فصلنامه زمین شناسی کاربردی
سال ۳ (۱۳۸۶)، شماره ۳: ۲۲۴-۲۱۹
www.appliedgeology.ir

استفاده از خاک‌های داخلی استان یزد برای ساخت کاشی‌های تک‌پخت سریع (منوپروسا)

فاطمه میرجلیلی[۱]، ساسان اطرج[۲*] و سیّد حسین بدیعی[۱]

۱) گروه مهندسی مواد ـ سرامیک، دانشکده فنّی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد

۲) گروه مهندسی مواد ـ سرامیک، دانشکده فنّی، دانشگاه شهرکرد sasan.otroj@gmail.com

*عهده‌دار مکاتبات

چکیده

در این تحقیق ساخت کاشی تک پخت سریع (منوپروسا) با استفاده از خاک‌های داخلی استان یزد مورد برّرسی قرار گرفته است. به همین منظور با برّرسی آنالیزهای شیمیایی و فازی بیش از یکصد نوع خاک مختلف با ذخیره‌ی مناسب در این استان، بدنه‌های مختلفی به‌صورت کاشی منوپروسا تهیّه گردید و مهم‌ترین خواص آن‌ها پس از اندازه‌گیری با بدنه‌ی کاشی استاندارد مقایسه شد. در این راستا خواص فیزیکی و مکانیکی بدنه‌های حاصل همانند: انقباض پخت، استحکام خمشی خشک و پخت اندازه‌گیری شد. آنالیزهای حرارتی هم‌زمان (STA)، فازی (XRD) و دیلاتومتری (DL) بدنه‌های حاصل و همچنین خواصّ ظاهری لعاب‌های اعمالی بر روی آن‌ها نیز مورد برّرسی قرار گرفت. با استفاده از خاک‌های داخلی استان یزد می‌توان بدنه‌های کاشی منوپروسا با خواصّ مناسب و در حدّ استاندارد تهیّه نمود. برای ایجاد خواصّ مناسب در بدنه‌ی کاشی باید خاک‌های مورد استفاده در مجموع حاوی مقادیر مناسبی از فازهای کوارتز، فلدسپار و کائولینیت و حدّاقل موادّ فرّار و ایجادکننده‌ی گاز در بدنه باشند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز فازی و حرارتی، استحکام خمشی خشک، انقباض پخت، خاک‌های استان یزد، کاشی منوپروسا.

The use of raw materials available in Yazd province for manufacturing of monoprosa tile

F. Mirjalili[1], S. Otroj[2] & S. H. Badiee[1]

1) Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Maybod Branch, Maybod, I.R. Iran.
2) Faculty of Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, I.R. Iran.

Abstract

This study is conducted on the use of raw materials available in Yazd province in order to make monoprosa tile. For this reason, about one hundred various types of raw materials available in Yazd province have been studied and with regard to their chemical analysis, different bodies were made. Then, the most important properties such as density, shrinkage, green and fired strengths have been measured. Also, present phases in raw materials and the bodies were determined by x-ray diffraction method (XRD) and the thermal analysis of the samples was evaluated by dilatometry and simultaneously thermal analysis (STA). The results show that the properties of the tile samples made of the suitable raw materials in Yazd province and the tile bodies made in the Maryam tile factory are almost similar. The dilatometry and STA curves of both bodies are similar; hence, a good match between glaze used in the factory and tile samples can occur without any problem.

Key Words: Fired strengths shrinkage, Monoprosa tile, Phase analysis, Raw materials,Yazd province.

۱- مقدّمه

یکی از مهم‌ترین مسائل اقتصادی هر شرکت تولیدی، کاهش هزینه‌های تولید و قیمت تمام شده‌ی محصول است. در صنایعی همچون تولید کاشی، آجر، سیمان و غیره فاصله‌ی معادن و منابع تأمین‌کننده مواد اوّلیّه‌ی عمده تا کارخانه به‌لحاظ اقتصادی از اهمیّت زیادی برخوردار است. با افزایش این فاصله هزینه‌های حمل و نقل مواد اوّلیّه و در نتیجه قیمت تمام شده‌ی محصول افزایش و توان رقابتی کاهش می‌یابد. بنابراین تا حدّ ممکن سعی می‌شود تا کارخانه در محل نزدیک به معادن مورد نظر احداث شود (Biffi 1989). از دیگر ویژگی‌های بسیار مهم برای هر معدن به لحاظ زمین‌شناسی، یکنواختی نسبی مادّه‌ی معدنی، ذخیره‌ی بالا و قیمت می‌باشد (گنجی ۱۳۸۳).

