

HOGYAN LEHET – EGYÉBKÉNT VÖRÖSRE ÉGŐ – AGYAGOT MINÉL FEHÉREBBRE ÉGETNI? ÉGETÉSTECHNOLÓGIAI VIZSGÁLAT TESZTELÉSE KORA ÚJKORI KERÁMIÁKON

VÉNINGER PÉTER*

Absztrakt: Egy ma már ismeretlen kerámiaégetési módszer technológiáját próbáltam rekonstruálni. Valaha a fazekasok egy része képes volt arra, hogy fehér kerámiát készítsen olyan agyagból, amelynek magas vas-oxid tartalma van. A módszer lényege, hogy az égetés során kétféle színt hoznak létre úgy, hogy ezek keveréke együtt a lehető legvilágosabb legyen. A cikk folytatásában a fehérre égetett, engóbbal, mázzal díszített kerámiák készítéséről lesz majd szó.

Kulcsszavak: kísérleti régészet, kerámiatechnológia, égetés, fehér kerámia

BEVEZETÉS

A régészek és a fazekasok számára egyaránt közzismert, hogy vas-oxidot nem tartalmazó agyagok fehér színűek lesznek égetés után, a vas-oxidot tartalmazó agyagok pedig vörösre égethetőek. Fontos leszögezni, hogy nem a fehérre égő agyagokból készült (pl. budai típusú) edények égetéséről szól a cikk.

Igencsak szokatlan gondolat, hogy vas-oxidot tartalmazó (vörösre égethető) agyag valamilyen módon majdnem fehérre¹ égethető. Mivel vas-oxid tartalmú agyagot nem lehet valódi fehér színűre égetni, ezért bizonyára fehérhez közeli szín létrehozása is lehetetlen. Ezzel szemben a középkor-

ban és kora újkorban készült fehér színű kerámiák egy része – amelyek nem tiszta fehérek, de igen világos színűek – mégis ilyen. Ezek készítése során alkalmaztak valamiféle égetéshez kapcsolódó eljárást, amelynek eredményeként a kész kerámia színe meglehetősen világos tónusúvá vált. De vajon hogyan érhetjük el azt, hogy minél világosabb színű legyen a kerámia? Hogyan vizsgálhatjuk a leleteken az égetés módját?

A célom az, hogy lehetőleg minden olyan információhoz hozzájussak, amelyek segítségével valóban elkészíthetőek a korabeliekkel a lehető legnagyobb mértékben egyező színű edények.

* mutargymasolatok@gmail.com

¹ Kerámiában a fehér szín tágan értelmezendő. A halványsárgás, rózsaszínes és a világosszürke színek is ide értendők. A vörösre, sárgára, barnára, szürkére, feketére égetett kerámiák mellett ezek is fehérnek hatottak régen. Ma ugyan-olyan tágan használjuk kerámiák esetében a vörös színt is: vörös szín alatt narancsos, rózsaszínes kerámiákat ugyanúgy értünk, mint valódi piros és vörös, söt barnászörös kerámiákat. Sőt a középkori fehér kerámiák narancssárga színű fes-tékének is vörös festés a hivatalos neve. A világosra égetett kerámia soha nem lesz valódi „tisztá” fehér, az igazán fehér színű kerámiák mindig fehérre égő agyagból készülnek.

Ha a modern színnevekhez ragaszkodunk, akkor valójában nincs fehérre, vagy csak halvány színűre égetett kerámia. Ebben az esetben kissé körülményes lenne körülírni az égetési módszert, aminek segítségével ilyen kerámiákat égettek, hiszen színenként kellene definiálni. A fehér szín tágabban vett használata melletti érv, hogy a középkori fehér (budai típusú) és a halványsárgás, rózsaszínes, szürkés kerámiák egymástól való megkülönböztetése modern kategória. A továbbiakban leírt színek rendszerint a kiégetett kerámiákra vonatkoznak. Ha ettől eltérnek, akkor ezt külön jelzem.

KUTATÁSTÖRTÉNET

Szerencsés helyzetnek tekinthető, hogy a régészet és a kerámiatechnológia szakirodalmában egyaránt segítségünkre lehet a kerámiák minél fehérebbre történő égetésének vizsgálatában.

Az Árpád-kortól a 19. századig készült, valódi fehér színű és világos színű kerámiákról szóló szakirodalomban az égetési módról kevés szó esik. A fehérre és világosra égetett kerámiákkal sokan foglalkoztak régészeti szempontból, és néhányan az anyagvizsgálat oldaláról is.²

A fehér és nem tiszta fehér kerámiákat már Holl Imre megkülönböztette. Henszelmann Imre szilikátipari vegyészmérnök kísérleteinek köszönhetően³ ismertté vált, hogy létezik egy olyan égetési mód, amelynek során – egy egyébként nem fehérre, csak világosra égő agyagot – lehetséges közel fehérre égetni. A Bajna-Csimán egy 15–16. századi kemencében talált, félkész kerámiát Henszelmann Imre elektromos kemencében különböző hőmérsékleten (980–1255°C-on) égette. A kísérletet Vágner Zsolt régész kérésére végezte; a célja az volt, hogy az ásatáson talált kiégetett kerámiák színével összehasonlítva az edények égetési hőmérsékletét meghatározza. A kísérlet ebből a szempontból nem volt sikeres, mert egyik minta sem lett olyan színű, mint a Bajna-Csima lelőhely fazekasműhelyeiben készült kerámiák. Az agyagok piszkosfehér helyett rózsaszínűre égtek, bár az égetési hőmérséklet emelésével egyre halványabb színűek lettek. Az eredmény alapján Henszelmann arra következtetett, hogy valamiféle redukációs hatásra is szükség volt a piszkosfehér szín eléréséhez. Optikai fehéritésnek⁴ lehet tekinteni azt, hogy az oxidáló és redukáló égetési szakaszok váltják egymást. Az égetési hőmérséklet meghatározási kísérlete nem sikerült ugyan a színek összehasonlításával, csak

a leletek és a kísérleti minták vízfelvétele alapján, de az égetésre vonatkozó információk igen fontosak.

Szilágyi Veronika a cikkében⁵ különböző lelőhelyű 12–14. századi fehér kerámiákat vizsgált és bontott csoportokra geológiai módszerek (vékonycsiszolat és röntgen pordiffrakció) segítségével. A fehér égetés szempontjából fontos megállapítása, hogy a szöveti szerkezet annyira eltérő, hogy a sárgásfehér, szürkésfehér és fehér színű kerámia-csoport jól elkülöníthető egymástól. A szerző arra következtetett, hogy „*a fazekasok tudatosan törekedtek az egyre világosabb szín elérésére*”.

A hazai kerámiatechnológiai szakirodalom a kerámiák égetési technológiájának kémiai reakcióit és a színek kialakulását, valamint az elektromos kemencében történő reakciókat vizsgálta részletesebben.⁶ Duma György cikkei a fekete kerámiák égetését elsősorban a szénkiválás szempontjából tárgyalták.⁷ Azonban a kerámiák világos színűre égetéséről ennél sokkal kevesebb szó esik.

Az eddigi kutatás alapján azt tudjuk, hogy vannak valódi fehér (pl. budai típusú) kerámiák, amelyek fehérre égő (vasmentes vagy igen kis vas-oxid tartalmú) agyagból készültek, és vannak olyan kerámiák, amelyek az égetéssel összefüggő „optikai fehérités” következtében világosabb színűek lettek, mint amilyenek egyébként a ma ismert égetési módokkal lennének. Pillanatnyilag nem áll rendelkezésünkre több technológiai információ az égetésről. Ezért úgy tűnik, hogy egy ma ismeretlen égetési módszert kell rekonstruálni a rendelkezésre álló adatok és leletek segítségével.

Henszelmann Imre égetési kísérletéből azt is megtudhatjuk, hogy az égetés során oxidáló és redukáló szakasz (ebben a sorrendben) váltja egy-

² A fehér kerámiák kutatástörténetét összefoglalta SZILÁGYI ET AL. 2010.

³ Az itt következő információk Vágner Zsolttól és a vizsgálatot végző Henszelmann Imrétől származnak, illetve VÁGNER 2002, 333.

⁴ Az elnevezés Henszelmann Imre szóbeli közlése. Az optikai fehérités lényege, hogy két szín együtt világosabbnak hat, mint a két szín közül bármelyik önmagában. A hétköznapi életben a legismertebb példa az optikai fehéritésre a mosóporokban levő kék festék, amely hatására a kissé sárga színűvé vált textil fehérebbnek tűnik.

⁵ SZILÁGYI ET AL. 2010, 164.

⁶ A kerámiatechnológiai könyvek rendszerint csak a kemencetípusokat, az égetési segédeszközöket és az égetési hibákat írják le. Sok könyv egyáltalán nem foglalkozik az égetés technológiájával. Ebben a témában legnagyobb tapasztalattal azok a fazekasok rendelkeznek, akik fatüzelésű kemencében égetnek. Égetés közben történő fizikai- és kémiai folyamatokról is kevesen írnak. A főbb folyamatokat ld. CSUPOR 1992; részletesebben SCHILLING 1988.

