

KERAMIKA A JEJÍ KONZERVACE

**C6190 CHEMIE A METODIKY KONZERVOVÁNÍ PŘEDMĚTŮ Z
ANORGANICKÝCH MATERIÁLŮ II**

KERAMIKA

KERAMICKÁ HLÍNA

- jemnozrnný materiál pro výrobu keramiky, který po smísení s vodou získává plasticitu
- je tvořena především hlinitokřemičitany, jako doprovodné prvky se často vyskytují např. železo, alkalické kovy nebo kovy alkalických zemin
- hlavní složkou jsou minerály ze skupiny fylosilikátů (vrstevnatých silikátů), především **kaolinit** $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, dále také **montmorillonit** $(\text{Ca},\text{Na})\text{MgAl}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \pm n\text{H}_2\text{O}$ a **illit** $(\text{K},\text{H}_3\text{O})\text{Al}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$; často vznikají zvětráváním živců
- dalšími složkami jsou např. křemen, kalcit, sloučeniny železa nebo organické sloučeniny vzniklé degradací organických materiálů (neplastické materiály), které se do hlíny také cíleně přidávaly jako tzv. ostřiva, která ovlivňují vlastnosti keramiky během jejího zpracování, sušení i výpalu.

KERAMIKA

VLASTNOSTI HLÍNY

- plasticita - vlastnost směsi hlíny s vodou, která umožňuje její tváření do podoby, v níž zůstane i po uvolnění působícího tlaku, částice hlíny snadno adsorbují vlhkost, voda funguje jako zvlhčovač a malé destičkové částice po sobě mohou snadno klouzat, ale odtrhnout je od sebe je poměrně náročné
- nasákavost – souvisí se schopností hlíny dostat se do plastického stavu, je to rychlost, s jakou dojde k rozpadu hlíny při ponoření do vody
- barva – závisí především na nečistotách, např. Fe barví hlínu do žluta až červena, barva surové a vypálené hlíny se liší
- smrštění při výpalu – způsobeno ztrátou vody, je tím větší, čím jemnější a plastičtější je hlína

KERAMIKA

PŘÍPRAVA HLÍNY

- zbavení nečistot a hrubších částec
- důkladné provlhčení – mokrá hlína se nechávala zrát i po několik měsíců, aby došlo k provlhčení i nejjemnějších částec
- smísení plastické hlíny s ostřivem (vyšší obsah ostřiva -> hlína pro modelování)

PLASTIFIKACE SPRAŠOVÉ HLÍNY

- není-li hlína při vytěžení plastická, je nutné ji nechat odležet přes jednu zimu, kdy vlivem přemrznutí a chemických reakcí jílových minerálů s vodou a s organickými látkami dochází k výrazné změně vlastností původní spraše a k přeměně na kvalitní tvářecí hmotu
- slouží například k tvorbě replik archeologické keramiky nebo k ověření lokálního původu keramické hlíny

KERAMIKA

PROCES TVORBY KERAMICKÉHO VÝROBKU

- tváření
- sušení – dochází ke smršťování
- výpal
 - dehydratační fáze – z výrobku se při nízké teplotě odpařuje voda tak, aby nedošlo k náhlému uvolnění páry a poškození výrobku
 - oxidační fáze – z hlíny je vypalována uhlíkatá složka a všechny ostatní obsažené sloučeniny jsou plně oxidovány
 - slinutí – složky hlíny se vzájemně stmelují

KERAMIKA

- soudržná, ve vodě nerozpustná, polykrystalická látka z anorganických nekovových surovin získaná slinováním
- SLINOVÁNÍ = proces, při kterém dochází ke zpevňování disperzních systémů za vysoké teploty a získání požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností
- tvorba krystalických fází s určitým podílem skelné fáze a s větším či menším množstvím pórů
- první uměle vyrobený a zároveň jeden z nejdéle používaných materiálů v historii
- zásadní význam ve stavebnictví, uplatnění ve výrobě **užitkových** (nádobí, žáruvzdorné hmoty, elektrotechnika) a **dekorativních** předmětů

