

Poruchy a ochrana historických konstrukcí

Glosář degradace architektonických povrchových vrstev

Miloš Drdáký

Architektonickou povrchovou vrstvou se rozumí vrstva nebo souvrství materiálů pevně spojené s podkladem, který má zpravidla odlišnou materiálovou kvalitu a vlastnosti, na stavbách nebo uměleckých objektech z anorganických materiálů užívaných ve stavebnictví. Vzhledem k povaze památkových objektů jsou mezi vrstvy zahrnuty i části původního materiálu, který na povrchu prošel chemickými či fyzikálními změnami.

V praxi však není pro povrchové vrstvy používáno jednotné názvosloví a dosud nebyly kodifikovány jejich definice ani definice pozorovaných poruch. Tato kapitola předkládá stručný návrh systematického třídění poruch omítek, obkladů a maleb na omítkách (včetně nátěrů), doplněný přehledem metod vhodných pro jejich vyšetřování a s doporučeními pro odhady příčin jejich vzniku.

Pro popis stavu kamenných objektů vypracoval ICOMOS ISCS úspěšný glosář defektů, poškození a poruch kamenných povrchů, který však není beze zbytku použitelný pro popis poruch omítkových vrstev (Illustrated glossary... 2011). Nicméně tento glosář je použitelný pro popis poruch malt, které se vyskytují na stavbách v dostatečně velkých objemech, analogických typickým kamenným prvkům. Je také velmi dobrým vzorem a v základním dělení poruch i vhodným nástrojem pro systematický popis a třídění poruch omítkových vrstev a malby. Detailní dělení ICOMOS ISCS glosáře je pro praktické každodenní užívání někdy zbytečně podrobné. Navíc glosář neobsahuje žádnou diskusi o příčinách poruch, což je v případě omítkových vrstev velmi podstatný jev pro jejich klasifikaci.

Vzhledem k tomu, že jsou studované poruchy povrchových vrstev svázány především s jejich konstrukčním uspořádáním, je systém rozdělen na případy poruch:

- tenkých povrchových vrstev,
- jednovrstvých omítek,
- vícevrstvých omítek,
- obkladů a mozaiky,
- (sádrových) omítek s plastickými dekorativními prvky.

Obecně se poruchy těchto konstrukcí mohou dělit stejně jako u kamenných povrchů na sedm základních skupin:

- trhliny,
- deformace,
- odloučení vrstev od podkladu,
- poruchy následkem degradace materiálu,
- poruchy následkem ztráty materiálu,
- ztráta nebo změna barvy a usazeniny na povrchu,
- biologické napadení.

Poslední dvě kategorie poruch mohou být beze zbytku převzaty z glosáře poruch kamenných povrchů, neboť se jedná o shodné projevy a není třeba vytvářet zvláštní přístupy k jejich hodnocení nebo opravě, kromě problémů nástěnných maleb.

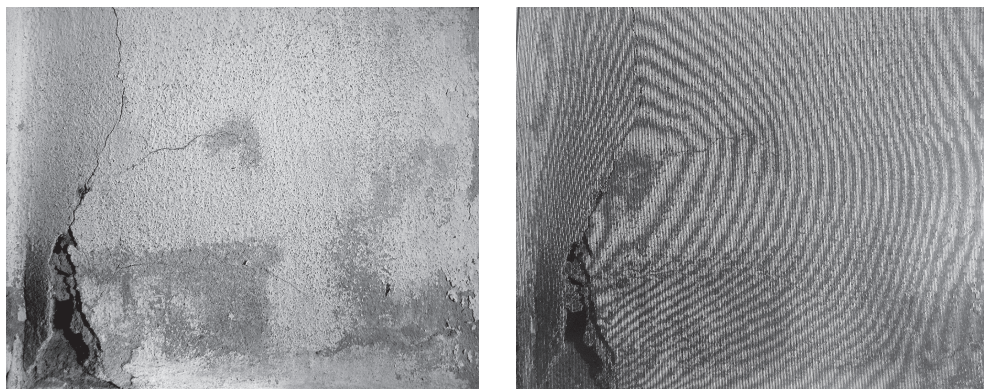
Zvláštní skupinu by mohly tvořit poruchy povrchových vrstev indukované poruchami podkladu, zejména poruchami podporující konstrukce, ale v této studii jsou uvažovány jako poruchy povrchových vrstev.