⁷ DUMA 1961; DUMA 1962; DUMA 1962a; DUMA 1963.

mást. De ezek a részletek nem elegendőek, hogy megkapjuk a választ arra, hogy hogyan is dolgoz-

tak a korabeli fazekasok, amikor minél világosabb színűre akarták égetni a kerámiákat.⁸

A MŰSZERES ANYAGVIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEK

A szakirodalomban közölt információk kiegészítésére kézenfekvő gondolat, hogy vizsgáljunk meg régészeti leleteket különböző anyagvizsgálati módszerekkel. Milyen módon lehet vizsgálni azt, hogy hogyan égettek a középkorban? Tudomásom szerint kifejezetten a kerámiák égetésmódjának (technológiájának) vizsgálatára vonatkozóan nincsen anyagvizsgálat. Vannak vizsgálatok, amelyekkel bizonyos égetéssel összefüggő információkat kaphatunk, pl. a kerámia szövetszerkezetéről, pólusairól, a kristályos és olvadékfázis arányairól, illetve a kristályos fázis és a soványító anyagok ásványi összetételéről. Ezek azonban közvetett információk, amelyek valójában azt mutatják, hogy a kerámia milyen módon változott az égetés hatására. Ezekből a vizsgálatokból nagyon kevés olyan információt kaphatunk, amelyeknek segítségével gyakorlatban rekonstruálni lehetséges az égetés technológiáját.

A vasmentes agyagok fehérre égneek, és ezek vizsgálatával nincsen probléma. De a kevés vasat tartalmazó agyagok esetében az anyagvizsgálatok már csak igen szerény segítséget tudnak nyújtani. A

kevés vas-oxidot tartalmazó agyagok egy része fehér, más része rózsaszín, egy harmadik csoportja pedig sárga színű lesz égetés⁹ után. Ezért a kerámiában levő vas-oxid mennyisége önmagában nem ad elegendő információt az égetéssel kialakítható színekre vonatkozóan. A fehérre és sárgára¹⁰ égő agyagok nem különböztethetők meg sem elektronsugaras mikroanalízissel, sem röntgen diffrakcióval, sem röntgen fluoreszcens vizsgálattal. A színbeli eltérés alapján mindenképpen kémiai különbség kell, hogy legyen közöttük. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy ugyanolyan színű kerámiák előállíthatóak egészen különböző készítestechnológiával: a kerámia sárga színét okozhatja különleges alapanyag, illetve különleges égetési technológia egyaránt. Hogy a kettő közül melyik, azt sajnos nem tudják megmondani a vizsgálatok.¹¹ Ezek a példák azt mutatják, hogy az anyagvizsgálatok leginkább akkor eredményesek, ha a kísérleti régészet módszereivel együtt alkalmazzuk. Az égetéstechnológia vizsgálatának pontos ismertetése előtt azonban fontos az égetéstechnológia és a színek összefüggéséről néhány szót ejteni.

KÉSZÍTÉSTECHNOLÓGIAI INFORMÁCIÓK

Ebben a részben szeretném összefoglalni azokat a kerámiaégetéshez kapcsolódó információkat, amelyek a fazekasok számára elérhetők.¹² Ahhoz, hogy megértsük azt, hogy hogyan égethettek kerámiákat minél világosabbra, szüksé-

ges, hogy néhány fontos technológiai részletről bővebben essen szó. Ezek a következők: (1) a kerámiaégetés atmoszférája és a kerámia színe közötti összefüggés; (2) mitől függ a kerámiák színének kialakulása és változása égetés köz-

⁸ A sárga, barna, szürke és fekete kerámiák égetésénél is rendszerint először oxidáló, majd a szín létrehozása során, a szín létrehozásához szükséges mértékben redukáló atmoszférában égetünk.

⁹ Oxidáló, vagyis vörös égetés során.

¹⁰ A sárga színű égetésnek van kapcsolata a fehér égetéssel. A későbbiekben erről még lesz szó.

¹¹ A szerző kérésére az Arad közelében levő Dud faluból származó, sárgára égő agyagot és ebből égetett kerámiát vizsgált meg egymástól függetlenül Dr. Tóth Mária az MTA Geokémiai Kutatóintézet geokémikusa és a Veszprémi Egyetem egyik szilikátmérnök hallgatója, Eniszné Dr. Bódog Margit szilikátmérnök vezetésével. A vizsgálatok célja az volt, hogy megállapítsák, hogy milyen anyag hozza létre a sárga színt. Röntgen pordiffrakcióval, röntgen fluoreszcens vizsgálattal és elektronsugaras mikroanalízissel vizsgálták a mintákat. A vizsgálatok alapján a sárgára égő agyag olyan, mint egy igen kevés vas-oxidot tartalmazó, mészsmentes, fehérre égő agyag. Sajnos nem sikerült egyelőre közelebb jutni ahhoz, hogy miért ég egy agyag sárga színűre.

¹² Ezek egy része gyakorlati tapasztalat, amelyeket fatüzelésű kemencében égető fazekasokkal beszélgetve tanultam. Az itt leírtak egy részét nem találtam meg kerámiatechnológiai könyvekben.

ben; (3) az égetés közben létrejövő színek egymásba átalakíthatósága.

Bármely kerámiának a színét két összetevő határozza meg: a kémiai összetétel (pl. a vörös színű kerámiákban a vas-oxid jelenléte, a fehérekben ennek hiánya), illetve az égetés módja (pl. a sűrűke színű kerámiák égetése). A kémiai összetétel jól vizsgálható, az égetés módja kevésbé.

Azt gondolom, hogy fehér égetés szempontjából az agyagok egy konkrét csoportjára érdemes koncentrálni, ez pedig a Kárpát-medencében gyakori, felszín közeli fazekasagyag.¹³ Ezek nagy részének közös jellemzője, hogy vas-oxid tartalmú, meszes agyagok. Ez azt jelenti, hogy ezekből vörös, sárga, barna, szürke és fekete színű kerámia égethető fatüzelésű kemencében. Az ilyen agyagok elektromos kemencében vörös színűre égnek.¹⁴

Ugyanakkor az égetés atmoszférájára¹⁵ rendszerint két (ritkábban három) jellemzőt szokás említeni: az oxidáló és redukáló atmoszférát. A kerámiatechnológia irodalma használja a semleges atmoszférát is esetenként.¹⁶

A redukáló atmoszférájú égetés nem egységes csoport, mert az atmoszféra összetétele eltérő.¹⁷ Az égetés közben létrehozott színek létrejötte, az égetési atmoszféra és a hőmérséklet között összefüggés van. Sajnos a kerámiatechnológia szakirodalmában nincs teljes egyetértés, hogy milyen színű kerámiát milyen atmoszférájú égetéshez sorolnak.¹⁸ Ennél nagyobb probléma, hogy nagyon

kevés könyv ír ezekről az összefüggésekről. Mégis a gyakorlati tapasztalatokkal együtt igen tömören összevetve a következő kép körvonalazódik:

A kerámiák vörös színe oxidáló atmoszférában alakul ki, ami azt jelenti, hogy az égető térben jelen van oxigén, ezért a legtöbb színezőanyag a legmagasabb oxidációs számig feloxidálódik. A sárga szín kapcsán eltérő véleményekkel találkozhatunk. Egyes szerzők szerint oxidáló, mások szerint redukáló atmoszféra eredménye a sárga szín. A szürke és fekete szín létrejöttét illetően egyértelműen erősen redukáló atmoszféráról írnak, míg a barna szín kialakulásáról nem találtam információt.

A fekete színű kerámiák égetését igen jól összefoglalta Masek Zsófia: „Az égés során a szénkiválasztási folyamat a gáz és a szilárd anyag részecskéinek határfelületén zajlik. A reakció lezajlásához katalizátor szükséges, amelynek szerepét az adalékanyagok hozzáadása nélküli kerámiák esetében az égés során keletkezett, majd folyamatosan felbomló cementit (Fe_3O_4) látja el. A cementit képződésének mértéke erősen függ az agyag ásványi anyagösszetételétől, elsősorban vastartalmától.”¹⁹

A színek és az égetési hőmérséklet kapcsán annyit tudtam meg, hogy bizonyos színek adott hőmérsékleten, pontosabban hőmérsékleti tartományban alakulnak ki. Az égetés során a maximális hőmérséklet elérése után – tehát amikor a kemence már hűl – eltelt időt figyelik.²⁰ A fekete szín jóval a maximális égetési hőmérséklet alatt jön létre.

¹³ A csoport most nem geológiai értelemben értendő.

¹⁴ Vannak jelentős fazekasközpontok, ahol vörösre égő, de igen kevés meszet tartalmazó agyagokat használnak, ilyen pl. az Őrség. Ezeknél az égetési színek kissé másként alakulnak.

¹⁵ Itt szeretném megjegyezni, hogy viszonylag gyakori tévedés az, hogy az égetés atmoszféráját a „kontrolláltsággal” azonosítják.

¹⁶ Semleges (vagy neutrális) égetés (pl. az elektromos kemence égetési atmoszférája) esetében nincsenek égéstermékek, viszont a levegő oxigénje jelen van (JAKÓ 1934, 44). Az égetési atmoszféra jól jellemezhető úgy, hogy milyen anyagok vannak jelen az égetőtérben. Mások az oxigén jelenléte miatt, illetve a kerámia vörös színe miatt oxidáló égetésnek tekintik, pl. a fazekasok által gyakran használt könyvben (vö. CSUPOR 1992, 116).

¹⁷ A fekete égetésnél bizonyos mennyiségű szén-monoxid (CO) van jelen, a szürke égetésnél pedig valamennyi hidrogén (H_2) keletkezik, és hozza létre a redukációs atmoszférát. A barna és a sárga égetés atmoszférájára vonatkozóan nem találtam adatot.

¹⁸ Ennek az oka valószínűleg nem az, hogy nincs összefüggés az égetés során létrejövő szín és az égetési atmoszféra között. Valószínűleg azért nincs egyetértés, mert amíg a kézműves technológiák elterjedtek voltak, addig a természettudományos vizsgálatok még kialakulóban voltak. Most, hogy már nagyon jó vizsgálati módszerek vannak, ezeket a módszereket az ipar számára fontos területek kutatására fordítják.

