

## HYDROFOBŇÍ IMPREGNACE BETONU

V posledních několika letech se na trhu objevilo obrovské množství impregnačních přípravků a distributorů těchto přípravků se předhánějí ve vyzdvihávání předností jedné přípravky proti druhých. Módním se stalo používání předpony nano- pro výrobky, používané na hydrofobizaci betonu a betonových výrobků. Aplikací přípravků pro ochranu betonu a betonových výrobků jsem se mnoho roků zabýval a i stále zabývám. Přestože se přípravky pro ochranu betonu a betonových výrobků zabývám, tak mám často potíže se zařazením některých výrobků. Důvodem toho je neustálý se rozšiřující sortiment hydrofobizačních a impregnačních přípravků. Protože jsou některé údaje o vlastnostech hydrofobizačních a impregnačních přípravků zavádějící nebo neúplné, tak jsem sepsal přehled hydrofobizačních a impregnačních přípravků. Velmi často se v literatuře operuje „efektem lotosového listu“ nebo „produktem nanotechnologie“ a dalšími výrazy, ale přitom se jedná o prosté zvýšení smáčecího úhlu pro vodu. I když mají hydrofobizační přípravky různé názvy a různé deklarace vlastností, je drtivá většina hydrofobizačních přípravků ve výsledku silikonovými pryskyřicemi. Aby byl můj přehled srozumitelný, tak jsem do textu zahrnul i trochu teorie o funkci hydrofobizace, postup aplikace hydrofobizace a impregnace a popis závad, vzniklých nevhodnou nebo nesprávnou aplikací hydrofobizace nebo impregnace.

Povrch betonových výrobků je možné opatřit buď hydrofobní impregnací, povlakem nebo impregnací. Rozdíl jednotlivých úprav je patrný z následujícího obrázku.



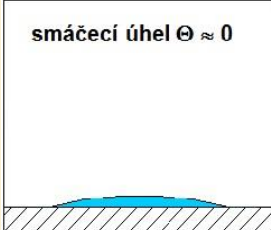
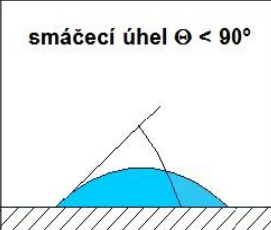
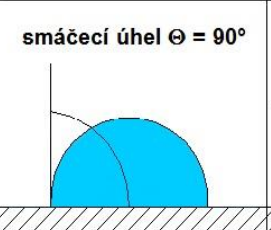
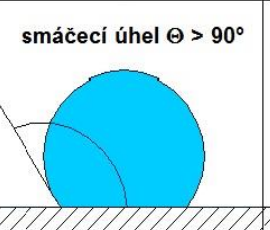
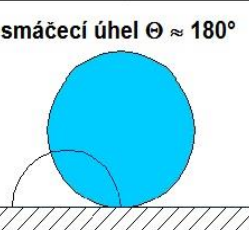
Při **impregnaci** povrchu betonu a betonových výrobků dojde v povrchové vrstvě k vyplnění pórů a kapilár impregnační látkou a dojde k uzavření povrchu. Pokud dojde k zúžení kapilár v povrchové vrstvě betonu nebo betonových výrobků nebo k vytvoření tenké vrstvy na povrchu betonu a betonových výrobků, tak se úprava povrchu označuje jako **povlak**. Při **hydrofobizaci** betonu nebo betonových výrobků se vytvoří v povrchové vrstvě na povrchu kapilár a pórů tenký povlak odpuzující kapaliny a přitom prostupný pro plyny a vodní páru.

### Podstata hydrofobizace povrchu betonu

Hydrofobizace, která vytváří vodoodpudivost povrchu betonu, způsobuje zvýšení tzv. smáčecího úhlu pro vodu. Smáčecí úhel je označován značkou  $\Theta$  a velikost tohoto úhlu charakterizuje, na jakou plochu se rozlije kapka vody. U materiálů s malým smáčecím úhlem  $\Theta$ , jako jsou silikátové materiály, se kapka vody rozleje na velké ploše, jsou tedy vodou dobře smáčeny a jsou označovány jako **hydrofilní materiály**. U materiálů s velkým smáčecím úhlem  $\Theta$ , jako jsou voskované povrchy, se kapka vody rozleje na malé ploše, jsou tedy vodou špatně smáčeny a jsou označovány jako **hydrofobní materiály**.

