

Oheň a hlina

Vo všeobecnosti by sme mohli keramiku definovať ako objekt prevažne silikátového charakteru (keďže základnou zložkou akejkoľvek keramiky, či už historickej alebo modernej, sú ílové minerály), ktorého fyzikálne a chemické vlastnosti prešli výraznou transformáciou počas výpalu.

■ Miloš GREGOR

Geologický ústav, Univerzita
Komenského Bratislava

Úvod

Pre keramikov alebo hrnčiarov je možné pojmom keramika označiť akýkoľvek predmet vyrobený z hliny (od hlinených nádob až po odpadové rúry alebo strešnú krytinu). Ale ak by sme sa pozreli na históriu keramiky, mohli by sme s určitosťou tvrdiť, že keramika stála pri zrode civilizácii a sprevádzala človeka takmer od počiatku doby kamennej. V živote človeka vystupovala keramika ako obyčajný úžitkový predmet ale aj ako predmet s duchovnou náplňou. Netreba azda pripomínať, že za najstarší keramický výrobok s duchovnou a estetickou hodnotou je považovaná soška Venuše z Dolných Věstoníc. Keramika, či už soška alebo modla alebo prostá hlinená nádoba, prešla zložitým vývojom. Ovplyvnili ju rôzne módné trendy, zdokonaľovala sa ale aj počas svojej histórie upadli niektoré techniky do zabudnutia. Aby vyrobená nádoba vôbec slúžila svojmu účelu, musí byť samozrejme vypálená. Musí teda byť vystavená určitej teplote, kedy prichádza k zložitým procesom a menia sa fyzikálne – chemické vlastnosti daného výrobku. Keramika sa tak stane pevnou. Akými zmenami prejde keramický výrobok počas výpalu načrtnú ďalšie kapitoly.

Keramické suroviny

Suroviny, ktoré sú potrebné na výrobu akejkoľvek keramiky je možné rozdeliť podľa ich základných vlastností. Najzákladnejšími suro-

vinami pri výrobe keramiky sú tzv. plastické a neplastické suroviny. Špecifickú skupinu tvoria suroviny pre výrobu špeciálnych žiaruvzdorných hmôt alebo suroviny pre glazúry.

Medzi plastické suroviny patria samozrejme rôzne typy ílov a hlin. Plastickú surovinu môžeme ako íl označiť vtedy, ak aspoň 50 % častíc dosahuje veľkosť pod 0,002 mm, zatiaľ čo suroviny s obsahom častíc s veľkosťou 0,01 mm označujeme ako hliny. Ďalej je možné rozlišovať rôzne druhy plastických surovín ako sú napríklad tehliarske íly a hliny, kameninové íly a hliny, pórovinové íly a hliny (niekedy aj tzv. hrnčiarske) a kaolín. Každý druh plastickej suroviny je špecifický svojím mineralogickým a chemickým zložením. Napríklad kaolíny vo svojom mineralogickom zložení obsahujú hlavne ílový minerál kaolinit. Pórovinové íly a hliny vo svojom mineralogickom zložení môžu taktiež obsahovať kaolinit, ale najdôležitejším ílovým minerálom v takejto surovine bude illit. Rovnako aj finálne výrobky z rozdielnych surovín budú mať rozdielne vlastnosti. Ako príklad je znova možné použiť kaolín a pórovinové íly a hliny. Kaolín slúži na výrobu porcelánu, ktorý je v tenkej vrstve priehľadný a neprepúšťa ani vodu a ani plyn. Pre porcelán sú charakteristické vynikajúce mechanické vlastnosti. Oproti tomu pórovinové výrobky sa vyznačujú širokou farebnosťou črepu a sú veľmi nasiakavé. Historická keramika z obdobia praveku až stredoveku v Európe svojím zložením zodpovedá prevažne pórovinovým ílom a hlinám. Diametrálne odlišná situácia je napríklad v Ázii, kde sa používali aj iné druhy plastických surovín, čo viedlo k objaveniu špecifických typov keramiky ako je spomínaný porcelán.

Medzi neplastické suroviny sa obyčajne zaraďuje ostrivo a tavivá. V rámci historickej keramiky má špecifické postavenie práve ostrivo. V tomto prípade si pod pojmom ostrivo môžeme predstaviť rôzne úlomky alebo zrná minerálov ale-

bo hornín. Zjednodušene by sme mohli povedať, že ide o drobný štrk alebo piesok. Pri výrobe keramiky pred objavením hrnčiarskeho kruhu sa používalo aj špecifické ostrivo ako sú napríklad plevy rastlín. Prípadne sa ako ostrivo využívala aj staršia rozdrvená keramika. Ostrivo mohlo byť do keramiky pridávané zámerne, ale taktiež mohlo tvoriť prirodzenú súčasť plastických surovín. Pridávaním ostriva je možné pozitívne ale aj negatívne ovplyvniť niektoré vlastnosti plastickej suroviny – keramického cesta alebo finálneho výrobku. Pri výrobe keramiky bez použitia hrnčiarskeho kruhu je to predovšetkým plasticita a tvárnosť. Výsledný produkt sa bude vyznačovať oveľa vyššou pórovitosťou a bude viac nasiakavý. Ojedinele sa používal špecifický typ ostriva pre zvýšenie estetickú hodnotu výrobku. Takýmto ostrivom bola slúda (svetlá slúda – muskovit, tmavá slúda – biotit), ktorá bola aplikovaná na povrch keramiky v západnej Anatólii. Aj povrch niektorých kachlíc z kachlových pecí z 16. a 17. storočia z Moravy a zo západného Slovenska boli „zdobené“ svetlou slúdou (**obr. 1**).

