

Kovárník, Jaromír

K výrobní technologii neolitické keramiky

Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. E, Řada archeologicko-klasická. 1982, vol. 31, iss. E27, pp. [103]-116

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/109607>

Access Date: 28. 11. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

JAROMÍR KOVÁRNÍK

K VÝROBNÍ TECHNOLOGII NEOLITICKÉ KERAMIKY

Příspěvek je koncipován jako výňatek z diplomové práce,¹ ve které jsem zkoumal výrobní poměry neolitických občin před nástupem druhé velké společenské dělby práce. Přesněji řečeno, v devíti kapitolách jsem se snažil zachytit výrobní technologický postup počínaje výběrem keramické suroviny, je jí těžbou a zpracováním, technologií výroby a výzdoby neolitické keramiky a její vysoušení. Za velmi důležitý technologický úsek v celé řadě potřebných výrobních úkonů považuji zejména výpál keramiky, který chci částečně popsat.

Abych se přiblížil neolitické výrobní technologii a také získal z přímých hmotných pramenů co nejvíce informací, využil jsem při rekonstrukci výrobní technologie neolitického hrnčířství kromě jiných metod i experimentu. Při použití této metody je práce velice zajímavá, není však snadná. Často se totiž stává, že při opakovaných pokusech za relativně stejných podmínek nedosáhneme shodných výsledků.

Jak jsem již uvedl, v příspěvku se chci soustředit právě na výpál keramiky a vše, co s ním souvisí. Zejména uvádím některé výsledky, které jsem získal při experimentální výrobě neolitických keramických artefaktů, označovaných v literatuře jako nepravá terra sigillata a terra nigra. Zjištění a závěry mají pouze předběžný charakter, neboť v experimentech je možné dále pokračovat a získávat další poznatky.

VÝPÁL NEOLITICKÉ KERAMIKY

Finálním technologickým úsekem procesu výroby neolitické keramiky je vypalování, při kterém získává výrobek konečné vlastnosti jako stálost tvaru, pevnost, barvu, tepelně izolační a další vlastnosti. Proto je velmi nutné dodržovat při výpálu správné zásady. Teoreticky se vypalovaly keramické výrobky v závislosti na druhu suroviny a typu pecí, čehož si musíme být

¹ J. Kovárník, Technologie neolitické keramiky I, II, Brno 1979 (rkp diplomové práce na FF UJEP). Příspěvek připisují doc. dr. R. M. Perníčkovi, CSc., k 60. narozeninám.

vědomí zvláště u vypalovacích zařízení mladší doby kamenné. Při výpalu jde v podstatě o zpevnění výrobku působením tepla, při kterém vznikají mezi mikroskopickými částicemi různého chemického složení reakce vzájemným natavováním těchto částic, které končí slinutím. Pochody probíhající při výpalu zůstávají úmyslně nedokončeny (nenastane úplné tavení), takže je možno výpal definovat jako „chemii nedokončených heterogenních vysokoteplotních reakcí“.²

Fyzikálně chemickými pochody v průběhu výpalu získává keramický střep mnohonásobně větší pevnost. V každém keramickém výrobku mohou během výpalu nastat tyto změny:

1. slinování — výrobek získává potřebnou pevnost pouze za přítomnosti tuhé fáze a bez účinku fáze tekuté;

2. slinování — za přítomnosti tuhé a tekuté fáze, která střep zpevňuje a zhutňuje;

3. tavení — látka se chová jako kapalina.

Zpevňování keramiky v neolitu probíhalo pravděpodobně ve většině případů podle bodu č. 1. Na schopnost látky reagovat v tuhém stavu působí termické chování částic, poměr míšení reagujících složek, přítomnost nečistot, podmínky při zahřívání, dále velikost, tvar, uspořádání a hustota skladby zrn v reagující směsi.³ Podmínkou pro slinování je bezprostřední těsný dotyk zrn reagující hmoty a překročení kritické teploty, při níž si mohou elementární částice vyměňovat místa.

Pro výpal je nutné znát reakce nejdůležitějších minerálů obsažených v keramických zeminách.

Tvorba keramického střepu probíhá během vypalování 6 údobími:

1. údobím dosušecím, kdy se vypuzuje mechanicky vázaná voda ve výsušku v oblasti teplot kolem 200 °C;

2. údobím odštěpování vody vázané ve struktuře jílových látek;

3. údobím okysličování sloučenin uhlíku a železa;

4. údobím vzniku nových fází rozkladem uhličitánů a siřnků;

5. údobím slinování, kdy dochází k reakcím v pevném stavu. Z jílových minerálů má nejmenší účinek na zpevnění střepu kaolinit. Čím je větší podíl montmorillonitu, illitu, slídy a sloučenin železa, tím nastává bod měknutí při nižších teplotách. Dokonalejším promísením keramické směsi nastává lepší zpevnění křemenné kostry a celého střepu;

6. údobím chladícím, kdy u zemin s vyšším obsahem křemene, který se při pálení nepřeměnil, mohou vést jeho objemové změny ke zmenšení pevnosti střepu. Křemen vytvořil poměrně tuhou kostru. Při snížení teploty se smršťuje a vytváří ve střepu napětí, které může vést k trhlinkám. Dochází k přeměně modifikací.⁴

Z toho vyplývá, že rozhodující vliv mají vlastnosti minerálních součástí zeminy, průběh vypalování (rychlost výpalu), pozvolné chladnutí a další faktory.

Provádí-li se výpal v peci při malém přebytku vzduchu vzhledem k teoretickému množství, jde o neutrální prostředí s 1,5—2 % volného kyslíku.

² J. Chládek, Technologie, Praha 1972, 9.

³ V. Lach, Technologie oihlárské výroby. Keramika I, Praha 1965, 210.

⁴ V. Lach, op. cit., 218.

Oxidační prostředí obsahuje 2—5 %, silně oxidační až 10 % volného kyslíku.

Při redukčním prostředí činí obsah volného kyslíku méně než 1 %.

