid uhličitý. Pro vodní páru, vodu a kyslík jsou propustné poměrně dosti. Dalšími složkami ovzduší, zejména v letní době jsou oxidy dusíku a ozon. Tyto mohou působit z důvodu jejich oxidační povahy na případné zvýšení rychlosti degradace makromolekulární sítě pojivových bází použitých nátěrů, spolu s působením slunečního záření.

Za zcela nevhodné pro ochranu betonu lze označit nátěry na bázi pojiv, která podléhají hydrolýze vyvolané alkalickou povahou výluhu z betonu a to zejména alkydy a modifikované alkydy. Jako vhodné se jeví materiály na bázi akrylátů, polyuretanů, akryluretanů, méně vhodné jsou styren-akrylátů, epoxidy z důvodu nižší odolnosti proti působení UV záření. Uvedené nátěry jsou schopné účinně snižovat pronikání oxidu uhličitého do hmoty betonu.

Nátěry vhodné pro zabránění resp. snížení rychlosti karbonatace betonu mají mít hodnotu s_D kolem 50m, což je tzv.ekvivalentní tloušťka vzduchové vrstvy v metrech pro difúzi plynného CO_2 vzduchem za stejných podmínek.

U betonu bez ochranného povlaku - difúzní odpor má nulovou hodnotu - dosáhne hloubka karbonatace za 60 let hodnotu 19 mm, kdežto při aplikaci organického povlaku, který má s_D hodnotu 50m je hloubka karbonatace za stejnou dobu pouze kolem 1 mm - za předpokladu jeho neměnnosti po tento časový úsek.

Z uvedeného závěru lze vyvozovat, že pro běžné betonové konstrukce, kde možný vznik koroze je podmíněn pouze karbonatací betonu, tj.v prostředí bez přítomnosti ostatních stimulátorů jejich koroze pronikajících k výztuži betonem, lze využitím nátěrů dosáhnout zvýšení životnosti celé konstrukce. Realizace nátěrů je však nutná bezprostředně po výstavbě konstrukce a nezbytném vyžrání, dříve než dojde již k proniknutí stimulátorů koroze do hmoty betonu .

B.1.5 Katodická ochrana železobetonových mostních konstrukcí.

Pro využití katodické ochrany platí TP 120 a TP 124.

Korozi výztuží v betonu lze vyloučit mj. aplikací katodické ochrany. Katodická ochrana železobetonu je ve světě používána na některých konstrukcích již zhruba 30 let. Aplikace katodické ochrany byla podmíněna dostupností vhodných materiálů používaných pro anody, tyto materiály byly vyvinuty po r. 1970.

Ochrana výztuže betonu vychází z obecně známých principů aplikace katodické ochrany, které jsou totožné s ochranou ocelových konstrukcí ukládaných do půdy:

- potlačení (resp. snížení rychlosti) průběhu reakce $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ pod technicky významnou mez posunutím potenciálu,
- posun potenciálu je vyvoláván zdrojem proudu, který působí „proti průběhu korozní reakce“,
- jako zdroj proudu lze použít buď vhodně volený galvanický článek, nebo vnější zdroj proudu.

První z výše uvedených variant ochrany (ochrana galvanickými anodami), využívá tyče nebo pruty méně ušlechtilých materiálů umístěné mezi jednotlivé prvky výztuže nebo po vnějším povrchu konstrukce. Po vhodném propojení anod s výztuží a zalití obou prvků (anod i výztuže) betonem vzniká galvanický článek, zajišťující ochranu ocelové výztuže. Varianta využívající tyče nebo pruty umístěné uvnitř konstrukce je samozřejmě použitelná pouze u nově stavěných konstrukcí. U rekonstruovaných konstrukcí je nejčastěji využívána varianta s vnějším zdrojem proudu, obecně však lze použít jakoukoliv z variant.

Aplikace katodické ochrany však vyžaduje splnění celé řady předpokladů, zejména je bezpodmínečně nutné garantovat svaření výztuže v celém rozsahu jednotlivých chráněných sekcí, event. celé konstrukce, dále je nutné eliminovat jakýkoliv i jen náhodný kontakt mezi výztuží a anodou. Právě tyto podmínky jsou často omezujícím faktorem pro aplikaci aktivní ochrany konstrukce.