Medzi ďalšie typy ostriva patria suroviny ovplyvňujúce žiaruvzdorné vlastnosti keramiky. V rôznych historických obdobiach to bol práve grafit, ktorý sa zámerne pridával do keramického cesta (**obr. 2**) Tým pádom bolo možné vyrábať



■ **Obr. 1.** Renesana kachlica z hradu Branč pri Skalici na Slovensku. Povrch kachlíc je charakteristicky upravený nanášaním svetlej, prípadne tmavej slúdy. Z archívu D. Divilekovej.

keramiku, ktorá mohla byť vystavená vysokým teplotám. Napríklad kovolejárske tégliky s prídavkom grafitu používané na tavbu drahých a farebných kovov, boli vystavované teplotám nad 900 °C.

Zloženie keramiky z mineralogicko – petrografického hľadiska

Mineralogicko – petrografické zloženie historickej keramiky poskytuje archeológom množstvo informácií, ktoré tvoria takpovediac virtuálnu knižnicu života keramiky. Pri zrode každej keramiky stojí hlina alebo íl a ostrivo. Porovnaním výsledkov z mineralogicko – petrografického štúdia s geologickou situáciou okolia, je možné potvrdiť, či boli využité miestne suroviny na výrobu keramiky. Alebo potvrdiť, či bola keramika na danú lokalitu importovaná. Na základe znakov nielen na povrchu nádoby, ale aj znakov pozorovaných v rámci matrix, je možné stanoviť akým spôsobom bola nádoba vyrábaná. Spoľahlivo sa dá rozlíšiť proces výroby keramiky na hrnčiarskom kruhu od výroby keramiky voľnou rukou (tzv. modelovanie). Proces výpalu historickej keramiky je možné sledovať pomocou mineralogicko – petrografického zloženia. Aj po rozbití nádoby môžu ojedinele črepy slúžiť ako cenné zdroje informácií. Na črepopch, ktoré pochádzajú z archeologických výskumov, sa vytvára biela až bielošedá krusť sekundárnych minerálov, prevažne kalcitu. Vznik takejto krusť na črepopch odráža zásadité prostredie v pôdach. Niekedy bývajú póry v keramike vyplnené vivianitom, ktorý vzniká až vtedy, keď keramika doslúžila a končila v odpadovej jame alebo na smetisku.

V rámci akéhokoľvek keramického fragmentu môžeme rozlišovať časti ako je matrix, ostrivo, póry, prípadne engobu alebo glazúru (**obr. 3**). Matrix, ktorá tvorí základ každej keramiky, nie je nič iné ako plastická surovina, teda íl alebo hlina, ktorá bola vystavená rôznym teplotám. Neplastickú zložku tvorí ostrivo. V prípade historickej, ale aj modernej keramiky je ostrivo tvorené úlomkami alebo zrnami rôznych anorganických, prípadne organických

materiálov. Napríklad úlomky a zrná minerálov sú označované ako kryštáloklasty (**obr. 4**), úlomky alebo zrná hornín sú označované ako litoklasty (**obr. 5**). Organický materiál prítomný ako ostrivo v keramike je označovaný ako bioklasty (**obr. 6, 13, 14**). V rámci historickej keramiky sú v bioklastoch zastúpené rastlinné plevy alebo zvyšky rastlinných tiel (**obr. 6, 13, 14**), prípadne aj živočíšne zbytky ako sú kosti. Ak bola do keramického cesta pridávaná rozdrvená keramika, tak takéto úlomky označujeme ako keramoklasty (**obr. 7**).

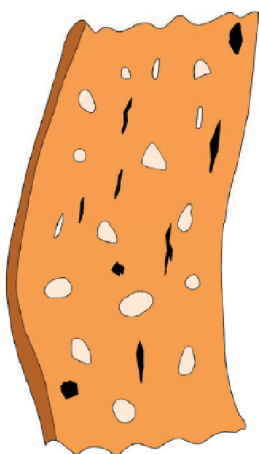
Výpal a mineralogicko – petrografické zloženie keramiky