# HYDROFOBŇÍ IMPREGNACE BETONU

Póry v betonu se chovají stejně jako skleněné trubičky, kterými je struktura betonu protkána. Voda se díky malému smáčecímu úhlu snadno dostává do struktury betonu. Jestliže se vnitřní povrch kapilár opatří tenkou vrstvou materiálu, který má velký smáčecí úhel, tak voda stěny kapilár nesmáčí a proniká obtížněji

| smáčecí úhel $\Theta \approx 0$   | smáčecí úhel $\Theta < 90^\circ$  | smáčecí úhel $\Theta = 90^\circ$  | smáčecí úhel $\Theta > 90^\circ$   | smáčecí úhel $\Theta \approx 180^\circ$   |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| velmi dobře smáčivý (rozlítí)   | dobře smáčivý   | mírně (středně) smáčivý   | špatně smáčivý   | nesmáčivý   |

nebo dokonce vůbec. Hydrofobizace tedy spočívá ve vytvoření tenké vrstvičky hydrofobizující látkou na vnitřním povrchu pórů, která nezmenšuje průměr pórů. Při hydrofobizaci betonu zůstává průchod plynu včetně vodní páry zachován.

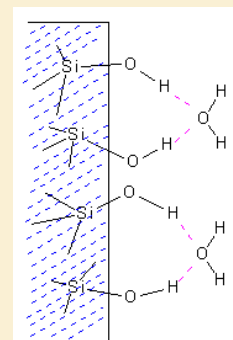
## Přípravky pro hydrofobní impregnaci

Převážná většina přípravků pro hydrofobní impregnaci je vyrobena ze směsi hydrofobizujících látek a pomocných materiálů a jedná se o nepolární sloučeniny obsahující uhlíkaté řetězce. Většina hydrofobních impregnací je vyrobena na bázi následujících chemických látek:

- **alkoxy silany** – reagují ve vzdušnou vlhkostí za vzniku silikonové pryskyřice
- **alkoxy siloxany** - reagují odpařením rozpouštědla za vzniku silikonové pryskyřice
- **vysokomolekulárních alkoxy polysiloxany** – reagují ve vzdušnou vlhkostí za vzniku silikonové pryskyřice
- **nízkomolekulární oligomerní alkylalkoxysiloxany** - reagují ve vzdušnou vlhkostí za vzniku silikonové pryskyřice
- **silikonové mikroemulze** - reagují ve vzdušnou vlhkostí za vzniku silikonové pryskyřice
- **silikonáty** – reagují s vzdušným oxidem za vzniku silikonové pryskyřice

## **alkoxy silany**

alkoxy silany jsou zkráceně označovány jako „silany“ a po chemické stránce se jedná o nehydrolyzované silany, tj. estery kyseliny křemičité. Jako rozpouštědla silanů jsou používány bezvodé alkoholy (izopropylalkohol) a alifatická rozpouštědla. Silany se také používají jako vodní emulze (triethoxyoctylsilan). Silany reagují se vzdušnou vlhkostí na gel kyseliny křemičité, která má kromě hydrofobizačního efektu také zpevňující působení. Silany mají dobrou penetrační schopnost a mají také schopnost vytvářet chemickou vazbu na povrch křemenných zrn, takže jsou neodstranitelné z povrchu.



# HYDROFOBNI IMPREGNACE BETONU

## ***alkoxy siloxany***

alkoxy siloxany jsou zkráceně označovány jako „siloxany“ a jsou nejčastěji používanými hydrofobními přípravky. Jako rozpouštědlo je u siloxanů nejčastěji používán lakový benzín a obsah siloxanové pryskyřice se pohybuje v rozmezí tří až osmi procent. Siloxanové přípravky jsou jednosložkové, a protože jsou pryskyřice rozpuštěné v lakovém benzínu, tak nelze siloxanové impregnace použít pro vlhké nebo mokré povrchy. Siloxanové impregnace je možné obnovovat, protože je možné jimi impregnovat již dříve hydrofobizované povrchy. Nátěr siloxanovými impregnacemi je rozpustný, takže je možné jej odstranit odšťavovačem starých nátěrů. Protože jsou siloxanové pryskyřice rozpuštěné v lakovém benzínu, tak tyto impregnace ohrožují životní prostředí a navíc jsou hořlavé.

## ***alkoxy polysiloxany***

alkoxy polysiloxany jsou roztoky polysiloxanových pryskyřic převedené do vodní emulze. Polysiloxanové impregnační přípravky jsou vodou ředitelné a hydrofobní efekt u nich vzniká po odpaření vody. Protože jsou polysiloxanové impregnační přípravky vodou ředitelné, tak je možné je nanášet na vlhké povrchy. Pro výrobu polysiloxanových impregnací se používají emulgátory, které se z polymerního filmu vyplavují, takže u těchto pryskyřic konečný hydrofobní efekt nastupuje až po určitém čase.

