Ceramic Types Classification Based on Body Structure, Firing Temperature and Manufacturing Techniques

Mohammad Yaghizaei [*1], *Atefeh Fazel Najafabadi* [2]

1. M.A in Conservation of Cultural and Historical Objects, Faculty of Cultural Materials Conservation, Tabriz Islamic Art University, Iran.

2. Assistant Professor, Faculty of Islamic Crafts, Tabriz Islamic Art University, Iran.

Abstract

Ceramics and the ceramics industry have undergone numerous changes since the emergence of tool-making humans on Earth. These changes have led to the development of various types of ceramics, differing in shape, design, nomenclature, size, preparation and Making methods. These are primarily found in archaeological excavations, and their conservation and restoration can be more accurately performed by understanding and identifying their types and varieties. Ceramics are classified into different types based on their manufacturing technique, firing temperature, the clay used, and the additives used in the clay body. These classifications can sometimes be quite scattered. For instance, based on firing temperature, they can be divided into four categories: stoneware, earthenware, bone China, and porcelain. Based on manufacturing methods, they can be classified into hand-built, slab-built, wheel-thrown, molded, and pressed. The aim of this research is to introduce the most important types of ceramics and their characteristics, including firing temperature, manufacturing technique, and other structural properties and materials used in the body. To achieve this goal, this study will explain some of the terminology used in ceramics and classify ceramics based on firing temperature, manufacturing method, and the type of clay that constitutes their clay body.

Keywords: Typology, Ceramics, Pottery, Manufacturing Techniques.

Knowledge of Conservation and Restoration

Vol. 5(3) No.13

December 2022

https://kcr.richt.ir

Pages: 47 to 62

Corresponding Author

Mohammad Yaghizaei

M.A in Conservation of Cultural and Historical Objects, Faculty of Cultural Materials Conservation, Tabriz Islamic Art University, Iran.

Email
mohamdyagizai@gmail.com

Copyright © 2020,Knowledge of Conservation and Restoration. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0. International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

گونه‌شناسی انواع سرامیک براساس ساختار بدنه، دما و روش ساخت

محمد یاغی‌زایی[1*]، عاطفه فاضل نجف‌آبادی[2]

۱. دانش‌آموخته، کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. ایران.

۲. استادیار. دانشکده هنرهای صناعی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. ایران.

چکیده

سرامیک و صنعت سرامیک‌سازی از ابتدای حضور انسان ابزارساز بر روی زمین تا به امروز دستخوش تغییرات متعددی شده است. این تغییرات سبب پیدایش گونه‌های مختلفی از سرامیک‌های متفاوت در شکل، طرح، نام‌گذاری، اندازه، روش‌های تهیه و تولید، گردیده که عمدتا در حفاری‌های باستان‌شناسی به دست می آیند و حفاظت و مرمت آنها با درک و شناسایی انواع و گونه‌های آن بسیار می‌تواند دقیق‌تر انجام پذیرد. سرامیک‌ها بسته به فن ساخت، دمای پخت، خاک مورد استفاده و افزودنی‌های مورد استفاده در خمیره به انواع مختلفی دسته‌بندی می‌شوند. این دسته‌بندی‌ها در برخی مواقع بسیار پراکنده هستند، به طوری که بر اساس دمای پخت به چهار دسته استون‌ور و ارتن‌ور، چینی و پورسلان و بر اساس روش ساخت به انواع دستی، ورقه‌ای، چرخی، قالبی و فشاری تقسیم می‌شوند. هدف از انجام این پژوهش معرفی مهم‌ترین گونه‌های سرامیک و ویژگی‌های آنها از جمله دمای پخت، فن ساخت و سایر ویژگی‌های ساختاری و مواد مورد استفاده در بدنه است. در این راستا و برای رسیدن به این هدف، به تشریح برخی از اصطلاحات سرامیک‌سازی، و دسته‌بندی سرامیک‌ها بر مبنای دمای پخت، روش ساخت و نوع خاک، خمیره تشکیل دهنده آنها می‌پردازیم.

واژگان کلیدی: گونه‌شناسی، سرامیک، سفال، فن ساخت.

فصلنامه دانش حفاظت و مرمت

سال پنجم، شماره ۳
شماره پیاپی ۱۳، پاییز ۱۴۰۱

https://kcr.richt.ir

صفحات: ۴۷ تا ۶۲

نویسنده مسئول

محمد یاغی‌زایی

دانش‌آموخته، کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. ایران

رایانامه

mohamdyagizai@gmail.com

مقاله منتخب سیزدهمین همایش دو سالانه حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی – فرهنگی و آرایه‌های معماری.

دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته می‌شود.

مقدمه

سرامیک‌ها و مواد سرامیکی در قالب اشیاء و قطعات سفالین در طول اکتشافات باستان‌شناسی، از مهم‌ترین مواد فرهنگی هستند که تقریباً در تمامی حفاری‌های باستان‌شناسی یافت می‌شوند و گویای چگونگی سیر تحول یا سکون یک تمدن در برهه‌ای مشخص و محدوده‌ای معین و خاص هستند (امامی،۱۴۰۰). سرامیک‌سازی را می‌توان نخستین صنعتی دانست که بشر همواره در صدد گسترش آن برآمده به‌نحوی‌که در طول تاریخ با افزایش دانش و توانایی‌های بشر، این تنوع بیشتر شده است (Tsetlin, 2018). سرامیک‌ها بسته به عوامل مختلف می‌توانند تغییرات و حالات متنوعی در بدنه‌های خود داشته باشند که همین امر سبب شده در گذر زمان اسامی مختلفی در جوامع مختلف به خود اختصاص دهند. از جمله مهم‌ترین عواملی که می‌توانند بیشترین تغییر را در این بدنه‌ها ایجاد کنند می‌توان به نوع خاک، دمای پخت و پرکننده‌های استفاده شده در خمیر بدنه اشاره کرد. با توجه به عوامل ذکر شده، سرامیک‌ها می‌توانند از نظر شکل، طرح، اندازه، رنگ و کاربرد نیز نام‌گذاری شوند. برخی از این دست‌ساخته‌ها با چرخ سفالگری و برخی با روش‌های مختلف دستی مانند فشاری، قالبی و غیره ساخته‌شده‌اند (Tite, 2004). این روش‌ها تأثیر مستقیمی بر نام‌گذاری سرامیک‌ها دارند (Gilstrap, at al. 2016). بنابراین می‌توان گفت کوچک‌ترین تغییرات در بدنه‌های سرامیکی موجب ایجاد انواع و یا گونه‌های مختلف می‌شود. حتی اسم برخی از سرامیک‌ها از نام محل ساخت آن‌ها گرفته شده است.

سرامیک‌ها به‌طورکلی به چهار دسته استون‌ور[1]، ارتن‌ور[2]، چینی و پرسلان[3] تقسیم می‌شوند. این تقسیم‌بندی مبتنی بر میزان دمای پخت و در مواردی نوع لعابی است که بر روی بدنه آن‌ها استفاده شده است. امروزه عمده سرامیک‌ها را با نام سفال و یا سفالینه می‌شناسند. این امر سبب شده تا تفاوت میان سرامیک و سفال را به‌عنوان دست‌ساخته‌های بشر از پخت خاک درست تشخیص ندهیم. کلمه سرامیک دارای اصطلاحات و مفاهیم گسترده‌ای است که شناخت و درک درست این مفاهیم به ما کمک می‌کند تا در پژوهش‌های علمی، با دقت بیشتری به بخش‌های مختلف این دست‌ساخته‌ها بپردازیم. در همین راستا پژوهشگران مختلفی به ارائه برخی از این مفاهیم و اصطلاحات پرداخته‌اند. یحیی ذکاء ایران‌شناس و پژوهشگر تاریخ هنر در کتاب خود با عنوان "فن و هنر سرامیک‌سازی" به بخشی از این مفاهیم و واژگان همچون واژه سرامیک و روش‌های ساخت انواع آن پرداخته است (ذکاء، ۱۳۴۱). پایدار در کتاب خود "مواد اولیه مصرفی در صنایع سرامیک" که سال ۱۳۸۴ به چاپ رسیده است، به مواد اولیه برای ساخت سرامیک مانند انواع خاک‌ها و پرکننده‌ها و خواص این مواد اشاره‌کرده است (پایدار، ۱۳۸۴). انوشفر و شروه نیز در زمینه کاشی، لعاب و سفال پژوهشی داشته‌اند و به روش‌های ساخت سفال، کاشی و انواع لعاب به‌طور مفصل پرداخته‌اند (شروه و انوشفر،۱۳۷۸). در کتاب "هشت هزار سال سفال ایران" به انواع سفال‌های ساخته‌شده در ایران و گونه شناسی، طرح، شکل و رنگ آن‌ها اشاره شده است (طلایی، ۱۳۹۰).

در پژوهش حاضر از روش مطالعه کتابخانه‌ای استفاده و طی آن به گردآوری داده‌هایی پرداخته شده است که در ریشه‌یابی برخی از اطلاعات به‌کاررفته در صنعت سرامیک به ما کمک‌می‌کنند. هدف از انجام این پژوهش ایجاد درک درست از نام‌گذاری‌های صورت گرفته در این زمینه است که با گردآوری اطلاعات مربوط به انواع و گونه‌های مختلف به سرانجام خواهد رسید.