Částečným problémem je i distribuce ochranného proudu a s tím související účinnost katodické ochrany uvnitř železobetonových konstrukcí. Lze vycházet z toho, že v místech, kde je výztuž korozně ohrožena, je i vyšší vodivost betonu a je tedy zajištěn i průchod ochranného proudu přednostně na ohrožené části výztuže, přesto se realizují opatření směřující k rovnoměrné distribuci proudu (co největší plocha anod, zahrnující pokud možno celý povrch konstrukce, případně dělení anod do sekcí, ap.).

Aplikaci katodické ochrany lze provádět např. postupem, zahrnujícím:

- pokrytí stávající sanované konstrukce mostu pletivem z vhodného materiálu (např. titanové, nebo poplatinované titanové pletivo), které slouží jako anoda; pletivo bývá děleno na jednotlivé sekce a propojeno se zdrojem aktivní ochrany,
- nastříkání vrstvy betonu, zakrývající anodové pletivo,
- instalaci referenčních elektrod, nebo alespoň měřících míst, do konstrukce mostu,
- zapojení vnějšího zdroje proudu,
- regulaci ochrany a její další sledování a kontrolu, případně optimalizaci nastavení.

Materiály pro katodickou ochranu

U jednotlivých aplikací se využívá řada různých materiálů:

Pro anody bývají používány:

- titanové materiály (sítě, pásy, tyče),

- speciální keramika,
- cementová pojiva s grafitem,
- organické vodivé povlaky,
- kovové metalizované vrstvy (Zn).

Jako referenční elektrody a snímače potenciálu bývají nejčastěji použity:

- Ag/AgCl elektrody,
- Mn/MnO₂,
- grafit,
- aktivovaný Ti,
- zinek.

Provozní parametry katodické ochrany

Katodická ochrana konstrukcí je z výše uvedených důvodů provozována s nepříliš velkými proudy.

V případě ochrany nových konstrukcí, tj. v případě aplikace katodické ochrany ihned po výstavbě zařízení, je pro ochranu dostačující proudová hustota do 2 mA/m². Proudová hustota se vztahuje na povrch betonu.

Pro dodatečnou aplikaci ochrany, tj. v případě, kdy je konstrukce již pod negativním vlivem agresivních látek je zpravidla v literatuře uváděna hodnota od 3 do 20 mA/m². Při trvalé polarizaci je účinnost ochrany v obou případech velmi vysoká.

Katodická ochrana musí být provozována tak, aby potenciál výztuže nepřekročil hodnotu (proti standardní kalomelové elektrodě) -1,1 V. Při negativnějších potenciálech dochází k porušení adheze mezi ocelí a betonem. Dodržení potenciálu je zejména důležité u zařízení s předpjatou výztuží, kde nesmí být potenciál negativnější než -0,9 V a navíc je nutné bezpodmínečně zajistit co nejrovnoměrnější distribuci proudu.

Obvykle se katodická ochrana železobetonových konstrukcí provozuje tak, aby depolarizace při vypnutí ochrany činila 100 až 200 mV.

Příloha č.2

Ekonomické výpočty a grafické přílohy

Ekonomické parametry řešení železobetonových konstrukcí s použitím povlakované výztuže byly sledovány celkem na deseti prvcích (průřezech), které mohou přicházet v úvahu z hlediska technického řešení v ČR:

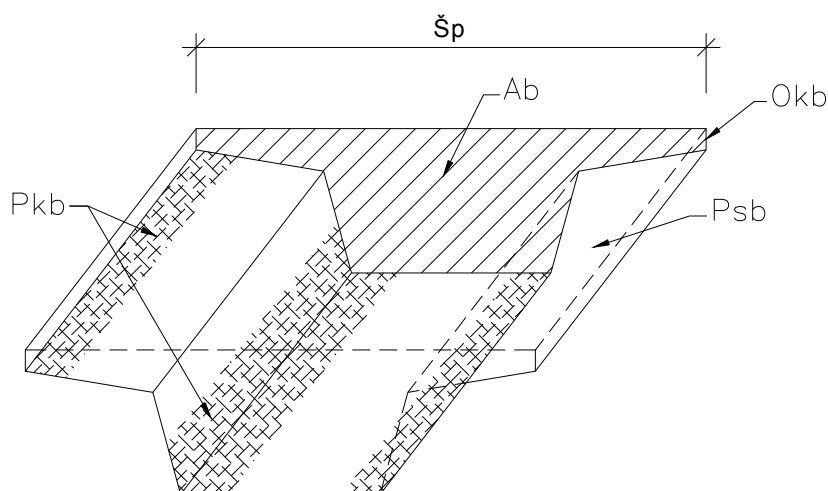
1. Monolitický pilíř
2. Spřažená deska prefa mostu
3. Spřažená deska ocelo-betonového mostu
4. Předpjatá lávka
5. Monolitická římsa
6. Římsový prefabrikát
7. Svodidlový prefabrikát
8. Sloupek protihlukové clony
9. Soklový panel PHS
10. Protihlukový panel