Pecní prostředí má vliv na slinování, na vznik taveniny a tím i na teplotu měknutí a přepalování až tavení keramiky. V redukčním prostředí se tyto teploty snižují a slinování urychluje, v oxidačním prostředí se zvyšují a slinování zpomaluje. Oxidační stupeň vypálené neolitické keramiky je možno určit podle barvy železitých příměsí. Červená barva je typická pro kysličník železitý, tmavohnědá pro kysličník železnatý, který se tvoří v oblasti slinování. Toto zbarvení však ovlivňuje přítomnost kysličníku vápenatého, který dodává střepu světlé barvy (narůžovělé, nažloutlé až zelenožluté).

Z technologického hlediska je důležité vyhořívání organických příměsí které se děje při nejvyšších teplotách 200—450 °C. Na průběh spalování příměsí ve střepu má největší vliv tloušťka a pórovitost střepu, druh organické přísady a do určité míry i chemické složení hlíny. Výsledkem hoření organických přísad může být to, že uhlík putuje dovnitř střepu, který zžerná, jeho koncentrace se zvyšuje a průběh vyhořívání zpomaluje. Koncentrace uhlíku záleží také na tloušťce střepu.⁵

Během výpalu vzniká objemovými změnami ve střepu napětí. Experimentálně jsem vyzkoušel, že vypalováním suchých keramických modelů nevzniká do teploty 800 °C žádné nebezpečí porušení střepu. Obdobně jako při zahřívání vzniká ve střepu napětí i při chlazení. Rychlost chlazení se proto vždy projeví na pevnosti a nasákavosti výrobku⁶ a překročí-li rychlost chlazení určitou hodnotu, způsobuje vznik trhlin nebo porušení celého výrobku. Tento fakt jsem si též ověřil provedením pokusů.

Při výpalu se část tepla v peci přenáší zářením ve formě elektromagnetických vln. Dosáhnou-li tyto vlny povrchu jiného tuhého tělesa, část se přemění na teplo a část se odrazí zpět. Tělesa při vypalování tepelnou energii nejen vyzařují, nýbrž i pohlcují. Přenos tepla zářením má velký význam například při stanovení tepelných parametrů u pecí.⁷

Keramické pece jsou zařízením, kde se keramické výrobky vypalují. Prostor pece, kam se ukládá zboží určené k vypalování, se nazývá peciště. K peci přináleží topeniště, rošt, otvor pro odvádění kouřových plynů a případně pomocná zařízení (dmychadla).

Dokladů vypalovacích zařízení z neolitického období není mnoho. Pro jejich klasifikaci je nutné uvést alespoň dílčí etnografické údaje. Dělení typů vypalovacích zařízení podle technického pokroku provedli E. M. Peščereva⁸ a D. Drost.⁹

⁵ *Týž*, op. cit., 224. Při vyhořívání organických látek v širším rozmezí teplot (300—700 °C) může nevhodná rychlost výpalu způsobit potíže při vyhořívání uhlíku uloženého ve střepu. Uhlík se zde ukládá podle Boudouardovy reakce v teplotní oblasti 600—700 °C vlivem rozkladu produktů hoření. V redukčním úseku (přes 800 °C) probíhá reakce obráceně.

⁶ *V. Lach*, op. cit., 226.

⁷ *Týž*, op. cit., 230; *W. M. Rohsenow—J. P. Harnett*, Handbook of Heat Transfer, Mc Gran—Hill 1973.

⁸ *E. M. Peščereva*, Гончарное производство средней Азии, Москва—Ленинград 1959, 40—43.

⁹ *D. Drost*, Töpferei in Afrika. Technologie, Berlin 1967, 214—240.

Z pravěkého období se na území naší republiky vyskytlo několik lokalit se zachovanými zbytky pecí.¹⁰

Domnívám se, že typologická řada hrnčířských pecí uváděná E. M. Pešče-revovou a D. Drostem, nemůže být do všech důsledků vyhovující i pro období pravěku. Velmi důležitá z vývojového hlediska je u keramických pecí existence či absence roštu. Podle toho se pece dělí na jednodukomorové a dvouukomorové. U pecí je důležité sledovat také tvar klenby a umístění kouřového otvoru. Jistou míru vypovídací schopnosti bude zapotřebí přikládat také modelům neolitických pecí, u nichž někdy dochází k záměně s modely chat.¹¹

Z uvedených nálezů lze doplnit, případně upravit typologickou řadu keramických pecí, kterou vytvořila E. M. Pešče-reva.¹² Po úpravě lze sestavit pro období neolitu následující řadu typů:

1. Předpalování výrobků (přímých dokladů není).
2. Polní ohniště
 - a) plochá
 - b) zahloubená
 - c) mírně vyvýšená.
3. Milířovitě pece zahloubené
 - a) zaklenuté jednodukomorové
 - b) zaklenuté dvouukomorové se středovým můstkem a topnými kanály v topeništi (podle tvaru mohou být kónické, cilindrické a podobně).
4. Milířovitě pece nadzemní konstrukce
 - a) otevřené
 - b) zaklenuté jednodukomorové
 - b₁) nízkoklenbové, b₂) s vyšší klenbou
 - c) zaklenuté dvouukomorové (jako u 3b).
5. Polní pece — tzv. orientální.
6. Ležaté pece — v neolitu jejich výskyt nelze předpokládat.