DEGRADACE KERAMIKY

- velmi odolný materiál → v některých obdobích tvoří často jediný doklad o lidské činnosti a existenci
- degradace je závislá jak na vlastnostech materiálu výrobku, tak na okolních podmínkách
- keramické předměty jsou po výpalu tvořeny materiálem, který se tolik neliší od jeho formy nacházející se v přírodě, nejsou tedy příliš náchylné k chemické degradaci a jejich poškození je převážně způsobeno mechanickými vlivy
- glazura – funguje jako ochranná vrstva, nicméně je sama náchylná k degradaci (oděr, usazování nečistot s prasklinách)

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- PROSTŘEDÍ ULOŽENÍ PŘEDMĚTU – archeologická keramika je často po velmi dlouhou dobu uložena v neměnném prostředí
- VLHKOST - pro novější keramiku, obzvláště glazovanou, není zásadně problematická, u archeologické keramiky, která se vyznačuje vysokou pórovitostí a malým obsahem skelné fáze, je třeba uvažovat působení vlhkosti, především jejích výkyvů
 - vlhkostní roztažnost – vázání difundované nebo kondenzované vody v pórech způsobující nevratné zvětšování objemu střepu, závisí na obsahu jílových složek a na teplotě výpalu
 - u glazované keramiky problém různé roztažnosti glazury a střepu
 - voda – mechanický i chemický faktor, pomáhá urychlovat další degradační procesy

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- TEPLOTA – pro pórovitou keramiku je rizikový především mráz, kdy dochází ke zvětšení objemu vody v pórech až o 9 %obj., vznik tlaku, který způsobuje porušení struktury, oprýskání materiálu nebo jeho úplnému prasknutí
- PŮSOBENÍ ALKALICKÝCH ROZTOKŮ A KYSELIN – např. kyselina fluorovodíková způsobuje rozpouštění skelné fáze

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- PŮSOBENÍ SOLÍ ROZPUSTNÝCH VE VODĚ
 - působením vysoké RV na předmět dochází k transportu rozpustných solí materiálem, následná rekrystalizace způsobuje zvýšení tlaku na strukturu
 - vlivem nízké RV dochází k tvorbě solných výkvětů na povrchu keramických předmětů
 - bílé výkvěty – způsobeny přítomností síranů, některé z nich obsahují krystalickou vodu a mohou tak měnit objem a způsobovat tlak
 - barevné výkvěty – soli obsahují barevné příměsi (např. Fe)
 - vápenný nálet – způsoben přítomností uhličitanu vápenatého
 - vápenný závoj – vznik karbonatů vyplaveného vápenného hydrátu vzdušným oxidem uhličitým



[3]



[4]

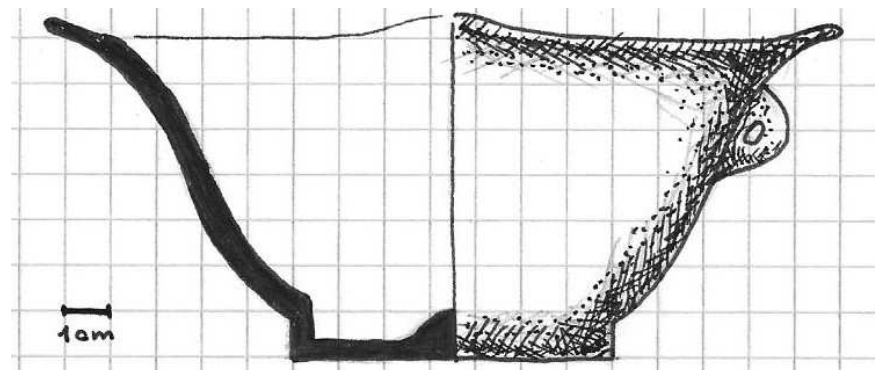
PREVENTIVNÍ KONZERVACE

- bezprašné prostředí
- prostředí bez rizik mechanického poškození z důvodu křehkosti keramiky – v depozitáři i při vystavování
- stabilní klimatické podmínky bez výkyvů t a RV
 - relativní vlhkost 45 – 65%
 - teplota 15 – 20 °C
 - celková roční expozice 100 000 lx/h/rok
 - intenzita osvětlení max. 50 lx