¹⁹ MASEK 2011, 253. Bár ebben a részben a fazekasok által elérhető irodalomról van szó, mégis kivételt teszek egy régészeti cikkre történő hivatkozással. Masek Zsófia cikke jó példája annak, amikor a kerámiatechnológia ismeretei pontosan megjelennek a régészeti szakirodalomban. A cikk szarmata kerámiáról szól, de az égetésről szóló rész bármilyen korú kerámiára igaz.

²⁰ Gyakori tévedés, hogy a kerámiaégetés maximális hőmérsékletét azonosítják a kerámia színének kialakulási hőmérsékletével. Mivel nem azonos a kettő, ezért nem állítható az, hogy a fekete színű kerámia biztosan túl alacsony hőmérsékleten van égetve.

A kerámiakészítés szakirodalmá keveset ír arról, hogy az égetés során létrehozott színek egy következő égetés során másik színné változtathatóak. Ugyanakkor a fazekasok számára ez közismert információ, és ha az égetés során a kerámia színe nem megfelelő, akkor újraégetéssel javítják. Fazekasokkal beszélgetve úgy találtam, általános vélemény, hogy bármely égetés során létrehozott szín átalakítható más színné egy következő égetés során. Úgy tapasztalom, hogy a

régészek között ez a jelenség meglepetést okoz, ezért érdemes hangsúlyozni, hogy lehetséges a kerámiák színét égetés közben vagy újraégetéssel változtatni.²¹

Végül szeretném megjegyezni, hogy minden fatüzelésű égetés valójában vegyes atmoszférájú, mert a fűtés során a tüzelőtér atmoszférája állandóan változik. De ennek a szerepe csekély, a szín szempontjából az égetés végének az atmoszférája az, ami valójában meghatározó.

KÍSÉRLETI RÉGÉSZETI TAPASZTALATOK

A korábban ismertett információk kiegészítéseként ebben a részben szeretném összefoglalni mindazokat a tapasztalatokat és gondolatokat, amelyeket a saját fatüzelésű kerámiaégető kemencében történt égetések során szereztem a kerámiák színének kialakulásáról.

Úgy gondolom, hogy ha pontosan szeretnék megfogalmazni a kerámiaégetés technológiája és a szín összefüggését, akkor legcélszerűbb, ha úgy tekintünk az égetésre, mint egy módszerre, amelylyel a kerámia színét létrehozjuk.²² Ehhez szeretném bevezetni az égetési szín fogalmát. Ez a szó nem festéktípust jelent (tehát nem engób és nem máz), pusztán annyit jelent, hogy egy adott kerámia cserepének a színét az égetés során lejátszódó folyamatok hozták létre. Ez a fogalom arra szolgál, hogy az égetés szempontjából foglalkozhassunk a kerámia színével. Ahogy a korábbi részből kiderült, fatüzelésű kemencében egy átlagos fazekasagyagból égethetünk vörös, sárga, barna, szürke vagy fekete színű kerámiát, de valódi fehéret nem lehet égetni, ennek az az oka, hogy az agyag vas-oxidot tartalmaz. De világosra égetett kerámiákat valamilyen módon mégis lehetséges létrehozni. A kérdés, hogy milyen módon.

Önmagában az égetési atmoszféra, különösen, ha nincs tovább pontosítva, nem ad elegendő információt az égetés módjáról, mert a kerámia színe és az égetési atmoszféra közvetlenül nem kapcsolható össze. Legegyszerűbb az égetési módot a végeredményként létrejött szín alapján

megnevezni, pl. vörös égetés,²³ illetve ehhez hasonlóan a szürke égetés, barna égetés stb. megnevezéseket használni. Ez utóbbiak egyébként különböző mértékben redukciós atmoszférájúak. Mivel az égetőtérben más és más anyagok vannak jelen, ezért nem érdemes egy csoportba sorolni őket. Ilyen módon a szín, az atmoszféra, a hőmérséklet együtt határozható meg az égetés módjával. Ha az égetési módot a létrehozott színnel nevezzük meg, az szemléletes, és jelöli az égetés bonyolult folyamatának egészét. Ugyanakkor szemlélteti azt is, hogy mindegyik égetési technológia önálló módszer, amely egyenrangú a többivel, hiszen mindegyik égetési módnak megvannak a maga szabályai. Az oxidáló és a redukáló atmoszféra alapján történő besorolás ezt nem érzékelteti, és nem tesz különbséget a redukáló atmoszférájú égetések között.

A gyakorlati kísérletek során tanulságos volt számomra, hogy mennyire másként éget – még a vörös égetésnél is – a mai elektromos kemence, mint a fatüzelésű. Ha az ugyanabból az agyagból készült edények egy részét fatüzelésű kemencében vörösre égetjük, más részét elektromos kemencében égetjük, akkor minden esetben élénkebb vörös színűek lesznek az elektromos kemencében égetettek. A legvalószínűbb szerintem az, hogy az elektromos kemence oxidálóbb égetéssel éget, mint a fatüzelésű kemence.

Fatüzelésű égetés során a sötétebb színek alacsonyabb hőmérsékleten jelentkeznek. Barna vagy

²¹ Régészek körében ismert jelenség, hogy megváltozhat a kerámiák színe újrahevítés során a háborús pusztulási rétegekből előkerült, tűzvészben megégett edények esetében. Ugyanez történik kerámia készítése közben is.

²² Természetesen az égetésnek egyéb céljai is vannak, pl. az agyag átalakítása csereppé.

²³ Egészen pontos meghatározással vörös (oxidáló) égetés.

szürke égetésnél a kemence alján levő edények sötétebb árnyalatú barnák lesznek, mint a kemence magasabban levő részein. Ha az a cél, hogy minél

világosabb színű kerámiákat égezzünk, akkor magasabb hőmérsékleten kell a megfelelő szint létrehozunk.

AZ ÉGETÉSI SZÍNEK EGYMÁSBA ÁTALAKULÁSA/ÁTALAKÍTÁSA

Kiemelten érdekes kérdés volt számomra, hogy valóban igaz-e, hogy bármilyen égetési szín át alakítható egy következő égetéssel más égetési színné. Ezért módszeresen elkezdtem kipróbálni ezeket.²⁴ Fatüzelésű kemencében égetve úgy tapasztaltam, hogy nagyrészt helyes az a megállapítás, hogy bármilyen égetési szín bármilyen más színné alakítható (*1. kép 1*).²⁵ De van egy fontos kivétel: a sárga színűre égetett kerámiák többé nem égethetők vörösre, még elektromos kemencében újraégetve sem.²⁶ Sárgára égetett kerámiát szürkére biztosan lehet égetni (*4. kép 6*), és valószínűleg egyéb más (nem vörös) színűvé is át lehet alakítani. Az *1. kép 1*-en látható összefüggésnél ezért nincs oda-vissza nyíl a sárga és a vörös szín között.

A kerámiák sárgára égetése fontos lehet a fehér szín létrehozásához, ezért röviden érdemes szót ejteni róla. Azt tapasztaltam, hogy az izzási hőmérséklet (kb. 600°C) és a maximális égetési hő-

mérséklet között bárhol létrehozható a sárga szín enyhe redukciós atmoszférában.

Ma nagyon kevés fazekas készít sárga égetéssel kerámiát. Bár a 19. században és a 20. század elején tömegesen égettek sárga porózus kerámiát,²⁷ mára szinte teljesen elfelejtődött, ezért közvetlen tapasztalat nagyon kevés van. Talán a könyvek ezért nem említik, hogy a sárga égetési szín kivételes, mert nem alakulhat vissza vörösre. Azonban ez a tény igen fontos a fehérre égetés vizsgálata szempontjából.

Nemcsak az érdekes, hogy az égetési színek nagy része egymásba át alakítható, de a vizsgálat és a készítés szempontjából az is, hogy melyek az égetés során korábban létrejött szín eltűnésének feltételei. Mennyi időre van szükség ehhez? Lehetséges, hogy ez színenként változó és az égetési hőmérséklet is bizonyára jelentősen befolyásolja. De az átalakulás valószínűleg viszonylag gyorsan lejátszódhat, mert a gyakorlatban egy új szín létrehozása nem okoz problémát.

AZ ÉGETÉSTECHNOLÓGIAI VIZSGÁLAT ELVE

Az ismert égetési színek (vörös, sárga, barna, szürke, fekete) mellett az „optikai fehérítés” egy új, eddig ismeretlen égetési színnek tekinthető. (Ha a különböző árnyalatnak jelentőséget tulajdonítunk, akkor pedig új csoportnak tekinthető.) Ha az optikai fehérítést égetési módszernek tekintjük, akkor ezzel a következtetéssel még nem nagyon jutunk közelebb ahhoz, hogy hogyan is vizsgálhatnánk az égetés technológiáját.

Ha azt feltételezzük, hogy a kerámiák minél fehérebb színűre való égetését (optikai fehérítését) valamilyen módon le lehet vezetni az eddig ismert égetési módokból – tehát valamilyen köze van az ismert égetési színekhez –, akkor logikai úton talán közelebb juthatunk a megoldáshoz.

A Henszelmann Imre által megadott információkat továbbgondolva két égetési szín együtt optikailag világosabbnak tűnhet, mint bármelyik szín

²⁴ Természetesen fatüzelésű kemencében. Egyrészt, mert elektromos kemencében ez a kérdés nem, vagy nagyon nehézkesen vizsgálható, másrészt mert fatüzelésű kemencéket használtak régen a fazekasok.

²⁵ A cikk valamennyi fotója a szerző felvétele.

²⁶ Az elektromos kemencét azért érdemes hangsúlyozni, mert ez a kemence csak vörös égetésre képes, azaz oxidáló atmoszférában éget. Ezt a kísérletet többször elvégeztem. Semmilyen általam ismert könyv nem említi, hogy sárga kerámiák újraégetve nem lesznek többé vörös színűek. Úgy tapasztaltam, hogy ez az információ nem közismert sem a fazekasok, sem a régészek körében.