Z neolitického období se v našem prostředí vyskytují zejména typy milířovitých pecí nadzemní konstrukce, které jsou nejprve jednodukomorové, nízkoklenbové. Převážně se vyskytují ve starších fázích neolitu. Jde pravděpodobně o víceúčelové výrobní zařízení (kumulace v určitých okresech mimo obydlí). Můžeme předpokládat jejich využití rovněž k vypalování lineární keramiky při nižších teplotách. Důkazem by mohly být nálezy částí nebo celých nádob uvnitř pecí. Nízké klenby odpovídají i převážně nízkým tvarům

¹⁰ F. Adámek, Pravěké hradisko u Obřan, Brno 1961, 116, obr. 53; L. Báñez, Výskum neolitického sídliska v Horných Lefantovciach, ŠZ 3, 1959, 165; *týž*, Neolitické nálezy z Horných Lefantoviec, ŠZ 9, 1962, 34—36; P. Košťáček, Stav výzkumu kultury s moravskou malovanou keramikou na hradisku u Kramolína (okr. Třebíč), SPFFBU E 20—21, 1975—1976, 106, 109, tab. X: 1,2; V. Podborský, Současný stav výzkumu kultury s moravskou malovanou keramikou, S1A XVIII/2, 1970, 238; *týž*, Hliněná pec na sídlšti s lineární keramikou v Těšetciach, SPFFBU E 16, 59—66, obr. 1—5; V. Podborský—V. Vidomec, Pravěk Znojemska, Brno 1972, 47, tab. V: 4; J. Porubský, Eneolitická hliněná pec v Zlatých Moravciach, ŠZ 3, 1959, 133—137, obr. 1; B. Soudský, Výzkum neolitického sídlšti v Postoloprtech v r. 1952, AR VII, 1955, 8, obr. 3, 16, 19; *týž*, Bylany. Osada nejstarších zemědělců z mladší doby kamenné, PNM 4, Praha 1966, 62—63, obr. IV, V; A. Točák a kol., Slovensko v mladšej dobe kamennej, Pravek Slovenska II, 45 ad.

¹¹ V. Podborský—V. Vidomec, op. cit., 48; N. Kalicz, Die Hüttenmodelle der Lengyel-Kultur, JfMV 60, 1976, 124.

¹² E. M. Pešče-reva, op. cit., 40—43.

lineární keramiky. Vyšší lahvové tvary se při vypalování pokládaly. Jak uvádí B. Soudský, ojediněle se vyskytl typ 3a (mlířovitě zahloubené pece jednoprostorové) na sídlišti v Bylanech.

V rámci typu 4b — (mlířovitých pecí s nadzemní konstrukcí) dochází záhy ke zvyšování klenby. Příkladem mohou být pece č. I—IV z domu č. 15 v Postoloprtech.

Nejpokročilejším je typ 4c předcházejícího členění s topnými kanály a středovým můstkem v topeništi. Výskyt tohoto typu je možno datovat na přelom mladoneolitického a eneolitického období. Prozatím bylo zjištěno pouze jedno vypalovací zařízení tohoto typu. Pokud se kouřový průduch nachází v zadní části klenby, využívá se již částečně efektu pecí se zvratným plamenem a pecí s vodorovným plamenem.

Nejen pro naše prostředí unikátním zůstává typ pece 4c pocházející z hradiska u Kramolína, u níž předpokládáme mnoho výhod.

U pecí 4b předcházejícího členění bylo možné s větší či menší mírou náhodnosti docílit buď redukčně oxidační nebo oxidačně redukční prostředí při vypalování. U pece typu 4c bylo již možno vytvářet buď oxidační nebo redukční prostředí. Typ pece 4c je datován do mladšího stupně kultury s MMK. Zbývá určit, kdy končí typ vypalovacího zařízení 4b, nebo zda se vyskytuje paralelně s typem 4c.

V typologickém ohledu jsou pece 4c dokladem markantního vývoje pecí 4b, k němuž došlo na přelomu mladší a pozdní doby kamenné. Ojedinělý nález pece typu 4c z hradiska u Kramolína může být dokladem toho, že k technologickému pokroku při vypalování keramiky došlo právě v západolengyelském okruhu. Sekundární projev této kvalitativní změny však zde můžeme postřehnout v podobě tzv. terry sigillaty a nepravé terry nigry. Obojí keramika je perfektního provedení. Domnívám se, že odlišné bylo pouze uměle vytvářené prostředí při vypalování — oxidační v případě terry sigillaty a redukční u terry nigry.

Obdobný typ pecí, avšak zahloubené formy (typ 3b), se vyskytuje v pozdním neolitu v Moldávii, v rozvinuté fázi A kultury Cucuteni-Tripolje.¹³

Jak uvádí E. Comsa, na 16 lokalitách bylo odkryto 22 hrnčířských pecí (typu 3a—b). V chronologickém sledu zahrnují období celého neolitu. Obyčejně se pece vyskytovaly izolovaně v jisté vzdálenosti od sídliště. V některých případech se zdá, že volba místa respektovala směr převládajících větrů. Velmi řídké se pece nacházejí na okraji nebo uvnitř sídliště.

Proto je zajímavé umístění dvoukomorové hrnčířské pece uvnitř areálu výšinného sídliště hradiska u Kramolína. Sondy, které protínaly v severní části hradiska val, odkryly mocné popelové vrstvy, které bezpochyby vznikly v souvislosti s vypalováním keramiky. Obdobná situace byla zjištěna i na jiných sídlištích. Podél valů na lokalitě v Nitrianskom Hrádku se nacházely zbytky den pecí s částečně zachovalou klenbou, které byly silně vypáleny.¹⁴ Ve většině případů můžeme usuzovat, že vypalování keramiky se dělo až za valem hradiska. Je na škodu sledovaného hradiska u Kramolína, že nemohlo dojít k důkladnějšímu archeologickému průzkumu též po vnějším obvodu valů.

¹³ E. Comsa, Die Töpferöfen im Neolithikum Rumäniens, JfMV 60, 1976, 362.

¹⁴ Za informaci děkuji doc. dr. A. Točíkovi, DrSc.

Je tedy umístění dokonalé hrnčírské pece uvnitř sídliště spojeno s její vyjimečností, nebo mohlo vzhledem ke kvantu tzv. sigilátového zboží existovat na uvedené lokalitě více těchto dokonalých pecí?

