

EXPERIMENTE DE ARDERE A CERAMICII ÎN CUPTOARE DE TIP ARHAIC

Dan ANGHEL*

Importanța evoluției instalațiilor de ars ceramica rezultă din posibilitatea de control direct asupra focului, a condițiilor gazoase din interior și manipularea lor conștientă pentru obținerea produsului dorit¹. Cuptoarele prezintă o serie de avantaje spre deosebire de vatra simplă, concretizate prin reducerea efectelor condițiilor atmosferice, posibilitatea obținerii unei temperaturi înalte și menținerea ei o perioadă mai lungă de timp, urmată de o răcire lentă, care are ca rezultat o mărire a calității ceramicii². Controlul arderii, respectiv al condițiilor gazoase din interiorul instalațiilor de ardere a ceramicii, au fost de multe ori supuse hazardului. Acest fapt este evident din studiul ceramicii descoperite în diverse situri arheologice, ilustrată prin vase sau fragmente ceramice, care prezintă nuanțe variate de la negru, brun, până la roșu, identificând prezența unei mixturi de gaze, atmosfera de ardere având atât un caracter oxidant, cât și reducător³.

Un pas important în evoluția meșteșugului ceramic îl constituie momentul când olarii au observat că, în funcție de modul cum se conduce o ardere, vasele obținute pot avea nuanțe diferite⁴, prin aceasta realizându-se cele două tipuri de ardere (oxidantă și reducătoare), care au ca finalitate doar un aspect diferit al vaselor, fără afectarea calității acestora.

Primele instalații pentru ars ceramica având caracteristicile unui cuptor, camera de ardere a vaselor și vatră, sunt atestate începând cu neoliticul timpuriu și mijlociu, în Oltenia și centrul Transilvaniei⁵. Aceste tipuri de cuptoare se individualizează față de tipul primitiv, care consta dintr-o simplă groapă săpată în pământ, prin faptul că se încearcă o separare a camerei de ardere a vaselor de vatră, prin amplasarea celei din urmă lateral față de incinta în care sunt așezate vasele destinate arderii. Prin aceasta, se

* Muzeul Național al Unirii Alba Iulia; e-mail: dnanghel@yahoo.com.

¹ Anghel 1999, p. 167.

² Ellis 1984, p. 130.

³ Camps 1982, p. 172.

⁴ Ellis 1984, p. 157.

⁵ Nica 1978, p. 18; Comșa 1981, p. 228.

permite atât controlul creșterii graduale a temperaturii, cât și influențarea gazelor de ardere din interior⁶.

Din diferite studii etnografice este cunoscută utilizarea acestui tip de cuptoare până în epoca modernă, ele fiind folosite, în special, pentru producerea ceramicii negre, obținută în urma unei arderi reducătoare⁷. Spre deosebire de ceramica tradițională, în cadrul culturilor neolitice și eneolitice, care au cunoscut și utilizat acest tip de cuptor, ceramica produsă necesita o ardere oxidantă, în vederea menținerii culorii pigmentilor, în special a angobelor de culoare roșie, bogate în oxizi de fier care le decorau⁸. Acest aspect denotă posibilitatea manipulării arderii în așa fel încât, în același tip de instalație se putea obține atât o ardere reducătoare, cât și una oxidantă.

În cadrul unui experiment realizat în anul 1998 la Șeușa-*La Cărarea Morii* (jud. Alba) - în timpul unei campanii arheologice - s-a reușit realizarea unei arderi reducătoare într-un cuptor de mici dimensiuni săpat într-un mal lutos, iar temperatura obținută a fost situată în intervalul 550-600°C⁹.

Cu ocazia organizării „Festivalului Cetăților Dacice” de la Cricău (jud. Alba), în anii 2008 și 2009, am fost solicitați să realizăm două reconstituiri de cuptoare pentru arderea ceramicii, iar pentru veridicitate am hotărât ca acestea să fie funcționale, în ele urmând să ardem vase confecționate special în acest scop.

Obiectivul principal al reconstituirii realizate în anul 2008 a fost repetarea experimentului de la Șeușa, respectiv obținerea unei ceramicii arse reducător, dar într-o incintă mult mai mare, construită din lut amestecat cu nisip¹⁰. Nu am utilizat lut amestecat cu paie tocate, rețetar folosit pentru majoritatea instalațiilor de ardere cunoscute în urma descoperirilor arheologice¹¹, deoarece am avut la dispoziție amestecul de lut – nisip, furnizat de o firmă producătoare de cărămizi, care prin proprietățile specifice (plasticitate, contragere moderată la uscare și ardere datorată degresantului) se potrivea scopului experimentului nostru.