Ako bolo už spomínané, počas výpalu prichádza k zmene fyzikálnych a chemických vlastností keramického výrobku. Teda z keramického polotovaru – z dobre vysušenej nádoby, vznikne výrobok odlišujúci sa nielen farbou črepu, ale predovšetkým pevnosťou a trvanlivosťou. Počas výpalu prichádza k rôznym zmenám v mineralogickom zložení matrix ale aj ostriva. Od výšky teploty závisí aj stupeň alebo miera zmien, čo vplyva aj na kvalitu keramiky. Vo všeobecnosti by sa dalo povedať, že čím je vyššia teplota, tým je keramika kvalitnejšie vypálená. Ale nie je vždy tomu presne tak. Napríklad porcelán je nutné vypaľovať pri teplote nad 1100 – 1400 °C, inak by neprišlo k transformácii minerálu kaolinitu na mullit. Práve prítomnosť mullitu zaručuje jedinečné vlastnosti porcelánu. Ak by sa takejto teplote vystavila nádoba vyrobená z pórovinových ílov alebo hlin, prišlo by k roztaveniu a zdeformovaniu celej nádoby. Okrem teploty je pri výpale keramiky dôležitý aj čas. Čas a teplota výpalu sú nezávislé od seba, ale od dĺžky výpalu závisí aj kvalita nádoby. Čím dlhšie je keramika vypaľovaná, tým prichádza k intenzívnejšej transformácii niektorých minerálov za vzniku nových minerálov. Rýchlosť výpalu je možné dobre pozorovať na lomoch keramiky. Ak je na lome dobre pozorovateľné čierne jadro (označované aj ako redukčné jadro), je zjavné, že výpal keramiky prebiehal rýchlo. Obsiahnutá organická hmota v plastickej surovine (matrix) nevy-

horela. Na výpal najlepšie reagujú ílové minerály obsiahnuté v matrix. Pri určitých teplotách prichádza k mineralogickým zmenám aj v rámci ostriva. Na základe týchto zmien je možné stanoviť pri akých teplotách bola historická keramika vypaľovaná.

Pri teplote od 25 – 200 °C prichádza k finálnemu dosušeniu keramického polotovaru. V mineralogickom zložení keramiky neprichádza k žiadnym zmenám. Pri teplote 200 – 400 °C začína vyhoriť organická hmota obsiahnutá v keramike. Prvá zmena v mineralogickom zložení keramiky nastáva pri teplote 300 °C, kedy prichádza k strate chemicky a fyzikálne viazanej vody v ílovom minerály – smektitite a vplyvom straty tejto vody prichádza ku kolapsu jeho kryštálovej štruktúry. Ďalšie zmeny v mineralogickom zložení keramiky nastávajú v teplotnom intervale 450 – 550 °C. Pri teplote 470 °C začína keramika charakteristicky červeno žiariť. Úplné vyhorenie organickej hmoty nastáva pri teplote 500 °C. Výraznou zmenou v mineralogickom zložení keramiky v rámci tohto intervalu je transformácia kaolinitu na metakaolinit. Ďalšie zmeny už aj v rámci ostriva je možné pozorovať v teplotnom intervale od 550 – 700 °C. V ostrive takmer každej keramiky je obsiahnutý kremeň. Pri teplote 573 °C prichádza k zmene kryštálovej štruktúry a α -kremeň („obyčajný“ kremeň) sa transformuje na tzv. β -kremeň. Táto zmena je sprevádzaná nárastom objemu kremeňa o 2 %. Pri poklese teploty pod 573 °C prichádza k spätnému prechodu β -kremeňa na α -kremeň. V rámci tohto teplotného intervalu prichádza aj strata chemicky viazanej vody zo štruktúry slúd a ílových minerálov ako je napríklad illit je výraznejšia pri teplotách od 700 – 800 °C. Pri prekročení teploty 800 °C prichádza k tzv. izotropizácii matrix. Vplyvom straty chemicky viazanej vody v ílových mineráloch, prichádza k postupnej deštrukcii ich kryštálových štruktúr. Táto deštrukcia sa prejavuje zmenou optických vlastností týchto minerálov, čoho dôsledkom je vznik izotropnej – opakej matrix. V rámci ostriva pri teplote nad 800 °C prichádza k rozpadu tzv. termálnej disociácii kalcitu. Kalcit

sa teda vplyvom teploty rozkladá na oxid vápenatý (CaO), známy aj pod názvom ako pálené vápno a na plyný oxid uhličitý (CO₂). V teplotnom intervale 850 – 900 °C vzniká na úkor oxidu vápenatého (páleného vápna) gehlenit. Interval teplôt 900 – 1000 °C je ľahko rozpoznateľný, keďže prichádza už k čiastočnému natavovaniu ílových minerálov za vzniku sklovitej hmoty. Pri teplote nad 1000 °C prichádza k zásadným zmenám v mineralogickom zložení keramiky. Vznikajú nové minerály ako je napríklad wollastonit alebo spinel. Matrix je úplne zosklovená a všetky ílové minerály sa roztavili. V prípade historickej keramiky vyrobenej z pórovinných ílov a hĺn prichádza k znehodnoteniu výrobku. Výrobky vystavené takejto teplote sa označujú aj ako prepálené. Takéto fragmenty sa vyznačujú sklovitým a silne pórovitým vzhľadom. Teploty vyššie ako 1000 °C sú však žiaduce pri výrobe kameniny alebo porcelánu, kde práve novovznikajúce minerály zaručujú špecifické vlastnosti takejto keramiky.



