

Umělý kámen – užití a vlastnosti

1. 2. 2010

Při obnově nebo restaurování kamenných objektů – sochařských děl, architektonických prvků apod. – se často setkáváme s potřebou doplnění chybějících částí. Jsou v zásadě používány dva postupy: náhrada kamenem přírodním nebo doplnění kamenem umělým. Každý z nich má své výhody i nedostatky.

Náhrada přírodním kamenem vyžaduje získání vhodného materiálu – v dostatečném množství i potřebné velikosti a kvalitě kamenného bloku, což nemusí být vždy jednoduché, zvláště v lokalitách, kde jsou historické zdroje vyčerpané, lomy zrušené a příbuzné kameny nedostupné. Vlastní vsazení nové hmoty do původního materiálu je zpravidla spojeno s úpravou „lůžka“ – otvoru s pravidelnými tvary, jenž umožňuje vložení doplňku, opět pravidelného tvaru. To je samozřejmě doprovázeno určitou ztrátou historického kamene, což může být z pohledu památkového nežádoucí. Výhodou naopak je příbuznost nového materiálu s původním, projevující se mimo jiné podobným vzhledem (strukturou, barvou apod.).

Druhou variantou je doplnění chybějící části tvárnou směsí, která po určité době ztuhne při zachování získaného tvaru. Obě metody je možno použít i pro přípravu kopií. Kámen přírodní vyžaduje v tomto případě kamenický postup – přenášení tvaru z originálu (mnohdy ze sádrového odlitku) na kopii. Nový tvar je tedy kopií originálu pouze s určitou mírou přesnosti, vždy nese znaky práce sochaře či kameníka, který kopii zhotovil. Na takto zhotovenou kopii obvykle nejsou přeneseny drobné povrchové nerovnosti, např. stopy způsobené dlouhodobým vystavením originálu povětrnosti apod.

Použití umělého kamene, tvarovaného „dusáním“ či odléváním do formy předem sejmuté z originálu, umožňuje vznik přesného faksimile se všemi „znaky stáří“, tedy i se stopami, které na povrchu původního objektu zanechal čas. Tímto způsobem je možno více či méně úspěšně napodobit pískovce, vápence a mramory, žulu, ale i terakotu, pálenou cihlu atd.

Složení umělého kamene

Základními složkami tvárných směsí (obecně umělého kamene) je plnivo, které určuje vzhled, strukturu povrchu a často i barvu umělého kamene, a pojivá složka, jež zajišťuje především pevnost výsledné hmoty. Jako plniva se používají drcené (mleté) přírodní horniny (v případě umělých vápenců či mramorů apod.) nebo čistý křemenný písek (v případě náhrady pískovců), drcená cihla apod. Velikost zrn i zastoupení jednotlivých frakcí hraje významnou roli jak pro dosažení žádaného vzhledu, tak i pro fyzikálně mechanické vlastnosti výsledné hmoty. Přirozeného vzhledu umělého kamene je zpravidla možno dosáhnout spíše použitím plniva se širší distribucí zrn. Zároveň se tak zajišťuje i lepší vyplnění objemu mezi zrny (menší zrna vyplňují dutinky mezi zrny většími), což se příznivě projevuje na mechanických vlastnostech. Poměrem plnivo/pojivo lze v relativně širokých mezích měnit základní vlastnosti umělého kamene – pevnost a nasákavost a samozřejmě i vzhled.

Obecně můžeme směsi pro přípravu umělého kamene rozlišovat podle typu pojiva – na **směsi minerální**, obvykle s hydraulickým pojivem, nejčastěji s bílým cementem, a na **směsi s pojivem polymerním**, zpravidla epoxidovou, méně často polyesterovou pryskyřicí.

Mezi výhody anorganických pojiv patří:

- vodný systém (přítomnost vody není na závadu, naopak je nutná),
- relativně dobrá zpracovatelnost i za teplot blízkých 0 °C,

- zpravidla dobrá plasticita směsi,
- často lepší možnost dosažení požadovaného vzhledu ve srovnání s organickými materiály,
- nižší cena.

Nevýhodou je naopak:

- horší adheze takto pojeného materiálu k podkladu,
- nutnost zajištění dostatečného množství vody v tvrdnoucí hmotě (nebezpečí předčasného vyschnutí tenkých vrstev),
- poměrně dlouhá doba nutná k dosažení požadovaných mechanických vlastností (několik týdnů),
- menší odolnost vůči kyselému prostředí.