## ***nízkomolekulární oligomerní alkylalkoxysiloxany***

Tyto hydrofobizační prostředky jsou většinou jednosložkové a vlivem vzdušné vlhkosti samovolně polymerují. Nízkomolekulární oligomerní alkylalkoxysiloxany jsou schopny se navázat chemicky na povrch křemenných zrn. Proto jsou nejvhodnější pro hydrofobní impregnaci silikátových materiálů, tj. betonových a cementových výrobků. Vazba impregnace na křemenná zrna zvyšuje odolnost povlaku proti oděru. Vazba impregnace na křemenná zrna ale znemožňuje odstranitelnost povlaku. Nízkomolekulární oligomerní alkylalkoxysiloxany pronikají ze sortimentu hydrofobních impregnací nejvíce do porézního materiálů. Nízkomolekulární oligomerní alkylalkoxysiloxany mohou mít také formu pasty nebo krému a jsou nejčastěji určeny pro použití na čerstvý beton. Použitím pasty nebo krému se dosahuje větší hloubky proniknutí impregnačního přípravku.

## ***silikonové mikroemulze***

Silikonové mikroemulze jsou nízkomolekulární silikonové sloučeniny, které vytvářejí po smíchání s vodou vodní emulzi. Výhodou silikonových mikroemulzí je mísitelnost s vodou, takže s těmito impregnacemi se lze vyhnout organickým rozpouštědlům.

## ***silikonáty***

Silikonáty jsou hydrofobizující sloučeniny, které reagují s oxidem uhličitým za vzniku gelu kyseliny křemičité. Po chemické stránce se jedná methylsilikonáty sodné nebo draselné. Při reakci silikonátů s oxidem uhličitým se ale uvolňuje hydroxid sodný nebo draselný, který přechází na uhličitán sodný nebo draselný, které mohou být příčinou tvoření výkvětů. Tyto výkvěty se tvoří nejčastěji po aplikaci přípravků

## HYDROFOBŇÍ IMPREGNACE BETONU

za nízkých teplot a mohou být příčinou znehodnocení betonových výrobků. Vzniklý gel kyseliny křemičité je nerozpustný, takže je nátěr methylosilikonáty neodstranitelný. Pro neodstranitelnost nátěru není použití těchto přípravků doporučeno pro ošetřování památkových objektů.

V následující tabulce je uveden přehled nejčastěji používaných přípravků pro hydrofobní impregnaci.

| <b>Aktivní složka skupiny</b> | <b>Aktivní složka</b>                                       | <b>Použité rozpouštědlo</b>       | <b>Doporučený podklad</b>   | <b>Nevhodné použití</b>  |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|---|--|
| silany                        | nehydrolyzovaný silan (nízkomolekulární alkylalkoxysiloxan) | alkohol (isopropanol)             | beton, kámen, omítky, keramické výrobky, sádra  | materiály citlivé na rozpouštědla (polystyrén, asfalt, asfaltové střešní krytiny, polymerové živice) |
|                               |   | alifatická rozpouštědla           | beton, kámen, omítky, keramické výrobky   |  |
|                               | octyltrietoxysilan  | vodní emulze                      | beton, kámen, omítky, cihly, pórobeton, lehký beton, sádra  |  |
| siloxany                      | alkylalkoxysiloxany   | alifatická rozpouštědla           | beton, kámen, omítky, keramické výrobky, sádra (u některých zásadních materiálů lze aplikovat s odstupem několika měsíců) |  |
| polysiloxany                  | alkoxy polysiloxany   | vodní mikroemulze<br>vodní emulze | beton, cihly, omítky, kámen, sádra  | koncentrát musí být naředěný vodou   |
| směs oligomerů                | Nízkomolekulární oligomerní alkylalkosiloxany               | vodní emulze                      | beton, kámen, omítky, cihly, pórobeton, lehký beton, sádra  |  |
| silikonové pryskyřice         | polymerní siloxany  | vodní emulze                      | beton, kámen, omítky, cihly, pórobeton, lehký beton, sádra  |  |
| silikonáty                    | methylosilikonáty sodné nebo draselné                       | vodní roztok                      | beton, omítky, cihly, vlhké povrchy   | nátěr je neodstranitelný, není vhodný pro památkové objekty  |

### **Formy hydrofobních impregnací**

Hydrofobní impregnace mohou mít různé provedení podle toho, jaká látka je použita jako rozpouštědlo. Hydrofobní impregnací se vyrábějí jako:

- vodní emulze
- mikroemulze
- roztok v organických rozpouštědlech
- pasta nebo krém

# HYDROFOBŇÍ IMPREGNACE BETONU

## **Provádění hydrofobních impregnací**

Pro aplikaci hydrofobních impregnací platí obecné zásady pro provádění nátěrů, tj. povrch musí být čistý a zbavený nečistot. I když je ve většině návodů uvedeno, že je možné nanášet přípravky při teplotách vyšších než +3 °C, tak je doporučené teplotní rozmezí +10 až +25 °C pro aplikaci hydrofobních impregnací. Při nižších teplotách je odpařování rozpouštědla velmi pomalé a zpomalený je také vytvrzování silikonové pryskyřice. Při vysokých teplotách se snižuje hloubka průsaku a tím se snižuje účinnosti impregnace. Natřený povrch je samozřejmě nutné chránit před deštěm a silných větrem. Rozpouštědlové přípravky obecně vyžadují kratší dobu ochrany než přípravky na bázi vodní emulze.