علاوه بر استفاده از معادن مناسب، بهبود شرایط ساخت محصولات و کاهش مصرف انرژی نیز از جمله تمایلات هر واحد صنعتی محسوب می‌شود. در این ارتباط می‌توان به تمایل اخیر صنایع کاشی به تولید کاشی‌های تک‌پخت سریع به‌نام منوپروسا اشاره نمود. از دیرباز صنایع سرامیک به‌عنوان صنایع پرمصرف سوخت و انرژی شناخته شده‌اند و به همین علّت کوشش‌های زیادی در جهت کاهش میزان مصرف سوخت و در نتیجه کاهش قیمت محصولات سرامیکی انجام شده است. در اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی، کوره‌های تک‌پخت غلتکی جایگزین کوره‌های دو پخت تونلی گردید. با به‌کارگیری کوره‌های غلتکی، کاهش در زمان پخت صورت گرفت و امکان پخت محصولات سرامیکی به‌خصوص بدنه‌های کاشی در ۶۰-۴۵ دقیقه فراهم شد. پس از آن تولیدکنندگان کاشی به منظور کاهش بیشتر انرژی به فکر تولید بدنه‌های کاشی به‌صورت تک‌پخت افتادند. تفاوت اصلی مابین کاشی‌های تولید شده به روش دو پخت و تک‌پخت، در ترتیب مراحل تولید و دفعات پخت در کوره است. در روش دو پخت، بدنه‌ی کاشی خام خشک‌شده ابتدا در کوره‌ی پخت بیسکویت، پخته می‌شود، سپس وارد خطّ لعاب گردیده و پس از اعمال لعاب، دوباره در کوره‌ی پخت لعاب، پخته می‌شود. درحالی‌که کاشی‌های تک‌پخت بعد از خشک‌کن وارد خطّ لعاب شده و پس از اعمال لعاب مستقیماً وارد کوره شده و پخته می‌شوند. به‌این ترتیب بدنه‌های کاشی تک‌پخت سریع با عنوان منوپروسا ابداع گردید که می‌توانست در یک پخت به خواصّ و ویژگی‌های مناسب، هم برای بدنه و هم برای لعاب، دست پیدا کند. ابداع این نوع بدنه‌های کاشی نیز باعث کاهش میزان مصرف سوخت و انرژی و در نتیجه قیمت تمام شده‌ی محصول گردید (قصاعی و همکاران ۱۳۸۳ ,Biffi 1989). کلمه‌ی منوپروسا (Monoprosa) یک واژه ایتالیایی است که معادل کلمه‌ی انگلیسی منوپروس (Monoporous) می‌باشد. واژه‌ی انگلیسی آن نیز از دو کلمه‌ی مونو (Mono) به معنای تک و پروس (Porous) به معنای متخلخل تشکیل شده و نشان‌دهنده‌ی کاشی دیواری است که به‌صورت تک‌پخت تهیّه می‌شود. موادّ اوّلیّه‌ی مورد استفاده برای کاشی‌های منوپروسا طیف وسیعی را در بر می‌گیرد و به همین دلیل امکان نوشتن فرمول‌های زیادی وجود دارد. با این حال مسئله‌ی مهم، تشکیل فازهای مناسب در بدنه‌ی کاشی و در نتیجه دست‌یابی به خواصّ مناسب برای بدنه می‌باشد. (Kara، جزایری و عباس‌پور ۱۳۸۳).