Typické jsou dále kombinace jednotlivých typů poruch, např. trhliny a odloučení, které potom mohou vést k řadě variant v morfologii poruchy. Zejména můžeme např. rozlišovat defekty charakterizované ztrátou soudržnosti nebo puchýře na uzavřené a otevřené, hladké a zlomené.

Pro informaci v této úvodní části uvedme velmi stručný výčet metod dokumentace a studia poruch omítek, které mohou být využity pro analýzy potřebné pro odhad příčiny poruchy.

Polohu a rozsah podpovrchových defektů je výhodné zkoumat pomocí nedestruktivních nebo šetrně destruktivních metod. Je možno využívat pasivní i aktivní termovizi (Maierhofer et al. 2002, Wedler et al. 2003), případně přirozeně buzenou aktivní termovizi (Drdáček a Lesák 2007). Dále měření diferenciálního kmitání uvolněných částí omítek od podkladu pomocí Dopplerova jevu při buzení periodickým akustickým tlakem (Castellini et al. 1999), piezobudiči (Vignola et al. 2005) nebo elektrodynamickými budiči (Michoinová et al. 2000). Slibnou metodou je také metoda akustického trasování – přímá nebo v poloautomatické verzi (Drdáček a Lesák 2006, Sklodowski et al. 2013). Přehled těchto metod je uveden detailně v jiné kapitole. Rovněž K. J. Beasley (2012) uvádí přehled metod a nástrojů užitečných pro průzkum poruch fasádních povrchů. Detailní měření je možno provádět dalšími metodami experimentální mechaniky, např. geometrii povrchu lze měřit metodou stínového moiré (**obr. 54**) nebo laserovou profilometrií, hloubku defektu mikrovrtním nebo boroskopii, která je vhodná pro vyšetřování větších a hlubších dutin. Poruchami moderních omítek, zejména vápeno-cementových, se zabývá také průvodce opravami vnitřních omítek firmy Mineral Products Association (Guide... 2012) a zároveň prezentuje typickou příčinu poruchy i návrh na její opravu.

Předpokládané příčiny poruchy jsou uvažovány i při podrobnějším popisu poruchy, zejména v souvislosti s materiálem povrchové vrstvy. V odborné literatuře lze nalézt řadu článků zabývajících se poruchami omítek nebo jiných povrchových vrstev. Většinou se jedná o moderní stavební systémy, často se sádrokartonovými deskami, které jednou budou trápit restaurátory a pracovníky památkové péče, proto je i k nim přihlédnuto.



OBRÁZEK 54: Příklad moiré topografie deformované odtržené vápenné dvouvrstvé omítky. Porucha je kombinací boulení s desintegrací jádrové vrstvy a ztrátou materiálu ve zlomech. Boule se vyvíjela 35 let v interiéru na patním zdivu. Odlehlost vrstevnic je 1 mm (Foto M. Drdácý)

Přehled povrchových vrstev

Tenká povrchová vrstva

Tenká povrchová vrstva je tvořena souvislou vrstvou malby, nátěru, případně i papírové či textilní tapety, která je spojena s podkladem přirozenou soudržností vlivem chemických či fyzikálních sil nebo prostřednictvím další tenké vrstvy (např. lepidla), zajišťující adhezi. Může být tvořena jednou vrstvou z jednoho materiálu nebo souvrstvím z různých materiálů. Obvyklá tloušťka nepřesahuje 2 mm.

Jednovrstvá omítka

Povrchová homogenní vrstva vyzrálé malty, která vznikla nanesením maltové směsi na podklad při jedné sekvenci omítacích operací. Obvyklá tloušťka nepřesahuje 20 mm.

Vícevrstvá omítka

Povrchová heterogenní vrstva vyzrálé malty, která vznikla buď přirozeně vytvořením povrchové krusty na jedno- nebo vícevrstvé omítce, nebo jako souvrství nanesením vrstev – obvykle rozdílných maltových směsí na podklad při dvou či více sekvencích omítacích operací. Obvyklá tloušťka nepřesahuje 25 mm, ale jsou známy i případy tloušťky mnohem větší, až okolo 100 mm.

