

Cerámica gris medieval catalana: caracterización y tecnología de producción. (***)

PRADELL, Trinitat (**); MARTINEZ-MANENT, Salvador (*); NOGUÉS-CARULLA, Joaquim M^a (*); y VENDRELL-SAZ, Mario (*)

RESUMEN: En este trabajo se plantean brevemente los resultados cualitativos obtenidos sobre un conjunto de 400 muestras de cerámica gris medieval catalana, con ejemplos de algunas de las conclusiones, que serán publicadas detalladamente más adelante.

Asimismo se exponen las conclusiones generales sobre tecnología de producción, referentes a temperatura y atmósfera de los hornos, desgrasante y acabados de las cerámicas.

Se propone un ensayo de clasificación de las pastas basado en observaciones microscópicas y las correspondientes variantes tecnológicas.

ABSTRACT: The results obtained from the analysis of a set of 400 samples of medieval black pottery from Catalonia (Spain) are briefly presented in this paper. We also obtain general conclusions about the technology of manufacture, specially referring to the temperature and atmosphere of the kiln, the characteristics of the filling and the finishing of the pottery. An essay of classification of pottery is proposed through the microscopical observation of the bulk, and is related with some technological variation of the ceramic process.

INDICE

- 1 INTRODUCCION
- 2 OBJETIVOS DEL TRABAJO
- 3 METODOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES
- 4 TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS
- 5 TECNOLOGIA DE PRODUCCION
- 5.1 TEMPERATURA DE COCCION
- 5.2 ATMOSFERA DEL HORNO
- 5.3 DESGRASANTE
- 5.4 ACABADO
- 6 PROCESO DE PRODUCCION
- 7 CERAMICAS BICOLORES
- 8 AGRADECIMIENTOS
- 9 BIBLIOGRAFIA
- PIES DE FIGURA -

INTRODUCCION

La cerámica gris medieval catalana corresponde a todo un conjunto de producciones de cerámica común, de color más o menos grisáceo, cocidas en atmósfera reductora, y cuyas formas corresponden básicamente a vajilla de uso doméstico común, con elementos decorativos muy sencillos y pobres (M. Riu 1986), a las que quizás sería mejor atribuirles la denominación de "cerámicas comunes de cocción reductora", propuesta por I. Padilla (1984).

A pesar de que la tradición de este tipo de cerámicas ha llegado hasta nuestros días, no se conoce en profundidad la técnica de producción de la fabricación medieval, puesto que

el tratamiento de la materia prima ha variado, desde la misma extracción de la arcilla hasta la adición y manipulación del desgrasante.

Los intentos de clasificación de este tipo de cerámicas se han basado en criterios tipológicos (I. Ollich, 1984; I. Padilla, 1984), y en observaciones cualitativas de las pastas, tales como el color y el aspecto general (I. Padilla, 1984; M. Riu, 1986), y no ha sido abordado un análisis exhaustivo de esta producción que permita incorporar criterios objetivos en el estudio y clasificación de las pastas.

Por otra parte, se conocen muy pocos centros de producción: se excavó en 1959 el taller y los hornos de Casampons (cerca de Berga), el material procedente del cual ha permitido a I. Padilla un interesante ensayo de clasificación; se conocen desde 1968 los hornos de Cabrera d'Anoia (A. López y J. F. Nieto, 1979), cuya excavación completa se ha iniciado en 1987 por un equipo dirigido por I. Padilla y J. Thiriot; y están citados los hornos de Santa Creu dels Ollers (M. Riu, 1971-72).

Sin embargo, hay que pensar en la existencia de un número mucho más elevado de centros productores, puesto

(*) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Depósitos Minerales - Facultad de Geología. Universitat de Barcelona.

(**) Departamento de Estructura y Constituyentes de la Materia - Facultad de Física. Universitat de Barcelona.

(***) Este trabajo forma parte del proyecto de investigación Arqueometría medieval catalana, financiado por la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica.

que se trata de una cerámica de uso común, a la que hay que atribuir un comercio local, lo que sitúa el radio de acción de cada taller no mucho más allá de los 10 a 20 km.

Este trabajo presenta una sistematización de procedimientos analíticos aplicados a un número relativamente elevado de muestras de cerámica gris medieval procedentes de una serie de yacimientos catalanes, cuya elaboración de los datos obtenidos pretende contribuir al análisis histórico en base a la caracterización de algunas zonas de producción, y al estudio de las técnicas de producción utilizadas para la fabricación de este tipo de cerámica, determinando temperaturas de cocción, atmósfera del horno, manipulación de las pastas y del desgrasante, y acabado de las piezas.

Hay que advertir que las conclusiones que se exponen representan una síntesis de los resultados obtenidos, y en modo alguno son aplicables a un yacimiento en particular, cuyos datos analíticos serán motivo de publicaciones pormenorizadas. Son los puntos en común que, evidentemente tiene toda la producción de cerámica gris medieval, los que se exponen a modo de resumen.

Los datos obtenidos mediante los análisis que se describirán más adelante han sido incorporados a un banco de datos creado a tal efecto, con la idea de que la incorporación de nuevos datos al mismo llegue a producir una base fiable a la que referir futuros hallazgos de cerámica y situarlos por comparación con la caracterización de las zonas de producción obtenida.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