Vasele au fost confecționate prin modelare directă cu mâna, din același tip de lut, dar care în prealabil a fost sitat pentru eliminarea particulelor grosiere de nisip. Modelarea s-a făcut prin tehnica sulurilor și a colacilor suprapuși, fiind urmată de fixarea acestora prin martelare cu o lopățică din lemn, răzuire, lustruire cu piatră de râu și uneori decorare prin

⁶ Comșa 1981, p. 228; Anghel 2000b, p. 172.

⁷ Florescu, Mozes 1967, p. 23.

⁸ Nica 1978, p. 34.

⁹ Anghel 1999, p. 167; Anghel 2003, p. 531.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ Comșa 1976, p. 25.

incizare¹². Din cauza riscului de a se obține un număr mare de rebuturi, experiența noastră fiind relativ redusă în privința controlului arderii, nu s-a investit o cantitate mare de timp pentru finisarea amănunțită a vaselor sau pentru obținerea unor forme elaborate.

Cuptorul a fost ridicat în două zile prin suprapunerea unor cărămizi de diferite dimensiuni, fasonate prin presare cu mâinile pe un suport din lemn, poziționate aproximativ în spirală, urmărindu-se obținerea unei calote semisferice. Cărămizile au fost lipite între ele cu lut, pereții fiind răzuiți și neteziți prin batere cu o paletă din lemn, după care instalația a fost lăsată timp de aproape 2 săptămâni pentru o uscare completă, timp în care au fost realizate unele operații de reparare, respectiv de astupare a crăpăturilor apărute în urma contragerii lutului. Aceeași tehnică de construcție a cuptorului a fost pusă în aplicare în anul următor la Cricău și pentru un cuptor realizat, tot cu rol demonstrativ, în cadrul spațiilor RYMA din complexul fortificației bastionare de la Alba Iulia, care nu a fost utilizat pentru arderea ceramicii, dar a cărui construcție ne-a oferit o serie informații cu privire la durabilitatea în timp a acestor instalații pentru arderea ceramicii¹³.

Dimensiunile instalațiilor au variat foarte puțin: diametrul camerei de ardere la interior 89-90 cm, lățimea maximă la exterior 120-140 cm, lățimea vetrei 35 cm în 2008, și 45 de cm în 2009 (**fig. 1, 4**).

Vasele au fost introduse în cuptor prin deschiderea superioară și au fost poziționate în puncte diferite ale cuptorului, precum și suprapuse unele peste altele (**fig. 2**).

Arderea a fost începută lent, în cuptor fiind introduse lemne subțiri, putregaiuri și coceni de porumb, această primă etapă durând aproximativ 3 ore. Necesitatea creșterii lente a temperaturii în primele momente ale arderii este dictată de procesul fizic de eliminare a apei din compoziția lutului. În primul interval termic cuprins între temperatura ambientală și 100°C se elimină total apa adăugată de olar în compoziția lutului pentru conferirea plasticității necesare modelării, și cea absorbită în mod natural de către lut din mediul ambiant, și se constituie ca o prelungire a procesului de uscare a pieselor. Următorul palier, situat în jurul valorii de 250°C, conduce la eliminarea totală a apei de absorbție și a celei coloidale conținută în mod natural de zăcământul de lut. Aceste două intervale termice au drept

¹² Arnal 1994, p. 25; Anghel 2000a, p. 245; Anghel 2001, p. 350.