تعریف سرامیک و مفاهیم مرتبط

انسان نخستین پس از شناخت محیط اطراف خود و کشف آتش، شروع به ساختن ابزار، لوازم و اشیاء مورد نیاز خود کرد. در هم آمیختن آب و خاک و سخت شدن خمیره آن‌ها بر اثر تبخیر، مراحلی هستند که طبیعت به انسان آموخت. قدیمی‌ترین کشف انسان اولیه که بر اساس کاوش‌ها و دانستنی‌های ابتدایی او استوار بوده، استفاده از حرارت آتش جهت سختی و استحکام اشیاء و اجسام گلی است. به‌تدریج با

گذشت زمان و پیشرفت دانش بشری، روش‌های ساخت و دماهای پخت بهبود یافت تا جایی که امروزه سرامیک‌ها بخش وسیعی از صنایع مختلف معاصر را در بر می‌گیرد. با توجه به این گستردگی و تنوع، عنوان‌های متعددی به آثار تولیدی در این حوزه اطلاق شده است. این عنوان‌ها اغلب دارای بار معنایی مشترک هستند. بنابراین به‌منظور ایجاد ادبیات مشترک در طول این مقاله به تعریف برخی از این واژگان می‌پردازیم.

سرامیک: واژه سرامیک از نظر زبان‌شناسی ریشه‌ای سانسکریتی به معنای پخته‌شده دارد. سرامیک در زبان یونانی (Keramos) به معنای "لوله‌ای از گل پخته‌شده" (ذکاء، ۱۳۴۱) و "رس سفال یا سفال" آمده است، به نظر می‌رسد این واژه در زبان یونانی به تمامی موادی گفته می‌شده است که به‌نوعی در فرایند پخت یا پیروتکنولوژی استحکام می‌یافته‌اند (امامی،۱۴۰۰: ۲۵۸). همچنین پیش‌تر از آن در زبان سانسکریت به معنای "چیزهای پخته‌شده" به‌کاررفته است (ذکاء، ۱۳۴۱). اطلاق معنای سرامیک برای یک فن خاص کاربرد همگانی نداشت تا اینکه در اجلاس سال ۱۹۲۰ میلادی واژه سرامیک برای تمام موادی که از سیلیکات‌ها ساخته و حرارت داده می‌شدند، انتخاب و معرفی شد. بنابراین، سرامیک به آثار جامد و شکننده که با بهره‌گیری از دانش و علم ساخته شده باشند و ماده اصلی و پایه آن‌ها خاک –شامل کائولن[۴] و خاک سفال– باشد، اطلاق می‌شود (هاشمی، ۱۳۹۴).

سفال: سوفال، سوفار، سفاله، این اصطلاحات بر مبنای تعریف لغتنامه‌ها و دائره‌المعارف‌ها، عموماً به معنای "اشیا ساخته‌شده از گل پخته" هستند. به انواع اشیایی مانند کوزه، کاسه، بشقاب، فنجان که از سفال یا گل پخته‌شده ساخته‌شود «سفالین» یا «سفالینه» گویند (دهخدا، ۱۳۸۵).

تراکوتا: تراکوتا بدنه‌های رسی شاموتی است که در ایتالیایی به معنای "خاک پخته‌شده" است. این آثار لعابدار و یا بدون لعاب معمولاً به شکل مجسمه هستند. تراکوتاها از خاک‌های ثانویه تهیه و تولید می‌شوند و عمدتاً به رنگ قرمز تا قهوه‌ای هستند. این نوع بدنه‌ها به دلیل دمای پخت و نوع خاکی که برای ساخت آن‌ها استفاده شده است، دارای تخلخل بالا هستند (سین کوبین، ۱۳۹۹). از جمله نمونه‌های بارز این آثار می‌توان به ارتش سفالین چین و مجسمه‌های یونانی اشاره کرد. امروزه از بدنه‌های تراکوتا در ساخت لوله‌های فاضلاب، آجر، کاشی سقف و غیره نیز استفاده می‌شود. رنگ قرمز این آثار به خاطر وجود ترکیبات آهن‌دار در خاک آن‌ها است (Hanzlick, et al., 2009). در فرآوری خاک و فنّاوری ساخت تراکوتا همان مراحل ساخت سفال دنبال می‌شود. از مراکز مهم ساخت این نوع از مجسمه‌ها می‌توان به هند، چین و اروپا اشاره کرد که بیشتر برای عبادت در خانه، به‌عنوان اسباب‌بازی کودکان، آراستن خانه و غیره استفاده شده‌اند (Pardhi& Vaidya, 2016)، اما باید به این نکته اشاره کرد که تمام این آثار دست‌ساز نبوده و بخش عمده این مجسمه‌ها قالبی هستند. در انگلستان و آمریکای شمالی از این نوع بدنه‌های سفالی به‌منظور پوشش سقف‌ها و یا تزیین نما استفاده‌کرده‌اند (Hall, 2011).

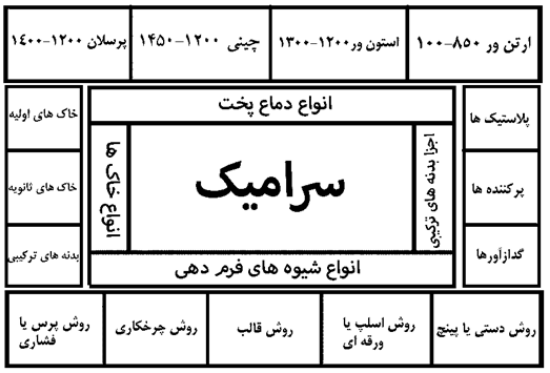
سفالینه: این اصطلاح، بنا بر تعریف لغتنامه‌ها عموماً به معنی اشیاء ساخته شده از گل پخته ، مانند کاسه، کوزه و غیره است. همچنین سفالینه، سفال ساخته‌شده را می‌گویند. سفالینه نیز شامل انواع اشیایی است که از سفال می‌سازند (دهخدا، ۱۳۸۵).

آثار سفالی از آن دسته از ساخته‌های بشر به‌حساب می‌آیند که نشانگر دانش، روابط اجتماعی، زیست‌شناسی، فرهنگ، باورها و اعتقادات اقوام مختلف هستند و همیشه مورد توجه باستان‌شناسان بوده‌اند، زیرا از این آثار می‌توان برای قوم‌شناسی مناطق مختلف استفاده کرد (Gosselain, 2018). قطعات سفال‌های تاریخی همیشه به‌دلیل شرایط مختلف دچار تغییرات عمده‌ای شده‌اند. از آن جمله می‌توان به تغییر در نوع و دمای پخت، نوع خاک رس و افزودنی‌ها اشاره کرد که در طول تاریخ بسته به شرایط اقتصادی و یا سیاسی در جهت بهتر شدن این صنعت شکل گرفته است (Beltrame, et al., 2020). بررسی‌ها نشان می‌دهد آثاری را می‌توان در دسته سفالینه‌ها قرارداد که دماهای بین ۵۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده‌اند (Hein & et al., 2014).

بـه محصـول ایـن مرحلـه از پخـت بدنـه، بیسـکویت گفتـه می‌شـود. دمـای مناسـب جهـت اسـتحکام و پخـت بدنـه معمـولاً ۹۰۰ درجـه سـانتی‌گراد اسـت. محصـولات سـفالی قبـل از اختـراع چـرخ سـفالگری بهوسیلـه دسـت و بـا حرکـت انگشـتان سـاخته می‌شـدند و در مـواردی پـس از خشـک شـدن بدنـه آن را بـا یـک لایـه نـازک از گل تزئیـن می‌کردنـد (هاشـمی، ۱۳۹۴). پـس از اختـراع چـرخ سـفالگری تحـولات بسیـار گسـترده‌ای در سـاخت انـواع و ابعـاد سـفالینه رخ داد کـه تـا بـه امـروز نیـز ادامـه دارد. سـفالینه و محصـولات سـفالی در طـول زمـان دچـار تحـولات و پیشـرفت‌های گسـترده‌ای شـد، به‌طـوری کـه از یـک شیء باسـتانی و مصـرفی در زنـدگی روزانـه بـه محصـولی صنعـتی و کاربـردی تغییـر پیـدا کـرد. جهـت شـناخت بهتـر، ایـن گـروه بزرگ بـا عنـوان «سـرامیک» را می‌تـوان بـه دسـته‌های زیـر تقسیـم کـرد.

طبقه‌بندی سرامیک‌ها

بـا توجـه بـه توضیحـاتی کـه پیش‌تـر گفتـه شـد، تقریبـاً در تمـامی تعاریـف، سـرامیک و سـفال به‌عنـوان گل پخته‌شـده شـناخته می‌شـوند کـه در بـرخی ویژگی‌هـا تفـاوت دارنـد. سـرامیک، دربرگیرنـده بسیـاری ویژگی‌هـای دمـا، اجـزا و مـواد اسـت لـذا جامعیت بیشـتری در بیـن بقیه واژگان دارد و در ایـن نوشـتار مـورد اسـتفاده قـرار خواهـد گرفـت. سـرامیک‌ها را می‌تـوان بـر اسـاس ۱) نـوع خـاک؛ ۲) اجـزا تشـکیل‌دهنده؛ ۳) دمـای پخـت؛ و ۴) شیوه‌هـای شـکل‌دهی طبقه‌بنـدی کـرد (شـکل ۱).



شکل۱. طبقه‌بندی سرامیک بر اساس انواع ویژگی‌های ساختاری و دمایی.