V každém případě dochází v tomto období k jistému stupni výrobní specializace. Intenzivní využití pokročilého vývojového typu pecí, jejich ovládnutí a výroba kvalitní keramiky vyžadovala vyšší stupeň technologických zkušeností. V této době se dá předpokládat, že hrnčírství se stává již doménou muže a vytvářejí se hrnčírská centra. Můžeme předpokládat, že k této změně nedošlo nenadále.

Výzkum nížinných sídlišť stejného období by umožnil srovnat četnost keramiky druhu tzv. terry sigillaty a terry nigry v poměru s jejím zastoupením na výšinných sídlištích. Tím by se mohlo určit, zda nejde o luxusnější výrobky, jejichž technologickovýrobní proces byl střežen a které byly artiklem směny. Tuto otázku by pomohl osvětlit technologický rozbor uvedené keramiky a přírodovědné analýzy by přispěly ke stanovení provenience.

Tím by se mohla stanovit nebo případně vyloučit existence specializujících se výrobních středisek.

EXPERIMENTY

K provedení rekonstrukce technologického postupu výroby neolitické keramiky jsem byl nucen pokusně zhotovit potřebná vypalovací zařízení stejného nebo blízkého typu jako v neolitu.

Nejprve jsem vybudoval zahluobené polní ohniště, na kterém jsem dokumentoval případ vypalování keramiky v přímém ohni a pokusil se o rekonstrukci vývojové řady vypalovacích zařízení mladší doby kamenné.

Pro stavbu polního ohniště jsem si vymezil plochu o průměru 110 cm. Dno jsem mísovité prohloubil a celé je vymazal hrnčírskou hlínou. Obvod jsem vymezil kameny pískovce a křemene o střední velikosti a zbývající vnitřní plochu jsem vyložil plochými kameny. Vzniklé spáry jsem rovněž vymazal hlínou. Maximální zahluobení mísovitého dna činilo 10 cm. Doba k vybudování polního ohniště trvala tři hodiny.

- Použité pomůcky: 1. měřicí přístroj Thermomet
(k měření teplot) 2. termoelektrický článek Pt Rh — Pt
3. 2 ks prodlužovacích vodičů
4. keramická trubička a ochranné pouzdro na termoelektrický článek
5. lihový teploměr
6. časový měřič

K měření teploty při vypalování v zahluobeném polním ohništi jsem použil platinový termoelektrický článek a měřicí přístroj Thermomet.

Model pohárku vyrobený ze vzorku jílu jsem umístil do středu ohniště a kolem něho postavil dřevěnou hranici. Při výpalu jsem dbal toho, aby stěna modelu pohárku, která byla leštěna, přicházela pokud možno co nejméně do styku s hořícími uhlíky. Teplota v ohništi poměrně hodně kolísala. Pokud doutnaly v ohništi pouze uhlíky, pohybovala se teplota okolo 300—340 °C. Po přiložení topiva se však ihned zvýšila nad hranici 600 °C. Při delším vypa-

lování kvalitnějším topivem by se mohlo docílit i vyšších teplot (tab. XIII: 1,2, XIV: 1).

Po ukončení vypalování jsem zjistil, že došlo k poškození vyhlazeného povrchu zkušebního modelu. Tvrdost stěny dle Numerického kódu MMK lze charakterizovat kódovým číslem 2—3.¹⁵

Doba vypalování: 3,5 hodiny

Použité palivo: lískové dřevo

Spotřeba paliva: 37 kg.

Dalším vypalovacím zařízením byla neklenutá pec s roštem. Nejprve jsem ze tří koleček drnů a hlíny vybudoval vyvýšený kruhový násep o průměru 130 cm a výšce 16 cm. Na něj jsem nanесl pěticentimetrovou vrstvu mazanice. Na takto připravený podklad jsem položil tři kúly o průměru 10—12 cm ve směru převládajících větrů (jihovýchod-severozápad), aby se využily topné kanály. Další tři topné kanály vytvořené stejným způsobem směřovaly kolmo k předchozím. Do takto připravené formy jsem navršil mazanici až do výše kúlů, tj. 12 cm. Po částečném vyschnutí jsem konstrukci rozebral a negativy po kúlech vytvořily soustavu navzájem kolmých kanálů. Současně jsem si připravil na rovné ploše desku hliněných roštů o rozměrech 90 × 90 cm a síle 6 cm. Vzhledem k lepší manipulaci jsem ji rozdělil na tři díly, které jsem po vyschnutí položil na soustavu kanálů a prořezal v nich otvory o průměru 3—5 cm. Doba zhotovení tohoto vypalovacího zařízení byla 12 hodin.

Vypalování hliněných replik v neklenuté peci s kanálky a roštem jsem prováděl až po jejím vyschnutí. Pro měření teplot jsem použil stejného zařízení jako u polního ohniště. K experimentálnímu výpalu jsem použil dvou keramických modelů. Ihned po zapálení hranice dříví na roštu došlo k dokonalému hoření, čímž se potvrdil význam topných kanálů ke zvýšení teploty. Topivo jsem záměrně přikládal v okolí ústí kanálů a nahrnoval do nich žhavé uhlíky. Tím docházelo na roštu k podstatnému zvyšování teplot (tab. XIV: 2, XV: 1,2).

Model zkušebního pohárku i mísy na nožce byly vyrobeny ze vzorku jílu. Během vypalování docházelo k zakurčování a po určité době se u mísy na nožce objevily pukliny směřující od okraje k zesíleným plecím. Na třech místech došlo dokonce k vyštípnutí okraje a dokonce i k odlomení nožky. Příčinu vidím především v tom, že u neklenutého vypalovacího zařízení s roštem mohlo dojít hned zpočátku k nenadálým výkyvům teplot. Maximální teploty se pohybovaly mezi 500—650 °C. Protože na roštu docházelo k menšímu kontaktu modelů s plameny ohně, nebyl narušen jejich povrch, který byl jemně modelovaný.

Tvrdost stěn po vypálení u obou modelů byla normální až tvrdá (kódové č. 3—4).