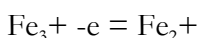
¹³ La construcția ambelor cuptoare de la Cricău, precum și la realizarea vaselor au participat: Sorin Șerban, restaurator în cadrul Muzeului Național al Unirii Alba Iulia, iar la realizarea arderii din anul 2009, Matei Cristian, artist plastic. La ridicarea cuptorului din spațiile RYMA au participat Emanuel Bezerița și Matei Cristian.

consecință o scădere substanțială în volum și o creștere a porozității¹⁴. Ridicarea lentă a temperaturii în aceste două intervale este crucială pentru integritatea vaselor supuse arderii. Evaporarea apei din porii ceramicii duce la apariția unor tensiuni asupra pereților, iar dacă acest proces are loc brusc, tensiunile apărute pot duce la explodarea vaselor în cuptor. În general, majoritatea rebutărilor din cadrul unei șarje de ceramică au loc în acest interval termic, fie prin creșterea bruscă a temperaturii, fie prin atingerea accidentală a vaselor de vârful flăcărilor, mult mai fierbinți. Reglarea intensității flăcării se poate realiza prin modificarea obturării deschiderii superioare (hornul) a cuptorului, parțial acoperit de noi cu ajutorul a două țigle, cuptoarele antice fiind acoperite cu dale din piatră și fragmente de vase.

O etapă importantă pentru rezistența structurală a ceramicii și succesul unei șarje de ardere îl constituie și următorul interval de temperatură 250°-450°C, în care se elimină apa legată chimic, interval care prezintă un punct critic, dificil de controlat, situat între valorile 380°C și 400°C. Acest ultim proces fizic de eliminare a apei este soldat cu o nouă scădere în volum, de până la 14%¹⁵.

Măsurarea temperaturii a fost realizată cu ajutorul unor conuri termosensibile introduse în cuptor prin partea superioară cu ajutorul unei sârme, metodă oarecum nesigură din cauza diferențelor mari de temperatură dintre partea inferioară și cea superioară a camerei de ardere. Principalele repere al încălzirii constau în atingerea pereților cuptorului, la o temperatură în interior de cca. 600°C exteriorul acestuia nemaiputând fi atins cu mâna, iar țiglele care obturează deschiderea încep să capete o culoare roșie, incandescentă. Din acest moment se poate începe etapa finală de ardere care implică alimentarea continuă a cuptorului, astfel încât, datorită tirajului format între vatră și horn, vârful flăcărilor să devină vizibile în partea superioară, iar arderea să fie însoțită de un sunet specific. Această ultimă etapă a fost continuată timp de aproximativ patru ore, după care vatra cuptorului a fost încărcată cu lemn până la refuz și s-au început pregătirile pentru ultima fază a arderii.

Realizarea unei arderi reducătoare este condiționată de proprietățile elementelor cu o capacitate mare de reacție de a fi reduse la trepte inferioare de oxidare, cât și de îmbogățirea în carbon a ceramicii. Cea mai importantă reacție, care identifică caracterul reducător, o constituie modificarea valenței fierului:



¹⁴ Klusch 1981, p. 225.

¹⁵ *Ibidem*, p. 256.

Dislocarea care se produce conduce la o mai mare receptivitate a carbonului elementar și la efectul catalitic al diferiților oxizi metalici asupra masei ceramice a compuşilor cu un conținut de carbon. Legăturile de tipul FeO și Fe₃O₄ se reoxidează foarte repede, în cazul existenței unui curent de oxigen¹⁶. Prin urmare, pentru obținerea unei ceramici arse reducător, cu o culoare uniformă, este absolut necesară evitarea pătrunderii oxigenului în incinta camerei de ardere a vaselor. Trebuie menționat faptul că pe tot intervalul procesului de ardere, oxigenul a fost prezent în interiorul cuptorului, el constituind „motorul” care a întreținut arderea¹⁷.

Îmbogățirea în carbon și limitarea afluxului de oxigen în cuptor se poate realiza doar prin obturarea completă a celor două deschideri care au fost sigilate cu lut umed până când nu mai este vizibil nici un firicel de fum. Blocarea deschiderilor trebuie verificată și în orele următoare, lutul umed tinzând să crape din cauza uscării rapide, lipiturile impunând o serie de reparații.

După aproximativ șase ore cuptorul a fost deschis, îndepărtarea lipiturilor și țiglelor necesitând folosirea unor mănuși de protecție și a unui cârlig din lemn, cuptorul neputând fi încă atins cu mâna goală. Au urmat alte cinci ore până când scăderea suficientă a temperaturii a permis accesul în interiorul camerei de ardere. A putut fi observată o înnegrire completă a pereților cuptorului și apariția unor exfolieri a suprafețelor exterioare ale calotei și vetrei ceramizate pe diferite grosimi.

Analiza ceramicii rezultate ne-a rezervat o serie de surprize. Din numărul de 20 de vase doar unul singur prezenta o crăpătură mediană, dar care putea fi urmarea unui viciu tehnologic la prelucrare (**fig. 3**).