Ekonomické posouzení bylo provedeno metodou posouzení celkových nákladů po dobu životnosti mostu. Cena prvku (průřezu) po dobu životnosti je složena z ceny na zhotovení prvku a z cen nutných oprav během životnosti prvku.

Náklady byly vždy sledovány jak pro variantu s použitím nepovlakované výztuže, tak pro variantu s použitím povlakované výztuže. Náklady na zhotovení prvku byly sestaveny z podrobného rozboru výrobních kalkulací. Ve výrobních kalkulacích byla uvažována především zvýšená cena samotné povlakované výztuže (cca 3,5 krát) a dále zvýšená pracnost ve všech stádiích manipulace, skladování, ukládání apod.

Náklady na opravu povrchu železobetonových prvků byly určeny pouze parametrickým způsobem, poněvadž se jedná o proces velice neurčitý.

Konečné posouzení míry výhodnosti použití povlakované výztuže je uvedeno na straně 41.



Legenda:

Š _p	Šířka průřezu
O _{kb}	Obvod korodujícího betonu
A _b	Plocha příčného řezu betonového průřezu
P _{sb}	Plocha opravovaného betonu
P _{kb}	Plocha reprofilovaného betonu
P _{kv}	Plocha korodující výztuže
C _{sb}	Jednotková cena opravy povrchu betonu
C _{kb}	Jednotková cena reprofilovaného povrchu betonu
C _{kv}	Jednotková cena opravovaného povrchu výztuže
V _b	Objem betonu průřezu
G _v	Hmotnost výztuže průřezu
G _b	Hmotnost betonu průřezu
P _b	Plocha bedněného povrchu průřezu
C _b	Jednotková cena zhotovení betonu
C _v	Jednotková cena zhotovení výztuže
C _d	Jednotková cena zhotovení bednění
k _o	Koeficient realizace
n	Počet oprav
t	Tloušťka reprofilace

Cena zhotovovaného průřezu:

$$N_{zp} = (V_b \times C_b + G_v \times C_v + P_b \times C_d) \times k_o$$

Cena opravy průřezu:

$$N_{op} = (P_{sb} \times C_{kb} + P_{kv} \times C_{kv} + P_{kb} \times t \times C_{kb}) \times k_o$$

Cena průřezu po dobu životnosti

$$N_{žp} = N_{zp} + n \times N_{op}$$

Cena opravy průřezu - nepovlakovaná výztuž

č.	popis	P_{sb} m ²	C_{kb} Kč / m ²	P_{kv} m ²	C_{kv} Kč / m ²	P_{kb} m ²	t cm	C_{kbt} Kč / m ²	k_o	N_{op} Kč
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Monolitický pilíř	27,500	160,000	10,300	165,000	20,960	5,000	320,000	1,200	47 562,600
2	Spřažená deska prefab. mostu	10,800	160,000	4,800	165,000	9,600	3,000	400,000	1,000	14 040,000
3	Spřažená deska ocel.bet.mostu	23,900	160,000	10,300	165,000	21,500	3,000	400,000	1,250	39 154,375
4	Předpjatá lávka	8,860	160,000	3,000	165,000	8,000	2,000	500,000	1,300	12 886,380
5	Monolitická římsa	3,180	160,000	2,100	165,000	3,180	3,000	400,000	1,150	5 371,995
6	Římsový prefabr.	2,225	160,000	1,900	165,000	2,550	1,000	800,000	1,150	3 175,725
7	Svodidlový prefabr.	9,760	160,000	2,200	165,000	4,400	2,000	500,000	1,000	6 324,600
8	Sloupek PHS	6,650	160,000	1,600	165,000	3,200	1,000	800,000	1,100	4 276,800
9	Soklový panel PHS	6,750	160,000	3,400	165,000	6,750	2,000	500,000	1,050	8 810,550
10	Protihlukový panel	5,840	160,000	1,150	165,000	2,300	1,000	800,000	1,050	3 112,358