El trabajo que se expone pretende, básicamente, dos objetivos principales, y que se pueden resumir del siguiente modo:

a) caracterización de zonas de producción de cerámica gris medieval: se trata de realizar una serie de análisis sistemáticos sobre un número elevado de muestras, para aplicar sobre éstas un tratamiento estadístico multivariante (clasificación jerárquica por "clusters") que permita una clasificación de las áreas de producción. En los casos en los que se dispone de material procedente de la excavación de talleres (Casampons y Cabrera d'Anoia), resulta evidente que el "cluster" que obtiene caracteriza claramente la producción del taller, puesto que este utilizó preferentemente arcilla procedente de un único yacimiento, y por tanto, las características geoquímicas de la producción cerámica responden a las del yacimiento; en estos casos es posible la determinación del área de distribución en base a estos datos. Pero cuando no se dispone de muestras cuya procedencia pueda atribuirse con total y absoluta seguridad a un taller determinado, hay que suponer que el transporte sufrido por la cerámica ha sido relativamente pequeño, y que el hallazgo se ha producido cerca de la zona de fabricación. En consecuencia, al aplicar el tratamiento estadístico a los hallazgos de un yacimiento, una buena parte de las piezas de agrupan porque tienen características geoquímicas próximas, unas pocas quedan desplazadas de esta clasificación, y hay que pensar que se trata de importaciones puntuales, ya que normalmente representan un porcentaje muy bajo de muestras. En estas circunstancias se puede atribuir el grupo mayoritario a la producción de la zona, y por lo tanto puede ser utilizado como punto de referencia para contrastar nuevos hallazgos.

b) determinación de la tecnología de producción: con cierto tipo de análisis sobre algunas de las muestras se intenta determinar la técnica utilizada en la fabricación de este tipo de cerámicas durante la Edad Media. Se trata de determinar la temperatura alcanzada en el horno, así como la atmósfera del mismo en el momento de efectuar la reducción. Por otra parte se aborda el tratamiento de la materia prima antes de ser cocida: material desgrasante, acabado superficial, etc..

Aunque el material estudiado procede de talleres distintos, se intentará establecer los puntos comunes de la tecnología de producción, y las posibles variantes que se pueden determinar.

MÉTODOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para cada una de las muestras se han llevado a cabo los análisis sistemáticos cuyas condiciones experimentales son las siguientes:

Difracción de rayos X, realizada con una cantidad de muestra de 0.060 g aproximadamente, con patrón interno de CaF_2 y preparando la muestra por filtraje forzado de una suspensión de la misma en agua destilada por un filtro Millipore. De esta forma los resultados son reproducibles y comparables, puesto que se estandariza la colocación de la muestra en el soporte y la cantidad de la misma, y por otra parte, el patrón interno permite la cuantificación de aquellas fases de las que ha sido posible obtener un patrón. La difracción se ha realizado en un equipo Siemens, modelo D-500, equipado con ánodo de Cu ($K\alpha$ $\lambda=1.5418 \text{ \AA}$), monocromador de grafito y detector de centelleo.

Fluorescencia de rayos X, preparando la muestra por fusión de 1.1 g con 4.4 g de tetraborato de litio, en un espectrofotómetro Philips PW 1400 utilizando como excitación la producida por un tubo con ánodo de Rh.

Observación microscópica, en sección pulida, con un estereomicroscopio Zeiss, entre 10 y 40 aumentos. Con algunas muestras se ha trabajado en sección delgada (30μ) a fin de determinar con precisión la mineralogía del material utilizado como desgrasante.

De manera no sistemática, es decir, sólo con algunas de las muestras, se ha realizado el análisis de imagen del desgrasante, sobre réplicas obtenidas por dibujo a partir de fotografías de la sección pulida. El equipo utilizado es un analizador de imagen IBAS, de la firma Kontron.

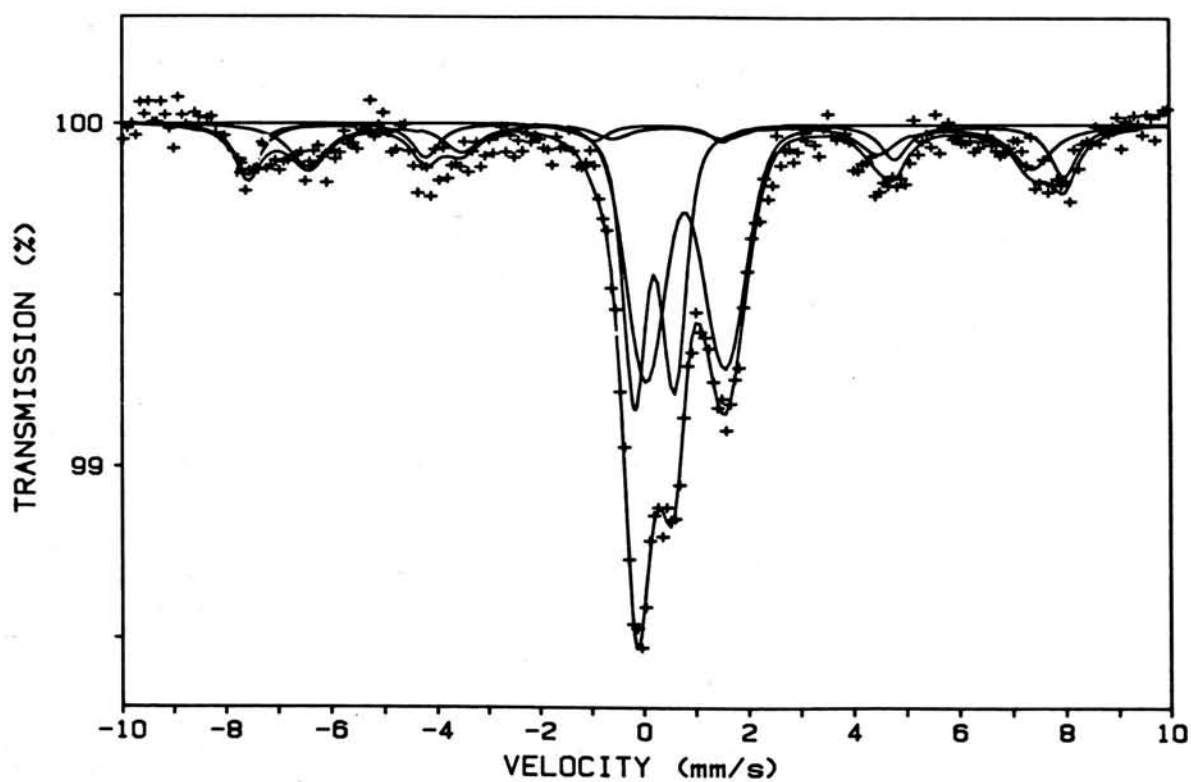
Los análisis mediante espectroscopía Mössbauer se han realizado tomando los espectros a temperatura ambiente, con una fuente de excitación de ^{57}Co en una matriz de Rh, y de una intensidad de 10 mCu.