Obklad a mozaika

Povrchové heterogenní souvrství tvořené pohledovou vrstvou keramických, bělčinových, skleněných, kamenných prvků nebo přírodnin – dlaždic, kostek, oblázků či mušlí, zasazených obvykle do vícevrstvého maltového podkladu. Obvyklá tloušťka nepřesahuje 40 mm.

Omítka s plastickými dekorativními prvky

Povrchová homogenní vrstva obvykle sádrové omítky, která vznikla buď nanesením sádrové maltové směsi na podklad, nebo jako finální vrstva na jádrové omítce. Často vytváří podklad pro upevnění dekorativních plastických prvků, které mohou být přilepeny jako odlitky nebo vytvářené na místě. Obvyklá tloušťka nepřesahuje 20 mm.



OBRÁZEK 55: Jemné trhliny jako výsledek dilatačních pohybů bloků zdiva teplotní roztažností. V takovém případě nelze vzniku trhlín zabránit a poruchy mohou být pouze zakryty vrstvou malty vyztuženou pletivem nebo jejich viditelnost snížena pravidelnými nátěry (Foto M. Drdácý)

Vady a poruchy povrchových vrstev

Trhliny

Trhlinu definujeme jako přerušení spojitosti nebo celistvosti povrchové vrstvy liniovou mezerou. Trhliny mohou být jednotlivé, dále násobné – vycházející paprskovitě z jednoho bodu (hvězdicovité) nebo mohou vytvářet rodinu rovnoběžných trhlín či vytvářet pravidelnou nebo nepravidelnou síť trhlín, například typické rozpraskání (krakelování, **obr. 56**). Trhliny mohou být plně rozvinuté (procházet celou vrstvou a vzájemně oddělovat neporušené souvislé části) nebo povrchové (začínají na povrchu a postupně slábnou). Podle dalších znaků nebo příčin vzniku rozlišujeme další typy.

Vlasová trhlinka představuje přerušení spojitosti nebo celistvosti povrchové vrstvy liniovou mezerou o tloušťce menší než 0,1 mm.

Jemná trhlinka způsobuje přerušení spojitosti nebo celistvosti povrchové vrstvy liniovou mezerou o tloušťce menší než 1 mm. Může vzniknout z řady příčin a obvykle u stavebních objektů nevyžaduje žádný speciální zásah, protože neohrožuje jejich stabilitu (**obr. 55**). Může signalizovat trhlinku v podkladu, a pokud se takové trhliny náhle objeví v konstrukci či na artefaktu bez zjevné příčiny, doporučuje se jejich periodické sledování např. jednou za rok i s registrací jejich rozvoje nákresem nebo fotografií.

Technologické trhliny se objevují typicky v místech tzv. pracovních spár nebo jako důsledek objemové změny či napětí, vznikajících při chemických procesech vytváření nebo přeměny povrchové vrstvy a zahrnují i smršťovací trhliny. Po vyzrání (vytvrnutí) vrstev jsou obvykle stabilní a mohou být opraveny tmelením nebo lokálním přilepením. Tato porucha je často způsobena příliš „mastnou“ směsí, tj. směsí s nadměrným množstvím pojiva



OBRÁZEK 56: Rozpraskání (krakelování) je typické pro smršťovací trhliny. Na pravé straně jsou kombinovány s deformacemi, odtržením od podkladu a ztrátou materiálu (Foto M. Drdácý)

nebo velmi jemným plnivem v maltové vrstvě. V nátěrech mohou být způsobeny membránovými napětími, která jsou vyvolána smršťováním po chemické reakci nebo vysycháním těkavých látek.

Dilatační trhliny jsou typické pro povrchové vrstvy z materiálů, u nichž dochází k výrazným rozdílným objemovým změnám v důsledku teplotní či vlhkostní roztažnosti nebo k rozdílnému chování povrchové vrstvy a podkladu. Na rozdíl od technologických trhlin dilatační trhliny nejsou stabilní. Trhliny a praskliny jsou obvykle letité a zanesené prachem („špinavé“), což zvýrazňuje jejich vzhled (**obr. 57**). Jsou přirozenou reakcí na zabránění volnému pohybu, a proto se nedoporučuje jejich pevné „sešívání“, přemostování či zaplňování tuhým materiálem.