۱- انواع خاک‌ها

خـاک یـکی از عناصـر چهارگانـه اسـت کـه موجـب زیسـت و پیشـرفت آدمیـان شـده اسـت. واژه خـاک به‌طـورکلی بـه انباشـته‌ای از مـواد طبیـعی و زمیـنی، دارای دانه‌هـایی بـا نـرمی زیـاد اطلاق می‌شـود کـه در اثـر مخلـوط شـدن با آب حالـت چسـبندگی و شـکل‌پذیری (پلاسـتیسیته) بـه خـود می‌گیـرد. خـاک، اصلی‌تریـن جـزء تشـکیل‌دهنده سـرامیک به‌حسـاب می‌آیـد کـه ویژگی‌هـای مکانیـکی و شیمیـایی خـاصی را داراسـت (گرجسـتانی، ۱۳۸۴). از میـان انـواع خاک‌هـا می‌تـوان بـه خـاک رس اشـاره کـرد. واژه خـاک رس بـرای نخسـتین بـار در سـال ۱۵م بـه رسـمیت شـناخته شـد و تـا بـه امـروز دسـتخوش دگرگونی‌هـایی شـده اسـت. خـاک رس اساسـاً بـر مبنـای پلاسـتیسیته، انـدازه دانه‌هـا و سـرعت و میـزان سـخت شـدن پـس از پخـت تعریـف می‌شـود. به‌عنـوان مثـال در زمین‌شـناسی بـرای نامیـدن دانه‌هـای بـا انـدازه کمتـر از۰/۲ میکـرو بـه کار گرفتـه می‌شـود. در رسوب‌شـناسی بـه دانه‌هـای بـا انـدازه۰/۴ میکـرو ، رس گفتـه می‌شـود. رس مـاده‌ای معـدنی اسـت کـه در آمیـزش بـا آب حالـتی خمیـری و چسـبناک بـه خـود می‌گیـرد (Guggenheim & Martin, 1995).

به‌طـور کلی خاک‌هـایی کـه بـرای سـاخت سـرامیک اسـتفاده می‌شـوند بـه سـه دسـته ۱) خاک‌هـای نـوع اول یـا خـاک اولیـه؛ ۲) خاک‌هـای نـوع دوم یـا ثانویـه و ۳) خاک‌هـا یـا بدنه‌هـای ترکیـبی تقسیـم می‌شـوند. خاک‌هـای نـوع اول بـه آن دسـته از خاک‌هـایی گفته‌می‌شـود کـه پـس از به‌وجـود آمـدن دچـار فرسـایش نشـده و بـه همـان حالـت اولیـه خـود بـاقی مانده‌انـد (شـروه و انوشـفر، ۱۳۷۸). خـاک کائولـن، یـک نـوع خـاک اولیـه اسـت کـه بـه آن خـاک سـفید نیـز گفتـه می‌شـود (یـاوری، ۱۳۹۰). خاک‌هـای نـوع دوم در گـذر زمـان دچـار فرسـایش و جابجـایی شـده و سـرانجام در جایـگاهی کـه از آن به‌دسـت‌آمده‌اند، رسـوب کرده‌انـد (شـروه و انوشـفر، ۱۳۷۸). خـاک سـفال به‌نـوعی خـاک ثانویـه اسـت کـه بـه آن خـاک رس نیـز گفتـه می‌شـود (یـاوری، ۱۳۹۰).

در علـم مهنـدسی سـرامیک، خاک‌هـا بـا توجـه بـه کانی‌هـای موجـود در آن‌هـا و میـزان حضـور ایـن کانی‌هـا بـا توجـه بـه ویژگی‌هـای مختلـف همچـون انـدازه دانه‌هـا و میـزان خلـوص، بـه گونـه دیگـری دسـته‌بندی می‌شـوند.

در ایـن دسـته‌بندی، خاک‌هـا بـه انـواع کائولیـن، رس (رس کلوخـه‌ای یـا رس گلولـه‌ای)، رس قرمـز، هالوزیـت، بنتونیـت[5] و غیـره تقسیم‌بنـدی می‌شـوند (گرجسـتانی، ۱۳۸۴). همچنیـن در گروه‌بنـدی دیگـری بـر اسـاس خلـوص مـواد تشـکیل‌دهنده، سـرامیک‌ها بـه دو گـروه تقسیـم می‌شـوند. گـروه نخسـت از سـرامیک‌ها بـر پایـه خـاک رس (سیلیکات‌آلومینیـم)، کوارتـز و خرده‌سـنگ تشـکیل می‌شـوند. آثـاری همچـون ظـروف چینـی، سـفالی و سـنگ‌نما از ایـن مـوارد هسـتند. گـروه دوم از سـرامیک‌ها شیشـه‌ها هسـتند کـه مـواد تشـکیل‌دهنده خالص‌تـری دارنـد و درجـه حـرارت بالاتـری را هـم در زمـان پخـت و هـم بعـد از آن تحمـل می‌کننـد. هرچـه خلـوص مـواد در سـرامیک‌ها بیشـتر باشـد، کارایی بهتـری پیـدا می‌کننـد. ایـن پارامتـر می‌توانـد بـر روی ویژگی‌هـایی همچـون مقاومـت فشـاری، تخلخل، اسـتحکام (تامپسـون، ۱۳۹۲) و تحمـل دمـا تأثیـر مسـتقیم بگـذارد. تنـوع در سـرامیک‌ها امـروزه بسیـار قابـل توجـه اسـت و می‌تـوان گفـت ایـن مـواد در بخـش بـزرگی از زنـدگی و دانـش پیرامـون مـا کاربـرد دارنـد (میرهـادی و کفیـلی، ۱۳۸۷). سـرامیک‌ها بسـته بـه کارکـردی کـه معمـولاً در هـر رشـته یـا شـاخه از ایـن علـم دارنـد، تقسیم‌بنـدی می‌شـوند. اصولاً در سـاخت سـرامیک‌ها یـک فراینـد کلی وجـود دارد و آن ترکیـب خـاک رس بـا آب اسـت. در ایـن حالـت، خـاک رس تبدیـل بـه یـک حالـت خمیـری، چسـبناک و نـرم می‌شـود کـه پـس از خشـک شـدن در زیـر نـور آفتـاب به‌واسـطه حـرارت دچـار تغییـر شیمیـایی و فیزیـکی خواهـد شـد. ایـن خمیـر، بسـته بـه دمـای پخـت می‌توانـد خصوصیـات متفـاوتی از خـود نشـان دهـد. به‌طـورکلی می‌تـوان گفـت آثـار رسی کـه در معـرض حـرارت قـرار می‌گیرنـد، یـک واکنـش غیـر قابـل برگشـت را تجربـه می‌کننـد (پلندرلیـت و ورنـر، ۱۳۹۱). بـه ایـن حالـت خمیـری خـاک اصطلاحـاً پلاسـتیسیته خـاک نیـز گفتـه می‌شـود؛ اصلی‌تریـن عوامـل در کیفیـت پلاسـتیسیته، میـزان خلـوص خـاک رس و میـزان آب موجـود در آن اسـت. به‌طـور کلی خاک‌هـا از لحـاظ میـزان پلاسـتیسیته بـه چهـار دسـته تقسیم‌بنـدی می‌شـوند: خاک‌هـای بـدون پلاسـتیسیته، بـا پلاسـتیسیته متوسـط، خـوب و عـالی. ایـن ویـژگی قابـل اندازه‌گیـری اسـت. پلاسـتیسیته در خاک‌هـای مختلـف متفـاوت اسـت. بـه عنـوان مثـال پلاسـتیسیته در کائولـن نسـبت بـه مونـت موریلونیـت بسیـار زیادتـر اسـت، و ایـن امـر غالباً بـه دلیـل پیوندهـای هیـدروژنی قـوی اسـت کـه در کائولـن به‌وجـود می‌آینـد (بابـائی نـژاد و جـوادی ده‌خوارقـانی، ۱۳۷۵).

۲-طبقه‌بندی سرامیک‌ها بر اساس اجزاء تشکیل‌دهنده بدنه‌های ترکیبی

اجـزاء تشـکیل‌دهنده بدنه‌هـای ترکیـبی بـه سـه قسـمت کلی تقسیـم می‌شـود: الـف) مـواد پلاسـتیک کـه خاصیـت شـکل‌پذیری و پلاسـتیسیته خمیـر گل را تأمیـن می‌کننـد. از جملـه منابـع تأمیـن آن می‌تـوان کائولـن، بالـکلی[6] و بنتونیـت را نـام بـرد؛ ب) مـواد پرکننـده[7] کـه سـاختمان و اسـتخوان‌بندی بدنه‌هـای سـرامیکی را تشـکیل می‌دهنـد، ماننـد سیلیـس[8]، آلومیـن، تالـک[9]، شـاموت، ماسـه بـادی؛ ج) موادگـدازآور کـه بـا ایجـاد پیوندهـای شیمیـایی بیـن ذرات موجـب اسـتحکام بدنـه بعـد از پخـت می‌شـوند، مانند فلدسـپات‌ها[10] و فریت‌هـا[11].

الف) مواد پلاستیک

بارزتریـن ویـژگی رس‌هـا خاصیـت شـکل‌گیری و انعطـاف در بدنـه اسـت. پلاسـتیسیته خاصیـتی اسـت کـه یـک ماده را قـادر می‌سـازد تـا در اثـر یـک نیـروی خـارجی بـدون شکسـت و گسسـتگی تغییـر شـکل داده و بعـد از حـذف یـا کاهـش نیـرو همچنـان شـکل خـود را حفـظ نمایـد (رحیـمی و متیـن، ۱۳۸۷).