SANAČNÍ KONZERVACE

PRŮZKUM

- analýza materiálu – slinutost, barva střepu/glazury, zjištění chemického složení, stanovení teploty výpalu
- sestavení střepů na sucho, odhad tvaru, není-li patrný
- stanovení pravděpodobného způsobu výroby (litím, točením)
- datace
- provenience
- zjištění charakteru poškození



SANAČNÍ KONZERVACE

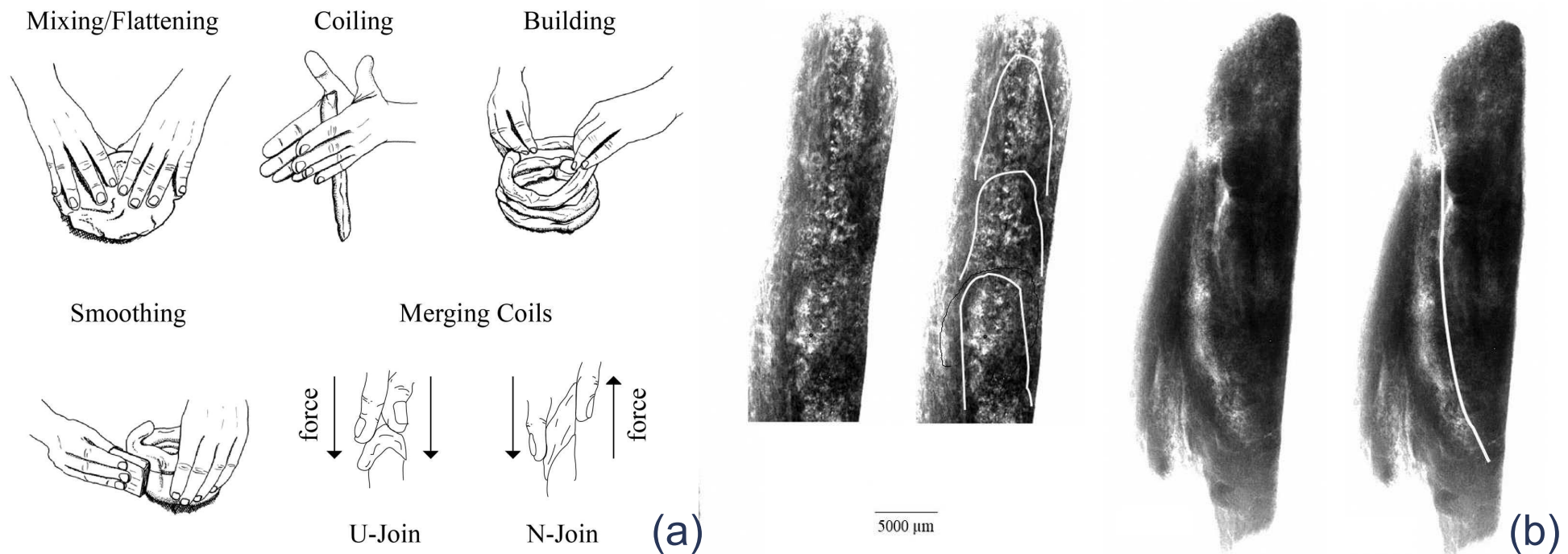
PRŮZKUM

- mikropetrografická analýza – studium mikrostruktury materiálu a obsažených minerálů, pórovitosti, atd.
- polarizační mikroskop
 - v lineárně polarizovaném světle (pouze polarizátor) – studium barvy, pleochroismu (různých odstínů a intenzity barev při různé orientaci krystalu), tvaru a stavby minerálů, štěpnost, velikost zrn, uzavřeniny, atd.