²⁷ Legnagyobb mennyiségben a Kőbányai Téglagyár készítette. Budapesten több épület homlokzatán láthatóak sárga és vörös színű téglákból kialakított díszítések.

önmagában (1. kép 2).²⁸ Ha ez igaz, akkor két megoldás látszik technikailag kivitelezhetőnek: vörös, majd szürke égetési szín keveréke,²⁹ illetve sárga és szürke égetési szín keveréke.³⁰

Így az égetésnek – a kerámia színének kialakítása szempontjából – két lényeges szakasza van, de a kívánt szín létrejöttének az is fontos feltétele, hogy az újabb keletkező szürke szín ne fedje el a korábbi (sárga vagy rózsaszín) színt. Ez a megszokott égetés logikájától eltérő sajátosság. Az optikai fehéritésnél – ideális esetben – mindkét meghatározó színt egyforma mértékben kell látnunk az edény külső felületén. Természetesen, ha a szürke égetési szakasz túl hosszú, akkor tisztán szürke színű kerámiát kapunk.³¹ Ennek az az oka, hogy a korábbi égetési színt teljesen elfedi vagy átváltoztatja az újabb égetési szín. Ezt elkerülendő bizonyára alkalmaztak valamiféle ellenőrzést az égetés során. Az nem fontos, hogy az edény teljes keresztmetszetében egyformán létrejöjjön a kívánt szín.

Egyelőre kérdés, hogy egyáltalán milyen módon lehet ellenőrizni a lezárt és igen forró kemencében végbemenő színváltozást?

Ha a színek létrehozásáról feltételezték igazak, akkor már csak azt kell kitalálni, hogy milyen módon lehet ezt kísérletileg igazolni. A megoldás az, hogy ha az egyik égetési színt valahogyan „eltüntetem”, akkor a másik égetési szín láthatóvá válik. Az égetési színeket valójában nem lehet eltüntetni, csak átváltoztatni. Legegyszerűbb az, ha a szürkét rózsaszínre változtatjuk. Ennek hatására, ha a rózsaszín és a szürke szín együttese – optikailag – fehéret ad, akkor tisztán és egységesen rózsaszín kerámia lesz az eredmény. A sárga és

szürke szín együttese esetén egyszerre látni sárgát és rózsaszínt (2. kép 1).

A sárga égetési színről megállapítottuk, hogy soha sem változtatható vörössé. Így egy olyan kísérletre van szükség, ahol a kerámiákat egészen biztosan „tisztá” vörös égetéssel égetjük újra. Erre egyetlen megbízható eszköz van: az elektromos kemence.

Bármilyen szokatlan és furcsa a gondolat, de a kerámiák újraégetése ilyen módon egyfajta anyagvizsgálatnak tekinthető. Legalábbis abban az értelemben, hogy az anyagvizsgálatok nagy részében a vizsgálandó anyagot valamiféle hatásnak teszzük ki, majd figyeljük, milyen válasz érkezik az anyag részéről. Az újraégetés során a színváltozás lehet ez a fontos információ.³²

A kerámiák újraégetése nem idegen a már elterjedten használt vizsgálatoktól sem. Több anyagvizsgálat során hevítik a vizsgálandó mintát.³³ A régészeti leletek újraégetésénél azonban etikai problémák is felmerülnek, mert az újraégetés roncsolásos vizsgálatnak tekinthető, és hatása nem fordítható vissza. Ezért a vizsgálatához leselejtezett ásatási leleteket választottam.

Az elektromos kemence normál működése során csak és kizárólag vörös égetésre képes. Így kizárható, hogy a kerámiák várhatóan sárga színét maga a kemence vagy az égetés okozza. Elektromos kemencében előfordul, hogy sárga foltosra égnek a kerámiák, ha túlságosan sok kerámiát égetünk egyszerre, különösen gyors égetés esetén. Ezt tudatosan elkerülendő, kb. 4 órás égetési idővel és kevés kerámiával égettem. Az égetendő kerámiák soha nem érintkeztek egymással, mindegyiket úgy helyeztem el a kemencében, hogy legyen hely

²⁸ A festékek keverésénél ismert jelenség, hogy két kiindulási színhez képest a kettő keveréke lehet jóval sötétebb tónusú (pl. piros + kék = lila), vagy lehet kissé világosabb. Utóbbira példa a hármás lábjegyzetben leírt jelenség.

²⁹ Esetleg azonos lehet ezzel SZILÁGYI ET AL. 2010: „szürkésfehér csoport”.

³⁰ Esetleg azonos lehet ezzel SZILÁGYI ET AL. 2010: „sárgásfehér csoport”. A fazekasok kedvéért érdemes megerősíteni, hogy a régészek által a kerámiák leírásában használt sajátos színek (pl. a sárgásszürke) első hallásra zavarba ejtőnek tűnhetnek, de a kerámiák valóban ilyen színűek.

³¹ Ne felejtjük el, hogy az égetés egy több órás folyamat. A színek létrejötténél nem csak az égetési hőmérséklet és az atmoszféra, hanem az idő is fontos.

³² Színváltozáson alapul nagyon sok kémiai vizsgálat. A műszeres vizsgálatok elterjedése előtt a klasszikus analitikában az anyagvizsgálatok szinte kizárólag színváltozáson alapuló vizsgálatok voltak. Régészek leggyakrabban a restaurátorok által használt kimutatási módszerekkel találkozhatnak (pl. fémek anyagának gyors meghatározása). Az újdonság csak annyi, hogy a színváltozást nem szobahőmérsékleten érzük el, és a mintához adott kémiai anyag gáz halmazállapotú (levegő).

³³ Pl. termolumineszcens vizsgálatnál kormeghatározás céljából. Derivatográfias vizsgálatnál égetés során történő fizikai és kémiai folyamatok vizsgálatára. Hevítőmikroszkópos vizsgálatnál a cserép tömörödési hőmérsékletének és a mázak olvadáspontjának, valamint a kerámiák méretváltozásának megállapításakor.

közöttük. Ilyen módon kizárható volt, hogy a minták sárga színét az elektromos kemence okozza.

Mivel a sárga szín újraégetve nem alakul vissza vörösre, ezért ennek segítségével vizsgálható,

hogy volt-e az eredeti égetés során sárga égetési szakasz vagy sem. Ezen a módon az biztosan kideríthető, hogy a sárga égetésnek volt-e szerepe az optikai fehérités (fehérre égetés) során.

AZ ÉGETÉSTECHNOLÓGIAI VIZSGÁLAT KIPRÓBÁLÁSA³⁴

Ez az égetéstechnológiai vizsgálat arra szolgál, hogy kimutassa, az eredeti égetés során létrejött-e sárga szín vagy sem. Ilyen módon az újraégetés során bekövetkező színváltozás révén információt kapunk arról, hogy a korabeli égetés mennyire és miben tért el az újraégetéstől. Az így kapott információ segítségével rekonstruálhatunk bizonyos égetéshez köthető részleteket. Azt is fontos előre jelezni, hogy ez a módszer nem alkalmas a teljes égetéstechnológia rekonstruálására.

A kísérletnél az volt a célom, hogy az általam elérhető régészeti leleteken kipróbáljam, valóban lehetséges-e új információt szerezni a kerámiák kiégetésének technológiájával kapcsolatban. Ha egy kerámia vörös, majd szürke égetéssel készült, és a kerámián látható szín valójában ennek a két színnek a keveréke, akkor elektromos kemencében újraégetve a kerámia vörössé kell, hogy váljon. Amennyiben sárga, majd szürke égetéssel készült, akkor sárga vagy sárgászöld színűvé kell, hogy alakuljon, hiszen a sárga szín nem változhat át.

Az első kísérleteket kora újkori kerámiákon végeztem. A kísérletekhez Pap Adrienn régész Rácfürdő 2005–2006-os ásatásából (boltozat betöltésből) származó 17–19. századi kerámiatöredékeket használtam. A kísérletekhez használt töredékek mindegyike régészeti feldolgozás után leselejtezett darab volt. A kísérlethez kiválasztott töredékeket (vegyesen valódi fehér, sárgásfehér és szürkésfehér színűek voltak) mindegyikét kettőtörtem, és az egyik felét kiégettem, a másik felét változatlanul hagytam, hogy az égetés utáni színváltozás egymás mellett jól látható legyen.

Szándékosan válogattam az újraégetendő minták közé valódi fehér kerámiákat, illetve kis számban szürke, fekete és barna színűeket is újraégettem elektromos kemencében. A kísérletekhez egyedi gyártású elektromos kemencét használtam, és a töredékeket 950 °C-ra hevítettem.³⁵

Az újraégetett fehér kerámiatöredékek száma 25 db volt. Ebből a valódi fehérnek bizonyult kerámiák száma 9 db, a rózsaszínűre égett kerámiák száma 6 db, a sárgásra (sárgás rózsaszínre) égett kerámiák száma 10 db.³⁶

Amennyiben a későbbiek során valaki statisztikai módszerekkel szeretné vizsgálni valamely lelőhelyen a fehér és a világos színűre égetett kerámia anyagát, akkor az újraégetéssel történt vizsgálat során kapott eredmények jól használhatóak, mert olcsón és gyorsan lehet nagy mennyiségű töredéket vizsgálni. A vizsgálat roncsolásos, de valójában a „mintaigénye” nem nagy (kb. 1 cm²-nyi mennyiségű mintára van szükség), és a vizsgálat egy nap alatt elvégezhető.