Doba vypalování: 3 hodiny

Použité palivo: smrkové dřevo (štípané a větve)

Spotřeba paliva: 135 kg.

Po zkušenostech získaných zejména při experimentech vypalování na polním ohništi, kde docházelo k poškození vyhlazeného povrchu nádob působením přímého ohně, provedl jsem zkušební výpal keramiky pod muflí.

¹⁵ V. Podborský—E. Kazdová—P. Košťálek—Z. Weber, Numerický kód moravské malované keramiky, Brno 1977, 131, 218.

Je to pomocné zařízení používané k experimentálnímu vypalování jak v polním ohništi, tak i v neklenuté peci s roštěm. Pomocí mufle se zamezí styku vypalované keramiky s ohněm. K jejímu vytvoření jsem použil drátěné kostry ve formě koše, kterou jsem omazal uvnitř i vně vrstvou rozžhřteného keramického těsta. Síla stěny se pohybovala v rozmezí 3—5 cm. Lepší manipulaci usnadňovala dvě rohatá ucha. Vnitřní průměr mufle činil 30 cm a její výška 35 cm. Doba zhotovení činila 3 hodiny.

Předností mufle je pozvolné zvyšování teploty při vypalování a pozvolné snižování při chladnutí. K výpalu jsem použil 10 pokusných destiček a tři nádoby vyrobené z jílu. Výjimku tvořila nádoba z plaveného jílu s přídavkem kaolinu. Povrch všech keramických modelů byl mírně vyhlazen. Po vypálení zůstal s leskem pouze model s přídavkem kaolinu. Měření teploty bylo prováděno stejným způsobem jako u předcházejících experimentů. Aby bylo možno měřit teplotu uvnitř mufle, byla do její stěny navrtána sonda pro zavedení termočlánku.

Nejvyšší teplota byla naměřena po 3 hodinách, a to 670 °C. Vypalované nádoby byly vyjmuty až po 18 hodinách, neboť rozžhavená mufle jen pozvolně chladla.

Doba vypalování: 3 hodiny a 40 minut

Použité palivo: smrkové dřevo (štípané a větve)

Spotřeba paliva: 380 kg.

Na základě faktů z odborné literatury a získaných zkušeností z prováděných experimentů, přistoupil jsem ke stavbě kopulové pece s nadzemní konstrukcí. Byl jsem přesvědčen, že se podaří vytvořit optimální podmínky pro rekonstrukci kvalitního výpalu a přiblížit se podmínkám neolitických hrnčírů. Milřovitá pec s nadzemní konstrukcí odpovídá typu 4c podle třídění E. M. Peščerevové.

Vlastní stavbu pece jsem zahájil zhotovením kamenného věnce, částečně zapuštěného do země a vymazaného keramickou směsí, připravenou jako u předchozích vypalovacích zařízení ze sprae ředěné vodou, zpracovávané našlapáváním. Jako organickou přísadu jsem přidával pokosenou trávu a listí. Průměr kamenů v základovém věnci se pohyboval v rozmezí 10 × 7 cm.

Otvor pro topení jsem volil proti severu, ve směru převládajících větrů. V topeništi pece jsem vyhloubil směrem k jihu dva topné kanály lichoběžníkového tvaru, mezi nimiž se nachází středový můstek (tab. XVI: 1). Jednoduchý rošt jsem sestavil položením tří plochých kamenů přes každý kanálek. Středový můstek jsem rovněž pokryl plochými kameny (tab. XVI: 2). Od základového věnce jsem technikou nálepu budoval kopulovou klenbu. Pro lepší zpevnění jsem mezi jednotlivé vrstvy kladl až do výše 35 cm menší kameny a v této výši jsem započal s pozvolným uzavíráním klenby pece. Současně jsem ztenčoval i její stěnu (tab. XVII: 1). Na vrcholu jsem ponechal oválný kouřový průduch o rozměrech 18 × 20 cm. Mimo průběžné zahlazování uvnitř i vně byla po ukončení stavby celá klenba mírně zvlhčena a dokonaleji upravena (tab. XVII: 2).

Rozměry pece: průměr základny vně 90—108 cm

průměr základny uvnitř 75—80 cm

celková výška 61 cm

výška topeniště 11 cm

šířka otvoru do topeniště 28—30 cm

výška otvoru do topeniště 35 cm
 tloušťka klenby u základového věnce 15 cm
 — u kouřového průduchu 2—3 cm

Spotřeba materiálu: 400 kg spráše
 40 kg kamene

Doba potřebná ke stavbě: 18 hodin.

V průběhu vysychání během 10 hodin při maximální teplotě 31 °C došlo ke značnému poškození povrchu. Vzniklé spáry byly zaceleny řidším keramickým těstem a pec přikryta tkaninou z juty, pod kterou pozvolna vysychala. Nejdříve vyschla klenba pece okolo kouřového průduchu, zatímco u základů byla stěna stále vlhká. Po třinácti dnech vysychání byla pec vystavena účinku deště, po kterém se povrchová vrstva odloupala. Třebaže nebyl plášť pece dokonale vyschlý, rozhodl jsem se ji pozvolna při nižších teplotách vypálit. Přitom jsem zjistil, že zadní prostor pece není vystaven vyšším teplotám, neboť stoupající plamen i teplo unikalo nevyužito kouřovým průduchem. Proto jsem jej zacelil a prořezal nový o průměr 12 cm poněkud vzadu. Tím jsem využil dvojího efektu. Jednak pecí s vodorovným a dále se zvratným plamenem.

Po několikerém vypalování došlo v peci k rozpadu plochých pískovcových kamenů, které vytvářely původní rošt. Proto jsem se rozhodl instalovat nový hliněný rošt s průduchy.

Na příhodném místě jsem v dřevěné dvoudílné formě zhotovil hliněný rošt, který jsem uložil nad topné kanály. Zhotovením hliněného roštu s průduchy se pec přiblížila pravěkým předlohám.