El microscopio electrónico de barrido utilizado es un JEOL 840, con sistema de análisis por energías dispersivas. La muestra se ha recubierto con 500 $\text{\AA}$ de oro en un Sputtering Polaron E 5000.

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Los datos del análisis químico de cada muestra obtenidos por fluorescencia de rayos X se han procesado mediante tratamiento estadístico multivariante, utilizando los programas 2M y KM del paquete BMDP de software estadístico. Ambos realizan agrupaciones de muestras por proximidades de variables, si bien el primero establece una

Cabrera 6



Cabrera 8

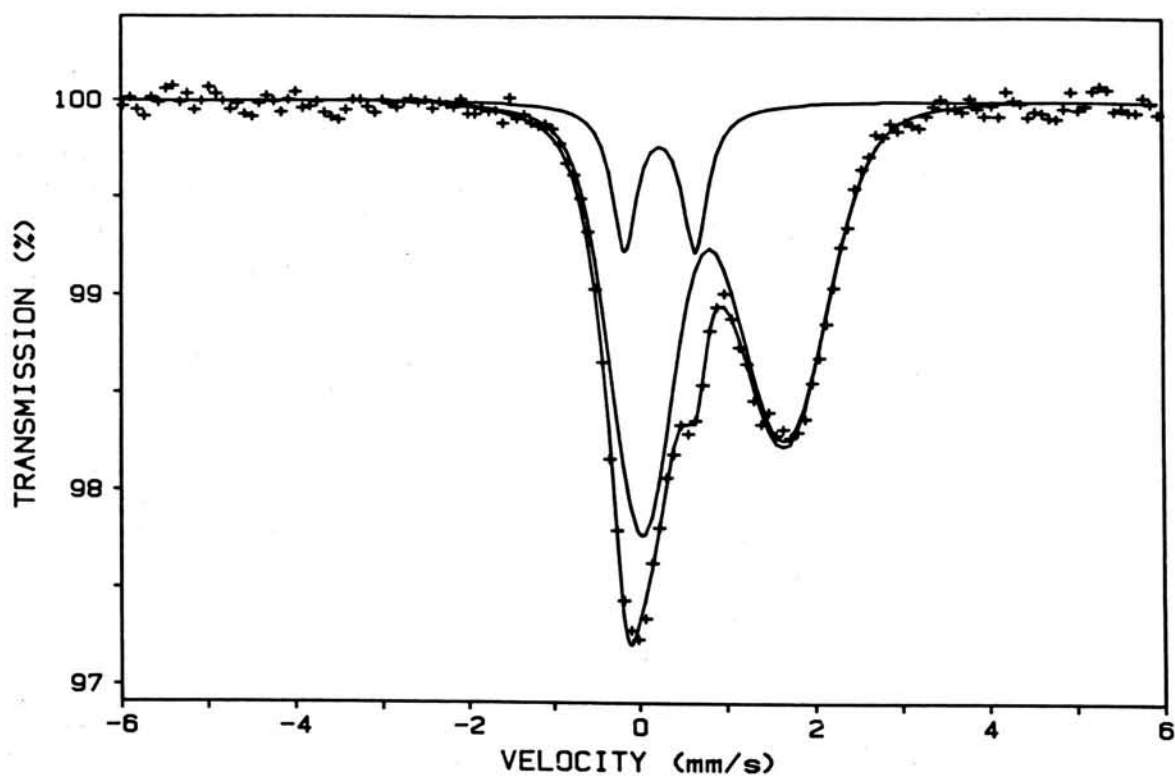


FIGURA 2: Curvas obtenidas mediante espectroscopia Mössbauer de los dos tipos de cerámicas.

Ajustes de los espectros Mössbauer correspondientes a dos muestras.

- a) Cabrera 6, ejemplo de muestra que presenta fases de óxido de hierro tipo espinela con Fe_3 i Fe_2 i la restante matriz cerámica.
 b) Cabrera 8, el Fe_2 se encuentra formando parte de la matriz cerámica i representa el 85% del hierro total detectado.

clasificación jerárquica que se expresa gráficamente en un dendograma (diagrama en árbol), (Dixon 1983).

Por razones de espacio no se publican los resultados de los análisis químicos, que han sido incorporados a un banco de datos de este tipo de cerámica, y por la misma razón se eluden los diagramas obtenidos con los programas citados más arriba, aunque, a título de ejemplo, se incluye y se comenta uno que recoge un grupo de muestras de una zona determinada.

Sin embargo puede concluirse que, de una manera general, la mayor parte de las muestras de un yacimiento arqueológico se agrupan entre ellas, quedando unas pocas separadas de esta agrupación principal. Si la matriz de datos tratada por el programa se amplía a una zona de características geológicas similares se observa también una proximidad entre las muestras de yacimientos cercanos, manteniéndose la separación de las que no se agrupaban con las de su propio yacimiento.

Esta tendencia a agruparse mayoritariamente por zonas se pone particularmente de manifiesto cuando se procesan todas las muestras juntas. Se hace muy evidente la tendencia a agruparse de las muestras procedentes de zonas muy próximas y de características geoquímicas cercanas; se produce una separación clara entre comarcas, con algunas muestras intercaladas, lo que podría significar un cierto transporte entre zonas próximas; y queda un cierto número de muestras que no se agrupan ni entre ellas, ni con las demás. Este último paquete de ejemplares hay que atribuirlos a importaciones de zonas de las que no se dispone de un número suficientemente elevado de yacimientos y por lo tanto, no han podido ser caracterizadas en este trabajo.