کائولـن: نـوعی خـاک رس اسـت کـه بـرای نخسـتین بـار در چیـن کشـف شـد. در بـرخی از منابـع بـه آن خـاک چینـی نیـز می‌گوینـد. خـاک کائولـن بـه رنگ سـفید اسـت و بعـد از پخـت نیـز بـه رنـگ سـفید بـاقی می‌مانـد. ایـن خـاک از فرسـایش سـنگ‌های گرانیـتی تشـکیل می‌شـود و در دمـای میانـه ۱۷۷۰ تـا ۱۷۷۵ درجـه سـانتی‌گراد بـه نقطـه گـدازش می‌رسـد. پیـش از یافتـن کائولـن، در بـرخی سـفال‌ها مقـدار انـدکی از ایـن نـوع خـاک شناسـایی شـده اسـت کـه بـا توجـه بـه شـواهد، اسـتفاده از آن به‌صـورت آگاهانـه نبـوده اسـت، امـا امـروزه در بیشـتر سـرامیک‌ها از کائولـن اسـتفاده می‌شـود (پایـدار، ۱۳۸۴). خـاک کائولـن بـه دلیـل چسـبندگی بـالا و پلاسـتیسیته مناسـبی کـه دارد، اغلـب به‌صـورت دوغـابی بـرای سـاخت سـرامیک مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد.

بالـکلی: یـک نوع سـنگ رسـوبی حـاوی کائولینـت و مقدار جـزئی ایلیـت، کلریـت و مونت موریونیـت اسـت. در ترکیب شیمیـایی بالـکلی نـوعی رس، همانند کائولن اسـت و تفاوت آن بـا کائولـن در داشـتن پلاسـتیسیته بـالا و مقاومـت کمتر در برابـر حـرارت اسـت، امـا در ترکیـب شیمیـایی بالـکلی و کائولـن تفـاوت چنـدانی دیـده نمی‌شـود و تنهـا در نسـبت و میـزان سیلیـس شـرکت‌کننده در ترکیـب دارای اخـتلاف می‌باشـند. ترکیـب عمـومی بالکلی‌هـا غالبـاً شـامل ۲۰ تـا ۸۰ درصـد کائولینیـت، ۱۰ تـا ۲۵ درصـد میـکا و ۶ تـا ۶۵ درصـد سیلیـس (کوارتـز) اسـت (رحیـمی و متیـن، ۱۳۸۷). از جملـه دلایـل اسـتفاده از بالـکلی در بدنه‌هـا می‌تـوان بـه ایـن مـوارد اشـاره کـرد: پلاسـتیسیته بـالا، قابلیـت شـکل‌پذیری (آب را در خـود نگـه می‌دارد)، اسـتحکام خـام بـالا، افزایـش سیـالات دوغاب‌هـای ریخته‌گـری، بـه دلیـل ریزدانـه بـودن و پائیـن بـودن دمـای ذوب چنانچـه از یـک حـدی بیشـتر اسـتفاده شـود نقطـه ذوب را شـدیداً پائیـن می‌آورد و موجـب تغییـر شـکل محصـولات می‌شـود، در بدنه‌هـایی کـه زیـاد اسـتفاده می‌شـوند شـدیداً بـر روی رنـگ بعـد از پخـت تأثیـر می‌-گـذارد، اگـر مقـدار اسـتفاده زیـاد باشـد ضمـن اینکـه قابلیـت کارپذیـری را افزایـش می‌دهـد باعـث انقبـاض شـدید در بدنـه شـده و قطعـه خشـک شـده بـا انقبـاض شـدید در نهایـت تـرک می‌خـورد (گرجسـتانی، ۱۳۸۴).

بنتونیـت: یـکی دیگـر از گونه‌هـای خـاک رس اسـت کـه بـه رنگ‌هـای سـفید، خاکسـتری، زرد تـا قهـوه‌ای در طبیعت یافـت می‌شـود. ایـن نـوع خـاک از خاکسـتر آتش‌فشـانی تشـکیل می‌شـود و دارای گیـرش آب بسیـار بـالا و نقطـه ذوب پاییـن اسـت. بـه دلیـل جـذب آب بـالای بنتونیـت، از آن در بدنـه آثـار سـفالین بـه مقـدار بسیـار کـم اسـتفاده می‌شـود. ایـن خـاک می‌توانـد تـا پنـج برابـر حجـم خـود آب جـذب و ازدیـاد حجـم پیـدا کنـد. معمـولاً از بنتونیـت بـرای ایجـاد تـوازن و هماهنـگی در چسـبندگی بدنـه اسـتفاده می‌شـود. از دیگـر مـوارد اسـتفاده بنتونیـت می‌توان بـه مصـرف آن در سـاخت لعاب‌هـا اشـاره کـرد (بابایی‌نـژاد و جوادی‌ده‌خوارقـانی، ۱۳۷۵).

ب) مواد پرکننده

پرکننده‌هـا، مـواد غیـر پلاسـتیکی هسـتند کـه بـه بدنـه اضافـه می‌شـوند و معمـولاً دارای نقطـه ذوب بـالا و مقاومـت شیمیـایی خـوبی بـوده و مهم‌تریـن وظایـف آن‌هـا جلوگیـری از تغییـر شـکل بدنـه در خلال پخـت، ایجـاد انبسـاط حـرارتی مناسـب و کنتـرل انقبـاض تـر بـه خشـک و خشـک بـه پخـت اسـت. علاوه‌بـر ایـن، پرکننده‌هـا در تعییـن تخلخـل و رنـگ (سـفیدی) بدنـه، اتصـال مناسـب لعـاب و بدنـه و اصلاح بافـت خـام نقـش مهـمی دارنـد و در واقـع سـاختمان و اسـتخوان‌بندی بدنه‌هـای سـرامیکی را تشـکیل می‌دهنـد. از مهم‌تریـن و رایج‌تریـن پرکننده‌هـا در صنعـت سـرامیک و مـورد اسـتفاده در بدنه‌هـای ترکیـبی، سیلیـس و تالـک اسـت (رحیـمی و متیـن، ۱۳۸۷).

سیلیـس: دارای اشـکال مختلـفی اسـت کـه می‌تـوان آن را در طبیعـت یافـت. متداول‌تریـن نـوع سیلیـس، سیلیـس کوارتزیـنی اسـت. سیلیـس در دمـای۱۷۵۰ درجـه سـانتی‌گراد بـه نقطـه ذوب خـود می‌رسـد و در ایـن نقطـه تبدیـل بـه سـاختار شیشـه‌ای می‌شـود. می‌تـوان گفـت کـه تمـام شیشـه‌های موجـود، جنـسی بـا پایـه سیلیـسی دارنـد. سیلیـس بـه دلیـل رفتارهـای حـرارتی خـاص در دماهـای بـالا بسیـار مـورد توجـه سرامیک‌سـازها بـوده و در سـاخت لعـاب اسـتفاده می‌شـود. در سـاخت لعـاب، سیلیـس را بـا خـاک رس، فلدسـپات و بـرخی مـواد دیگـر ترکیـب می‌کننـد (عباسیـان، ۱۳۸۴).

تالـک: مـوارد اسـتفاده فـراوانی در صنعـت سـرامیک امـروزی دارد، امـا آغـاز اسـتفاده از آن بـه دوره تانـگ در چیـن برمی‌گـردد. تالـک سـفیدرنگ اسـت و بـرای کمـک بـه گـدازش سیلیـس و کوچک‌تـر شـدن مولکول‌هـا در بدنه‌هـای سـرامیکی اسـتفاده می‌شـود. برآینـد ایـن عمـل بدنـه را در برابـر حـرارت مقـاوم می‌کنـد. پـودر تالـک در سـاخت لعـاب نیـز مـورد مصـرف قـرار می‌گیـرد. از آن بـرای زدایـش ریزترک‌هـای روی لعـاب و جلوگیـری از تکانه‌هـای حـرارتی اسـتفاده می‌شـود (گرجسـتانی، ۱۳۸۴).

ج) مواد گدازآور

گدازآورهـا در صنعـت سـرامیک جهـت کاهـش نقطـه ذوب بدنـه و یـا لعـاب به‌عنـوان یـکی از مـواد اولیـه مصـرف می‌شـوند. در هنـگام پخـت بدنـه، گدازآورهـا ذوب شـده و در هنـگام سـرد شـدن فـاز شیشـه‌ای را در بدنـه بـه وجـود می‌آورنـد. شیشـه حاصـل کلیـه بلورهـای موجـود در بدنـه پختـه را در برگرفتـه و بدیـن ترتیـب یـک تـوده یکپارچـه

را بـه وجـود می‌آورد. گدازآورهـا بـا ایجـاد پیوندهـای شیمیـایی بیـن ذرات مـواد، موجـب اسـتحکام بدنـه بعـد از پخـت می‌شـوند. گدازآورهـایی کـه در صنعـت سـرامیک مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرنـد بسیـار متنوع‌انـد، از جملـه: اکسیدهـای سـدیم، پتاسیـم، کلسیم و منیزیـم. فلدسـپات‌ها کـه دارای اکسیدهـای قلیـایی و یـا قلیـایی خـاکی هسـتند، مهم‌تریـن تأمین‌کننـده گدازآورهـای مصـرفی در بدنه‌هـا و لعاب‌هـا (به‌خصـوص در بدنه‌هـای پخـت بـالا) هسـتند (رحیـمی و متیـن، ۱۳۸۷). همچنیـن فریت‌هـا در بدنه‌هـای پخـت پاییـن به‌عنـوان گـدازآور در بدنـه و یـکی از اجـزای لعـاب مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرنـد.

فلدسـپات‌ها: از گسـترده‌ترین مـوادی هسـتند کـه بـر روی کـره زمیـن یافـت می‌شـوند. گونه‌هـای ناهمسـانی دارنـد و دارای شکسـت نـور پاییـنی هسـتند و بـه بدنه‌هـای سـرامیکی رویـه‌ای شیشـه‌ای می‌دهند. در صنعت سـرامیک از فلدسـپات‌ها به‌عنـوان پرکننـده و یـا گـدازآور اسـتفاده می‌شـود. فلدسـپات‌ها محصـول هـوازدگی بـر پایـه موازنـه زیر،برآمـده از آبرافـت کائولینیـت اسـت.