A VIZSGÁLAT EREDMÉNYE

A valódi fehér kerámia színe (friss törésfelületen) nagyon keveset változott az újraégetés során: szürkés árnyalatú fehérből sárgásabb fehér lett (3. kép I). A nem valódi fehér, de világos színű kerámiák mindegyike szürkébb volt eredetileg, mint amilyen égetés után lett. Ez igazolja Henszelmann Imre megállapítását, amely szerint az égetésnél szerepe van a redukációs atmoszférának is. Az újraégetettek

³⁴ Fontos megjegyezni, hogy az itt következő rész nem egy feltételezett középkori (vagy kora újkori) égetés rekonstrukciójának leírása. Ha rekonstrukció lenne, természetesen megengedhetetlen lenne a fatüzelésű égetés kapcsán az elektromos kemence használata.

³⁵ A kísérlet gyakorlatilag bármilyen elektromos kemencében megismételhető. Az általam használt kemence adatai a következők: Becze Zoltán kemenceépítő által 2013-ban készített kemencét használtam. Belső tere: 20 × 20 × 20 cm. A fűtést szabályozó műszer típusa: ART 2006. Az égetés paraméterei: 300 °C-ig 150 °C/óra s300 °C felett 950 °C-ig 250 fok/óra sebességgel. Az égetés során nem volt hőntartás. A teljes felfűtési idő: 4 óra 10 perc volt.

³⁶ Az itt leírt arányok nem tekinthetők reprezentatívnak az adott régészeti lelőhelyre nézve. A kiválogatott minták valószínűleg nem jellemzik az adott régészeti lelőhely kerámia arányát. Az újraégetés célja csupán a módszer kipróbálása volt.

pedig hol rózsaszínűnek, hol kissé sárgásnak látszanak, amiből az következik, hogy legalább kétféle módon égettek viszonylag fehér színű kerámiát.

Az engóbos töredék újraégetés során sárgás rózsaszínűvé vált (3. kép 4), egy másik töredéken sárgás színűre égett (3. kép 5). E kerámiák mindegyike eredetileg szürkébb volt, mint amilyen égetés után lett. Ezért ezek égetésénél is egy végső, redukciós szakaszt kell feltételeznünk. Az újraégetettek pedig hol rózsaszínűnek, hol kissé sárgásak. Az újraégetés során a töredékeknél jelentős tónusváltozás történt, az újraégetett részek sárgás rózsaszínűvé váltak (3. kép 6–7). Zöld mázas töredék cserepe újraégetés után rózsaszínűvé vált, a máza pedig jóval sötétebb zöld lett, mint amilyen eredetileg volt (3. kép 2, baloldalt lent). A törésfelület szendvicses szerkezete eltűnt (3. kép 3).

Az égetés technológiájához nem tartozik hozzá szigorúan, de az eredmények kiértékelésénél fontos, hogy szinte minden töredék újraégetve sokkal foltosabbnak tűnik, mint amilyen eredetileg volt (4. kép 1). Ez valószínűleg a kerámiák felületén utólagosan keletkezett szennyezés (talán vas-baktérium) eredménye. Ezt igazolja, hogy a jelenség a régi törésfelületeken is megfigyelhető. A leleteken szinte észrevétlen, halvány, szürkés-barnás színű foltok vannak, melyek újraégetés során meglehetősen élénk, sötét narancssárga színű foltokká alakulnak. A jelenség utólagosan keletkezik, ezért a

szín megállapításánál mindig a friss törésfelületet vettem figyelembe.

A „sötétebb” és kevésbé fehér töredékek újraégetve sötétebb sárgák lettek, mint a világosabbak. Ez alapján úgy tűnik, hogy a fazekasok igyekeztek minél világosabbra égő agyagot használni az edényekhez, hogy minél fehérebb kerámiát kapjanak. De lehetséges az is, hogy a felület csak a sárga égetés során lett (az ugyanolyan agyag) néha sötétebb, néha világosabb sárga.

Szintén érdekes, hogy a mázas kerámiák máza rendszerint kissé megváltozott az újraégetés során: sötétebbek és élénkebbek, csillogóbbak lettek (okkerszínű máz példája, 4. kép 2). Ennek az lehet a magyarázata, hogy valószínűleg valamivel magasabb hőmérsékleten történt az újraégetés, mint ahogyan a fazekas eredetileg égette az edényt. Az égetési hőmérsékletben történő eltérés nem befolyásolja az égetés atmoszférájára vonatkozó észrevételeket.

Ennél meglepőbb az, hogy az átlátszó világoszöld mázú kerámiák újraégetve néha világosabbá váltak (4. kép 3), néha olyan halványra, hogy alig tűnnek zöldnek (4. kép 4). Néha pedig ugyanolyan tónusú, csak a cserép színének változása miatt lesz más színű a máz (4. kép 5). Arra a jelenségre még nem sikerült választ találni, hogy a mázak tónusa miért lesz néha sötétebb, néha világosabb, máskor pedig miért marad ugyanolyan.

FEHÉRRE ÉS SZÜRKÉRE ÉGETETT KERÁMIÁK TECHNOLÓGIAI HASONLÓSÁGA ÉS KÜLÖNBÖZŐSÉGE

Az újraégetéshez kapcsolódó érdekességként említtem meg, hogy a néhány újraégetett szürke kerámia között volt olyan, amely kissé szokatlan eredményt adott. Arra számítottam, hogy minden szürke töredék a vörös valamelyik árnyalatát mutatja majd égetés után, méghozzá a sötétebb szürkék valószínűleg sötétebb árnyalatú vöröset. Azonban egy világosszürke kerámiatöredék újraégetve sárgává vált: a szürke színű edényalj töredéke újraégetés után élénksárga színű lett (4. kép 6).

Ebből egyrészt az következik, hogy a sárga és a szürke égetés nem feltétlenül kapcsolódik egymáshoz, hiszen általános, hogy a vörös (és nem sárga) kerámiát az égetés utolsó, redukciós szakaszában szürkére égették. Másrészt az egyetlen sár-

gára égett töredék felveti azt a lehetőséget, hogy a sárga égetést mint „világosítást” használhatták bizonyos szürke kerámiák égetése során. Természetesen ahhoz, hogy a már sárgává vált kerámia szürkévé váljon, hosszabb ideig tartó redukciós (szürke égetési) szakaszra van szükség, mint a fehérre égetés során. Amennyiben tényleg tudatosan égettek egy égetésen belül sárgára, majd szürkére, feltételezhetjük, hogy kifejezetten cél volt az, hogy a szürke kerámia világos legyen. Ez csak feltételezés, hiszen egyetlen töredék alapján nem lehet biztos következtetést levonni. A világosszürkére égetés más technológia ugyan, mint a fehérre égetés, de érdekes, hogy ennél is szerepe van a sárga égetési szakasznak³⁷

³⁷ A pontosság kedvéért meg kell jegyezni, hogy pillanatnyilag nem tudjuk megkülönböztetni azt, amikor sárgára égő agyagot égetnek szürkére. Ez is érdekes lenne, mert igen ritkák a sárgára égő agyagok.

KORABELI ÉGETÉSI TECHNOLÓGIA

A vizsgálatok alapján a szakirodalomban leírtakat és a fazekasok tapasztalatait a következőkkel tudom kiegészíteni:

Ahhoz, hogy kerámiákat minél világosabbra égessünk (az optikai fehérités elve alapján), arra van szükség, hogy két különböző világos égetési szín egyszerre és ugyanolyan mértékben legyen jelen egy kerámián. Ehhez az szükséges, hogy az égetés során ne legyenek az edények foltosak, és az is, hogy valamilyen módon ellenőrizni tudjuk, mikor van az a pont, amikor a korábbi égetési szín kezd átváltani a következő égetési színbe, hogy a megfelelő pillanatban megállíthassuk a folyamatot.

Ez jelentős különbség ahhoz képest, amikor csak egy égetési szín látható egy kerámián. Olyankor nincs szükség erős kontrollra, hiszen ha pl. egy kerámia fekete, a fekete színt létrehozó folyamatok akár hosszabb, akár rövidebb ideig zajlanak, a kerámia felületén akkor sem történik semmilyen látható változás. A kerámiák világos színűre való égetése technológia szempontjából valószínűleg nehezebb feladat, mint a többi égetési szín létrehozása.

Eddig úgy tűnik, hogy kétféle módon égették világos színűre a kerámiákat.³⁸ Az egyik égetési módszernél az égetés első szakaszában vörösre égettek (oxidáló atmoszférában). Ez a leghatékonyabb égetési mód tüzelőanyag és idő szempontjából. A kerámia ekkor világos, élénk rózsaszínűvé vált. Ezt követően az égetés egy következő szakaszában szürkére égettek, elvileg akár a maximális égetési hőmérséklet közelében is, de mindenképp 600°C felett, erős redukciós égetéssel. A szürke

égetési szakasz annyi ideig tarthatott csak, hogy a keletkező szürke szín ne fedje el az előző szakaszban kialakult (rózsaszínű) színt. A rózsaszín és a világosszürke színek együtt piszkosfehér színeként hatnak. Végül a lezárt kemencét hagyták lehűlni.