Značná hmotnost vytvářecí směsi spotřebovaná na stavbu vypalovacích zařízení by pomohla osvětlit otázku velkých jam exploatačního charakteru nacházejících se na neolitických sídlištích. Zůstává vyřešit problém, zda je množství vytěžené keramické zeminy ekvivalentní ke množství spotřebovanému na vytváření keramiky všeho druhu (stavební aj.). Mimo jiné je zapotřebí zamyslet se nad otázkou, ve kterém ročním období překročili neolitičtí hrnčíři ke stavbě pecí, aby během vysoušení nedošlo k jejich poškození. Je možné, že tento problém souvisí i s keramickou výrobou. Dále bude zapotřebí sledovat, zda pece nebyly chráněny před povětrnostními vlivy přístřešky a jak byly chráněny před vniknutím dešťové vody do topeniště.

Při pokusném vypalování upravené pece bylo použito k měření teploty platinového termočlánku Pt Rh — Pt. Pro termočlánek bylo zapotřebí navrtat do pláště pece otvor, jehož průměr činil 3 cm (tab. XVIII: 12). Dbal jsem toho, aby termoelektrický článek měřil teplotu u stěny nádoby, přibližně v polovině její výšky. V peci jsem experimentálně vypaloval repliku pohárku. Topil jsem v ní 2 hodiny 35 minut a postupné chladnutí probíhalo 3 hodiny 25 minut. Nejvyšších teplot bylo dosaženo tehdy, když byla celá pec dokonale prohřátá a v topeništi se nahromadil dostatek žhavých uhlíků. Bylo to po posledním přiložení paliva, kdy teplota uprostřed pece dosáhla 740 °C. V popisované peci bylo možné během 1 minuty zvýšit teplotu o 95 °C, a to tím, že žhavé uhlíky byly nahnuty přímo do topných kanálů. O dobrých tepelných parametrech pece svědčí i to, že ještě po čtyřech hodinách od započetí výpalu dosahovala teplota téměř 700 °C.

Doba vypalování: 6 hodin

Použité palivo: lískové dřevo

Spotřeba paliva: 50 kg.

Během dalšího pokusu jsem proměřoval rozložení teplot v klenuté peci. Zjistil jsem, že maxima 790 °C bylo dosaženo těsně před kouřovým průduchem. Čím blíže k roštu, tím také teploty ubývá. Teplota u roštu se pohybuje v rozmezí 500—520 °C.

V rámci rekonstrukce technologického postupu při výrobě keramiky v neolitu jsem řešil též otázku výrobní technologie tzv. terry sigillaty a nepravé terry nigrý. Nejprve jsem započal s jednoduchou úpravou povrchu modelů keramiky. Kvalitnější hlazení a leštění povrchu jsem provedl u modelu pohárku se spodní výdutí, který byl zhotoven z lupku. Po vypálení při maximální teplotě 650—700 °C v klenuté peci v oxidačním prostředí došlo k poměrně dostatečnému vypálení, avšak povrch ztratil lesk. Obdobnou úpravu povrchu měl i pohárek vyrobený ze vzorku jílu. K úpravě bylo použito vhodného hladkého kamene. Pohárek si úpravu po vypálení v zahloubeném polním ohništi zachoval pouze lokálně, částečně na dně a uvnitř hrdla (tab. XIX: 5). Precizní úpravy povrchu se dostalo exempláři pohárku, k jehož výrobě bylo použito směsi lupku. Po částečném zavadnutí byl důkladně vyleštěn uvedeným kamenným nástrojem. Po dvaceti dnech schnutí byl vypálen v klenuté peci při maximální teplotě 740 °C. Vyleštěný povrch ztratil pouze nepatrně svůj lesk.

Velmi pěkně byla vyleštěna hlubší vyformovaná miska ze vzorku spraše. K úpravě povrchu bylo použito vedle kamenného nástroje také plochého kostěného. I když nádobka byla po vysušení vypalována v pásmu teplot okolo 750 °C v peci s klenbou, získala vysoký světlorůžový lesk. Vypalovací prostředí bylo oxidační. Získaný výsledek je jednou variantou vypalovacího procesu tzv. terry sigillaty. Jako další byl vypálen pohárek vyrobený ze vzorku spraše z těšetické lokality. Obdobně jako u předešlého modelu byl vyhlazen kamenným a kostěným nástrojem. V oxidačním redukčním prostředí klenuté pece dostal povrch světle hnědou až tmavohnědou barvu, přičemž leštěný povrch zůstal u keramického jedince opět zachován.

Vedle hlazení a leštění keramických modelů jsem použil také povrochových úpravových vrstviček. Tato úprava byla nejdříve použita u malé misky. Po jejím zhotovení byla na její vnější povrch nanesena po osmi hodinách tenká vrstvička o síle 1,5 mm připravená z plaveného jílu s přísadou jemně drceného červeného barviva (hematitu). Po mírném zaschnutí byla úpravová vrstvička vyhlazena. Nádobka byla po dokonalém vysušení vypalována v klenuté peci po dobu čtyř hodin při teplotách 680—720 °C a nechána pozvolna vychladnout. Po vypálení dostala vrstvička zcela jiné zabarvení (hnědorůžové), ke stěně nádobky nepřilnula a místy se odlupuje. V experimentu jsem dále pokračoval modelem misky vyrobeným technikou nálepu ze vzorku jílu. Po částečném zaschnutí byl vně i uvnitř vyhlazen. Na vnější stěnu byl nanesen nátěr jemně rozdrceného krevele rozmíchaného mlékem a na vnitřní povrch saze rozmíchané mlékem. Po patnácti hodinách byl povrch vyleštěn a nátěr i leštění znovu opakováno. Tím nabyl povrch vysokého lesku. Vypalování proběhlo pod mufí v zahloubeném polním ohništi při teplotě až 670 °C. Po vypálení se dosáhlo cihlově červeného porézního povrchu, přičemž se červený nátěr částečně slipl. Nátěr sazí se zcela vypálil, třebaže model nepřišel do styku s plamenem. Dále bylo provedeno deset obdobných pokusů,

kdy se měnil materiál u zkušebních destiček. Dosažené výsledky byly opět negativní jako u předchozích pokusů.