Polymerní pojiva, konkrétně epoxidové pryskyřice, mají ve srovnání s anorganickými pojivy některé důležité výhody:

- výbornou adhezi k podkladu,
- dobrou odolnost vůči kyselému prostředí,
- krátkou dobu nutnou k dosažení konečné pevnosti – běžné typy dosáhnou konečné pevnosti prakticky během 24 hodin.



Kopie sochy M. B. Brauna Onufrius z Nového lesa u Kuksu – umělý kámen pojený epoxidovou pryskyřicí – dnes u hotelu Intercontinental v Praze

Naopak nevýhodou je:

- pomalý průběh vytvrzovací reakce epoxidů (při použití běžných tvrdidel) za teplot pod 15 °C,
- zpomalování (až zastavení) vytvrzovací reakce v přítomnosti vlhkosti, což je nutné vzít v úvahu při volbě plniva (např. sušený písek), eventuálně i při úpravě tmeleného místa (dostatečně suchá hmota lůžka),
- malá odolnost běžných typů epoxidových či polyesterových pryskyřic vůči UV záření (žloutnutí, křídování) – to se však týká především směsí bez pigmentů a pouze pryskyřice na povrchu umělého kamene, kam UV paprsky mohou proniknout, vnitřní hmota je proti pronikání UV paprsků chráněna,

- nutnost přesného dodržování technologie přípravy směsi (v případě epoxidového pojiva především přesného dodržování předepsaného poměru pryskyřice/tvrdivlo a dostatečné teploty při zpracování směsi),
- vyšší cena materiálu.

Menší rozšíření polyesterových pryskyřic jako pojiva umělého kamene, hlavně u materiálů používaných restaurátory uměleckých děl, je způsobeno horší zpracovatelností směsi a především nepříjemným zápachem běžných typů polyesterů. Proto tyto materiály nacházejí uplatnění hlavně při průmyslovém zpracování odpadní drtě, tj. při přípravě dlažebních kostek, obkladových desek apod.

Aditiva

Vedle uvedených základních složek obsahuje obvykle směs pro přípravu umělého kamene ještě další přísady ovlivňující vzhled (např. pigmenty, mletou slídu, drcené skořápky apod.). Přídavkem vhodného pigmentu je možno v poměrně širokých mezích upravovat barevný odstín umělého kamene. Jak v případě epoxidových pryskyřic, tak cementu je nutno pro tento účel používat pouze pigmenty odolné vůči alkalickému prostředí – osvědčily se především přírodní okry; z umělých pak železité pigmenty na bázi oxidů železa. Jako zelený pigment bývá používán oxid chromitý. Použití nevhodných (nestálých) pigmentů či barviv (např. organických) vede k zeslabení barevného odstínu, někdy dokonce k jeho změně.

U směsi pojených epoxidovými pryskyřicemi bývá často konstatována nedostatečná plasticita – tedy nedostatečná schopnost podržet v syrovém stavu tvar. Zvýšení plasticity je možno dosáhnout přídavkem tzv. plastifikátorů – jemných částic, např. oxidu křemičitého, mastku apod.

Velice důležitým aditivem používaným u směsi s hydraulickými pojivy jsou polymerní disperze nebo suché redispergovatelné polymerní prášky (někdy nazývané suché disperze). Jejich přídavek zlepšuje mechanické vlastnosti konečného produktu, podporuje správné tvrdnutí tvárné směsi především v tenkých vrstvách (do jisté míry brání vysychání nevyzrálého tmelu), zvyšuje adhezi umělého kamene použitého jako tmel k tmelenému místu a v neposlední řadě může pomoci k odstranění již vytvrdlého tmelu účinkem organického rozpouštědla.

Mezi aditiva můžeme počítat i tzv. spojovací látky (někdy nazývané nesprávně primery), které zvyšují adhezi epoxidové pryskyřice k anorganickému plnivu. Příkladem takové látky je g-amino-propyl-triethoxysilan. Tato sloučenina se jednou částí molekuly váže na povrch křemenných zrn a druhou částí do polymerní sítě epoxidové pryskyřice. Smočením zrn písku roztokem této látky se při nezměněném obsahu pojiva zvýší pevnost v tlaku umělého kamene až o 70 %.