A másik módszer talán világosabb kerámiát eredményez, mint az előző. Ennek során először 600 °C és a maximális égetési hőmérséklet között bármikor egy rövid ideig tartó sárga (enyhe redukciós) égetési szakaszra van szükség. Ezután akár oxidáló atmoszférával is folytatható az égetés, mert a sárga szín nem változik vissza. Majd egy következő égetési szakaszban – elvileg akár a maximális égetési hőmérséklet közelében is, de mindenképp 600 °C felett, erős redukciós égetéssel – az előző módszerhez hasonló rövid szürke égetési szakasz következett. Itt is a két szín együtt ad piszkosfehér (de az előzőnél sárgásabb) színt. Végül a lezárt kemencét hagyták lehűlni (2. kép 2).³⁹

Lehetséges, hogy az első esetben sikerült bizonyítani, hogy két égetési szín együttes, meghatározott (egyenlő) arányú keveréke adja a kerámiák színét. Úgy vélem, a gyakorlati tapasztalat nagyon fontos volt ahhoz, hogy a kerámiák optikai fehéritésével kapcsolatos kísérletet megtervezhessem és kivitelezhessem. Tudomásom szerint az égetési színekkel kapcsolatban kevés információ érhető el, és eddig még senki sem írta le, hogy a sárga égetési szín nem alakítható vörössé. Enélkül az információ nélkül nem lehetett volna a kerámiák égetési technológiáját vizsgálni. Azt gondolom, hogy a kísérleti régészet az anyagvizsgálatokkal együtt hozhat valóban jelentős eredményt.

A KÍSÉRLETEK FOLYTATÁSA

Pusztán az égetési kísérlettel csak azt lehet igazolni, hogy a kerámiák egy részénél a világos színűre való égetéskor szerepe volt a sárga égetésnek, míg más részénél nem volt ilyen szakasz. Az újraégetési kísérlet eredményei alapján már gyakorlatban kivitelezhető a kísérlet a kerámiák minél világosabb színű égetéséhez. A gyakorlati tapasztalatok

bizonyára újabb technológiához köthető információkat szolgáltatnak majd. Ahhoz, hogy „középkori technikával” minél világosabb kerámiát égettesek, szükséges tisztázni, melyek a feltételei annak, hogy két szín közötti színt lássunk.

Az égetés vizsgálata során kapott tapasztalatokat be lehet illeszteni a régészeti rendszerbe, ha

³⁸ Emellett harmadik megoldás a valódi fehérre égő agyagból égetett (budai típusú) kerámia.

³⁹ Az égetés technológiájának leírása során csak azokat a lényeges szakaszokat fejttem ki, amelyek a szín létrehozásával összefüggenek.

ismert korú és lelőhelyű vagy ismert műhelyben készült kerámiákat vizsgálunk. Ehhez szükséges lesz régészeti módszerekkel, esetleg vékony csiszolatokkal is meghatározott csoportokat megvizsgálni.

Annak, aki jól ismeri a kerámiatechnológiát, feltűnhetett, hogy a leírtaknak ellentmondani látszik a világos színűre égetett (nem valódi fehér!) kerámiák élénk narancssárga színű engóbbal való díszítése a 14. századtól. Az engók mint agyag kötőanyagú festékek természetesen ugyanúgy viselkednek égetés közben, mint maga a cserép. Ebből az következik, hogy az optikai fehérités miatt az edényeken az engób elvileg csak valamilyen halvány árnyalatú lehetne (a fehér égetés módjá-

tól függően). Ráadásul később mázakat is használtak a fehérre égetett kerámiákon, márpedig mázat közismerten a vörösre égetett kerámiákon szokás használni. Ebből következően redukciós atmoszférával égetett kerámiákon nem lehet olmos máz. Hogy a fazekasok hogyan oldhatták meg ezt a problémát, azt dolgozatomban tervezett második részében fogom megválaszolni. Ezzel reményeim szerint közelebb kerülünk majd ahhoz, hogy az engób és a máz használata (a redukciós égetés ellenére) vajon egy zseniális meglepetés része, vagy egyszerűen csak szerencséje volt a fazekasoknak, és ezek az anyagok minden további nélkül alkalmazhatók voltak.

ÖSSZEFOGLALÁS

Egy átlagos Kárpát-medencei fazekasagyagot (amely vas-oxidot és meszet is tartalmaz) fatüzelésű kemencében különböző színűre égethetünk. Lehet vörös, sárga, barna, szürke vagy fekete. Az égetés során létrehozott színek az égetési színek. Az Árpád-kortól létezett olyan eljárás, amelynek során egészen világos színűre voltak képesek égetni edényeket. Ez az égetési módszer mára már elfelejtődött. Kerámiatechnológia szempontjából érdekes kérdés az, hogy milyen módon lehetséges kerámiákat világos színűre égetni? Módszertani szempontból pedig az a kérdés, hogy milyen módon lehet vizsgálni egy olyan égetési módszert, amelyet ma már senki nem alkalmaz? A kerámiák vizsgálatára hagyományosan használt anyagvizsgálati módszerek igen jól kiegészítik a kísérleti régészet technológiára vonatkozó eredményeit, de az anyagvizsgálatok önmagukban sajnos nem alkalmasak arra, hogy az égetés módjára vonatkozó információkhoz eljussunk.

Korábbi technológiai vizsgálatokból ismert, hogy az optikai fehéritésben szerepe van valamilyen redukciós atmoszférájú égetési szakasznak. Az eddig ismert égetési eljárások során az égetési színek közül mindig egy határozza meg a kerámia színét. Azt feltételeztem, hogy a világos színűre – optikai fehéritéssel – égetett kerámiák színét a megszokottól eltérően egyszerre két égetési szín együtt határozta meg: vörös és sárga, vagy egy másik módszernél a szürke és a sárga égetési színek. A kerámia színe minden esetben két égetési szín között van.

A kerámiaégetési kísérletek tapasztalatai alapján úgy találtam, hogy egy kivétellel bármilyen

égetési szín átalakítható egy következő égetés során bármilyen égetési színné, egyedül a sárgára égetett kerámiából nem lehet vörös színű többé. Erre a – szakirodalomban nem közölt – sajátosságra alapozva terveztem egy égetéstechnológiai vizsgálatot. Ennek során kora újkori kerámiatöredékek felét újra égettem elektromos kemencében azért, hogy az eredeti színhez képest bekövetkező változást megfigyelve következtethessék az eredeti égetési módszerre. Az előzetesen feltételezett égetési szakaszok létét sikerült igazolni. A kerámiák újraégetése során azt lehet kimutatni, hogy a korábbi égetésekből a kerámia mire „emlékszik”. Ez ugyan a teljes technológiának csak egy része, mégis fontos információkkal szolgál. Az újraégetéssel nyert információk segítségével már megtudtunk annyit az optikai fehéritéses égetésről, hogy gyakorlati égetési kísérletet lehessen tervezni. Ugyanakkor az égetéstechnológiai vizsgálat sikeres tesztelésével bármilyen fehér kerámia vizsgálatára is alkalmas módszert kaptunk.

Az itt leírt égetéstechnológiai vizsgálat csak arra alkalmas, hogy kimutassa, a kerámia égetése során volt-e sárga égetési szakasz. Az eddig használt (régészeti és geológiai) módszerekkel együtt alkalmazva még ez az információ is segítség lehet abban, hogy pontosabb képet kapjunk a különböző korú, világos színűre égetett kerámiák égetéséről. A cikk tervezett folytatásában arról lesz szó, hogy hogyan lehet engób és máz a kerámiákon az optikai fehéritéssel együtt járó redukciós égetési atmoszféra ellenére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom Dr. Tóth Mária geokémikusnak és Eniszné Dr. Bódog Margit szilikátmérnöknek a „dudiföld” minták vizsgálatáért. Mordovin Maximnak köszönöm, hogy felhívta a figyelmem a leselejtezett rácfürdői kerámiaanyagra és Pap Adriennek, hogy engedélyezte felhasználásukat.

IRODALOM

- CSUPOR 1992: Csupor I.: *Fazekas iskola*. Budapest 1992.
- DUMA 1961: Duma Gy.: Újabb vizsgálatok a kerámiai anyagokban történő szénkiválással kapcsolatban. *Építőanyag* 12 (1961) 442–453.
- DUMA 1962: Duma Gy.: Szénbeépüléssel készült mázatlan fekete kerámiák színének alakulása. *Építőanyag* 12 (1962) 463–469.
- DUMA 1962a: Duma Gy.: Kerámiai anyagokban történő szénkiválás és beépülés elméleti alapjai. *Bányászati Kutató Intézet Közleményei* 2 (1962) 205–215.
- DUMA 1963: Duma Gy.: A kerámiai anyagokban történő szénkiválás és szénbeépülés vizsgálata II. *Bányászati Kutató Intézet Közleményei* 1 (1963) 347–358.
- JAKÓ 1934: Jakó G.: *Az agyagárúk ismertetése és gyártása, különös tekintettel az építészeti kerámiákra*. Debrecen 1934.
- MASEK 2011: Masek Zs.: Adatok a Marosszentanna–Csernyahov-kultúra és az alföldi késő szarmata – hun kori kerámiaanyag kapcsolataihoz (Angaben zu den Beziehungen der Sîntana de Mureș-Černjachov-Kultur und des spätsarmatisch-hunnenzeitlichen Keramikmaterials auf dem Ungarischen Tiefebene). In: *Erdély és kapcsolatai a kora népvándorlás korában*. Molnár István Múzeum Kiadványai 3. Szerk.: Körösfői Zs. Székelykeresztúr 2011, 249–292.
- SCHILLING 1988: Dr. Schilling B.: *Szilikátok fizikai kémiája*. Budapest 1988.
- SZILÁGYI ET AL. 2010: Szilágyi V. – Gál-Mlakár V. – Rácz T. Á. – Sajó I. – Simonyi E.: 12–14. századi fehér kerámiákon végzett anyagvizsgálatok első eredményei és a továbblépés lehetőségei. *Gesta – A Miskolci Egyetem Történettudományi Intézetének folyóirata* 9 (2010) 153–167.
- VÁGNER 2002: Vágner Zs.: Medieval Pottery Kilns in the Charpatian Basin. *European Journal of Archeology* 5 (2002) 309–342.
<https://doi.org/10.1177/146195702761692338>
- WARTHA 1892: Wartha V.: *Az agyagipar*. Budapest 1982.