Konstrukční trhliny jsou obvykle větší trhliny, procházející vždy celou povrchovou vrstvou a pokračují i v podkladu – pokračování však nemusí navazovat přesně, pokud došlo k předchozímu oddělení povrchové vrstvy od podkladu (**obr. 58**). Tyto trhliny se někdy nazývají statické, i když mohou vznikat z řady důvodů mechanického namáhání jako trhliny dynamické nebo únavové. Mohou být stabilní i nestabilní v závislosti na chování podkladové konstrukce. Zjištění skutečných příčin vzniku trhliny nezřídka vyžaduje dlouhodobé sledování (monitorování) pohybu oddělených částí kolem trhliny.

Deformace

Místní bobtnání (puchnutí) nebo smršťování je povrchový defekt ve tvaru bulek či hrudek nebo naopak kráterů přítomných v povrchové vrstvě bez oddělení od podkladu (**obr. 59**).

Boulení je deformace větší celistvé části povrchové vrstvy ve tvaru hladké boule nebo zlomeného střečovitého útvaru, vždy doprovázená lokální ztrátou soudržnosti s podkladem. Vzniká působením tlakových sil v rovině vrstvy (např. **obr. 54, 60**).

Prohnutí je deformace větší celistvé části povrchové vrstvy ve tvaru hladké boule, často doprovázená i lokální ztrátou soudržnosti s podkladem, způsobená snížením tuhosti nebo pevnosti materiálu vrstvy.



OBRÁZEK 57: Kombinace dilatačních a konstrukčních trhlin v důsledku rozdílné roztažnosti bednění a konstrukce dřevěného stropu a omítkové vrstvy a dále průhybu dřevěné stropní konstrukce (Foto M. Drdácý)



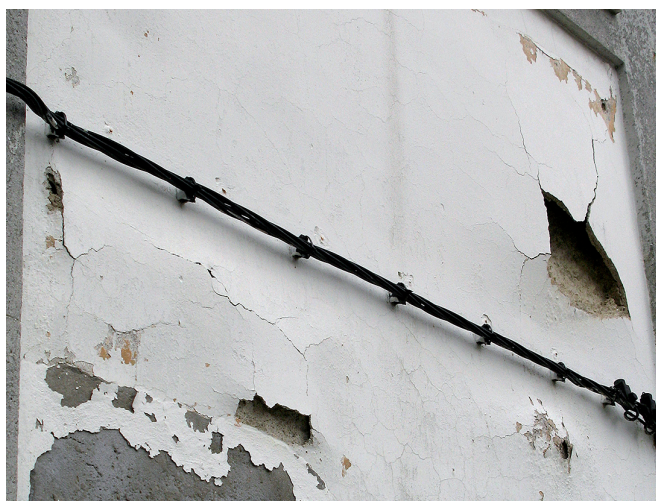
OBRÁZEK 58: Konstrukční trhlina procházející do omítkové vrstvy (Foto J. Adánek)



OBRÁZEK 59: Příklad kráterů v povrchové vrstvě (Foto M. Drdácý)

Ztráta soudržnosti s podkladem

Puchýře jsou lokální povrchové defekty ve tvaru malých hladkých či zlomených (střechovitých) vrchlíků (uzavřené) nebo vyvýšenin s otevřeným vrcholem (otevřené), doprovázené lokální ztrátou soudržnosti s podkladem pod puchýřem, často i se ztrátou soudržnosti podkladu (**obr. 61**).



OBRÁZEK 60: Příklad boulení i s částečnou ztrátou materiálu (vpravo nahoře) (Foto M. Drdáčký)



OBRÁZEK 61: Uzavřené a otevřené puchýře v povrchových vrstvách lokálně oddělených od podkladu (jádrové omítky) (Foto M. Drdáčký)

Rozkvětání je zvláštní případ puchýřování či odlupování povrchové vrstvy (**obr. 62**). Defekty jsou lokálními deformacemi povrchových vrstev rozdělených trhlinami ve tvaru okvětních lístků oddělených od podkladu na okrajích a později v celé ploše lístku. Oprava závisí na příčině poškození, kterými jsou obvykle v tenkých vrstvách reziduální napětí, v omítkách spíše objemové změny v oddělené vnitřní přechodové vrstvě (granulární rozpad, krystalizace solí).