A modo de ejemplo es notable la agrupación de muestras procedentes de yacimientos situados alrededor o en la ciudad de Balaguer, y que fácilmente podrían ser atribuidas a un mismo taller. Y una cosa parecida ocurre con los yacimientos cercanos a Vic. Mas abajo se da como ejemplo el análisis de los yacimientos estudiados en la zona del Berguedà, de la que se conoce la producción del taller de Casampons (Berga).

En cualquier caso se confirma ampliamente el poco transporte sufrido por las piezas de este tipo de cerámica, aunque ocasionalmente alguna de ellas haya podido viajar de una comarca a otra. Para llegar a una mayor profundización en este aspecto convendría estudiar más yacimientos situados alrededor de un taller cuya producción haya sido convenientemente caracterizada (Casampons o Cabrera d'Anoia, en este momento).

Como ejemplo podemos mostrar el resultado de este tratamiento estadístico sobre un conjunto de muestras de cerámica gris procedente de un grupo de yacimientos ubicados en la comarca del Berguedà, al norte de Barcelona.

Los yacimientos estudiados son un taller de cerámica gris (Casampons, en Berga) excavado en los años 50 por A. Castillo y M. Riu (Riu 1968), un asentamiento rural (Mas Vilosiu) ubicado a unos 10 km del taller antes citado, y dos monasterios (Sant Llorenç Prop Bagà y Sant Sebastià del Sull) situados más al norte, a unos 30 y 35 km respectivamente del taller cerámico.

Como puede verse en el diagrama de la figura 1 obtenido mediante el programa 2M del paquete BMDP, existen dos grupos de muestras claramente relacionadas entre ellas, más un tercero que no se relaciona ni entre ellas ni con las de los demás grupos. Este tercer grupo, que mayoritariamente contiene muestras procedentes de Sant

Llorenç Prop Bagà, representarían importaciones de diversos lugares, puesto que no hay una relación de proximidad clara entre ellas.

El primero de los grupos contiene básicamente las muestras procedentes del taller de Casampons (todas excepto una), más las procedentes de Mas Vilosiu. Resulta evidente que este grupo caracteriza la producción cerámica del taller y permite concluir que esta producción ha sido la que ha abastecido Mas Vilosiu, pero en cambio, ni una sola muestra de esta procedencia aparece en el segundo grupo, lo que da a entender que el área de influencia comercial de la cerámica fabricada en Casampons no llegaba a la zona norte del Berguedà, pero abastecía prácticamente en exclusiva el entorno de Berga (Mas Vilosiu está en este entorno).

El segundo de los grupos caracteriza de modo muy claro los hallazgos procedentes del monasterio de Sant Sebastià del Sull (cerca de Saldes). Esto significa que este monasterio se abastecía mayoritariamente de algún taller cercano y de importaciones de otros talleres (hay muestras de este yacimiento que no se clasifican en este segundo grupo y han ido a parar al tercero antes descrito). Sin embargo, queda claro que no existe influencia comercial (por lo que a cerámica se refiere) entre el monasterio de Sant Sebastià y el de Sant Llorenç, ni entre ambos y el taller de Casampons.

Otra conclusión posible es que la cerámica hallada en Sant Llorenç Prop Bagà no procede de un único taller y habría que situarla en orígenes distintos, contrariamente a lo que sucedía en Sant Sebastià.

Este conjunto de conclusiones, obtenidas únicamente en base al tratamiento estadístico citado anteriormente, serán motivo de publicación detallada más adelante, incorporando nuevos análisis que permitan comprobar fehacientemente lo expuesto y profundizar más en ello.

TECNOLOGIA DE PRODUCCIÓN

Los análisis efectuados permiten realizar una serie de hipótesis sobre cual ha sido la técnica utilizada por los ceramistas medievales en la producción de la cerámica negra. A continuación se comentan cada uno de los aspectos estudiados, en los que se describen los resultados hallados en una mayoría de los ejemplares y, cuando se crea interesante, se comentarán las excepciones a la norma general.

Evidentemente, el trabajo que se presenta a continuación hay que entenderlo como un resumen de los datos que han sido determinados en los yacimientos estudiados y que serán motivo de publicación más detallada. Por otra parte, existen aspectos que se comentarán más adelante, que no han sido aún completamente resueltos, y sobre los que se está trabajando en este momento, como por ejemplo la formación de ciertas fases cristalinas durante el proceso de reducción, y la relación de estas con la temperatura y el tiempo de duración de proceso.

TEMPERATURA DE COCCIÓN

La inmensa mayoría de las muestras estudiadas presentan illita, que hay que interpretar como un resto de la materia prima que no ha reaccionado completamente, sobre todo si se tiene en cuenta que casi la totalidad de las arcillas de Catalunya son illíticas, (Martínez 1981). La presencia de restos de illita situaría la temperatura de cocción entre los 800°C y los 900°C.

Temperatura confirmada por la presencia de calcita, sobre todo en muestras procedentes de zonas calcáreas. La calcita inicia su descomposición hacia los 850°C, temperatura a partir de la cual, en un ambiente rico en CaO se inicia la formación de gehlenita, frecuente también en muchas muestras, (Mc Colm, 1983; Brownell, 1976).

Muy pocos ejemplos muestran la presencia de dióxido, que situaría la temperatura de cocción por encima de los 950°C. Este grupo representa una minoría de las muestras, (Ravaglioli, 1977). Y ninguna de las cerámicas estudiadas presenta mullita, lo que prueba que en ningún caso han sido sobrepasados los 1000°C. En consecuencia hay que situar las temperaturas alcanzadas por las muestras durante el proceso cerámico en el horno entre los 800°C y los 850°C, aunque en algunos casos se han sobrepasado los 900°C, pero nunca los 1000°C, (Rye 1977).