به‌طورکلّی موادّ اوّلیّه‌ی مورد استفاده در بدنه‌های کاشی منوپروسا را می‌توان به دو گروه اصلی موادّ پلاستیک و غیرپلاستیک تقسیم‌بندی نمود. به منظور افزایش پلاستیسیته و شکل‌پذیری ترکیب بدنه و همچنین ایجاد و افزایش استحکام خشک بدنه از خاک‌های حاوی موادّ پلاستیک همانند خاک کائولن و یا بالکلی استفاده می‌شود. به‌این جهت از رس‌ها به خاطر دارا بودن مینرال‌های سیلیکاتی ورقه‌ای همانند کائولینیت استفاده می‌شود. در این ارتباط میزان مینرال‌های سیلیکاتی ورقه‌ای مناسب برای ایجاد خواص لازم در بدنه اهمیّت زیادی دارند. همچنین به منظور ایجاد و افزایش استحکام پخت بدنه از موادّ غیرپلاستیک همانند سیلیس به‌صورت کوارتز در ترکیب بدنه استفاده می‌شود. از طرف دیگر به دلیل انجام فرآیند سینترینگ و پخت بدنه در دماهای پایین‌تر، ایجاد و افزایش استحکام پخت و کاهش تخلخل از مواد غیرپلاستیکی همانند فلدسپارها استفاده می‌گردد. در این ارتباط استفاده از ارتوکلاز (فلدسپات پتاسیک) به‌دلیل وسیع‌تر بودن محدوده‌ی ذوب، مطلوب‌تر می‌باشد.

بدنه‌های منوپروسا باید حتّی‌الامکان فاقد مواد فرار، همانند مواد آلی و ترکیباتی باشند که در حین پخت سریع، تجزیه شده و گاز تولید می‌کنند. زیرا ایجاد گاز در دمای بالا باعث ایجاد عیوب در بدنه و لعاب می‌گردد. به‌دلیل پخت سریع این نوع کاشی‌ها، بدنه‌ی آن‌ها باید دارای ضریب انبساط حرارتی پایینی باشند تا قابلیت مقاومت در برابر شوک‌های حرارتی را داشته باشند (Monfort Sousa & Holanda 2005, Dondi 1999).

در این تحقیق جهت اقتصادی‌تر نمودن تولید کاشی‌های منوپروسا در استان یزد، استفاده‌ی کامل از موادّ اوّلیّه‌ی داخلی این استان مدّنظر قرار گرفته است. با توجّه به تعدّد کارخانجات تولیدکننده‌ی کاشی در استان یزد و همچنین انتقال بسیاری از موادّ اوّلیّه از خارج استان به این کارخانجات، اجرای این طرح می‌تواند تأثیر بسزایی بر قیمت محصول تولیدی همراه با حفظ کیفیت و خواصّ لازم برای این نوع محصول داشته باشد.

۲- روش تحقیق

۲-۱- موادّ اوّلیّه و فرمولاسیون

با برّرسی آنالیزهای شیمیایی بین یکصد نوع خاک موجود در استان یزد، تعداد ۹ خاک مختلف برای ساخت کاشی منوپروسا انتخاب و در جدول ۱ آنالیز شیمیایی آن‌ها ارائه شد. با توجّه به خواصّ و ویژگی خاک‌های مورد برّرسی، دوازده فرمولاسیون مختلف برای ساخت بدنه‌های کاشی منوپروسا مدنظر قرار گرفت (جدول ۲). با مشخّص شدن تأثیر هر مادّه‌ی اوّلیّه بر خواصّ بدنه و از طرف دیگر ویژگی‌ها و خواصّ مورد نیاز برای بدنه‌ی کاشی،