Hydrolysis:

$$\underset{\text{(Orthoclase)}}{2KAlSi_3O_8} + 2H^+ + 9H_2O \rightarrow \underset{\text{(Kaolinite)}}{Al_2Si_2O_5(OH)_4} + \underset{\text{(Dissolved silica)}}{4H_4SiO_4} + \underset{\text{(Dissolved potassium)}}{2K^+}$$

فریـت: در بدنه‌هـای سـرامیکی بیشـتر به‌عنـوان گـذارآور (ارتـن‌ور) و در بدنه‌هـای بـا پخـت بـالا به‌عنـوان پرکننـده نیـز اسـتفاده می‌شـوند. فریـت به‌صـورت سـربی و قلیـایی وجـود دارد (بابـائی نـژاد و جـوادی دهخوارقـانی، ۱۳۷۱) و یـکی از اجـزای اصـلی لعـاب نیـز به‌حسـاب می‌آیـد. بـا توجـه بـه نیـاز سرامیک‌سـازها بـا درصدهـای گوناگـون بـه‌کار گرفتـه می‌شـود. در جـدول۱ گزیـده‌ای از انـواع خاک‌هـا و کانی‌هـای مـورد اسـتفاده در سرامیک‌سـازی بـه همـراه بارزتریـن خـواص آن‌هـا درج شـده اسـت.

جدول۱. انواع خاک مورد استفاده در صنعت سرامیک (بابائی نژاد و جوادی دهخوارقانی، ۱۳۷۱؛ گرجستانی، ۱۳۸۴؛ شروه و انوشفر، ۱۳۷۸).

انواع خاک‌ها و کانی‌ها	خواص و کاربرد خاک‌ها و کانی‌ها در صنعت سرامیک‌سازی
سیلیس/ SiO_2	استفاده جهت افزایش مقاومت سرامیک و ایجاد رویه‌ای شفاف در دمای بالا
بنتونیت/ $Na, CaO)(Al, Mg))$ $(Si_4O_{10})_3 (OH)_6 NH_2O$	بالا بردن میزان چسبندگی و توازن در مقدار جذب آب در بدنه سرامیک
فریت	معمولاً از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده لعاب و ندرتاً برای استفاده در بدنه
فلدسپات‌ها	از اجزای اصلی در صنعت سرامیک و مقاومت دهنده به بدنه
تالک/ $H_2Mg_3(SiO_3)_4$	استفاده برای افزایش پایداری حرارتی و مقاومت بدنه و در لعاب‌ها برای جلوگیری از ترک‌خوردگی
خاک قرمز/ Fe_2O_3	عمدتاً برای ایجاد بدنه‌های قرمز به دلیل آهن بالا (استفاده کمتر از سایر خاک‌ها)
کائولن/ $Al_2Si_2O_5(OH)_4$	استفاده در بیشتر بدنه‌های سرامیکی در حجم زیاد ایجاد رنگ سفید بدنه
آزبست	استفاده به عنوان ماده نسوز و در مواردی به عنوان ماده افزودنی
باریم‌کربنات/ $BaCO_3$	استفاده در ساخت بدنه‌های آجری
خاکستر آتش‌فشانی	استفاده در بدنه‌های سرامیکی و لعاب به‌عنوان گدازآور
ولاستونیت/ $CaSiO_3$	استفاده به‌عنوان فلاکس در لعاب‌ها
دولومیت/ $CaMg(CO_3)_2$	استفاده در ساخت بدنه‌ها و لعاب‌ها
رس کلسینه‌شده	استفاده به‌منظور تعدیل شکل‌پذیری و کاهش انقباض در بدنه‌های سرامیکی
کلی‌ها	استفاده به‌عنوان گدازآور و برای بهبود برخی ویژگی‌ها
بوراکس/ $Na_2B_4O_7. nH_2O$	استفاده بسیار به‌عنوان فلاکس در لعاب

۳- طبقه‌بندی سرامیک بر اساس دمای پخت

در دسته‌بندی کلی، سرامیک‌ها را از نظر دمای پخت به چهار دسته الف) ارتن‌ور؛ ب) استون‌ور؛ ج) چینی؛ د) پورسلان و بدنه‌های سرامیکی خاص دسته‌بندی می‌کنند.در ادامه سرامیک‌ها از لحاظ میزان دمای پخت در بدنه و لعاب دسته‌بندی شده‌اند (شکل۳). البته این نکته قابل ذکر است که هرکدام از این بدنه‌ها خود به دسته‌های دیگری تقسیم (گرجستانی، ۱۳۸۴) و بسته به کاربرد و بنا به‌ضرورت تجاری‌سازی با اسامی متفاوتی نامیده می‌شوند.

الف) سفال

در فارسی به آثار ارتن‌ور سفال، سفالینه و گلینه گفته می‌شود، اما در انگلیسی واژه دیگری وجود دارد که در فارسی کلمه سفال برای آن به‌کار می‌رود. واژه "Pottery" از دو کلمه Pot" ظرف" و Ery"کار کردن و ساختن" تشکیل‌شده است که در نزدیکترین حالت می‌توان واژه "کوزه‌گری" را برای آن به‌کار برد. ارتن‌ورها از نظر ترکیبات موجود معدنی در بدنه خود به چند دسته تقسیم می‌شوند: ارتن‌ور طبیعی که از خاک‌های اولیه تهیه می‌شود، ارتن‌ور ظریف، ارتن‌ور تالکی و ارتن‌ور نیمه شیشه‌ای (گرجستانی، ۱۳۸۴) که به آن بدنه بدل‌چینی نیز گفته‌می‌شود. همچنین ارتن‌ورها را می‌توان بر اساس خاک دسته‌بندی کرد که به سه دسته ارتن‌ورهای رسی یا آرژیلی، ارتن‌ور آهکی و ارتن‌ور فلدسپاتی تقسیم‌می‌شود (رحیمی، ۱۳۶۹). از نظر دمایی سفال بین ۸۵۰ تا ۱۰۰۰درجه سانتی‌گراد (گرجستانی، ۱۳۸۴) و به نقل دیگر ۹۵۰-۱۰۵۰ درجه سانتی‌گراد (امامی، ۱۴۰۰) پخته می‌شوند. خاکی که برای ساخت بدنه‌های ارتن‌ور استفاده می‌شود معمولاً دارای درصدی اکسیدآهن است. اگر این مقدار از ۲۰ درصد زیادتر باشد بر رنگ بدنه تأثیر زیادی می‌گذارد (شروه و انوشفر، ۱۳۷۸).قدمت سفال بیش از ۷ هزار تا ۸ هزار سال قبل از میلاد است و از جمله ویژگی‌های بصری آن می‌توان به دانه‌بندی درشت و رنگ قرمز یا نخودی پس از حرارت دیدن و تخلخل محسوس اشاره کرد (امامی، ۱۴۰۰).

ب) استون‌ور

استون‌ور یا بدنه‌های گل سنگی به بدنه‌هایی گفته‌می‌شود که در دماهای بین ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد پخته شده‌اند. استون‌ورها می‌توانند لعابدار یا بدون لعاب باشند. استون‌ورها شفافیت ندارند و آثاری هستند مات که از استحکام بالایی برخوردارند. نام تجاری این آثار، چینی استخوانی است. برخلاف ارتن‌ور، بخش اعظم استون‌ورها را دیرگدازها تشکیل می‌دهد. بدنه‌های استون‌ور به دسته‌های استون‌ور طبیعی، استون‌ور ظریف، ظروف جاسپر، استون‌ور بازالت و استون‌ور صنعتی غیرمتخلخل تقسیم می‌شوند (گرجستانی، ۱۳۸۴). در فارسی به استون‌ورها، ظروف "سنگینه" یا "داشخال" نیز گفته می‌شود. این ظروف به دلیل وجود گدازآورها و دمای پخت بالا، تراکم بالایی دارند، به‌همین دلیل به سنگ تشبیه می‌شوند (رحیمی، ۱۳۶۹). بدنه‌های استون‌ور معمولاً از خاک‌های نوع دوم یا خاک‌های ثانویه ساخته می‌شوند و آثاری سرامیکی با بدنه استون‌ور در طیف رنگ‌های خاکستری روشن تا قهوه‌ای تیره می‌توانند تغییر کنند (شروه و انوشفر، ۱۳۷۸).

ج) چینی

در زبان فارسی ظروفی چینی در گذشته صرفاً به آن دسته از آثاری گفته می‌شد که در کشور چین ساخته شده بودند، اما این آثار بعدها در ایران دوره صفوی بسیار تولید و به اروپا نیز صادر شدند. در زبان انگلیسی نیز به همین صورت بوده است. امروزه مفهوم این کلمه تغییر پیدا کرده و به تمام آثار سفید رنگی که بدنه متراکم دارند، گفته می‌شود (رحیمی، ۱۳۶۹). این ظروف ترکیب مشابهی با پرسلان دارند، تنها تفاوت شاخص آن‌ها افزودن ٪۵۰ خاکستر استخوان حیوانی (کلسیم فسفات) به این ماده است (امامی، ۱۴۰۰) این ظروف در دماهای بین ۱۲۰۰ تا ۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد پخته می‌شوند و می‌توانند لعابدار یا بدون لعاب باشند. به دلیل پخته شدن در دمای بالا دارای تخلخل کم و تراکم بالا، شفافیت زیاد و در صورت لعاب-دار بودن جلوه شیشه‌ای هستند. ظروف چینی از خاک‌های اولیه و بسیار خالص مانند کائولن که درگذشته به آن خاک چینی

نیـز گفتـه می‌شـد، سـاخته می‌شـوند. ظـروف چینـی نیـز بـه چندیـن دسـته ماننـد چینـی اسـتخوانی[12]، فریـت، سـخت، چینـی خانـگی (گرجسـتانی، ۱۳۸۴) و غیـره تقسیم‌بنـدی می‌شـوند. ایـن ظـروف در اروپـا توسـط یـک فـرد آلمـانی (رحیـمی، ۱۳۶۹) پـس از کشـف، سـاخته و متـداول شـدند.