Cena opravy průřezu - povlakovaná výztuž

č.	popis	P_{sb} m ²	C_{kb} Kč / m ²	P_{kv} m ²	C_{kv} Kč / m ²	P_{kb} m ²	t cm	C_{kbt} Kč / m ²	k_o	N_{op} Kč
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Monolitický pilíř	27,500	160,000	8,240	165,000	16,762	5,000	320,000	1,200	39 106,080
2	Spřažená deska prefab. mostu	10,800	160,000	3,840	165,000	7,680	3,000	400,000	1,000	11 577,600
3	Spřažená deska ocel.bet.mostu	23,900	160,000	8,240	165,000	17,200	3,000	400,000	1,250	32 279,500
4	Předpjatá lávka	8,860	160,000	2,400	165,000	6,400	2,000	500,000	1,300	10 677,680
5	Monolitická římsa	3,180	160,000	1,680	165,000	2,544	3,000	400,000	1,150	4 414,620
6	Římsový prefabr.	2,225	160,000	1,520	165,000	2,040	1,000	800,000	1,150	2 634,420
7	Svodidlový prefabr.	9,760	160,000	1,760	165,000	3,520	2,000	500,000	1,000	5 372,000
8	Sloupek PHS	6,650	160,000	1,280	165,000	2,560	1,000	800,000	1,100	3 655,520
9	Soklový panel PHS	6,750	160,000	2,720	165,000	5,400	2,000	500,000	1,050	7 275,240
10	Protihlukový panel	5,840	160,000	0,920	165,000	1,840	1,000	800,000	1,050	2 686,110

Cenové porovnání prvků s povlakovanou a nepovlakovanou výztuží

č.	popis	nepovlakovaná výztuž				povlakovaná výztuž				$\frac{N_{zp}^{povl.}}{N_{zp}^{nepovl.}}$ %
		N _{zp} Kč	N _{op} Kč	n	N _{zp} Kč	N _{zp} Kč	N _{op} Kč	n	N _{zp} Kč	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Monolitický pilíř	71 088	47 562,60	2	166 213,20	99 505	39 106,08	1	138 611,08	83
2	Spřažená deska prefab. mostu	15 757	14 040,00	1	29 797,00	26 322	11 577,60	0,5	32 110,80	108
3	Spřažená deska ocel.bet.mostu	19 215	39 154,38	2	77 946,56	33 647	32 279,50	0,75	57 856,63	74
4	Předpjatá lávka	11 532	12 886,38	2	30 861,57	15 946	10 677,68	0,75	23 954,26	78
5	Monolitická římsa	4 315	5 372,00	3	17 744,99	5 826	4 414,62	1,25	11 344,28	64
6	Římsový prefabr.	2 110	3 175,73	3	10 049,31	2 921	2 634,42	1,25	6 214,03	62
7	Svodidlový prefabr.	8 723	6 324,60	1	15 047,60	10 952	5 372,00	0,5	13 638,00	91
8	Sloupek PHS	2 935	4 276,80	2	11 488,60	4 160	3 655,52	1	7 815,52	68
9	Soklový panel PHS	2 109	8 810,55	2	19 730,10	2 876	7 275,24	1	10 151,24	51
10	Protihlukový panel	4 232	3 112,36	2	10 456,72	5 260	2 686,11	1	7 946,11	76

**Ministerstvo dopravy a spojů
odbor pozemních komunikací**

TP 136

- Název** : Povlakovaná výztuž do betonu - Technické podmínky
- Vydal** : Ministerstvo dopravy a spojů, odbor pozemních komunikací
- Zpracoval** : SVÚOM s.r.o. - realizační výstup projektu S303/120/801
- Řešitelé** : Ing.H.Kubátová¹⁾, Ing.Z.Batal²⁾, Doc.Ing.M.Svoboda, CSc.¹⁾,
Ing.L.Mindoš¹⁾, Doc.Ing.V.Hrdoušek, CSc.³⁾, Ing.P.Bouška CSc.⁴⁾
Ing.O.Člupek⁵⁾
1)SVÚOM s.r.o., 2)Stavby mostů a.s., 3)ČVUT - Fakulta stavební,
4)Kloknerův ústav ČVUT, 5)VÚP Běchovice
- Náklad** : 1. vydání - 50 výtisků
- Počet stran** : 42
- Formát** : A4
- Tisk** : SVÚOM s.r.o.
U Měšťanského pivovaru 934
170 00 Praha 7 - Holešovice
tel: 220801506, fax: 220801962; 200809981