■ matrix (ílovitá) ■ ostrivo ■ engoba ■ póry

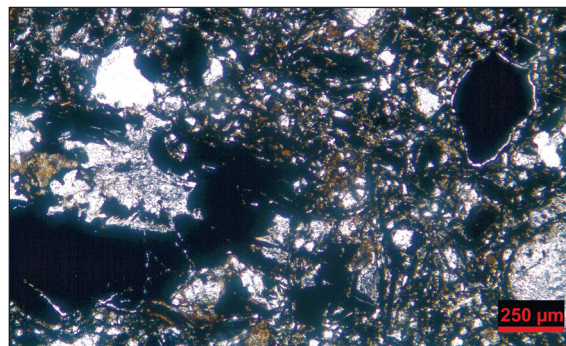
■ Obr. 3. Idealizované zloženie keramiky. Podľa Ionescu a Ghegari (2007).

Možnosti skúmania výpalu historickej keramiky

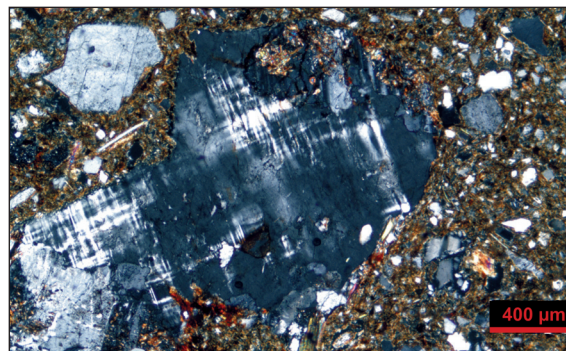
Všetky zmeny v mineralogickom zložení keramiky uvedené v predchádzajúcej kapitole je možné nielen dobre pozorovať, ale pomocou nich je možné stanoviť aké teploty bola vystavená historická keramika počas výpalu. Aby boli zmeny dobre pozorovateľné, pripravuje sa z každého vybraného črepu tzv.

petrografický výbrus. Výrez z keramiky (alebo ľubovoľnej vzorky, či už horniny, minerálu alebo keramiky) je prilepený špeciálnymi lepidlami na podložné sklíčko. Takto pripravená vzorka je zbrúsená tak, aby bola transparentná. Zvyčajne sa vzorka zbrúsi tak, aby jej hrúbka bola 30 µm. Vzorka sa ešte pomocou diamantovej pasty doľští. Výsledným produktom je tzv. výbrus, ktorý sa rutinne používa pri štúdiu hornín, preto je aj označovaný aj ako petrografický.

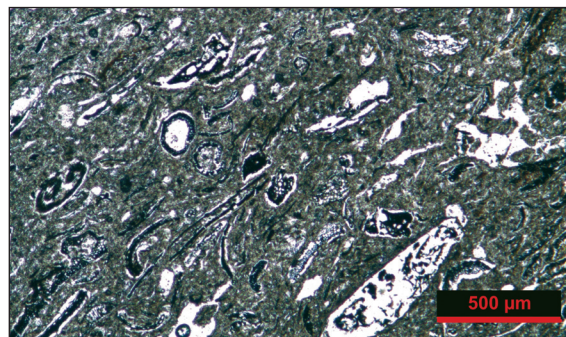
Pripravený výbrus je možné pozorovať v špeciálnom mikroskope, tzv. polarizačnom mikroskope. Síce by sa dal na prvý pohľad zameniť s biologickým mikroskopom, ale jeho konštrukcia je podstatne komplikovanejšia. Pozorovaním minerálov alebo hornín a v neposlednej rade aj keramiky v polarizovanom svetle, je možné stanoviť optické vlastnosti jednotlivých minerálov tvoriacich horninu alebo sú obsiahnuté v keramike. Nielenže optické vlastnosti patria medzi hlavné identifikačné znaky, ale zmeny niektorých optických vlastností minerálov nasvedčujú aj o teplote výpalu. Ako príklad je možné uviesť ílové minerály, ktoré tvoria matrix. Pri teplote do 800 °C neprichádza k takým zmenám, ktoré by výraznejšie ovplyvnili optické vlastnosti ílových minerálov (obr. 8). Matrix sa v tomto prípade označuje ako anizotropná. Pri teplote nad 800 °C prichádza k výraznejšej strate chemicky viazanej vody v kryštálových štruktúrach ílových minerálov, čo má za následok aj zmenu optických vlastností. Matrix sa stáva čiernou, opaknou (obr. 9). Vtedy hovoríme o izotropnej matrix. Pri teplote nad 1000 °C vzniká na úkor ílových minerálov sklovitá fáza plná bubliniek po unikajúcich plynách. Vo výbrusoch je takéto sklo vznikajúce z roztavených ílových minerálov neprehliadnuteľné (obr. 10). Ďalším veľmi dobrým indikátorom teploty výpalu je kalcit, ktorý vystupuje v ostrive buď ako samostatné kryštáloklasty alebo v podobe litoklastov vápencov. Ak na kalcite nie sú pozorovateľné žiadne premeny (obr. 11) (kalcit je charakteristicky pestrými interferenčnými farbami) je možné konštatovať, že teplota výpalu nepresiahla 800 °C. Pri teplote vyššej ako 800 °C prichádza k termálnemu rozkladu kalcitu na