 - při zkřížených nikolech (polarizátor i analyzátor) - polarizátor propouští světlo polarizované v rovině předozadní a analyzátor propouští světlo kmitající v rovině pravolevé, umožňuje rozlišit izotropní a neizotropní látky, studium výše dvojlomu nebo zhášení minerálů
- další analytické metody

SANAČNÍ KONZERVACE

PRŮZKUM – PŘÍKLADY POUŽITÍ ANALYTICKÝCH METOD

- Rentgenová počítačová tomografie (CT) v neinvazivním studiu výrobní techniky keramických nádob – modelové nádoby byly vyrobeny pomocí různých historických postupů a pomocí CT byla zkoumána vnitřní struktura závisající na typu výrobní techniky; na základě porovnání s reálnými vzorky je možná identifikace výrobní techniky (*Sanger, 2016; vč. obrázků*)

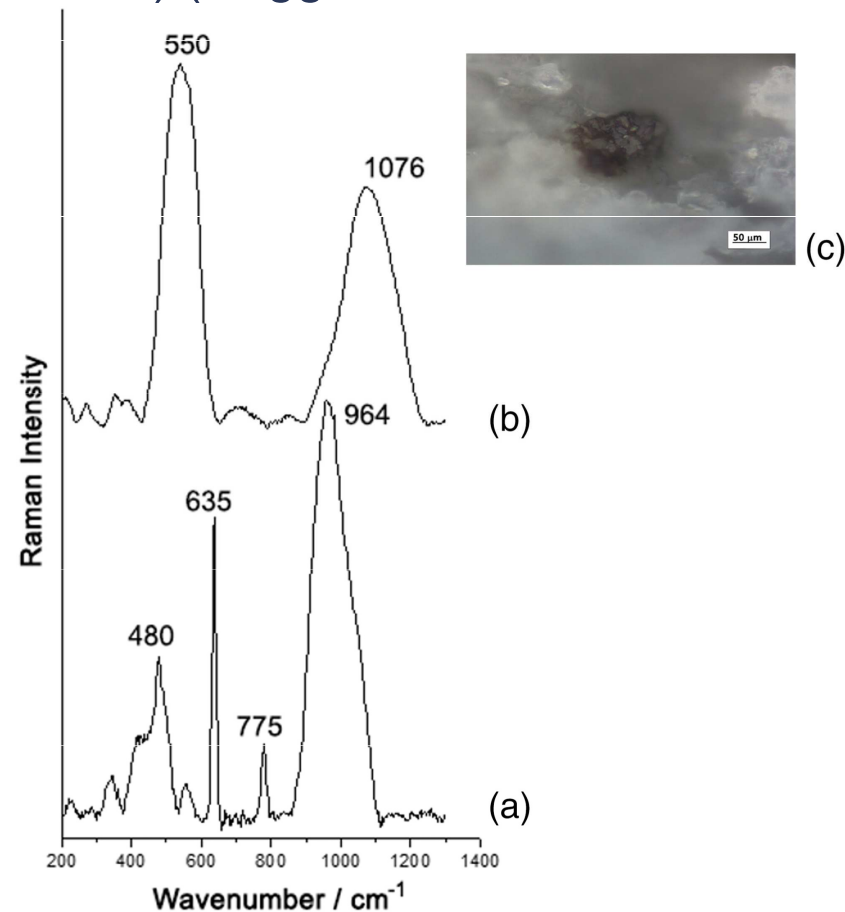


(a) Postup výroby keramické nádoby stáčením válečku; (b) spoje válečků ve tvaru U (vlevo) a N (vpravo)