Hydrofobní impregnace se aplikují nátěrem, nástřikem, poléváním a ponorem. Kvalita impregnace závisí na míře nasycení ošetřovaného povrchu, tj. na hloubce penetrace přípravku do hmoty betonu. Při větší hloubce penetrace má nátěr větší odolnost proti působení UV-záření. Dobře provedená impregnace by měla proniknout do hloubky 2 až 4 mm, u betonových výrobků vystavených působení posypových solí do hloubky 6 až 8 mm.

## **Závady při aplikaci hydrofobních impregnací**

Nejčastější závada na impregnovaném povrchu vzniká při nanesení velmi silné vrstvě přípravku. Velmi silná vrstva impregnace vede k vytvoření lesklých ploch a k nažloutlým skvrnám v místech silné vrstvy impregnace. Aby se tato závada nevyskytovala, tak je nutné setřít přebytečný přípravek během natírání. Hydrofobní impregnace jsou nejčastěji organokřemičité látky, které není možné odstranit jinak, než mechanicky, tj. obroušením, otryskáním apod. Proto se setření přebytečného nátěru musí provést ihned při nanášení nátěru.

U hydrofobních impregnací je uváděno, že je úprava povrchu paropropustná. Toto tvrzení ale nemusí být zcela pravdivé. Například u methylsilikonátů dochází k zúžení kapilár a může dojít k nepropustnosti povrchové úpravy. U hydrofobních impregnací je dobré znát, jak ovlivňuje difuzní odpor povrchové úpravy.

U členitých povrchů, jako jsou například štípané tvarovky, stéká dešťová voda v úzkých pramíncích, které vytvářejí na svislých plochách svislé šmouhy. Řešením tohoto problému je volba přípravku, který má sníženou vodoodpudivost.

Velmi častou závadou při provádění hydrofobizace je nanesení hydrofobizace na materiál obsahující vodorozpustné soli. Mohou-li roztoky solí migrovat za vodoodpudivou vrstvou materiálu, tak může docházet k tzv. vnitřní korozi. Vnitřní korozi způsobuje odpařování vody povrchovou, čímž dochází ke zvyšování koncentrace solí pod touto vrstvou. Vznikající krystaly se zde hromadí a hrozí odtrhnutí celé vodoodpudivé vrstvy. Vnitřní koroze se na hydrofobizovaném povrchu dlouho neprojevuje a její účinek se projeví až v okamžiku odlupování povrchové vrstvy.

## HYDROFOBŇÍ IMPREGNACE BETONU

Často rozhoduje o volbě hydrofobní impregnace cena a jako cenově nejdostupnější jsou přípravky na bázi methylsilikonátů. Tyto přípravky nejsou vhodné pro ošetření betonových dlažeb a pro betonové výrobky, u nichž je nežádoucí zúžení kapilár, protože zvětšení difuzního odporu betonu může snížit mrazuvzdornost betonu. Přípravky jsou vhodné na ošetření svislých konstrukcí, ale je třeba vzít v úvahu neodstranitelnost nátěru. Z tohoto důvodu nejsou přípravky na bázi methylsilikonátů doporučeny u památkových objektů. Při aplikaci přípravků na bázi methylsilikonátů se při vytvrzování uvolňuje roztok hydroxidu, který přechází na uhličitán, který často způsobuje tvorbu výkvětů na povrchu betonových výrobků. Výkvěty se tvoří nejčastěji při aplikaci přípravků na nízkých teplot a projevují se vytvořením světlého povlaku na povrchu betonových výrobků. Když se vytvoří na povrchu betonových výrobků světlý povlak, tak je neodstranitelný.

Hydrofobní impregnace zahrnují širokou škálu výrobků, které mají různé vlastnosti a tím pádem i různé možné použití. Často dochází k volbě nevhodného přípravku, což může mít fatální důsledky pro betonový výrobek. Většina hydrofobních impregnací jsou neodstranitelné z povrchu a je možné je odstranit pouze mechanicky. Volba impregnačního přípravku je tedy důležitá a mnohdy se nevyplatí sáhnout po nejlevnějším přípravku nebo po přípravku, který je nejsnáze dostupný.