Mískovitostí nazýváme lokální deformace trhlinami nebo ztrátou materiálu oddělené povrchové vrstvy ve tvaru misky, obvykle je na okrajích doprovázená ztrátou soudržnosti povrchové vrstvy s podkladem, což je typické u šupinatění. Má stejné příčiny jako rozkvětání.

Lístkovatění (laminace, exfoliace) představuje poruchu rozdělování kompaktní vrstvy na tenčí vrstvičky nebo rozdělení souvrství do vícevrstvého systému – spíše se objevuje



OBRÁZEK 62: Deformace rozpraskaných a oddělených částí povrchové vrstvy ve tvary konvexního ohybu odtržených lístků je klasifikována jako rozkvétání (Foto M. Drdácký)



OBRÁZEK 63: Kombinované poškození lístkovatěním souvrství nátěrů (maleb) a štukových vrstev se ztrátou materiálu (vlevo) a lístkovatěním vyvolané mrazem (vpravo) (Foto M. Drdácký)

u souvrství nebo u vrstev nanášených s technologickým přerušením, též jako výsledek chát-rání působením mrazových cyklů (**obr. 63**).

Ztráta soudržnosti s podkladem (oddělení od podkladu) se projevuje jako přerušení spojitosti a souvislosti v okolí rozhraní mezi vrstvou a podkladem (**obr. 64**), povrchová vrstva při poklepu má typickou odezvu – zní „dutě“. Může mít i formu odprýskávání souvislé tenké kry, což je typické u velmi tvrdých pevných nátěrů nebo souvrství (**obr. 65**).

Odlupování souvislé vrstvy je zvláštní projev ztráty soudržnosti s podkladem, většinou typický pro tenké vrstvy na stropích a klenbách (**obr. 66**).

Vrásnění souvislé vrstvy vzniká při uvolnění soudržnosti vrstvy s podkladem a jejím „shrnutí“ do soustavy vrás, je typické např. pro některé nátěry po nasycení vodou (povodňové situace).

Šupinatěním nazýváme kombinaci husté sítě trhlin, puchnutí a ztráty soudržnosti s podkladem, často vedoucí ke značné ztrátě hmoty odpadáváním šupin. Na omítkách je pozorováno v souvislosti s velmi lokální (bodovou) krystalizací solí, způsobující lokalizované lístkování.



OBRÁZEK 64: Oddělení velkých ker omítky v důsledku degradace jádrové omítky na rozhraní s podkladem nebo jejím rozpadem (Foto M. Drdácý)



OBRÁZEK 65: Oddělení a odpadnutí opravné vrstvy umělého kamene (Foto M. Drdácý)

Poruchy způsobené degradací materiálu

Typickým jevem je práškovatění – ztráta soudržnosti uvnitř materiálu, projevující se rozpojením souvislé vrstvy na velmi drobná zrna materiálu.

Nebezpečnějším typem degradace je snížení nebo ztráta soudržnosti materiálu, která vede k dezintegraci kompozitu a jeho rozpadu na jednotlivá zrna agregátu – pískovatění, cukrovatění, granulární rozpad. Porucha je typická pro omítkové vrstvy, v souvrstvích často dochází k rozpadu v jádrové omítkě, která je obvykle méně pevná než tvrdší a odolnější povrchová vrstva nebo dokonce křusta (**obr. 67**). Dochází pak k selektivní degradaci podél hloubkového profilu.