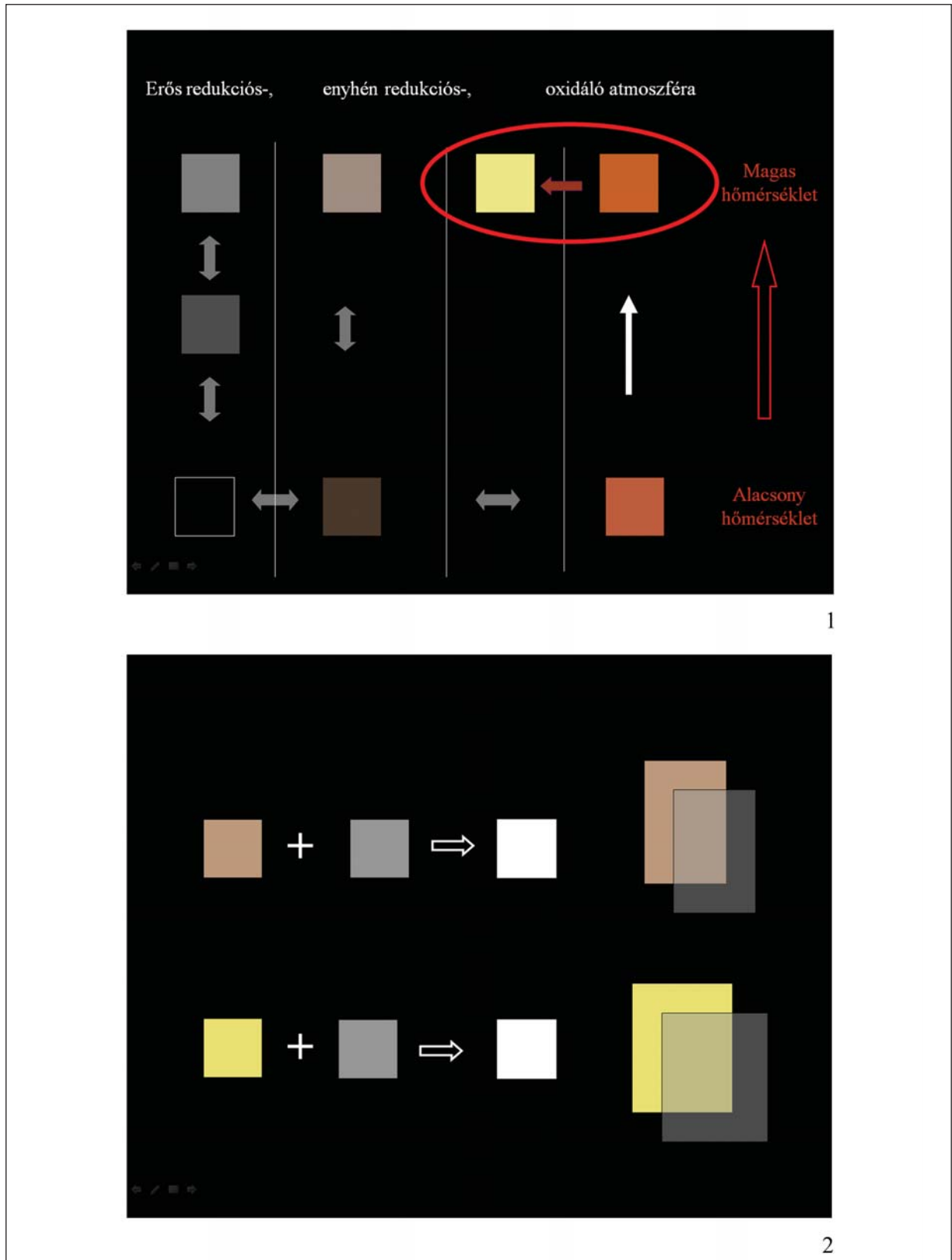
HOW TO FIRE THE OTHERWISE RED-BURNING CLAY IN A WAY TO ACHIEVE A WHITISH COLOUR?
TESTING BURNING TECHNOLOGY ON EARLY MODERN POTTERY

The firing of pottery from true white-burning clays is a well-known method, and potters still use white-burning clays today. The ordinary (red-burning) clay can be burnt to a red colour due to the iron oxide it contains. It might seem an unusual idea that this ordinary clay can be burnt to a fairly light, almost white colour. However, among the archaeological finds, there are pieces whose white colour is not due to extra ingredients but to a special firing technique.

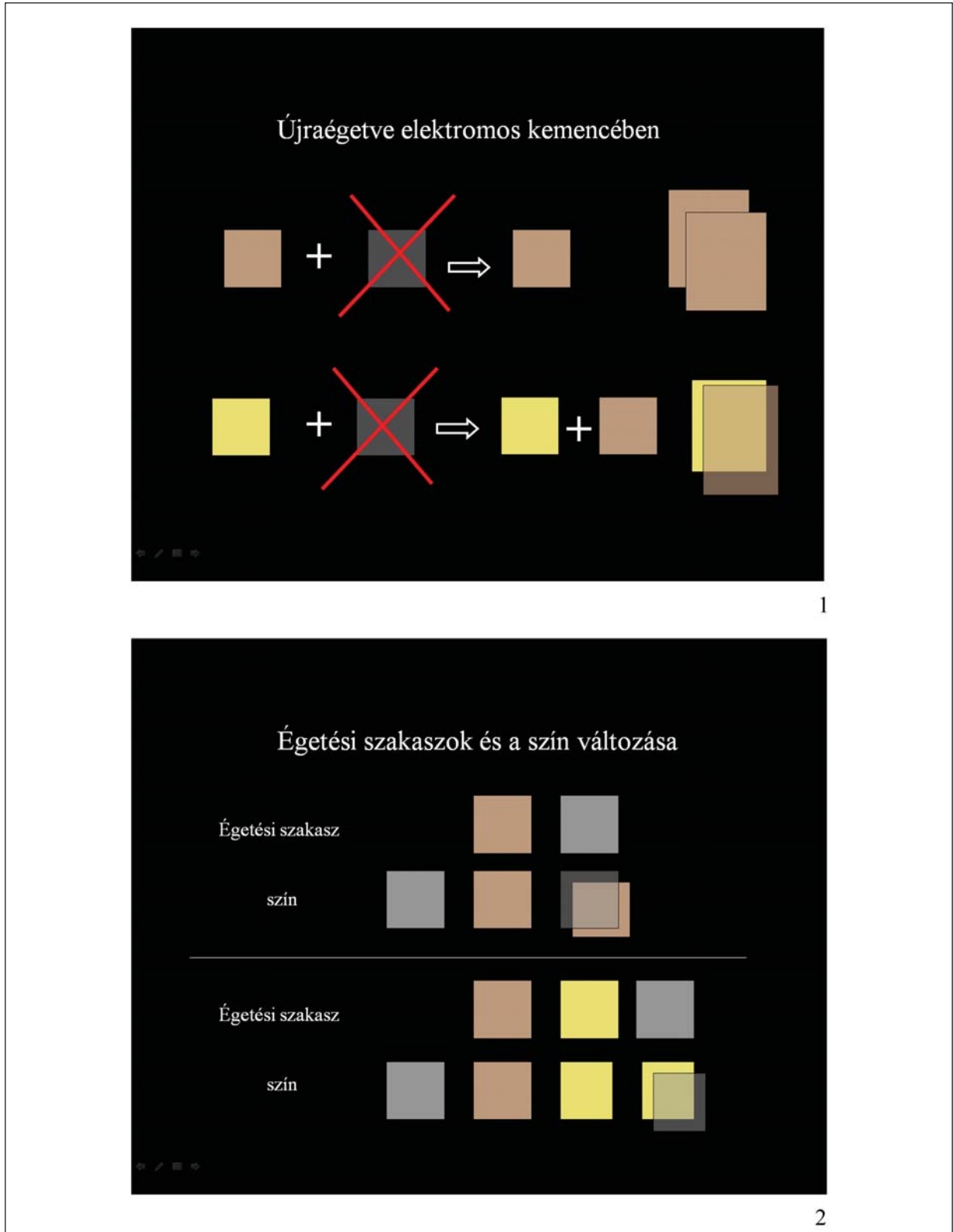
Potters today do not know and do not use this white-burning technique. The question then arises, how it is possible to make research into a technique that nobody knows today?

The commonly used testing methods of pottery are not suitable for testing the firing technique, so I had to find a method whereby it is possible to gain information about the firing process. To do this, I took advantage of two properties of ceramics; first, that colours created in the firing process can be changed during another firing, and second, that ceramics once burnt to a yellow colour cannot be reburnt to red. These two features can be used to show whether yellow burning had any role in the firing process of whitish pottery.