Majoritatea vaselor prezentau o culoare neagră, uniformă, cu excepția celor poziționate în zona diametral opusă vetrei, vase care prezentau nuanțe mai deschise de brun și gri rezultate în urma obținerii unei temperaturi mai scăzute în acest sector al camerei de ardere. Spre surprinderea noastră un vas masiv care fusese poziționat chiar în fața vetrei, prezenta o ardere neuniformă, predominant oxidantă. Acest aspect se datorează, cel mai probabil, prezenței unui curent de oxigen pătruns în cuptor în urma obturării incomplete a deschiderii vetrei cuptorului. În paralel, la o examinare vizuală și acustică acesta pare să fie ars la temperatura cea mai

¹⁶ Werner 1981, p. 72.

¹⁷ În cazul arderii vaselor în cuptor de tip simplu cu monocameră (în groapă) datorită existenței unei singure deschideri pot apărea în anumite zone sectoare unde combustia lemnului duce la epuizarea totală a oxigenului, fără ca acesta să mai poată pătrunde la loc, fiind consumat de arderea combustibilului deșupra vaselor.

înalță obținută în cadrul șarjei, datorită situării lui în imediata apropiere a flăcărilor.

La o analiză vizuală a materialului ceramic și a rezultatelor oferite de conurile termosensibile¹⁸ amplasate în cuptor s-a putut observa faptul că în interiorul camerei de ardere se obțin temperaturi diferite de la o zonă la alta, diferențele putând fi semnificative. Astfel, conurile calibrate la 1000°C amplasate în apropierea vetrei nu au mai putut fi găsite. În schimb cele calibrate la 650°C situate în partea opusă vetrei erau neafectate. Un con calibrat la 800°C amplasat în interiorul unui vas din mijlocul cuptorului s-a topit parțial, fără a se lipi de vas.

În concluzie, temperatura maximă obținută la nivelul ceramicii este situată în jurul valorii de 800°C, iar cea minimă în jurul valorii de 500°C, valori influențate de distanța vaselor față de vatra cuptorului. Cu toate acestea, la un moment dat, temperatura din interiorul camerei de ardere a fost mult mai ridicată, fapt dovedit de topirea conurilor calibrate la 1000°C, dar această valoare nu s-a menținut decât foarte puțin timp.

Studiul ceramicii în spărtură realizat pe un număr de 3 vase arse uniform a identificat o ardere reducătoare uniformă acolo unde ciobul avea o grosime mai mică de 8 mm, în funcție de vas și poziția în care se regăsea în cuptor (distanța față de vatră, așezarea în alt vas, blocarea între mai multe vase etc.). Acolo unde ciobul avea o grosime mai mare, miezul ceramicii prezenta o culoare gri sau brun, dovadă a expunerii la un gradient termic mai scăzut.

Al doilea experiment a fost realizat într-un cuptor similar, căruia i s-a făcut doar o singură modificare, respectiv a fost mărită deschiderea vetrei pentru a putea fi încărcat mai mult lemn, având totodată posibilitatea eliminării produșilor de combustie (cenușă, jar)¹⁹.

Arderea a fost realizată urmând modalitatea de încărcare și timpii utilizați în anul precedent, lipsa rebuturilor fiind o garanție a viabilității parametrilor utilizați, dar a fost utilizată o cantitate ceva mai mare de

¹⁸ Conurile termosensibile se topesc la o anumită temperatură. Topirea lor are loc într-un interval de timp foarte scurt (minute), când ating temperatura pentru care sunt calibrate. Menținerea timp de câteva minute a unei temperaturi înalte nu este suficientă pentru realizarea unor transformări semnificate în procesul de ceramizare al lutului.

¹⁹ În cadrul experimentului realizat la Șeușa, în prima fază, nu am eliminat jarul și cenușa, acestea fiind împinse odată cu lemnele în interiorul camerei de ardere. Prin urmare, vasele au fost izolate de căldura emanată de flacără, iar experimentul a trebuit repetat. În cazul experimentului din 2008 deschiderea îngustă a vetrei a îngreunat eliminarea produșilor de ardere, în paralel cu alimentarea cuptorului pentru menținerea și creșterea temperaturii.

combustibil²⁰. În timpul arderii a avut loc un eveniment nedorit care a constat din prăbușirea unei borduri supraînălțate a hornului în interiorul cuptorului.