Estos datos sobre las temperaturas alcanzadas en los hornos se confirman por el análisis térmico diferencial (ATD) realizado en algunas de las muestras. En general las curvas obtenidas muestran la transformación a→b del cuarzo a 573°C, y hasta los 800-850°C no aparece un endotérmico, que puede interpretarse como la continuación de la descomposición de la calcita y la reacción de los materiales arcillosos que no lo habían hecho durante la primera cocción en el horno. Por lo tanto se confirma el margen de temperaturas propuesto mediante el análisis de fases presentes en las cerámicas.

ATMÓSFERA DEL HORNO

En el proceso de cocción de la cerámica tradicional, las primeras etapas que conducen a la deshidratación y ceramización se han debido producir en todos los casos en atmósfera oxidante, puesto que no es posible que la leña quemada sin una buena aireación. La parte del proceso de cocción que distingue la producción de cerámica reducida de la oxidante se inicia a la máxima temperatura, y en el caso de la cerámica reducida implica el cerrado total del horno. A partir de este momento la temperatura empieza a descender con rapidez, de manera que podemos pensar que el tiempo de reducción en el que la temperatura está por encima de los 700°C es relativamente corto (entre dos y cuatro horas).

El proceso de reducción a alta temperatura permite la reducción de los átomos de hierro de Fe+3 a Fe+2, a la vez que la movilidad atómica permite que estos se sitúen en entornos diferentes. Hasta el momento, hay muy pocos trabajos sobre la reducción de la cerámica a altas temperaturas, (Maniatis 1982 y 1983), pero de los datos y estudios realizados por nosotros (básicamente mediante difracción de rayos X y espectroscopía Mössbauer) (Pradell 1988), sobre un amplio conjunto de muestras podemos concluir que existen dos factores que influyen en el grado de reducción, así como en el estado final de la cerámica obtenida: el tiempo que dura el proceso, y el margen de temperaturas en que se produce.

En el caso de la reducción a temperaturas altas, por encima de los 800°C el óxido ferroso actúa como fundente, por lo que acelera la producción de fase no cristalina y facilita la creación de nuevas fases. De esta manera el Fe+2 y otros cationes se incorporan a unas estructuras de baja cristalinidad.

El descenso de la temperatura va acompañado de una disminución de la movilidad de los átomos y se van formando fases cristalinas a partir de núcleos que van

creciendo. La cerámica aparece con un elevado grado de Fe+2 estructural incluido en estructuras de tipo espinela, como por ejemplo la herzinita.

Si la temperatura a la que se produce la reducción de la pasta no es suficientemente alta, la incorporación del hierro reducido a la matriz cerámica es inferior, permaneciendo en las posiciones cristalinas ya desarrolladas en la etapa de cocción. Estas posiciones acostumbran a ser cristales de hematites u otros óxidos de hierro con estructura espinela, como la maghemita o la magnetita, (Menil 1985). La atmósfera reductora transforma el Fe+3 contenido en ellas en Fe+2, de modo que el resultado de una buena reducción provoca la inversión total del hierro férrico a ferroso.

Vemos pues, que la temperatura a la que se produce la reducción es el factor determinante del tipo de fases formadas, pero esto está fuertemente ligado al tiempo que dura la reducción. Puesto que temperaturas iniciales de reducción elevadas implican tiempos de reducción prolongados (para igual inercia térmica del horno). Las temperaturas a las que las fases óxidos tipo espinela cristalizan están por encima de los 700°C, por lo que el tiempo en que la reducción tiene lugar entre los 850-800°C y los 700°C (temperaturas en las que hay suficiente movilidad de los cationes) implica un grado de formación más elevado de dichas fases.

De los estudios de cerámicas grises efectuados, y de acuerdo con la interpretación anterior, hemos determinado dos tipos: uno en el que el hierro en forma de cationes Fe+2 se halla fundamentalmente formando parte de la matriz cerámica; y un segundo con una cantidad importante de óxidos de hierro con estructura espinela. Una mezcla de ambos tipos no es inhabitual, y ambos casos se caracterizan por un contenido de hierro reducido del orden del 80% sobre el total de hierro, (figura 2).

DESGRASANTE

La composición mineralógica de los granos utilizados como desgrasante es mayoritariamente cuarzo, con algunos granos de feldespatos, y muy minoritariamente micas, minerales de origen metamórfico (antiboles o piroxenos), pedacitos de rocas (granitos, cuarcitas, esquistos, calizas, etc.), y chamota cerámica en algún caso muy particular (yacimientos de Pedrís), (figura 3).

Estos minerales, asociados al cuarzo, evidencian que el desgrasante procede de arenas fluviales. Casi siempre ha sido posible relacionar la composición mineralógica con un área fuente de la cabecera de la red fluvial.

La morfología de los granos presenta frecuentes superficies cóncavas y aristas muy marcadas, lo que parece dar a entender que la arena ha sido triturada antes de ser mezclada con la arcilla. Al microscopio electrónico se han detectado microfrazas concóideas en los granos de cuarzo, las cuales evidencian este proceso.

Aplicando técnicas de análisis de imagen sobre réplicas de la superficie pulida se ha determinado que el volumen de desgrasante se sitúa siempre ligeramente por encima del 20% del total de la cerámica. La distribución granulométrica muestra una fuerte concentración de partículas en los tamaños más pequeños. Del 65 al 80% del volumen de desgrasante, según las muestras, tiene un tamaño inferior a 0.50 mm de diámetro, y entre el 15 y el 20% está entre 0.5 y 1.0 mm, (figura 4). Esta distribución es característica de una selección muy fuerte, que debe ser interpretada como un



FIGURA 3: Fotografía de una sección pulida de una cerámica gris. Los granos de desgrasante son mayoritariamente cuarzo. Las zonas oscuras situadas alrededor de algunos poros corresponden a zonas donde se ha provocado una reducción local más acusada a causa de la combustión deficitaria en oxígeno de la materia orgánica que contenía el poro.

proceso de tamizado. Hay que pensar, pues, que la arena era triturada y tamizada antes de ser mezclada con la arcilla a fin de disminuir su plasticidad.