SANAČNÍ KONZERVACE

PRŮZKUM – PŘÍKLADY POUŽITÍ ANALYTICKÝCH METOD

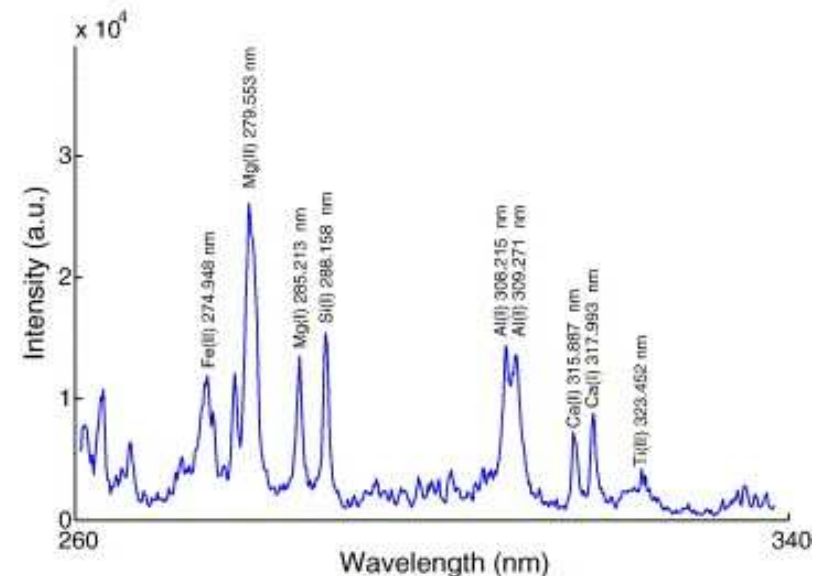
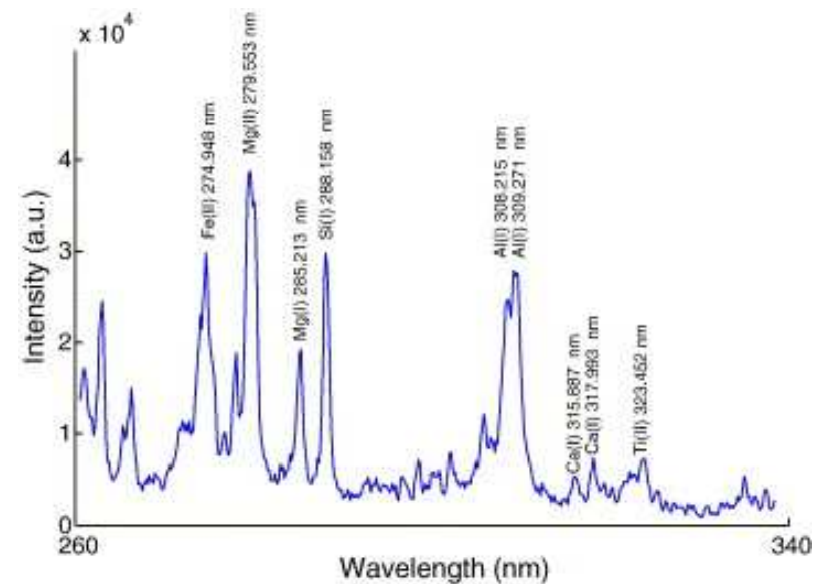
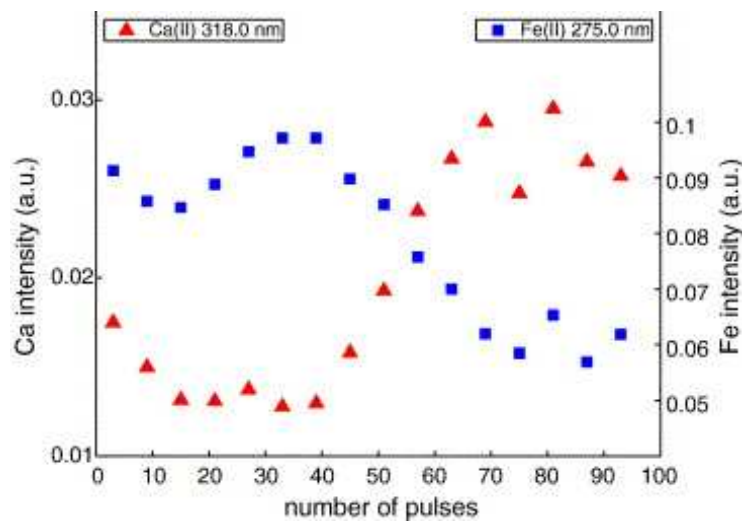
- Ramanova spektrometrie v neinvazivní materiálové analýze glazury keramického fragmentu (vč. kaliv či barviv) – byla identifikována tradiční olovnatá glazura, zajímavostí však byla přítomnost mikročásteček drceného recyklovaného skla, které se při výrobě glazury přidávalo (jiné složení, jiné vlastnosti) (*Caggiani, 2020; vč. obrázků*)