د) پرسلان

پـرسلان، بـه آن دسـته از بدنه‌هـایی اطلاق می‌شـود کـه از یـک ترکیـب سـه مـاده‌ای سـاخته می‌شـود. ایـن بدنه‌هـا علاوه بـر ظـروف آشـپزخانه‌ای بـرای مصـارف صنعـتی نیـز کاربـرد دارنـد کـه بـه آن‌هـا پرسلان‌هـای الکتریـکی نیـز گفتـه می‌شـود. کلمـه پـرسلان ریشـه در واژه "پـورسلا " در زبـان ایتالیـایی دارد کـه برگرفتـه از نـام نـوعی حلـزون با صـدف سـفید و نیمه‌شـفاف اسـت کـه در دریـای مدیترانـه زیسـت می‌کنـد (رحیـمی، ۱۳۶۹). بدنه‌هـای پـرسلان در دمـای بیـن ۱۲۰۰ تـا ۱۴۰۰ درجـه سـانتی‌گراد پختـه می‌شـوند و دارای چغرمـگی بـالایی هسـتند. ایـن بدنه‌هـا دارای اسـتحکام خـوب، رنـگ سـفید و شـفافیت هسـتند که بـه دلیـل وجـود مـواد شیشـه‌ای و مـاده معـدنی مولیـت در بدنـه اسـت. به‌طـور کلی بدنه‌هـای پـرسلانی از حـرارت دادن دو مـاده اصـلی کائولـن و فلدسـپات‌ها تـا آسـتانه ذوب سـاخته می‌شـوند. مـواد اولیـه در سـاخت ایـن بدنه‌هـا می‌توانـد بسیـار متغیـر باشـد. از جملـه آن‌هـا می‌تـوان بـه فلدسـپات‌ها، خـاک رس، شیشـه، خاکسـتر اسـتخوان، کربنـات کلسیـم و کوارتـز اشـاره کـرد (Anwar et al., 2014). بـه دلیـل اینکـه پرسلان‌هـا مقاومـت بـالایی در برابـر جریان‌هـای الکتریـکی از خـود نشـان می‌دهنـد، بـرای انتقـال بـرق در مسـافت‌های طـولانی بسیـار مفیـد واقـع می‌شـوند. به‌همیـن دلیـل از بدنه‌هـای پـورسلان علاوه‌بـر سـاخت ظـروف خانـگی در صنعـت انتقـال بـرق نیـز اسـتفاده می‌شـود. وجـود مـوادی چـون آلومینیـوم، سیلیـس و کوارتـز در بدنه‌هـای پـرسلانی بـه کیفیـت ایـن محصـولات کمک بسیـار می‌کنـد (Merga et al., 2019). از مهم‌تریـن ویژگی‌هـای بدنه‌هـای سـرامیکی در صنعـت می‌تـوان بـه مقاومـت الکتریـکی و دی‌الکتریـک بـالا، خـواص مکانیـکی نسـبتاً خـوب، مقاومـت در برابـر گرمـا و عایـق حـرارتی حـتی در هـوای مرطـوب اشـاره کـرد (Islam& Chan, 2004). در تقسیم‌بندی‌هـای جدیدتـر پـرسلان بـه دو گونـه پـورسلان نـرم[13] و پورسلان سـخت[14] تقسیم‌بنـدی می‌شـود. ایـن تقسیـم بنـدی بدلیـل تفـاوت در تغییـراتی اسـت کـه وابسـته بـه میـزان و تغییـرات رس و آلومینـات و فلدسـپار و پیامدهـای اسـتفاده از آن‌هـا بـر تغییر درجـه حـرارت، در خـواص، سیمـای بدنـه و ویژگی‌هـای شـکل‌پذیری آنهـا ایجـاد می‌شـوند (امـامی،۱۴۰۰: ۲۶۱).

٤- انواع شیوه‌های شکل‌دهی

پـس از شـناخت و بـررسی خاک‌هـا، مـواد اولیـه و انـواع دماهـای پخـت یـکی دیگـر از مهم‌تریـن مراحـل بـررسی آثـار سـرامیکی شیوه‌هـای شـکل‌دهی اسـت. خـاک بـه دلیـل در دسـترس بـودن و ارزانی از ابتـدای تاریـخ مـورد اسـتفاده انسـان‌ها بـوده اسـت. در دوره‌هـای نخسـتین انسـان‌ها از شیوه‌هـای سـاده و ابتـدایی بـرای سـاخت قطعـات اسـتفاده می‌کردنـد، امـا بـه مـرور زمـان و بـا پیشـرفت جوامـع و صنایـع، روش-هـای شـکل‌دهی پیشـرفته‌تر شـد. امـروزه اسـتفاده از دسـتگاه‌ها و تکنولـوژی صنعـتی جایگزیـنی بـرای روش‌هـای دسـتی و سـنتی شـده اسـت. جـدا از روش‌هـای صنعـتی و دسـتگاه‌های پیشـرفته، انـواع شیوه‌هـای شـکل‌دهی بـر اسـاس روش‌هـای متـداول در طـول تاریـخ را می‌تـوان بـه چنـد گـروه کلی طبقه‌بنـدی کـرد: الـف) روش دسـتی، پینـچ یـا انگشـتی؛ ب) روش اسـلب یـا ورقـه‌ای؛ ج) شـکل‌دهی بـه روش قالـب؛ د) روش چـرخ‌کاری؛ ه) روش پـرس یـا فشـاری.

الف) روش دستی، پینچ یا انگشتی

یـکی از ابتدایی‌تریـن و سـاده‌ترین روش‌هـا در شـکل‌دهی بدنه‌هـای سـرامیکی روش پینـچ یـا انگشـتی اسـت. بـا ایـن روش به‌سـادگی می‌تـوان حجم‌هـای توخـالی و یـا مجسـمه‌های کوچـک سـاخت. ونـوس تپـه سـراب یـکی از بهتریـن نمونه‌هـای روش انگشـتی در طـول تاریـخ سـفال ایـران اسـت. ونـوس تپـه سـراب نـامی قـراردادی بـرای پیکـرک گلی الهـه‌ای اسـت (شـکل ۲) کـه در تپـه سـراب در کرمانشـاه بـه دسـت آمـده اسـت. ایـن پیکـره مربـوط بـه عصـر نوسـنگی اسـت و هم‌اکنـون در مـوزه ایـران باسـتان نگهـداری می‌شـود. قدمـت ایـن پیکـره حـدود شـش هـزار سـال پیـش از میلاد تخمیـن زده شـده اسـت. ایـن پیکـرک گلی پنـج و نیـم سـانتیمتر ارتفـاع دارد و زنی را نشـان می‌دهـد کـه در حالـت نشسـته پاهـای خـود را دراز کـرده اسـت.

شکل۲. تصویری از مجسمه سرامیکی که با اسم ونوس تپه سراب شناخته می‌شود (Irannationalmuseum, 2017).

ب) روش ورقه‌ای یا اسلب

روش ورقه‌ای یا اسلب یکی دیگر از روش‌های بسیار پرکاربرد شکل‌دهی بدنه‌های سرامیکی است. در این روش گل را با دست یا ابزاری مناسب مانند وردنه به‌صورت ورقه‌ای تخت درآورده و با توجه به الگوی حجم سرامیکی مورد نظر، آن را به ابعاد و اشکال دلخواه برش می‌دهند. سپس با اتصال قطعات مختلف حجم مورد نظر ساخته می‌شود. از بهترین نمونه‌های روش ورقه‌ای، بالش‌های سرامیکی از دوران تانگ در چین است که به‌صورت ورقه‌ای و به شکل مربع و مستطیل ساخته شده‌اند (شکل ۳).

شکل۳. (راست) بالش سرامیکی از دوره تانگ چین، قرن هشتم میلادی (Sancai, three-color Glazed ware, 2019).

ج) شکل‌دهی به روش قالب

در روش قالب این امکان وجود دارد که یک شکل چندین بار تکرار شود. اولین نمونه‌ها به این روش در تاریخ سفال ایران مربوط به دوره سلجوقی است. قالب‌هایی که با گل‌سنگی ساخته می‌شدند، سپس با فشار گل درون آن‌ها مجدد از شکل تکرار می‌شد. بعدها قالب‌های گچی مرسوم شد که تولید به روش ریخته‌گری دوغاب انجام می‌شد (شکل ۴).

شکل۴. ظروف سرامیکی با روش کنده‌کاری و قالب، لعاب آبی کبالت، قرن ششم هجری، موزه بروکلین (Brooklyn museum, 2009).

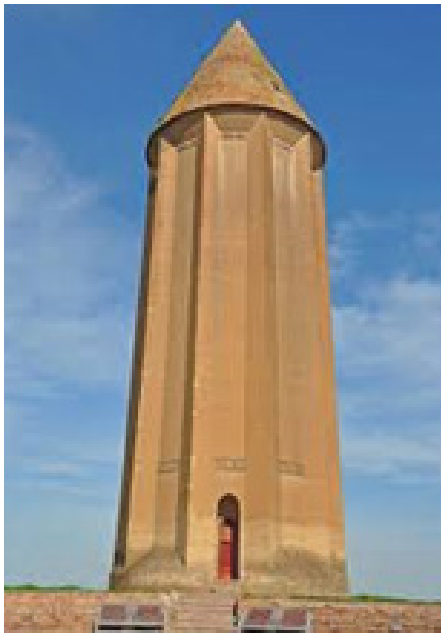
د) روش چرخ‌کاری

حدود سه هزار سال قبل از میلاد با اختراع چرخ سفالگری تحول بزرگی در تولیدات محصولات سفالی و سرامیکی اتفاق افتاد. چرخ سفالگری سبب شد انواع مختلف ظروف مصرفی در زمان کوتاه و با کیفیت بیشتر ساخته شوند. گرچه امروزه چرخ‌های سفالگری از دستی به برقی پیشرفت کرده‌اند، اما در مناطقی مانند کلپورگان، همچنان از روش‌های دستی برای ساخت ظروف استفاده می‌شود.