Komerčně dostupné směsi pro přípravu umělého kamene

Zkušeni kameníci či sochaři si často připravují směsi umělého kamene podle vlastních zkušeností a receptur sami. Stále většího rozšíření však dosahují průmyslově vyráběné hmoty. Na trhu jsou jak směsi pojené anorganickými pojivy – především bílým cementem – jako tzv. suché maltové směsi, tak i směsi obsahující jako pojivo epoxidovou pryskyřici (případně jiný typ polymeru). Obsahují všechny potřebné látky a vyžadují pouze přídavek vhodného množství vody (u minerálních směsí) nebo smíchání příslušných složek pojiva a tvrdidla (u některých směsí s polymerním pojivem). Někteří dodavatelé jsou schopni upravit dodávanou prefabrikovanou směs podle požadavku zákazníka tak, aby produkt v maximální míře odpovídal vzhledem (barvou i strukturou – velikostí částic či zrn) nebo fyzikálně mechanickými vlastnostmi doplňovanému kameni.

Existují i tmely pro pískovec, jejichž pojivem je organokřemičitá sloučenina, obdobná jako pro zpevňování kamene. Mají výhodu v chemické příbuznosti s původním kamenem (oxid křemičitý) a v odolnosti vůči chemickým vlivům (exhalátům ze vzduchu apod.). Nevýhodou je poněkud obtížné zpracování tvárné hmoty, především její omezená plasticita. Tento typ tmelu nanášený v silnějších vrstvách rovněž někdy praská. Jeho příprava vyžaduje pečlivé dodržování technologických zásad – dávkování složek a způsob aplikace – doporučených výrobcem.

Poškození umělého kamene

Umělý kámen pojený minerálním pojivem je používán pro doplňování přírodního kamene již řadu let, směsi s polymerními pojivy (s epoxidovou pryskyřicí) přibližně od počátku 70. let. Používání umělého kamene se v restaurátorské praxi samozřejmě neobešlo bez některých problémů. „Minerální“ směsi, protože jsou s nimi velice dlouhé praktické zkušenosti (v podstatě se jedná o speciální druh malt), jsou z tohoto hlediska „bezpečnější“. Avšak i jejich aplikace nemusí být vždy bez komplikací. Největší závady se v minulosti objevovaly v souvislosti s používáním polymerních přísad. Minerální směsi byly modifikovány vodnými polymerními disperzemi od počátku rozšíření tohoto systému polymerních materiálů na trhu. První komerčně dostupné polymerní disperze – latexy – obsahovaly polyvinylacetát, který v silně alkalickém prostředí cementové směsi rychle hydrolyzoval a měnil své původní vlastnosti. Pokud byl použit např. jako pojivo pro barevné retuše minerálního umělého kamene, životnost těchto barevných úprav byla velice krátká, pojivo se snadno vodou odplavovalo (hydrolýzou polyvinylacetátu vzniká ve vodě částečně rozpustný polyvinylalkohol) a vznikaly nevzhledné barevné skvrny. Dnešní „stavební“ polymerní disperze jsou z tohoto pohledu bezpečné.

V případě umělého kamene pojeného epoxidovou pryskyřicí je nebezpečí selhání větší, protože tento typ materiálu je náročnější na dodržování doporučených technologických postupů. V důsledku nedostatečné homogenizace směsi, nedostatečného zhutnění ve formě, špatného dávkování tvrdidla v poměru k pryskyřici, nevhodné velikosti zrn plniva, při aplikaci za teplot pod cca 10 °C nebo při nedostatečném vysušení plniva či doplňovaného podkladu má výsledný produkt špatné mechanické vlastnosti, vysokou porozitu, a tedy nasákavost vodou, nebo není přijatelný jeho vzhled. Také nevhodné armování způsobuje někdy významné mechanické poškození výdusku.

Postupně se ukazuje, že bude třeba dříve zhotoveným kopiím věnovat větší pozornost než dosud, v případě potřeby je restaurovat. Zpětný návrat originálu na původní místo, kde je v současné době nahrazen kopií z umělého kamene, je totiž prakticky nemožný (ohrožení původního díla) a zhotovení nové kopie je nejen finančně náročné, ale představuje i určité riziko pro originál (manipulace s ním při zhotovování formy apod.). V loňském roce byl dokončen (a v první polovině letošního roku oponován) výzkumný projekt, který se zabýval právě možností dodatečného zpevnění kamenosochařských děl z umělého kamene pojeného epoxidovou pryskyřicí. Projekt byl finančně podpořen grantem Ministerstva kultury (BD06P01OPP005), jedním z řešitelů byl autor tohoto článku. Výsledky projektu jsou v současné době připravovány k publikování v odborných časopisech.