OBRÁZEK 66: Příklad odlupování tenkých vrstev (Foto M. Drdácý)



OBRÁZEK 67: Ztráta soudržnosti (koheze) jádrové omítky pod ztvrdlou vrstvou krusty (vlevo), příklad rozpadu omítky šupinatěním (vpravo) (Foto M. Drdácý)

Poruchy se ztrátou materiálu

Ztráta materiálu (eroze, opotřebení) může mít řadu forem, např. vymývání, oděr nebo poškrábání tenké povrchové vrstvy (**obr. 68**), selektivní zvětvávání a eroze (Randazzo et al. 2015) (**obr. 69, 70**), důlkovatění, perforace přirozenými procesy chátrání nebo záměrným mechanickým poškozením omítek.



OBRÁZEK 68: Ztráta materiálu seškrábáním stěny, o kterou jsou opírána kola (vlevo), krátery způsobené projektily ze vzduchovky (vpravo) (Foto M. Drdácý)



OBRÁZEK 69: Selektivní eroze (vlevo), alveolizace (vpravo) (Foto M. Drdácý)



OBRÁZEK 70: Selektivní degradace a eroze (Foto M. Drdácý)

Poděkování

Kapitola využívá výsledků výzkumu podporovaného v rámci projektu GAČR P105/12/G059 „Kumulativní časově závislé procesy ve stavebních materiálech a konstrukcích“.

Použitá literatura

- Beasley, K. J. Building façade failures. In: *Proceedings of the Institutions of Civil Engineers - Forensic Engineering*. 2012, 165(1), 13–19. <http://dx.doi.org/10.1680/feng.2012.165.1.13>
- Castellini, P., E. Esposito, N. Paone a E. P. Tomasini. Non-invasive measurements of damage of frescoes paintings and icon by Laser Scanning Vibrometer: experimental results on artificial samples using different types of structural exciters. In: *6th World conference on NDT and Microanalysis in Diagnostics and Conservation of Cultural and Environmental Heritage*. Roma: AIPnD, 1999, 185–198.
- Drdáček, M. a J. Lesák. Non-destructive diagnostics of shallow subsurface defects on masonry. In: Binda, L., M. Drdáček a B. Kasal (eds.). *In-situ evaluation and non-destructive testing of historic wood and masonry structures*. Praha: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, 2007, 140–147. ISBN 978-80-86246-36-9.
- Drdáček, M. a J. Lesák. Non-invasive survey of detachment of historic rendering. In: Fort, R., M. Alvarez de Buergo, M. Gomez-Heras a C. Vazquez-Calvo (eds). *Heritage, Weathering and Conservation*. London: Taylor & Francis Group, 2006, 591–597. ISBN 0-415-41272-2.
- Guide to remedial measures associated with internal plastering, Mineral Products Association. ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns (English-Czech version)*. Drdáček, M., Z. Slížková a A. Zeman (trans.). Praha: ITAM, 2011. ISBN 978-80-86246-38-3.
- Maierhofer, C., A. Brink, M. Röllig a H. Wiggenhauser. Transient thermography for structural investigation of concrete and composites in the surface near region. *Infrared Physics and Technology*. 2002, 43(3-5), 271–278. [http://dx.doi.org/10.1016/S13504495\(02\)00151-2](http://dx.doi.org/10.1016/S13504495(02)00151-2)
- Michoinová, D., M. Drdáček, J. Lesák a S. Urushadze. Inspection and efficiency of consolidation of delaminated parts of historic lime plasters. In: *Restoration of Architectural Heritage Firenze*. Florence: University of Florence, 2000, 2097-2103.
- Skłodowski, R., M. Drdáček a M. Skłodowski. Identifying subsurface detachment defects by acoustic tracing. *NDT & E International*. 2013, 56, 56-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2013.02.002>
- Vignola, J. F., J. A. Bucaro, B. R. Lemon, G. W. Adams, A. J. Kurdila, B. Marchetti, E. Esposito, E. Tomasini, H. J. Simpson a B. H. Houston. Locating faults in wall paintings at the U.S. Capitol by Shaker-Based Laser Vibrometry. *APT Bulletin*. 2005, 36(1), 25–33.
- Wedler, G., A. Brink, M. Röllig, F. Weritz a C. Maierhofer. Active infrared thermography in civil engineering – quantitative analysis by numerical simulation. In: *International Symposium (NDT-CE) Non-Destructive Testing in Civil Engineering Berlin*. Berlin: DGZ- fP , 2003.