ه) روش فشاری

روش پرس یا فشاری یکی از روش‌های مناسب برای تولید قطعات مسطح و با رطوبت کم است. در این روش میزان رطوبت بدنه حدود ۴ الی ۱۲ درصد است. مواد بدنه تحت فشار یا پرس در قالب فلزی یا چوبی قرار می‌گیرد و سطح صاف و تخت ساخته می‌شود. ساخت آجر، کاشی، سرامیک و سنگ‌نوشته‌های باستانی از این گروه هستند.

آجر: یکی از مهم‌ترین مصالح مورد استفاده در طول تاریخ بوده است. ماده اصلی تهیه آجر گل‌رس است و می‌توان آن را به اشکال و ابعاد مختلف درآورد. شکل‌دهی آجر به‌روش قالب‌گیری انجام می‌شود (شکل ۵). آجرها طیف گسترده‌ی را از نظر بدنه و مواد اولیه شامل می‌شوند. به دلیل هزینه پایین و سرعت عمل‌آوری در ساخت معمولاً به جای سنگ استفاده می‌شود. اغلب اوقات برای افزایش استحکام و تحمل نیروهای فشاری، برخی مواد را به خمیر آجرها می‌افزودند که بسیار کارساز بوده‌است (فروتنی، ۱۳۹۶). آجرها از مرحله تولید تا استفاده، چهار مرحله را طی می‌کنند. ابتدا خاک رس فرآوری می‌شود؛ پس از عملیات خاک‌شویی (به‌واسطه آب) تبدیل به گل می‌شود؛ در مرحله بعد گل به‌دست آمده توسط قالب به شکل و اندازه دلخواه شکل داده می‌شود؛ در ادامه زمانی که آجر هنوز خام است، در زیر نور آفتاب خشک شده و پس از آن در کوره پخته می‌شود و در پایان در قسمت‌های مختلف بنا مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dalkilic & Nabikoglu, 2017). بسته به اینکه آجر برای کدام قسمت بنا استفاده می‌شود، در زمان فرآوری افزودنی‌های مختلفی به خاک رس اولیه اضافه می‌شود. زیرا خاک رس اگر به‌طور خالص برای ساخت آجر استفاده شود، در زمان خشک شدن دچار ترک می‌شود. به‌همین دلیل برای افزایش و بهبود کارایی، موادی مانند ماسه و لای، سنگ آهک، فلدسپات‌ها، سولفات‌ها و ترکیبات آهن‌دار به خاک آن اضافه می‌شود (هاشمی، ۱۳۹۴). بسته به نوع خاک رس اولیه، این امکان وجود دارد که خودش سرشار از مواد افزودنی مورد نیاز باشد و ضرورتی برای اضافه کردن آن‌ها وجود نداشته باشد.



شکل۵. بالا: آجرهای لعاب‌دار مربوط به دوره هخامنشیان که در موزه لوور نگهداری می‌شود؛ پایین: برج ساخته شده از آجر که به برج گنبد قابوس شهرت دارد.

گل‌نوشته[۱۵]**:** گل‌نوشته‌ها از آن دسته آثاری هستند که بشر برای ثبت وقایع و معاملات از آن‌ها استفاده می‌کرده است. گل نوشته‌ها در ابعاد و اشکال مختلف ساخته شده‌اند. به‌طور عمده می‌توانند شامل کتیبه‌ها، مهرهای استوانه‌ای، کالاشمارها و غیره باشند (امامی و حصاری، ۱۳۹۹). در فرایند تولید این آثار، از گل خام و از ابزارهای فلزی و یا چوبی برای نگارش استفاده شده است (سیدسجادی، ۱۳۸۰).

معمولاً اغلب گل‌نوشته‌ها مربوط به اسناد حکومتی (شکل۶) و یا قراردادهای مالیاتی هستند که فرایند پخت بر روی آن‌ها انجام نشده است. دسته دیگری از گل‌نوشته‌ها هم وجود دارند که به‌طور ناخواسته در معرض آتش قرار گرفته و پخته شده‌اند. خاکی که برای گل‌نوشته‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفته دارای تنوع فراوانی بوده است. این خاک پس از عمل‌آوری و اتمام نگارش در زیر نور آفتاب خشک می‌شده است (باتر، عابد اصفهانی و پایدار، ۱۳۸۴). گاهی ممکن است گل‌نوشته‌ها در زمان مرمت، با هدف افزایش استحکام و حفاظت پخته‌شوند؛ زیرا برخی از گل نوشته‌ها بعد از کاوش، ساختار بسیار ناپایداری دارند. بنابراین، برای انجام عملیات پاکسازی ذیل مراحل حفاظت و مرمت نیاز است این آثار پخت شوند (پلندرلیت و وارنر، ۱۳۹۱) و بعد اقدامات اولیه مرمتی بر روی آن‌ها اعمال شود. گرما درمانی در فرایند مرمت باید با دقت بسیار زیاد انجام شود تا آسیبی به اثر وارد نشود (باتر،۱۳۸۲). از طرف دیگر در همین رده با برخی اشیاء گلین پخت نشده در کاوش‌های باستان‌شناسی مواجه هستیم که اثر مهر را بر خود دارند و نه پخت شده‌اند و نه شکل منظم و مرتبی دارند، اما به دلیل اثر بقایای مهر در رابطه با شواهد باستان‌شناسی بسیار ارزشمند و قابل‌توجه هستند و چالش حفاظت و مرمت آن‌ها یکی از جذاب‌ترین مسائل تخصصی حفاظت و مرمت است.

شکل۶. تصاویر الواح گلی قبل و بعد از پخت و مرمت‌های انجام شده بر روی آن‌ها، مکشوفه از عراق (Parker, 2010).

نتیجه‌گیری

زمان ساخت سرامیک‌ها مقارن با رشد فکری انسان‌های اولیه و ایجاد نخستین تمدن‌های بشری بوده است. طبیعت به انسان آموخت چگونه از درهم آمیختن آب و خاک، خمیره‌ای بسازد و با آن ابزار، لوازم و اشیاء مورد نیاز خود را تولید کند. یکی از قدیمی‌ترین کشف‌های بشر اولیه بر اساس کاوش‌ها، همانا استفاده از حرارت آتش جهت سختی و استحکام اشیاء و اجسام گلی است. تحقیقات نشان می‌دهد، اشیاء گلی آتش خورده و سخت به‌وفور در محیط زیست انسان‌ها یافت شده که از آن جمله می‌توان ظروف تهیه و نگهداری غذا، ابزار، مجسمه، تابوت و بسیاری دیگر را نام برد. با گذشت زمان و پیشرفت دانش بشری، روش‌های ساخت و دماهای پخت بهبود یافت. استفاده از خاک‌های ترکیبی و بدنه‌های مقاوم‌تر سبب تولیدات با کیفیت بالاتر شد و همین امر گستردگی و تنوع زیادی در محصولات و اسامی آنها ایجاد کرد. در واقع در یک تعریف کلی به اشیاء ساخته شده از گل پخته سرامیک، سفال و تراکوتا گویند که با توجه به دمای پخت و مواد مورد استفاده در بدنه، تفاوت‌هایی وجود دارد.

سرامیک‌ها را می‌توان بر اساس انواع خاک‌ها، انواع دمای پخت، انواع مواد تشکیل‌دهنده در بدنه و انواع شیوه‌های شکل‌دهی طبقه‌بندی کرد که بر همین اساس عناوین متنوعی برای هر گروه ذکر می‌شود. ابتدایی‌ترین نمونه‌های سرامیکی با خاک‌های اولیه و خاک‌های ثانویه که در دسترس انسان نخستین بود، ساخته می‌شد. پس از پیشرفت دانش و طی تجربه متوجه شد برخی ترکیبات پرکننده و گدازآور مانند سیلیس، تالک، ماسه‌بادی و فلدسپات‌ها سبب بهبود کیفیت بدنه می‌شود و این امکان را به وجود می‌آورد که قطعات در دمای بالاتری پخته شوند و استحکام بیشتری حاصل شود. بر اساس دمای پخت سرامیک‌ها به چهار گروه ارتن‌ور (۱۰۰۰-۸۵۰ درجه سانتی‌گراد)، استون‌ور (درجه سانتی‌گراد ۱۲۰۰-۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد)، چینی (۱۲۰۰-۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد) و پورسلان (۱۲۰۰-۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد) طبقه‌بندی می‌شوند. هرچقدر دمای پخت

بالاتـر باشـد، قابلیت‌هـای بیشـتری جهـت اسـتحکام بـه دسـت می‌آیـد.