Ve snaze o rekonstrukci výrobní technologie tzv. terry sigillaty jsem záměrně přidával do vytvářecí směsi červené barvivo. Povrch vzorků jsem opět vyhladil. Výsledky po vypálení u deseti pokusů však nesplnily moje předpoklady.

Znovu jsem zaměřil pozornost na speciální úpravu povrchu. Syrový povrch pohárku vyrobeného ze vzorku spraše byl natírán červeným barvivem a po částečném vyschnutí byl vyleštěn kamenným nástrojem. Nátěr a leštění jsem znovu opakoval. Po dokonalém vyschnutí byl asi 4 hodiny a 45 minut vypalován v zaklenuté peci při teplotách 500—520 °C. Povrch si částečně zachoval lesk a tón barvy se nezměnil (tab. XIX: 4). Tvrdost stěny odpovídá kódovému č. 3.

V dalším pokusu jsem využil k rekonstrukci technologického postupu výroby tzv. terry sigillaty všech dosavadních zkušeností. Miniaturní pohárek ze vzorku spraše byl po částečném vyschnutí (25 hodin) hlazen zbroušeným krevelem, který pocházel ze sídliště kultury s moravskou malovanou keramikou u Štěpánovic (okr. Třebíč). Ihned bylo patrné, že se krevel o povrch otírá. Po obarvení celého povrchu jsem k dokonalému vyleštění použil opět kamenný a kostěný nástroj. Po dostačujícím vyschnutí byla nádobka vypalována dvě hodiny v oxidačním prostředí. Po vypálení má povrch stále vysoký lesk. Hrdlo a okraj, které byly před vypalováním pouze zběžně zahlazeny prsty, mají povrch matného lesku. Barva se nestírá a má jasný tón. V tomto případě jsou všechny vlastnosti velice blízké až shodné s tzv. sigilátovým zbožím mladšího stupně kultury s MMK (tab. XX: 1a—e).

Jiné pokusy jsem zaměřil na výrobní technologii keramiky s povrchem odpovídajícím nepravé terry nigry. Na syrových vzorcích byly provedeny různé kombinace nanášení sazí a grafitu. I když došlo k dokonalému zahlázení do povrchu, výpalem se vždy zničily.

V následující sérii pokusů byly keramické vzorky povrchově upravovány včelím voskem a smolou. Vyhlazený povrch modelu, který byl potřén smolným nátěrem a byl krátce pálen, tak jako ostatní v klenuté peci, dosáhl matného černého lesku. V případě, kdy na vyhlazený povrch byla nejdříve nanášena vrstvička smoly a poté vosk, dosáhl povrch po vypálení vysoký lesk a částečně ztmavnul. Předpokládaného výsledku dosaženo nebylo. Další experimenty pokračovaly dvěma směry. Jednak byla na přirozený, jemně modelovaný povrch nanášena zvláštní úpravová vrstvička a jednak byly do keramického těsta přidávány různé přísady. U modelu pohárku byl přidán do keramické směsi tuk. Tvářecí vlastnosti spraše se tím poněkud zhoršily. Zaslý povrch pohárku byl vyleštěn. Po náležitém vyschnutí byl společně s ostatními modely vypalován v redukčním prostředí za omezeného přístupu vzduchu do topeniště. K vypalování bylo použito vlhkého dřeva z dubu, švestky a černého bezu. Spalovány byly také kosti se zbytkem tuku. Po výpalu vykazuje jednotný černý povrch s vyšším leskem.

K výrobě dalšího modelu pohárku bylo použito spraše, do které byla přidána při úpravě keramického těsta jemně mletá smola a tuha. Vytvářecí vlastnosti se podstatně nezměnily. Povrch byl vyleštěn kostěným nástrojem. Model pohárku má na povrchu po výpalu jemné póry vzniklé vytavením smoly. Jinak je povrch lesklý, černý (tab. XIX: 1). U dalšího modelu pohárku vytvá-

řeného ze spraše, byla do syrového povrchu stěny zatřena jemná přírodní směs grafitu a zeminy z lokality Kdousov (okr. Třebíč). Po 24 hodinách byl povrch vyhlazen kostěnou stěrkou, na kterou bylo působeno větším tlakem. Po výpalu má model pohárku jednotný černý povrch matného lesku. K poškození úpravové vrstvičky nedošlo. Stejným způsobem byl zhotoven a vypálen i další model pohárku, který povrchovou vrstvičku částečně nepřijal. U jednoho pohárku nebylo použito žádných přísad do spraše, ani povrchové vrstvičky. Po částečném vyschnutí byl pouze vyleštěn kamenným a kostěným nástrojem. Po redukčním výpalu s ostatními zkušebními pohárky měl jednotnou černou barvu povrchu a zachoval si lesk (tab. XIX: 2). Tvrdost stěny po jednotném redukčním výpalu odpovídá u všech uvedených modelů kódovému č. 3—4.

Doba výpalu: 4 hodiny

Použité palivo: dub, švestka, černý bez, kosti s tukem

Spotřeba paliva: 35 kg

Maximální teplota: 450 °C.