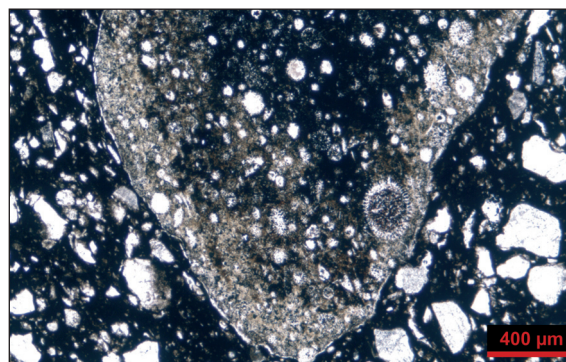
■ Obr. 2. Prítomnosť grafitu v laténskej keramike z Nitry. Grafit slúžil ako špecifické ostrivo ovplyvňujúce žiaruvzdorné vlastnosti danej nádoby. Svetlé klasty sú tvorené prevažne kremeňom a živcami. Rovnobežné polarizátory.



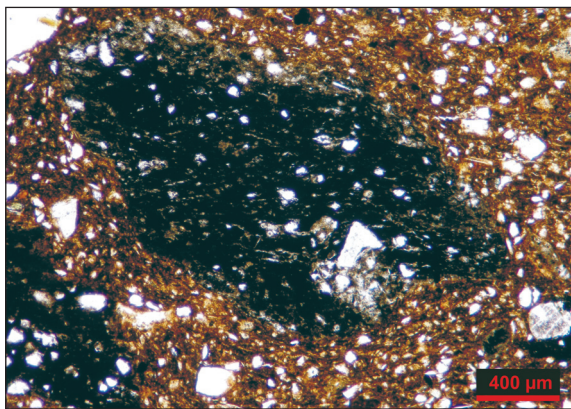
■ Obr. 4. Kryštáloklast draselného živca (mikroklinu) z kalenderbergskej keramiky (staršia doba železná) z Dunajskej Lužnej pri Bratislave. Skrížené polarizátory.



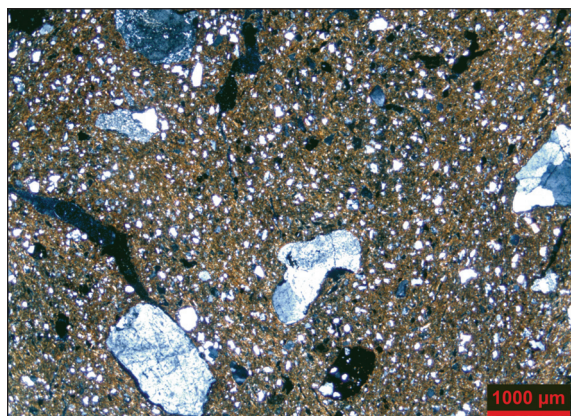
■ Obr. 6. Prítomnosť zuhoľnatých rastlinných bioklastov v ostrive keramiky bukovohorskej kultúry zo Zemplínskych Kopčian (východné Slovensko). Rovnobežné polarizátory.



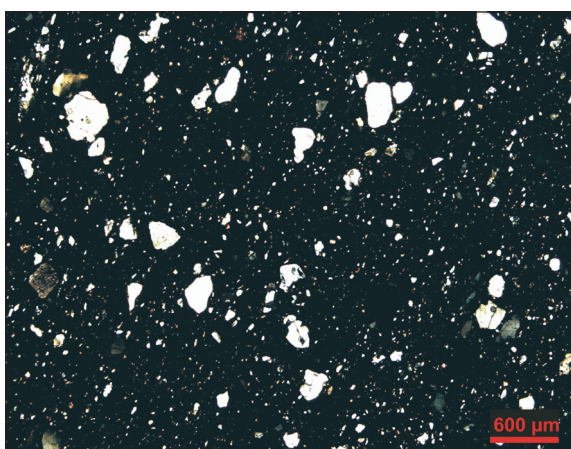
■ Obr. 5. Litoklast rádiolaritu (sedimentárna hornina) z kalenderbergskej keramiky (staršia doba železná) z Dunajskej Lužnej pri Bratislave. Rovnobežné polarizátory.