SANAČNÍ KONZERVACE

PRŮZKUM – PŘÍKLADY POUŽITÍ ANALYTICKÝCH METOD

- Mikroinvazivní materiálový průzkum hloubkového profilu keramiky metodou LIBS (spektroskopie laserem buzeného plazmatu) – studium prvkového složení zacílením většího množství laserových pulzů (zde 100) do jednoho místa (čím více pulzů, tím větší hloubka kráteru), nejprve získaný signál odpovídá glazuře, poté keramickému střepu (*López, 2005; vč.obrázků*)



SANAČNÍ KONZERVACE

ČIŠTĚNÍ

- nejčastější původci znečištění: hlína, solné výkvěty, zbytky potravin a produkty jejich rozkladu, barvy, předchozí konzervátorské zásahy, atp.
 - v případě obalení předmětu hlínou je nutno očištěnou hlínu uchovat a prozkoumat
- mechanické čištění – suché, mokré (destilovanou vodou)
- k čištění s použitím chemických látek je dobré přistupovat na základě zkušební aplikace (ideálně na skrytém místě) a vždy od méně agresivních prostředků, např. ethanol, aceton
- u některých typů znečištění, např. krust, se k čištění dokonce nepřístupuje, mohlo by dojít k poškození původního materiálu; tento typ znečištění je také někdy zachováván ve smyslu vývoje předmětu v čase

SANAČNÍ KONZERVACE

ČIŠTĚNÍ

- zejména u neglazované archeologické keramiky je důležitá šetrná manipulace, aby nedocházelo procesem čištění k poškození střepu, obzvláště u keramiky s nízkou teplotou výpalu
- odstranění starých doplňků a jiných zásahů

SANAČNÍ KONZERVACE

DESALINACE

- provádí se pomocí destilované/deionizované vody
- některé soli (např. sírany) mají ve vodě nízkou rozpustnost, lze je ale odstranit vyluhováním
- luhování ponorem, zábaly
- kontrola průběhu desalinace - stanovení přítomnosti solí ve výluhu, např. titračně nebo pomocí iontově selektivní elektrody
- do destilované vody pro desalinaci lze přidat antimikrobiální přípravky (např. thymol)

SANAČNÍ KONZERVACE

KONSOLIDACE

- konsolidaci neboli zpevnění předmětu je nutné provádět až po desalinaci a vysušení předmětu!
- provádí se ponořením do roztoku nebo opakovaným nanášením konsolidačního přípravku na povrch předmětu
- může být vakuová
- cílem je dosáhnout co největší penetrace prostředku do nitra předmětu
- konsolidant je nutné volit tak, aby nedošlo k vytvoření nepropustné krusty na povrchu předmětu
- používají se především organokřemičitany, dále např. roztok polyvinylbutyralu v ethanolu nebo roztok polybutylmethakrylátu v acetonu nebo toluenu