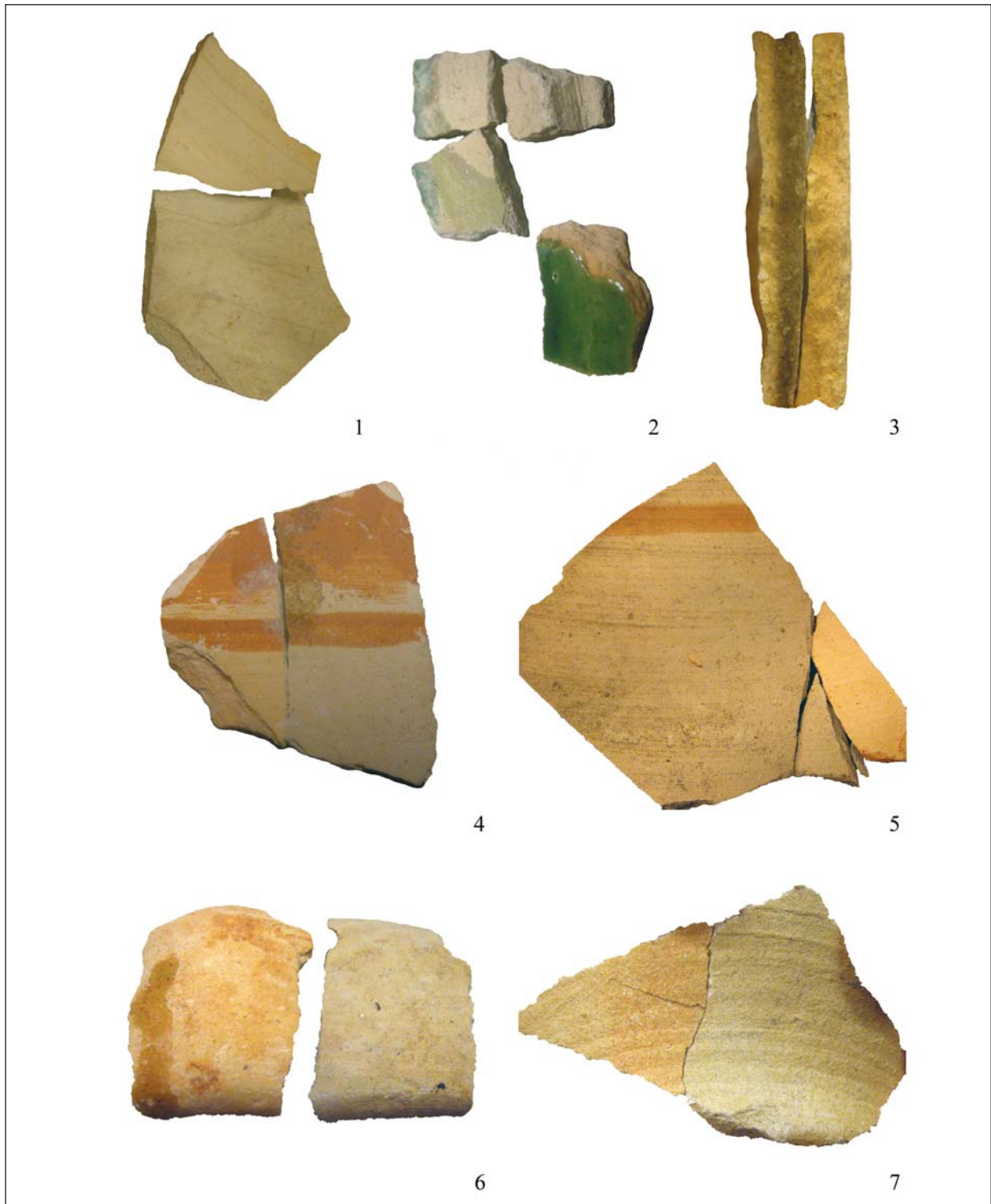
During the test, I reburnt light-coloured ceramic fragments and examined the change of colours. I identified two types of burning methods in this manner: one group had been first burnt to red and subsequently to gray, while the other group first to yellow and then to gray. In both cases, the mix of two colours has a whitish effect. With the refiring method, I managed to gather enough information so as to initiate further experiments in a wood-fired kiln. Because of the special firing technique, slip and glaze, in principle, could not be on the pottery; yet we find both slip and glaze on several white-burnt ceramic pieces. I intend to examine this problem in a next article.



1. kép. 1: Átlagos fazekasagyagból fatüzelésű kemencében történő égetés során létrehozható színek (égetési színek) és ezek hozzávetőleges viszonya egymáshoz; 2: Az égetési színek együttes hatása fehér égetésnél
 Fig. 1. 1: Colours achieved from normal clay through burning in a wood-fired kiln and their approximate relationship to each other; 2: Colours after white burning

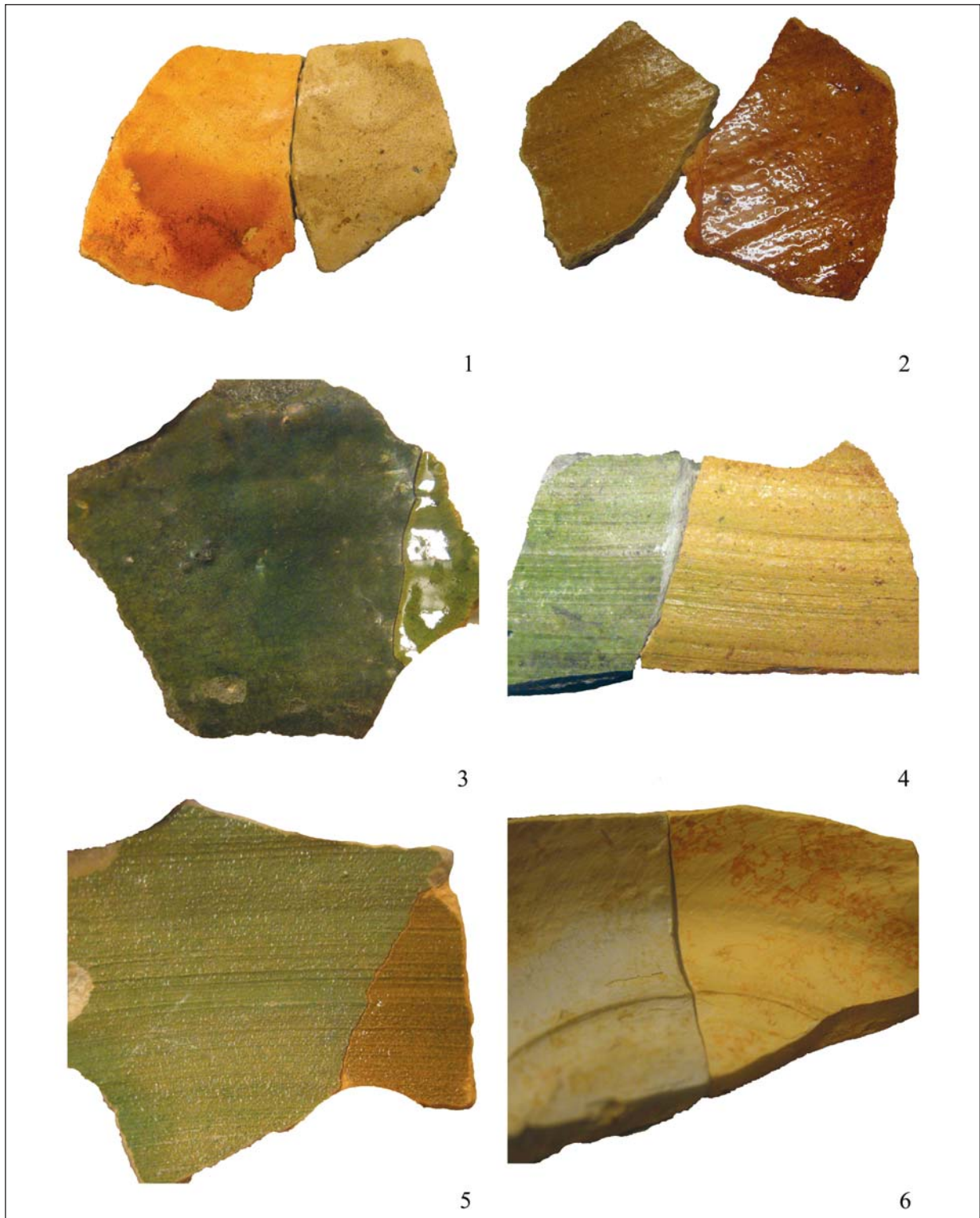


2. kép. 1: A fehérre égetett kerámiák újraégetése során keletkező színek; 2: Az égetés szakaszainak sorrendje balról jobbra haladva a kerámia színének változásaival, a szürke kiinduló színtől áttekintve (fent: vörös, majd szürke égetéssel, lent sárga, majd szürke égetéssel létrehozott optikai fehérités)
 Fig. 2. 1: Colours of white-burned ceramics after reburning; 2: Stages of burning (from left to right, up: red and subsequent grey burning, down: yellow and then grey burning)



3. kép. 1: Fehérre égő agyagból készült kerámia töredéke (vakpróba), újraégetett töredék; 2: Zöld mázas töredék újraégetés után rózsaszínű lett; 3: A szendvicses szerkezet újraégetésnél eltűnt; 4: Engóbos töredék újraégetve sárgás-rózsaszín lett; 5: Engóbos töredék újraégetve sárgás színű lett; 6: Zöld mázas töredék újraégetés után sárgás rózsaszínű lett; 7: Az újraégetett részek sárgás rózsaszínűek lettek

Fig. 3. 1: Piece of ceramics made from white-burning clay and reburnt; 2: Green-glazed fragment changed to pink after reburning; 3: The layered structure disappeared during reburning; 4: Engobe changed to yellowish pink after reburning; 5: Engobe changed to yellow after reburning; 6: Green-glazed fragment changed to yellowish pink after reburning; 7: Reburnt pieces changed to yellowish pink



4. kép. 1: Újraégetés után jóval foltosabbá vált töredék; 2: Újraégetés után sötétebb színű lett az okkerszínű máz; 3: Újraégetés után világosabb árnyalatú lett a zöld színű máz; 4: Újraégetés után világosabb színű lett a zöld színű máz; 5: Újraégetés után a máz színe nem változik, de az alatta levő cserép színe igen, ez okozza a máz színváltását; 6: Szürke színű aljtöredék újraégetés után élénksárga színű lett

Fig. 4. 1: Reburnt piece is more stained; 2: Ochre glaze is darker after reburning; 3: Green glaze is lighter after reburning; 4: Green glaze turned into a lighter hue after reburning; 5: Colour of glaze did not change in reburning; 6: Gray bottom fragment is bright yellow after reburning