Kopie tympanonu kostela Panny Marie Sněžné v Praze – umělý kámen pojený epoxidovou pryskyřicí



Váza – umělý kámen pojený epoxidovou pryskyřicí – Rudolfinum

Geopolymery

Zatím spíše výjimečně používaným typem umělého kamene jsou tzv. geopolymery. Jsou to anorganické materiály, které vznikají tzv. alkalickou aktivací přírodních nebo člověkem vyrobených hlinítokřemičitanů (někdy odpadních produktů z jiných výrobních procesů). Tyto minerální směsi jsou použitelné jako adheziva pro lepení prasklých či rozlomených částí různých typů kamene, ale i terakoty apod., a pro přípravu doplňků či celých kopií. Tato hmota opět obsahuje plnivo, které významně ovlivňuje vzhled a další vlastnosti výsledného produktu – podobně, jako tomu je u výše zmiňovaných typů umělého kamene, a pojivo – v tomto případě zmiňovaný geopolimer. Vlastnosti uvedeného typu umělého kamene se velice blíží vlastnostem kamenů přírodních – především mechanickou pevností (kterou je možno v určitých mezích ovlivňovat složením směsi), vysokou odolností vůči změnám teplot

a nízkou rozpustností ve vodě. Jsou inertní vůči UV záření, jejich porozita se pohybuje (opět podle složení směsi) v jednotkách procent. Vytvrzování probíhá za normální teploty, podle složení směsi cca 10 až 15 hodin. Příprava spočívá ve smíchání vhodného jílového materiálu (předem upraveného, s nutným podílem velmi jemných částic) s vodným roztokem alkalické soli jako zdrojem potřebných alkalických iontů. Takto připravený „základ“ se následně smíchá s potřebným množstvím předem vybraného plniva a po důkladném zamíchání se odlévá do formy, případně se použije jako adhezivo apod. Používání geopolymérů jako materiálu pro tmely, doplňky nebo kopie uměleckých nebo uměleckořemeslných děl je zatím spíše ve fázi ověřování praktických možností jejich využití. Vedle nesporných výhod má toto pojivo samozřejmě i nevýhody – poněkud komplikovanou přípravu směsi a vysoký obsah alkalických solí, které představují riziko výkvětů, případně i poškození okolního doplňovaného materiálu.

foto autor

Literatura:

- 1) Kotlík, P. – Zelinger, J.: Základní znalosti o umělém kameni. *Pamiatky príroda*, 13, 1982, č. 4, s. 23.
- 2) Kotlík, P. – Faust-Laszló, A. – Zelinger, J.: Použití silanolových spojovacích prostředků při přípravě umělého pískovce. In: *Sborník VŠCHT Praha*, S13, 1985, s. 233.
- 3) Zelinger, J. a kol.: *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. Praha, Academia 1987.
- 4) Kotlík, P.: Artificial Sandstone with Epoxy Resin Cement. *Vith International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Toruň, 1988.
- 5) Kotlík, P. – Brabec, M.: Odolnost umělého pískovce proti korozi. In: *Sborník VŠCHT Praha*, S18, 1988, s. 163.
- 6) Kotlík, P. – Heidingsfeld, V.: The Study of Properties of Artificial Sandstone. *Závěrečná zpráva projektu řešeného pro The Getty Conservation Institute*, 1995.
- 7) Selwitz, Ch.: *Epoxy resins in Stone Conservation*. J. P. Getty Trust, Marina del Rey, 1992.
- 8) *Sborník semináře Umělý kámen pro památkovou péči*, Praha, STOP 1998.
- 9) Kotlík, P. a kol.: *Stavební materiály historických objektů*. VŠCHT Praha, 1999.
- 10) Hucková, M. – Kotlík, P.: Investigation of the conservation of epoxy resin-bonded artificial stone. *Konference Conservation Science 2007*, Milano, 2007.
- 11) Kotlík, P. – Hucková, M.: The Study of Consolidation of Artificial Stone with Epoxy Resin Binder. *11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Toruň, 2008.

*Doc. Ing. Petr Kotlík, CSc., (*1946) je absolventem VŠCHT Praha (1969), obor technologie polymerů. V letech 1993–2009 byl vedoucím Ústavu chemické technologie restaurování památek VŠCHT Praha. Je autorem nebo spoluautorem řady původních i přehledných publikací a výzkumných zpráv z oboru aplikace polymerů, zejména při ochraně památkových objektů. Je předsedou STOP a jejím zakládajícím členem.*