بشـر می‌اندیشیـد، پیشـرفت می‌کـرد و می‌توانسـت بـدون هیـچ مانـعی بسـازد. همیـن امـر سـبب اندوختـن و انباشـتن دانسـتنی‌های او شـد. در دوره‌هـای نخسـتین از شیوه‌هـای سـاده و ابتـدایی بـرای سـاخت قطعـات اسـتفاده می‌کـرد امـا بـه مـرور زمـان و بـا پیشـرفت جوامع و صنایـع، روش‌هـای شـکل‌دهی پیشـرفته‌تر شـد، انـواع شیوه‌هـای شـکل‌دهی بـر اسـاس شیوه‌هـای متـداول در طـول تاریـخ را می‌تـوان بـه چنـد گـروه کلی طبقه‌بنـدی کـرد: الـف) روش دسـتی، پینـچ یـا انگشـتی؛ ب) روش اسـلپ یـا ورقـه‌ای؛ ج) شـکل‌دهی بـه روش قالـب؛ د) روش چـرخ‌کاری؛ ه) روش پـرس یـا فشـاری ماننـد آجـر و گل نوشـته‌ها کـه سـابقه طـولانی در تاریـخ سـفال دارد و گویـای فرهنـگ و تمـدن ایـرانی اسـت.

سپاسگزاری

ایـن مقالـه برگرفتـه از پایان‌نامـه کارشـناسی ارشـد محمـد یـاغی‌زایی در دانشـکده حفاظـت آثـار فرهنـگی، دانشـگاه هنـر اسلامی تبریـز بـه انجـام رسیـده اسـت. از کلیـه دسـت انـدرکاران دانشـکده حفاظـت آثـار فرهنـگی سپاسـگزاری می‌شـود.

حامیان مادی و معنوی

ایـن تحقیـق بـا حمایـت مـادی و معنـوی دانشـگاه هنـر اسلامی تبریـز انجـام شـده اسـت.

پی‌نوشت‌ها

1. Stone Ware
2. Earthenware
3. Porcelain 4. Kaolin
5. Bentonite
6. Ball Clay
7. Filler
8. Silica
9. Talc
10. Feldspar
11. Ferrite
12. Bone China
13. Soft-Paste Porcelain
14. Hard-Paste Porcelain
15. Tablet.

منابع

امـامی، سیـد محمـد امیـن. و حصـاری، مرتـضی. (۱۳۹۹). بـررسی گل نوشـته‌های آغـاز ایلامی در محوطـه سـفالین بـر اسـاسَ مطالعـات میکروسـکوپ الکتـرونی و میکروسـکوپ نیـروی اتـمی. پژوهـه باستان‌سـنجی، ۶(۱) ۴۶-۳۳.

امـامی، سیـد محمـد امیـن.(۱۴۰۰) علـم مـواد در باستان‌شـناسی و باستان‌سـنجی (بـا تکیـه بـر مـواد معـدنی و فلـزی). اصفهـان: جهـاد دانشـگاهی.

بابـائی نـژاد، ب؛ و جـوادی دهخوارقـانی، ف. (۱۳۷۱). مـاده اولیـه مـورد مصـرف در سرامیک‌سـازی. مرکـز آمـوزش و تحقیقـات سـرامیک شـرکت مقـره سـازی ایـران.

بابـائی نـژاد، ب؛ و جـوادی دهخوارقـانی، ف. (۱۳۷۵). خـواص بدنه‌هـای سـرامیکی (پلاسـتیسیته). جلـد ۱. تهـران: فـنی حسینیـان.

باتـر، مسـعود. (۱۳۸۲). مطالعـه سـاختاری و بـررسی روش‌هـای اسـتحکام‌بخشی گل نوشـته‌های منقـور بـه خـط میـخی مکشـوفه از هفت‌تپـه خوزسـتان. دانشـگاه هنـر اصفهـان: پایان‌نامـه کارشـناسی ارشـد، (منتشرنشـده).

باتـر، مسـعود. عابـد اصفهـانی، عبـاس؛ و پایـدار، حسین. (۱۳۸۴). بـررسی و مطالعـه سـاختاری گل نوشـته‌های میـخی هفت‌تپـه خوزسـتان. مجلـه بلورشـناسی و کانی‌شـناسی ایـران، ۱۳(۱): ۱۶۶-۱۵۵.

پایـدار، حسیـن. (۱۳۸۴). مـواد اولیـه مصـرفی در صنایـع سـرامیک. اصفهـان: غـزل.

پلندرلیـت، هارولـد؛ و ورنـر، (۱۳۹۱). حفاظـت و نگهـداری و مرمـت آثـار هنـری و تاریـخی. ترجمه: رسـول وطن‌دوسـت. تهـران: دانشـگاه هنـر.

تامپسـون، راب. (۱۳۹۲). مـواد و فرایندهـای تولیـد بـرای طراحـان حرفـه‌ای جلـد ۱. ترجمـه: نـازیلا محمدقلیـزاده. تهـران: فرهنگسـرای میردشـتی.

دهخدا، علی اکبر. (۱۳۸۵). لغت نامه دهخدا. تهران: دانشگاه تهران.

ذکاء، یحیا. (۱۳۴۱). فن و هنر سرامیک چیست؟. هنر و مردم، ۱(۱)۱۹-۱۵.

رحیمی، ا. (۱۳۶۹). تکنولوژی سرامیک‌های ظریف جلد ۱. تهران: شرکت صنایع خاک چینی ایران.

متین، مهران، دهنوی، محمد و افسون رحیمی،(۱۳۸۷). تکنولوژی سرامیک‌های ظریف، تهران: شرکت سهامی انتشار.

سیدسجادی، منصور. (۱۳۸۰). گل نوشته دوران آغاز ایلامی شهر سوخته. علوم انسانی دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۷(۱۵)۱۴۸-۱۳۱.

سین کویین، پاتریک. (۱۳۹۹). پتروگرافی سرامیک در علوم باستان‌شناسی. ترجمه: مهدی رازانی و حکیمه افشاری نژاد. تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

شروه، عربعلی؛ و انوشفر، محمد مهدی. (۱۳۷۸). لعاب، کاشی، سفال (برای کاشی‌پز، سفال‌ساز، نقاش و مجسمه‌ساز). چاپ سوم. تهران: گوتنبرگ.

عباسیان، میر محمد. (۱۳۸۴). مبانی شیمی فیزیک مواد کانی غیرفلزی تهیه و تولید و کاربرد سرامیک، مواد نسوز، شیشه، گچ، آهک. تهران: جاودان – گوتنبرگ.

طلایی، حسن. (۱۳۹۰). هشت هزار سال سفال ایران. تهران: سمت.

فروتنی، سعید. (۱۳۹۶). مواد و مصالح ساختمانی. چاپ هجدهم. تهران: روزنه.

گرجستانی، سعید. (۱۳۸۴). صنعت سرامیک. تهران: گوتنبرگ.

میرهادی، بهمن؛ و کفیلی، نگار. (۱۳۸۷). سفال و سرامیک‌های کهن سرخ‌پوستان آمریکا و ایران و تکنولوژی ساخت. تهران: بهمن میرهادی.

هاشمی، یوسف. (۱۳۹۴). شناخت مواد و مصالح ساختمانی. تهران: سیمای دانش.

یاوری، حسین. (۱۳۹۰). سفال و سرامیک‌سازی. تهران: سیمای دانش.

Anwar, R., Salleh, M., Vermol, V., Zakaria, Z., & Hassan, M. (2014). Hard Ceramic Porcelain Physical Test Through Potential Formulation Parameter. Proceedings of The International Symposium on Research of Arts, Design And Humanities, Springer, Singapore. 323-332.

Beltrame, M., Sitzia, F., Liberato, M., Santos, H., Barata, F., Columbu, S., & Mirǒo, J. (2020). Comparative Pottery Technology Between The Middle Ages And Modern Times (Santarřm, Portugal). Archaeological And Anthropological Sciences, 12(7), 1-31.

Gilstrap, W. D., Day, P. M., & Kilikoglou, V. (2016). Pottery production at two neighbouring centres in the Late Bronze Age Saronic Gulf: historical contingency and craft organisation. Journal of Archaeological Science: Reports, 7, 499-509.

Gosselain, O. (2018). Pottery Chaṣnes Opřratoires As Historical Documents. In Oxford Research Encyclopedia Of African History.

Guggenheim, S., & Martin, R. (1995). Definition of Clay and Clay Mineral: Joint Report of The AIPEA Nomenclature And CMS Nomenclature Committees. Clays And Clay Minerals, 43(2), 255-256.

Hall, M. (2011). Characterization of Irreversible Black Soiling Layer Formation on Historic Unglazed Terracotta Substrates Using Analytical Scanning Electron Microscopy (Asem) With Energy Dispersive X-Ray (Edx) Analysis. International Journal of Architectural Heritage, 5(2), 172-187.

http://irannationalmuseum.ir/fa/wp-content/uploads/2017/09/09.jpg

https://www.brooklynmuseum.org/opencollection/objects/124908.

Islam, R., Chan, Y., & Islam, M. (2004). Structure-Property Relationship in High-

Tension Ceramic Insulator Fired at High Temperature. Materials Science and Engineering, B, 106(2), 132-140.

Merga, A., Murthy, H., Amare, E., Ahmed, K., & Bekele, E. (2019). Fabrication of Electrical Porcelain Insulator from Ceramic Raw Materials of Oromia Region, Ethiopia. Heliyon, 5(8), E02327.

Pardhi, M., & Vaidya, S. (2016). Newly Discovered Terracotta Figurines From Recent Exploration In Nagpur District, Vidarbha. The Odisha Historical Research Journal, 55(3-4), 47-55.

Parker, A. (2010). The New York Times. Retrieved From Www.Nytimes.Com: Https://Www.Nytimes.Com/2010/09/16/Arts/Design/16tablets.Html.

Tite, M. S. (2004). Production technology of ancient pottery. In Physics Methods in Archaeometry (pp. 357-367). IOS Press.

Tsetlin, Y. B. (2018). The origin of ancient pottery production. Journal of Historical Archaeology & Anthropological Sciences, 3(2), 193-198.