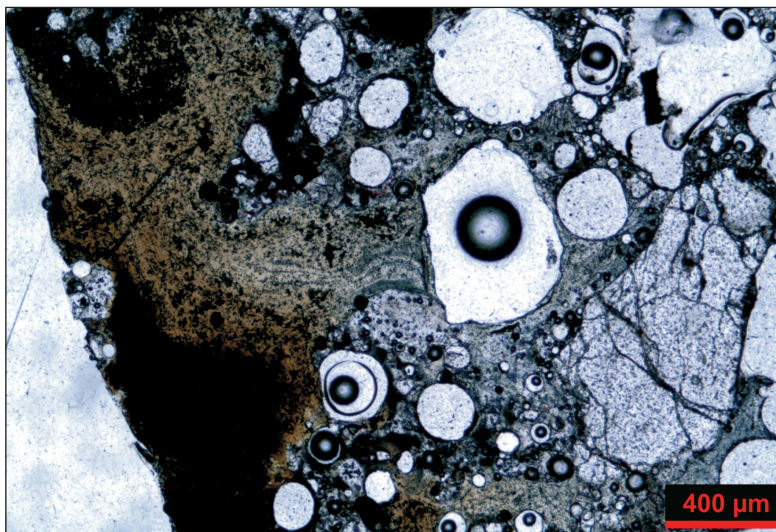
■ **Obr. 7** Fragment staršej keramiky tzv. keramoklast v badenskej keramike z Hlinska (Česká republika). Rovnobežné polarizátory.



■ **Obr. 8** Príklad výbrusu z fragmentu keramiky, ktorý bol počas výpalu vystavený teplotám nižším ako 800 °C. Vplyvom teploty ešte neprišlo k úplnej strate chemicky viazanej vody a deštrukcii kryštálovej štruktúry ílových minerálov, čím sa optické vlastnosti výrazne nezmenili. Ílové minerály sa vyznačujú anizotropnými optickými vlastnosťami s pestrými interferenčnými farbami. Preto je takáto matrix označovaná aj ako anizotropná. Fragment laténskej keramiky (mladšia doba železná) z Čiernej Vody pri Bratislave. Skrížené polarizátory.



■ **Obr. 9** Výbrus z fragmentu z experimentálne vypálenej keramiky. Teplota výpalu presiahla 800 °C, pričom prichádza k strate chemicky viazanej vody a postupnej deštrukcii kryštálovej štruktúry ílových minerálov. Tým sa výrazne menia aj optické vlastnosti a pôvodne anizotropné ílové minerály sa stávajú izotropnými. Preto sa takáto matrix označuje buď ako opakná alebo izotropná. Fragment experimentálne vypálenej keramiky zo Všeštar pri Hradci Králové. Skrížené polarizátory.



■ **Obr. 10** Výbrus fragmentu laténskych (mladšia doba železná) kovolejárskejších téglikov z Bratislavy. Teplota, ktorej boli tégliky vystavené, presiahla hodnotu 1000 °C. Prišlo k natavovaniu ílových minerálov, prípadne ďalších minerálov prítomných v ostrive za vzniku sklovitej hmoty. Dobre viditeľné sú aj veľké póry, ktoré vznikajú uvoľňovaním plynov z roztavených minerálov. Rovnobežné polarizátory.

oxid vápenatý a oxid uhličitý. Rozklad je dobre pozorovateľný, keďže kalcit sa vyznačuje pestrými interferenčnými farbami (**obr. 11**), zatiaľ čo novovznikajúci oxid vápenatý (pálené vápno) sa vyznačuje bielo šedastými interferenčnými farbami (**obr. 12**). Vynikajúcim indikátorom teploty výpalu je aj tmavá sľuda – biotit. Vplyvom straty chemicky viazanej vody a zmeny mocnosti železa, ktoré sa nachádza v štruktúre biotitu, prichádza k jeho postupnému stmavnutiu. Čím je teda teplota vyššia, tým bude v petrografickom výbruse biotit tmavší. Nižšie teplotné intervaly je možné vo výbrusoch keramiky odvodit na základe prítomnosti organickej hmoty (**obr. 13, 14**). Ak sú prítomné zuhoľnaté zvyšky organickej hmoty s dobre pozorovateľnými štruktúrami rastlinného pletiva, teplota výpalu nepresiahla hodnotu 500 °C (**obr. 13**). Ak sú v rámci petrografického výbrusu pozorované póry, ktoré svojím tvarom zodpovedajú rastlinným plevám alebo stebľám (póry sú vlastne odtlačkami týchto organických zvyškov), tak prišlo k úplnému vyhoreniu organickej hmoty (**obr. 14**). V tomto prípade teplota presiahla hodnotu 600 °C. Prítomnosť organickej hmoty nielenže odráža teplotu výpalu, ale na základe jej prítomnosti je možné odvodit aj atmosféru výpalu. Organická hmota sa v keramike lepšie zachováva ak je nádoba vypaľovaná bez prístu-