Dalšími pokusy jsem ověřoval možnost získat jedním výpalem výrobky rázu tzv. terry sigillaty a nepravé terry nigry, a to případně i na jednom modelu. Z uvedeného důvodu jsem na povrch misky vyrobené ze vzorku spraše nanесl vně červené barvivo (hematit). Vnitřní stěna byla za syrova natřena roztokem tuhy s mlékem a po 20 hodinách pečlivě vyhlazena kostěným nástrojem. Nátěr a jeho vyleštění bylo znovu zopakováno. Po vypálení při teplotě 550 °C byla vnitřní tuhová vrstvička zničena. Vnitřní povrch jsem tedy následně opatřil smolným nátěrem. Z vnějšku má miska zachovalou červenou barvu i částečný lesk. Při podrobnějším pozorování lze zjistit pukliny nátěru, který se však nestírá (tab. XIX: 3). Další exemplářem byla miska, která měla vnitřní povrch opatřen za syrova nátěrem směsi tuhy a jemné hlíny. Byla řádně vyhlazena a opětovně opatřena dalším vyhlazeným nátěrem. Vypalována byla čtyři hodiny teplotami 670—700 °C, přičemž asi jednu a půl hodiny bylo prostředí v klenuté peci redukčnioxidační. Po vypálení se uvnitř zachoval částečný lesk a tuha se otírá jen mírně. Mohu proto říci, že pokusy s vytvořením tzv. terry sigillaty a nepravé terry nigry na jednom modelu a vedené tímto směrem nebyly uspokojivé.

Na základě pozorování fragmentů tzv. terry sigillaty a nepravé terry nigry z hradiska u Kramolína (okr. Třebíč) jsem zjistil následující poznatky: pokud má výrobek sigilátového charakteru upravovaný povrch vně i uvnitř, je celý lom světlóčerveně vypálený, což svědčí o oxidačním prostředí. Při méně dokonalých podmínkách vypalování je jádro střepu šedavé (karbonizující). Vyskytují se též případy, že keramika má pouze vnější povrch sigilátový. V tom případě lze na lomu pozorovat od vnějšího povrchu směrem dovnitř pozvolný přechod od jasně červeného zbarvení až po hnědočerné redukční zbarvení. U nepravé terry nigry je celý lom zbarven do hnědočerného odstínu, přičemž u povrchu je nejtmavší. Makroskopicky bylo zjištěno, že vytvářecí směs u obou druhů zboží byla stejná.

V dalších experimentech, již mimo rámec diplomové práce jsem využil všech dříve uvedených zjištění, totiž že sigilátového charakteru docílíme výpalem v oxidačním prostředí a charakteru nepravé terry nigry v redukčním vypalovacím prostředí. Předpokládal jsem, že dvojího zbarvení povrchu vně a uvnitř nádoby dosáhli neolitické hrnčíři jedním výpalem. Byl-li redukční,

nebylo možné při něm docílit tzv. *terru sigillatu*. Možné však bylo vytvořit v oxidačním prostředí pece místně redukční. Pokud tedy má mít replika vnější povrch sigilátový a vnitřní rázu nepravé *terry nigry*, potom musí být prostředí okolo nádoby oxidační, ale uvnitř nádoby redukční. Navodit tyto podmínky bylo technicky nenáročné. Do vypalovaného keramického modelu jsem nasypal látku, která bránila oxidačnímu výpalu. Po celé sérii pokusů se směsami různých látek byl nejvhodnější popel se zbytky dřevěných uhlíků. Účinek se zvýrazní, když do popele přidáme menší část kosti s organickými zbytky. Popel musí být v nádobě upěchován, aby se zabránilo oxidačnímu výpalu. Při vypalování získává vnější stěna nádoby vlastnosti dané oxidačním výpalem, avšak ve směsi popele a dřevěných uhlíků dochází k vyhořívání za nepřístupu vzduchu a střep zevnitř karbonizuje. Uvedený výsledek odpovídá pravěkým předlohám. Totéž je patrné na lomu keramiky. Při tomto experimentu jsem použil i jiné kombinace. Do větší nádoby s popelem a uhlíky vložíme menší repliku tak, aby její vnější stěna byla zakryta popelem. Vnitřek nádoby je však vystaven oxidačnímu prostředí pece. Po ukončení výpalu má replika o větších rozměrech vnější stěnu sigilátovou a vnitřní s vlastnostmi nepravé *terry nigry*, kdežto u menší repliky je tomu právě naopak.

Z dosavadních zkušeností předpokládám, že výrobní technologie tzv. *terry sigillaty* a nepravé *terry nigry* může mít více variant. K dalším důležitým činitelům v rekonstrukci technologického postupu výroby neolitické keramiky patří zejména volba vhodného keramického materiálu, povrchová úprava, dokonalé vypalovací zařízení a v neposlední řadě mistrné ovládnutí ohně.

К ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НЕОЛИТИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

Настоящая статья является частью дипломной работы автора, названной „Технология неолитической керамики I, II (Брю, 1979). Внимание направлено на самую важную отрасль, которая касается непосредственно реконструкции процесса обжига неолитической керамики. Составной частью статьи является описание хода собственных экспериментов построения отдельных типов устройств для обжига, применяемых в доисторическое время, и их функций. Далее здесь описывается экспериментальная реконструкция технологии производства неолитических артефактов, которые известны в литературе как *terra sigillata* и *terra nigra* (в рамках культуры с моравской расписной керамикой); в этом направлении изучения эксперимента автор достиг очень хороших результатов.

Перевел А. Бранднер

ZUR PRODUKTIONSTECHNOLOGIE DER NEOLITHISCHEN KERAMIK

Der Artikel ist ein Auszug aus der Diplomarbeit des Verfassers „Technologie der neolithischen Keramik I, II“ (Brno, 1979). Die Aufmerksamkeit konzentriert sich hier auf den wichtigsten Abschnitt, der unmittelbar die Rekonstruktion des Prozesses der Ausbrennung der neolithischen Keramik betrifft. Ein Bestandteil des Beitrages ist die Beschreibung des Verlaufs der eigentlichen Experimente, die den Aufbau einzelner in der Urzeit verwendeten Typen von Ausbrennungseinrichtungen und deren Funktion zum Gegenstand hatten. Es wird auch die experimentelle Rekonstruktion des technologischen Vorganges der Herstellung neolithischer keramischer Artefakten beschrieben, die in der Literatur als unechte terra sigillata und terra nigra (im Rahmen der Kultur mit mährischer bemalter Keramik) bezeichnet werden; in diesem Experimentalbereich erzielte der Verfasser sehr gut Ergebnisse.

Übersetzt von O. Hájek