După finalizarea arderii, deschiderile cuptorului au fost doar parțial obturate, permițându-se pătrunderea unui curent de oxigen în interiorul incintei de ardere. Prin aceasta s-a realizat, în primul rând, o răcire mai rapidă a instalației, după aproximativ șapte ore putând avea acces la vasele din interior.

Dacă în cadrul șarjei realizate în primul experiment s-a obținut o ardere preponderent reducătoare, în acest caz rezultatele au fost mult mai diverse. Vasele au prezentat nuanțe diferite care variau de la roșu la brun, unele dintre ele având nuanțe caracteristice atât arderii oxidante cât și reducătoare (flecuri). Din cauza prăbușirii bordurii hornului multe dintre vase au fost afectate, astfel că nu putem preciza numărul de rebuturi obținute în timpul arderii (**fig. 5**).

La fel ca în anul precedent, vasele situate în sectorul camerei de ardere diametral opus vetrei și cele poziționate pe fundul camerei de ardere au fost arse la o temperatură mai joasă, având un caracter mai puternic reducător, spre deosebire de cele situate în apropierea vetrei sau în partea superioară a camerei de ardere care au suferit o ardere cu un caracter predominant sau complet oxidant.

Aspectul ceramicii denotă depășirea temperaturii de 800°C în apropierea vetrei și valori tot mai scăzute către partea opusă a cuptorului²¹. Și în acest caz pereții interiori ai cuptorului au fost ceramizați pe diferite grosimi, dar spre deosebire de primul experiment descris nuanțele de roșu indică o atmosferă de ardere oxidantă și o îmbogățire în carbon de mică intensitate (**fig. 6**).

În ambele cazuri, cuptoarele puteau fi refolosite cu foarte puține reparații și este posibil ca la o repetare a arderii în același cuptor, temperatura care se poate obține utilizând aceeași cantitate de combustibil să fie mult superioară, o mare parte din căldura emisă prin arderea lemnului fiind consumată de pereții cuptorului.

Din păcate, nu am putut reutiliza cuptoarele, acestea fiind dărmate imediat după încheierea festivalului, dar, în urma ridicării unui alt cuptor,

²⁰ Cantitatea de lemne nu o putem preciza în metri cubi, dar volumul lor era aproximativ egal cu dublul dimensiunii cuptorului în cadrul celui de-al doilea experiment și ceva mai mic la primul experiment.

²¹ Pentru acest experiment nu am dispus de conuri termosensibile sau alte metode de controlare a temperaturii din interior, estimările temperaturii obținute fiind realizate prin comparație cu eșantioane de ceramică produsă din același tip de lut și arsă controlat în cuptor de calcinare.

amintit mai sus, s-a observat că astfel de instalații rezista 6-7 luni, supuse intemperțiilor, fără a necesita reparații majore.

Principala concluzie a celor două experimente constă în faptul că în cuptoarele de tip arhaic cu organizare orizontală, unde vatra este doar o prelungire a camerei de ardere, se poate obține atât o ardere a vaselor în atmosferă oxidantă, cât și în atmosferă reducătoare. În privința controlului condițiilor gazelor de ardere, este mult mai ușor de obținut o șarjă arsă uniform în atmosferă reducătoare decât în atmosferă oxidantă, datorită tirajului neuniform de oxigen între cele două deschideri ale cuptorului.

Ambele experimente au identificat diferențe mari ale temperaturii obținute în diferite zone ale camerei de ardere, dar și posibilitatea controlării arderii doar prin semnele exterioare oferite de cuptor, acestea fiind și singurele metode utilizate de către olari timp de milenii.

Sperăm ca pe viitor noi experimente de acest gen, realizate cu un control mai strict al parametrilor obținuți, să ofere informații suplimentare cu privire la această etapă nodală a meșteșugului și artei ceramice.

Pottery Firing Experiments in Archaic Type Kilns

(Abstract)

Upon the Dacian Fortresses Festival at Cricău (Alba County) in 2008 and 2009 we were commissioned to reconstruct two pottery kilns and, for the sake of authenticity, we decided to make them fully functional and fire actual pots.

To this purpose, we selected a simple kiln of archaic type distinguished through its horizontal layout with the hearth lying next to the firing chamber. Kilns of this type were in use starting with the Neolithic until well into the second half of the past century, as attested by archeological discoveries and ethnographic studies.