ACABADO

La mayor parte de las muestras no presentan un acabado especial en superficie. Frecuentemente se aprecian las marcas características del torneado. Por otra parte, no es posible el vidriado utilizando óxido de plomo como fundente, porque este se reduciría a plomo metálico y se volatilizaría a temperaturas relativamente bajas.

Sin embargo, en algunas de las muestras se han detectado en superficie unas marcas que observadas al microscopio no responden a las del torneado, y que recuerden más bien una pincelada o un retoque con los dedos o con un trapo. Algunos de estos ejemplos han sido observados mediante microscopía electrónica de barrido, tanto en superficie como en sección pulida: se comprueba la presencia de una capa de entre 20 y 60 μ que destaca del resto de la cerámica porque tiene una textura mucho más fina y porque no contiene granos de desgrasante. Parece tratarse de una capa de acabado superficial, (figura 5).

Los análisis mediante energías dispersivas realizadas en el mismo microscopio electrónico no han detectado ninguna diferencia de composición entre ambas capas, por lo que parece que podría tratarse de una capa realizada con una barbotina elaborada con la misma arcilla utilizada para producir la pieza, o bien de una capa alisada mediante un trapo mojado o algún procedimiento similar.

PROCESO DE PRODUCCIÓN

A modo de resumen damos a continuación las etapas del proceso de fabricación en una reproducción ideal de la

técnica utilizada en la elaboración de la cerámica gris durante la Edad Media. Existen toda una serie de variantes y tipos en el aspecto de las pastas (cerámicas sandwich y cerámicas bicolors) que responden a variantes en el proceso de producción, y que serán descritos al final de este capítulo. El proceso que se describe aquí corresponde a la producción de cerámica de pasta gris a negra, y de color uniformemente distribuido.

Para empezar hay que pensar en la instalación del taller en una zona muy cercana a la materia prima (arcilla) y a la leña, puesto que el tipo de cerámica fabricada no justifica un transporte de estos materiales. El hecho de que se pueda asociar la mineralogía del desgrasante con un área fuente próxima y relacionada con la ubicación del taller por la red hídrica, hace pensar que se utilizó como tal la arena de algún curso fluvial cercano, a condición de que fuera mayoritariamente silíceo. Esta arena era triturada y tamizada al tamaño adecuado antes de ser mezclada con la arcilla para obtener la plasticidad adecuada al tipo de formación, que normalmente es a torno.

Si nos centramos en el proceso de cocción, los hornos solían ser de dos cámaras, una de cocción y otra de fuego, intercomunicadas por una parrilla. La geometría de estos hornos ha sido descrita por M. Riu (1971), I. Padilla (1984) J. Thiriot (1986), y en general, los hornos hallados y excavados, correspondientes a distintos talleres se corresponden bastante en su forma.

Una vez dispuesto el material a cocer en la cámara superior se procede a un secado encendiendo fuego poco intenso en la cámara inferior durante un periodo entre 12 y 24 horas. En esta etapa la temperatura de la cerámica no sobrepasa los 100 a 120°C. A partir de aquí se aviva el fuego para iniciar la cocción propiamente dicha. Los controles efectuados por los autores en hornos actuales de características similares muestran que la temperatura

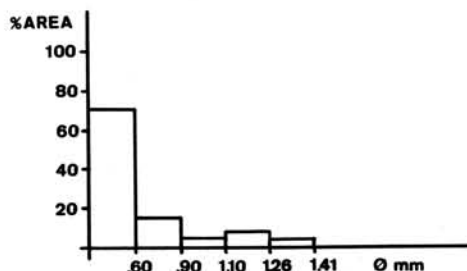


FIGURA 4: Histograma de frecuencias de distribución de tamaño de los granos de desgrasante de la cerámica de la figura 3.

asciende a unos 150 a 180°C por hora hasta alcanzar temperaturas muy cercanas a los 900°C en un periodo de 5 a 6 horas.

A esta temperatura se inicia la etapa de cerrar el horno, posiblemente empezando por las chimeneas de aireación de la cámara superior y echando una carga de leña en la cámara de fuego antes de cerrar herméticamente las puertas de acceso a ambas cámaras. Durante esta operación (y en base a los datos comprobados por los autores en hornos actuales) la temperatura de la cámara de cocción desciende hasta los 750-800°C.

En esta fase se produce la reacción que provoca el ennegrecimiento de la cerámica. Efectivamente, la última carga de leña, con el horno herméticamente cerrado consume todo el oxígeno de la atmósfera del horno, y se carboniza en lugar de quemarse, dando lugar a la formación de CO, CO₂, CH₄, H₂O (vapor), posiblemente algún formaldeído y quizás H₂. De estos gases, el CO y el H₂ son reductores, mientras que los demás, junto con el nitrógeno de la atmósfera ya existente, actúan como inertes.

Con este proceso se crea una atmósfera carente de oxígeno y rica en gases reductores que actúa sobre los cationes Fe⁺³ pasándolos a Fe⁺², y provocando el cambio de

color de rojo a negro. Por otra parte, el óxido ferroso actúa como fundente por encima de los 800°C, lo que justifica la buena cohesión de este tipo de cerámica cocida a temperaturas relativamente poco elevadas. Simultáneamente se forman óxidos de hierro con estructura espinela (magnetita, hercinita, maghemita) y una parte del hierro se incorpora a la matriz de baja cristalinidad.

La cantidad de fases óxidos formada no depende únicamente de la temperatura a la que se inicia la reducción, sino también del tiempo que esta dura por encima de temperaturas relativamente elevadas (700°C más o menos). Si el horno se cierra a temperaturas elevadas, permanece más tiempo por encima de 700°C y se facilita la formación de estas fases, mientras que si se cierra a temperaturas cercanas a los 700°C, la corta duración del proceso y la temperatura no dan tiempo al crecimiento de estas estructuras tipo espinela, favorecidas por la elevada movilidad de los cationes a temperaturas altas. (Rodríguez et al. 1988).