SANAČNÍ KONZERVACE

LEPENÍ

- přechází mu sestavení tvaru a zjištění chybějících částí
- velká škála používaných lepidel, např:
 - kyanoakrylátová – vysoce reaktivní jednosložková lepidla, rychle vytvrzují vzdušnou vlhkostí, tvoří tenký spoj
 - epoxidová – vícesložková polymerní lepidla, vytvrzují polykondenzací, lepený spoj vytvrzuje až hodiny, po delší časový interval nemá požadovanou pevnost
 - disperzní – tuhnou vlivem vytěkání rozpouštědla, spoj se vytvrzuje poměrně rychle, jsou rozpustná ve vodě, tvoří tenký spoj, např. polyvinylacetátová
 - tavná – lepidlo je před nanesením nejprve nutné roztavit, například pomocí tavné pistole, tvoří silnější spoj, lze použít i jako tmel
 - šelaková – přírodní živice z výměšků červce lakového, obvykle ve formě ethanolového roztoku, tuhnou vlivem vytěkání rozpouštědla, tvoří tenký spoj

SANAČNÍ KONZERVACE

LEPENÍ



Ukázka použitých lepidel po aplikaci: disperzní (I), kyanoakrylátové (II), tavné (III), epoxidové (IV), šelakové (V)

SANAČNÍ KONZERVACE

LEPENÍ

- požadované vlastnosti lepeného spoje
 - pevnost spoje
 - reverzibilita
 - mechanická odolnost – pevnost spoje by měla odpovídat pevnosti použitého materiálu
 - odolnost v nepříznivých klimatických podmínkách

SANAČNÍ KONZERVACE

DOPLŇOVÁNÍ

- nejčastěji sádrou
- pro zvýšení pevnosti doplňku lze přidat např. přídavek kyselin
- doplňovaná část se z jedné strany podloží (např. keramickou hlínou) a otvor se vylije sádrou, po jejím vytvrzení se obě strany zbrousí jemným smirkovým papírem do roviny s původním materiálem
- doplňky je možno retušovat, např. anorg. pigmenty v ethanolu či šelaku



[6]

SANAČNÍ KONZERVACE

ESTETICKÉ HLEDISKO LEPENÍ A DOPLŇOVÁNÍ

- současným trendem v konzervátorsko-restaurátorské praxi jsou zásahy co nejméně patrné, nicméně dobře rozlišitelné od původního materiálu
- opačný přístup využívá například japonská technika kintsugi (“zlaté stehy”) známá cca od 16. století, která vyzdvihuje a dokonce zvýrazňuje poškození předmětu jako součást jeho historie
 - k lepení se používá přírodní lak z mízy škumpy lakodárné, který se po vytvrnutí maluje ušlechtilými kovy, nejčastěji zlatem



Miska (16. stol.) a džbáněk (17. stol.), včetně detailu, opravené technikou kintsugi [7]

ZDROJE

Boublík V.: Lepidla a jejich příprava. Praha, 1966.

Caggiani, M.C. a kol.: Raman and SEM-EDS insights into technological aspects of Medieval and Renaissance ceramics from Southern Italy, *Journal of Raman Spectroscopy*, 2020

Cronyn J.M.: The Elements of Archaeological Conservation. 1990

Gibson A.M., Woods A.: Prehistoric Pottery for the Archaeologist. Leicester, 1997

Gregerová M. a kol.: Petroarcheologie keramiky v historické minulosti Moravy a Slezska. Brno, 2010

Hložek M.: Multidisciplinární technologická analýza neolitické keramiky, Brno, 2012

Kopecká I. a kol.: Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené, Praha, 2002

López A.K. a kol.: Compositional analysis of Hispanic Terra Sigillata by laser-induced breakdown spectroscopy, *Spectrochimica Acta B*, 60 (2005), 1149-1154