pu alebo s obmedzeným prístupom vzduchu. Takáto atmosféra výpalu sa označuje ako redukčná. Nádobu vypaľovanú v redukčnej atmosfére je zväčša čierna až čiernosivá. V petrografickom výbruse chýba červenkasté sfarbenie matrix submikroskopickými minerálmi železa ako je hematit a prítomné sú zuhoľnaté zvyšky organickej hmoty. Ak je prístup vzduchu neobmedzený, výpal prebieha v tzv. oxidačnej atmosfére. Keramika vypaľovaná v takejto atmosfére sa vyznačuje červenými odtieňmi črepu a matrix je výrazne sfarbená submikroskopickým hematitom (**obr. 8, 11**). Organická hmota v oxidačnej atmosfére vyhorí. Na základe prítomnosti organickej hmoty a sfarbenie črepu keramiky je možné do istej miery rekonštruovať aj vypaľovacie zariadenie. Pre keramiku vypaľovanú priamo v otvorenom ohni, prípadne v jednoduchých zahľbených peciach je typická prítomnosť zuhoľnatej organickej hmoty a veľká variabilita farby črepu keramiky. Keramika vypaľovaná v peciach sa vyznačuje rovnakým sfarbením črepu a atmosféru výpalu je možné dobre kontrolovať.

Záver

Aj napriek skutočnosti, že mineralogicko – petrografické štúdium výbrusov keramiky patrí medzi deštrukčné analýzy (vždy je nutné z vybraného črepu odobrať vzorku,

z ktorej sa pripraví petrografický výbrus), získané výsledky prinášajú cenné informácie o „živote“ skúmanej nádoby. Takto je možné určiť pôvod plastických ako aj neplastických surovín použitých na výrobu keramiky (vieme sa vyjadriť o zrode keramiky). Štruktúra matrix a orientácia ostriva odráža spôsob výroby. Vieme akým štýlom bola keramika vyrábaná (ako daná nádoba prišla na svet). Mineralogické zmeny v zložení matrix a ostriva odrážajú výpal keramiky. A do istej miery je možné povedať, čo sa udialo s keramikou, keď doslúžila a bola vyhodnená napríklad na smetisko alebo ostala niekde zabudnutá.

Štúdium výbrusového materiálu prináša nepreberné množstvo informácií ale nie je možné pomocou tejto metódy vyriešiť úplne všetky otázky. Preto sa štúdium výbrusového materiálu v prechádzajúcom polarizovanom svetle dopĺňa ďalšími analytickými metódami, pomocou ktorých je možné presnejšie stanovenie mineralogického zloženia matrix. Pomocou chemických analytických metód je možné presne stanoviť chemické zloženie glazúr alebo je možné detailne riešiť otázku importu keramiky. Ale aj napriek tomu informácie získané z výbrusového materiálu poskytujú množstvo základných a neoceniteľných informácií o keramike.

Podakovanie

Aspoň touto cestou by som rád poďakoval Richardovi Thérovi (Hradec Králové) za všetky experimentálne výpaly, pri ktorých som mohol asistovať a za dlhé a prínosné diskusie ohľadne keramiky a výpalu. Pani prof. Corine Ionescu (Babes-Bolyai University of Cluj-Napoca, Rumunsko) a doc. RNDr. Miroslava Gregerovej, CSc. (Ústav geologických vied, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno) za zasvätenie do tajov analýzy keramiky mineralogicko – petrografickými metódami. Ďalej by som rád poďakoval Petrovi Pavúkovi (Katedra klasickej archeológie, Filozofická fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava) za cenné rady a pripomienky a neposlednom rade aj Denisovi Divilekovej (NKP Devín, Bratislava) za poskytnutie materiálu a za jej pomoc pri vylepšovaní obsahu príspevku.

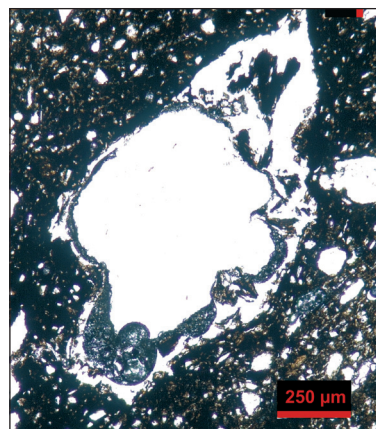
Zoznam literatúry

- Ionescu, C. & Ghergari, L., 2002: Modeling and firing technology – reflected in the textural features and the mineralogy of the ceramics from neolithic sites in Transylvania (Romania). *Geologica Carpathica*, 53. Special CD issue
- Ionescu, C. a Ghergari, L. 2007: Mineralogical and petrographic features of the Roman ceramics from Napoca. In: Rusu-Bolindet, V., *Ceramica romana din Napoca*. Biblioteca Mvsei Napocensis. XXV, s. 434-462.
- Maggetti, M. 1982: Phase analysis and its significance for technology and origin. In: Olin, J.S. & Franklin, A.D., 1982: *Archaeological Ceramics*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., s. 121 – 131.
- Velde, V. & Druc, C. I., 1999: *Archaeological Ceramic Materials*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, s. 297.
- Rice, P.M. 1987: *Pottery analysis: A source book*. The University of Chicago Press, s. 487.
- Shepard, O. A., 1976: *Ceramics for the archaeologist*. 9th edition. Carnegie Inst. Washigton, 414 s.