El enfriamiento del horno es bastante lento. Las comprobaciones efectuadas en hornos actuales muestran un descenso exponencial que, partiendo de los 800°C, llega a los 300°C o 400°C al cabo de 12 horas, aunque el horno no se abre para retirar la cerámica hasta al cabo de dos o tres días.



FIGURA 5: Fotografía al microscopio electrónico de barrido de la superficie y del interior de la cerámica de la figura 3. Notese el cambio de textura entre ambas zonas.

CERÁMICAS BICOLORES

En estas condiciones se obtiene una cerámica de color gris oscuro o negro, uniforme, con unas buenas propiedades mecánicas y una buena resistencia química.

Existen, sin embargo, toda una serie de variantes en las cuales, el color que presenta la pasta en sección no es uniforme, y que han sido descritas como cerámicas bicolors, sandwich, etc.. A continuación exponemos un ensayo de clasificación de estas variantes, atribuyéndoles distintas modificaciones del proceso de producción.

En algunos casos son procesos realmente diferentes, lo que podría ser atribuido a producciones bien diferenciadas desde el punto de vista técnico (distintos talleres o distintos procedimientos en un mismo taller). En otros casos hay que pensar en defectos de producción debidos a causas ajenas a la voluntad del ceramista, y que generalmente están en la materia prima utilizada, más que en un error en el funcionamiento del horno.

En la figura 6 se esquematizan los tipos de cerámicas bicolors descritos, en base al aspecto y variación del color en la sección de la pieza, y a continuación se describen los distintos tipos.

El primero, marcado como O-1 responde a una cocción oxidante, aunque en sección se aprecia una capa interior de espesor variable, según las muestras, y de color gris más o menos oscuro. Generalmente hay que atribuir este tipo a cocción oxidante de arcillas con una cantidad notable de materia orgánica. Durante la cocción el oxígeno penetra en la pasta a través de los poros y provoca la combustión de la materia orgánica que acompaña la arcilla. Si el fenómeno no se produce correctamente, o existe una excesiva cantidad de este tipo de material, la combustión requiere más oxígeno del que puede penetrar por los poros, y tiene lugar la producción de CO en lugar de CO₂, dando lugar a un entorno localmente reductor, responsable de la capa central gris. (ver también figura 3).

Una combustión excesivamente rápida puede dar lugar a la formación de gases que no pueden escapar por la porosidad que se va cerrando durante el proceso cerámico y provocar la aparición de grandes burbujas en el interior de la pieza que pueden llegar incluso a deformarla.

Un segundo tipo (R-1 en la figura) responde a una cocción reductora característica, en la que las partes más externas tienen un tono de gris más oscuro que revela una acción reductora muy intensa como resultado del contacto directo de estas zonas con los gases causantes de la reducción, mientras que en el interior la acción se ha visto amortiguada por la dificultad de penetración de estos gases a través de una porosidad cada vez más cerrada a lo largo del proceso. El hecho de que este fenómeno se presente únicamente en una de las caras de la pieza podría ser indicativo de que se trata de una forma bastante cerrada o que ha sido colocada en el horno de manera que se dificulta la correcta aireación del interior.

El tercer tipo (R-2 en la figura) responde a una cocción reductora incompleta. Se aprecia la penetración de la reducción por ambos lados de las paredes de la pieza, pero en el centro queda una zona de espesor variable que conserva el color rojizo de la primera fase de la cocción.

El tipo que hemos marcado como R-3 responde a una cocción en la que el proceso de reducción ha sido completo, tal como el que ha sido descrito como técnica de producción

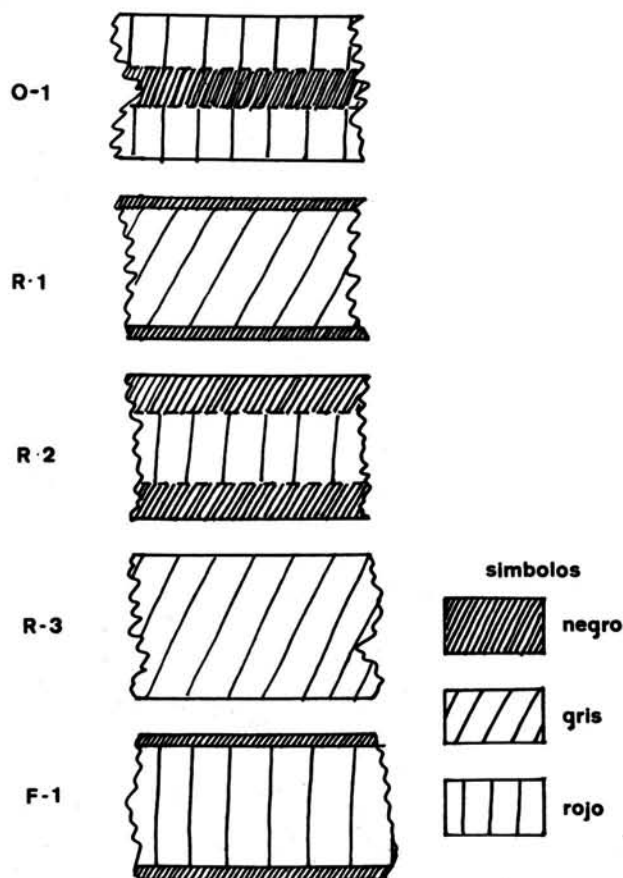


FIGURA 6: Esquema de los distintos tipos de cerámicas determinados por los autores.

característica de este tipo de cerámicas.