Nikitin M.K., Meľnikova J.P.: Materiály pro konzervaci a restaurování, Brno, 2003

Osten M.: Práce s lepidly a tmely, Praha, 1975

Podborský V.: Pravěké dějiny Moravy, Brno, 1993

Sanger M.C.: Investigating pottery vessel manufacturing techniques using radiographic imaging and computed tomography: Studies from the Late Archaic American Southeast, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9 (2016), 586-598

Sejkora J., Kouřimský J.: Atlas minerálů České a Slovenské republiky, Praha, 2005

Shepard A. O.: Ceramics for the Archaeologist, Washington DC, 1966

Vitešnicková A.: Vlastnosti lepidel používaných v muzejní praxi, Brno, 2007

[HTTP://WWW.VSCHT.CZ/MET/STRANKY/VYUKA/PREDMETY/KOROZE_MATERIALU_PRO_RESTAURATORY/KADM/PDF/2_3.PDF](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu_pro_restauratory/kadm/pdf/2_3.pdf)

[HTTP://WWW.CESKATELEVIZE.CZ/CT24/VEDA/2445481-NAPROSTA-NAHODA-GEOLOGOVE-U-BRNA-NASLI-ULOMKY-KERAMICKE-VENUSE](http://www.ceskatelevize.cz/ct24/veda/2445481-naprosta-nahoda-geologove-u-brna-nasli-ulomky-keramicke-venuse)

[HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KINTSUGI](https://en.wikipedia.org/wiki/Kintsugi)

[HTTPS://WWW.ARTSY.NET/ARTICLE/ARTSY-EDITORIAL-CENTURIES-OLD-JAPANESE-TRADITION-MENDING-BROKEN-CERAMICS-GOLD/](https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-centuries-old-japanese-tradition-mending-broken-ceramics-gold/)

ZDROJE OBRÁZKŮ

[1] [HTTPS://WWW.NOVINKY.CZ/CESTOVANI/276483-PAVLOV-NOVOMLYNSKA-NADRZ-A-LOVCI-MAMUTU-VE-VESTONICICH.HTML](https://www.novinky.cz/cestovani/276483-pavlov-novomlynska-nadrz-a-lovci-mamutu-ve-vestonicich.html)

[2] [HTTP://WWW.CESKATELEVIZE.CZ/CT24/VEDA/2445481-NAPROSTA-NAHODA-GEOLOGOVE-U-BRNA-NASLI-ULOMKY-KERAMICKE-VENUSE](http://www.ceskatelevize.cz/ct24/veda/2445481-naprosta-nehoda-geologove-u-brna-nasli-ulomky-keramicke-venue)

[3] [HTTPS://WWW.CESKESTAVBY.CZ/CLANKY/JAK-VYCISTIT-PORCELAN-KERAMIKU-20123.HTML](https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-vycistit-porcelan-keramiku-20123.html)

[4] [HTTPS://WWW.CESKESTAVBY.CZ/CLANKY/JAK-POSUZOVAT-STAV-STARSIHO-DOMU-24306.HTML](https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-posuzovat-stav-starsiho-domu-24306.html)

[5] [HTTP://MINERALOGIE.SCI.MUNI.CZ/KAP_4_3_OPTIKA/EPIDOT.HTM](http://mineralogie.sci.muni.cz/kap_4_3_optika/epidot.htm)

[6] [HTTPS://ADOC.TIPS/QUEUE/RESTAUROVANI-ARCHEOLOGICKE-KERAMIKY-A-PORCELANU-V-SOULADU-S-.HTML](https://adoc.tips/queue/restaurovani-archeologicke-keramiky-a-porcelanu-v-souladu-s-.html)

[7] [HTTPS://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KINCUGI](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kincugi)

AUTOR NEČÍSLOVANÝCH OBRÁZKŮ: EVA ZIKMUNDOVÁ