The kilns were made from clay mixed with sand and manually shaped vessels were placed inside. The first experiment set out to achieve a reducing atmosphere by closing off all openings. The resulting vessels presented a uniform reducing firing achieved at 800°C, but there were also some fired at much lower temperatures.

On the second experiment, the kiln openings were not shut when the fire ended, the resulting vessels attaining various shades which is characteristic of reducing and oxidizing firing atmosphere. What we could also notice was the unevenness of the temperature which had direct impact on the quality of the fired vessels.

The experiments proved that the firing can be controlled to obtain quite varied pottery by following a series of indicators related to certain kiln components.

Explanation of figures

Fig. 1. The kiln and pots prior to firing (Experiment 1).

Fig. 2. The vessels as they lay in the kiln (Experiment 1).

Fig. 3. The vessels fired under reducing atmosphere (Experiment 1).

Fig. 4. The kiln in the first firing stages (Experiment 2).

Fig. 5. The vessels upon kiln opening (Experiment 2).

Fig. 6. The kiln and vessels after firing (Experiment 2).

Abrevieri bibliografice

- Anghel 1999 - D. Anghel, *Experiment privind realizarea unei arderi reducătoare*, în *BCȘS*, 5, 1999, p. 167-173.
- Anghel 2000a - D. Anghel, *Considerații privind metodele de confecționare și utilitatea ceramicii grafitate din epoca Latène*, în *Corviniana*, V, 2000, p. 244-248.
- Anghel 2000b - D. Anghel, *Influența condițiilor de ardere asupra ceramicii*, în *BCȘS*, 6, 2000, p. 171-173.
- Anghel 2001 - D. Anghel, *O încercare de reconstituire a metodelor de modelare a unui vas neolitic*, în *Corviniana*, VI, 2001, p. 347-355.
- Anghel 2003 - D. Anghel, *Contribuții experimentale cu privire la metodele de utilizare a diferitelor tipuri de instalații neo-eneolitice pentru arderea ceramicii*, în *Apulum*, XL, 2003, p. 523-533.
- Arnal 1994 - B. Arnal, *La céramique préistorique*, în *Arheologia*, nr. 119, 1994, p. 21-27.
- Camps 1982 - G. Camps, *Manuell de recherche préistorique*, Paris, 1982.
- Comșa 1976 - E. Comșa, *Caracteristicile și însemnătatea cuptoarelor de ars oale din aria culturii Cucuteni-Ariușd*, în *SCIVA*, 27, 1976, 1, p. 23-31.
- Comșa 1981 - E. Comșa, *Considerații cu privire la cuptoarele de olărie din epoca neolitică de pe teritoriul României*, în *SCICPR*, 1, 1981, p. 227-231.
- Ellis 1984 - L. Ellis, *The Cucuteni-Tripolye Culture, a Study in Technology and the Origins of Complex Society*, BAR. International series, 217, Oxford, 1984.
- Florescu, Mozes 1967 - F. B. Florescu, T. Mozes, *Arta populară în regiunea Crișana*, Oradea, 1967.
- Klusch 1981 - H. Klutsch, *Considerații critice pe marginea necesității respectării tehnologiei tradiționale în producția ceramicii populare*, în *SCICPR*, 1, 1981, p. 255-261.
- Nica 1978 - M. Nica, *Cuptoare de olărie din epoca neolitică descoperite în Oltenia*, în *Drobeta*, III, 1978, p. 18-29.
- Werner 1981 - E. Werner, *Contribuții privind formarea structurii pigmentilor de colorație neagră la ceramica smălțuită*, în *Ceramica Neagră*, Sibiu, 1981, p. 71-81.

Cuvinte cheie: arheologie experimentală, cuptoare arhaice, metode de ardere a ceramicii.

Keywords: experimental archaeology, archaic kilns, pottery burning techniques.



Fig. 1. Cuptorul și vasele înainte de realizarea arderii (Experiment I)



Fig. 2. Așezarea vaselor în cuptor (Experiment I)



Fig. 3. Vasele arse în atmosferă reducătoare (Experiment I)



Fig. 4. Cuptorul în primele etape ale arderii (Experiment II)



Fig. 5. Vasele după deschiderea cuptorului (Experiment II)



Fig. 6. Cuptorul și vasele după ardere (Experiment II)