Y finalmente el quinto tipo (F-1) tiene un proceso de producción en atmósfera oxidante, en la que al final se introduce en la cámara de combustión leña mojada y se enfría el horno rápidamente: esto produce una atmósfera muy reductora (en estas condiciones es posible la producción de hidrógeno por contacto del agua con brasas a alta temperatura) que actúa de manera superficial y que no llega a penetrar en la masa cerámica porque el enfriamiento del horno inhibe la acción reductora.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a los miembros del Departamento de Historia Medieval de la Universidad de Barcelona la búsqueda, selección y cesión de las muestras necesarias para la realización de este trabajo, especialmente a los doctores Manuel Riu, Imma Ollich, Ignacio Padilla, Prim Bertran y Jordi Bolós.

Hemos de agradecer muy especialmente los consejos y orientaciones suministrados por el Sr. Miquel Bosch, profesor de cerámica de la Escola de la Mercè, de Girona, sin los cuales hubiera sido difícil elaborar las conclusiones hasta donde se ha llegado en el presente trabajo.

De la misma manera, al Sr. Joaquim Bonadona, de Quart, y al Sr. Lluís Cornellà, de La Bisbal (Girona), ceramistas que realizan cocciones reductoras en hornos tradicionales de leña, y que nos han permitido monitorizar cocciones realizadas por ellos en sus hornos, y nos han suministrado información valiosísima sobre técnicas tradicionales y procedimientos cerámicos.

BIBLIOGRAFIA

- BROWNELL, W. E. (1976). *Structural clay products*. In (Herausgegeben Ed.) «Applied Mineralogy» 9. Wien, New York. Springer-Verlag.
- COEY, J. M. D., BOUCHEZ, R. and DANG, N. V., (1979), *Ancient Techniques*, «J. Appl. Phys.» 50 (11), 7772-7777.
- DIXON, W. J. (1983), *BMDP Statistical Software*, University of California, Press-Berkeley, Los Angeles, London.
- GANCEDO J. R., GRACIA, M., HERNANDEZ-LAGUNA, A., RUIZ-GARCIA, C. and PALOMARES, J. (1985). *Mössbauer spectroscopic, chemical and mineralogical characterization of Iberian pottery*. «Archaeometry» 27, 75-82.
- GOFFER, Z., (1983), *Physical studies of archaeological materials*, «Rep. Prop. Phys.», 46, 1193-1234.
- JORNET, A. (1980), *Composition de la ceramique romaine d'Augusta Raurica (August)*, «Sweitz. Mineral. Petrogr. Mitt.» 60, 271-285.
- KÜNDIG, W., BÖMMEL, H. CONSTABRIS, G. and LINDQUIST, R. H., (1966), *Some properties of supported small α -Fe₂O₃ particles determined with the Mössbauer Effect*, «Phys. Rev.», 142, 327-333.
- LÓPEZ, A., NIETO, F. J., (1979). *Hornos de cerámica gris medieval en el Castell de Cabrera d'Anoia*, «Información Arqueológica». nº 30. Mayo-Agosto.
- MINIATIS, Y., SIMOPOULOS, A. KOSTIKAS, A. (1982). *The investigation of ancient ceramic technologies by Mössbauer Spectroscopy*, «Archaeological Ceramics» Chap. 9, Olin, J. S. Franklin, A. D. editors, Smithsonian Institution Press, Washington D.C..
- MINIATIS, Y., SIMOPOULOS, A., KOSTIKAS, A. and PEDIKATSI, V., (1983). *Effect of reducing atmosphere on minerals and iron oxides developed in fired clays: the role of Ca*. «Journal of the American Ceramic Society», 66-11, 773-781.
- MARTINEZ-MANENT, Salvador. (1981). Ph. Tesis de la Universitat de Barcelona.
- MCCOLM, I. J. (1983). *Ceramic Science for materials technologists*. London, Leonard Hill.
- MENIL, F. (1985), *Systematic trends of the ⁵⁷Fe Mössbauer Isomer Shifts in (FeO) and (FeF) polyhedra. Evidence of a new correlation between the Isomer Shift and the inductive effect of the competing bond T-X (->Fe)*, «J. Phys. Chem. Solids». 46 (7), 763-789.
- OLICH CASTANYE, I. (1984), *Formes i decoració de la cerámica gris medieval procedent del jaciment de l'Esquerda (Barcelona)*. «Acta Medievalia». Anex 2. «Cerámica gris i terrisa popular de la Catalunya Medieval». Universitat de Barcelona. 81-98.
- PADILLA LAPUENTE, I. (1984), *Contribución al estudio de las cerámicas grises catalanas de época medieval: el taller, los hornos y la producción de Casampons*. «Acta Medievalia». Anex 2 «Cerámica gris i terrisa popular de la Catalunya Medieval». Universitat de Barcelona. 99-143.
- PRADELL, T., RAVAGLIOLI, A. (1977). *The field of ceramics and its interconnections with crystallographic molecular structure*. Presentation to International School of Crystallography. Erice-Trapani, Sicily.
- RIU, M. (1986). *Estat actual de les recerques sobre les ceràmiques grises i la terrisa popular de la Catalunya Medieval*. Actas del Coloquio de la Ceramica Medievale n°1 mediterraneo Occidental. Siena 1984. Publicado en Florencia. 219-226.
- RYE, O. S. (1977). *Pottery manufacturing techniques: x-ray studies*. «Archeometry». 19. 205-211.
- SCHÜLLER, K. H. (1984). *Silica materials*. in (Baumgart, W., Dunham, A. C. & Amstutz, G. C. Ed.) *Process mineralogy of ceramic materials*. Stuttgart: Ferdinand Enke Publishers, pp. 1-26.
- THIRIOT, Jacques. (1986). *Les ateliers médiévaux de poterie grise en Uzège et dans le Bas-Rhône*. «Documents d'Archeologie Française» n° 7. Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme. Paris.
- WAGNER, U., WAGNER, F. E., STOCKKLAUSER, A. and SALAZAR, R., (1986). *Mössbauer analysis of recent ceramic finds from Chavin*, «Hyyper. Inter.», 29, 1113-1116.