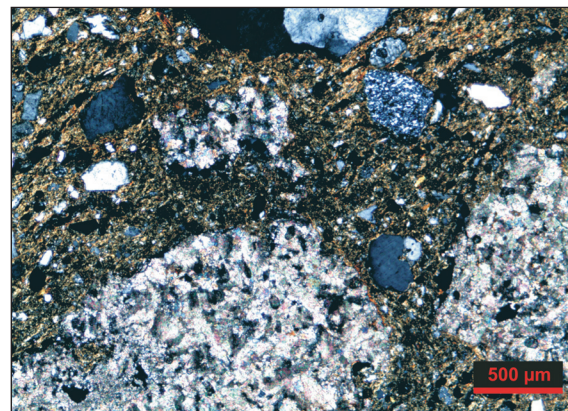
Summary

Fire and clay

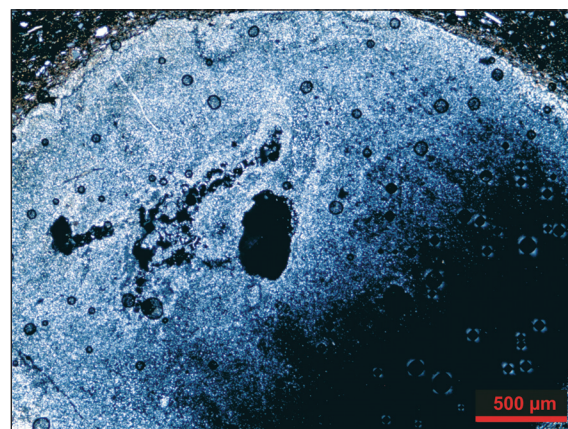
Mineralogical and petrographical study of ancient pottery is an important tool when attempting to answer archaeological questions. Especially the question of firing conditions and raw material provenance are highly interesting from the archaeological point of view. Changes observed in mineralogical and petrographical composition (formation of new minerals, break down of primary minerals) of analyzed ancient ceramics refer to the firing temperatures and firing atmosphere. This contribution brings a short overview of the most important mineralogical changes that are observable in petrographical thin sections. Breakdown of crystal structure of clay minerals present in matrix, thermal decomposition of calcite and presence or absence of charred out organic material belong to the most important clues in assessing the firing conditions. Also other important mineralogical changes are mentioned in this contribution.



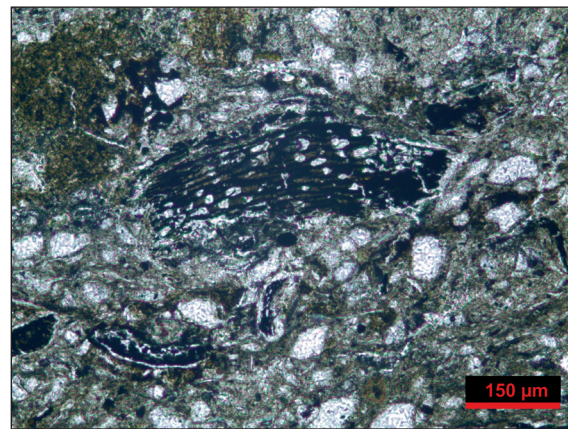
■ Obr. 14 Takmer vyhorený bioklast vo výbruse fragmentu keramiky jevišovskej kultúry zodpovedá vyšším teplotám výpalu ale redukčná atmosféra výpalu ostáva zachovaná. Rovnobežné polarizátory.



■ Obr. 11 V dolnej časti výbrusu z veľkomoravskej strešnej krytiny Bratislavského hradu sú dobre pozorovateľné termálne nezmenené litoklasty hrubokrystalického tzv. sparitického vápna. Kalcit je termálne nezmenený a vyznačuje sa pestrými interferenčnými farbami. Preto teplota výpalu nepresiahla 800 °C. Skrížené polarizátory.



■ Obr. 12 Litoklast termálne zmeneného vápna z výbrusu stredovekej strešnej krytiny Bratislavského hradu. Kalcit, ktorý tvorí vápnenec, podľahol termálnemu rozkladu na pálené vápno (oxid vápenatý – CaO) a plyný oxid uhličitý (CO₂). Pálené vápno je dobre pozorovateľné vo výbruse a vyznačuje sa nízkymi interferenčnými farbami – šedastými až šedobielymi. Termálne rozložený kalcit a prítomnosť oxidu vápenatého zodpovedá teplotám vyšším ako 800 °C.



■ Obr. 13 Zuhohľatený bioklast s dobre pozorovateľnou štruktúrou rastlinného pletiva zodpovedá nielen nízkym teplotám výpalu ale aj redukčnej atmosfére výpalu (výpal prebiehal bez prístupu vzduchu alebo pri obmedzenom prístupe vzduchu). Výbrus z fragmentu keramiky bukovohorskej kultúry zo Zemplínskych Kopčian (východné Slovensko). Rovnobežné polarizátory.