جدول ۱- آنالیز شیمیایی مواد اوّلیه‌ی مصرفی

آنالیز شیمیایی	نام ماده‌ی اوّلیه (کد نمونه)								
اکسید (درصد وزنی)	بالکلی طبس R9	بنتونیت طبس R8	بالکلی هامانه(B) R7	بالکلی هامانه(A) R6	کائولن زرین R5	رس آهکی R4	کائولن ویژه R3	فلدسپات مظفری R2	سیلیس زاغو R1
SiO_2	۶۰/۱۷	۶۶/۵	۶۴/۷۸	۵۹/۴۸	۶۰	۴۵/۳۱	۵۶/۲۴	۷۶/۳۶	۹۸/۵۱
Al_2O_3	۱۳/۱۹	۸/۴۶	۱۹/۴۸	۲۱/۷۷	۲۸	۱۱/۹۹	۲۶/۱۲	۱۴/۲۷	۰/۸۵
Na_2O	۰/۵۴	۱/۸۱	۱	۱/۵۲	۳/۳	۰/۴۷	۳/۶۷	۱/۹۸	۰/۰۱
K_2O	۲/۵۹	۰/۱۸	۳/۶۹	۱/۴	–	۲/۹۵	۶/۲۱	۳/۳۵	۰/۰۳
Fe_2O_3	۱/۴۰	۰/۰۱	۱/۵۸	۲/۷۰	۱/۵	۱/۶۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۲۴
MgO	۰/۴۱	۴/۱۷	۰/۷۱	۱/۱۵	۰/۰۹	۱/۱۰	۰/۷۵	۰/۳۴	۰/۱۵
CaO	۰/۶۶	۱/۷۰	۱/۷۱	–	۱/۰	۱۷/۱۲	۰/۲۵	۰/۷۴	۰/۰۵
TiO_2	۱/۱۱	–	۰/۸۵	–	۱/۵	۰/۵۲	–	۰/۰۷	۰/۰۲
SO_3	۰/۷۴	–	۰/۱	۰/۳۵	–	–	–	۰/۰۱	–
L.O.I	۹/۱۵	۱۱/۰۷	۵/۸۲	۱/۴	۶/۴۹	۱۰/۸۰	۵/۹۱	۲/۲۲	–

می‌توان نوع خاک‌ها و درصد آن‌ها را در جهت دست‌یابی به خواصّ مورد نیاز تغییر داد.

۳- روش ساخت نمونه‌ها

طبق فرمولاسیون‌های جدول ۲، دوغابی از خاک‌های مورد بررّسی با استفاده از ۴۵-۴۰ درصد آب و روانساز (سیلیکات‌سدیم) به‌کمک جارمیل ساخته شد و پس از خشک‌شدن به‌صورت گرانول تهیّه گردید. به کمک پرس

جدول ۲- ترکیب مواد اوّلیه و کد مورد استفاده برای ساخت نمونه‌ها

کد بدنه	مادّه‌ی اوّلیه (درصد وزنی)								
	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
m1	–	–	–	–	۵۰	۱۴	۱۰	۱۶	۱۰
m2	–	۲	–	–	۵۰	۱۴	۱۲	۱۹	۳
m3	–	۵	–	–	۵۰	۱۴	۱۱	۱۷	۳
m4	–	–	۴۲	۱۵	–	۱۴	۱۰	۱۶	۲
m5	–	–	۷	۳	۴۲	۱۴	۱۳	۱۸	۲
m6	–	–	۷	۳	۴۲	۱۶	۱۲	۱۸	۱
m7	–	–	۹	۷	۳۶	۱۷	۱۱	۱۹	۱
m8	–	–	۷	۵	۴۰	۱۸	۱۲	۱۸	–
m9	–	۱	۶	۴	۴۱	۱۹	۱۲	۱۷	–
m10	–	۱/۲	۵	۴	۴۱/۶	۱۹/۴	۱۲	۱۶/۸	–
m11	۱۱	–	–	–	۴۱/۸	۱۹/۴	۱۱	۱۶/۸	–
m12	۱۱	–	۲	۲	۴۱	۱۹	۱۰	۱۵	–

ایزواستاتیک با فشار نهایی ۲۲۰bar نمونه‌هایی به شکل کاشی با ابعاد cm ۱۰× ۲۰ cm × ۵ cm ساخته و پس از خشک‌شدن در دمای RÚC مدل P-STOE-STADI و با استفاده از پرتو ±Cu-k شناسایی گردید. با استفاده از دستگاه دیلاتومتری مدل NETZSCH DIL 402EP میزان تغییرات طولی بدنه‌های کاشی با افزایش دما و همچنین ضریب انبساط حرارتی آن‌ها تا دمای C

۴- بحث

۴-۱- بررّسی خواصّ فیزیکی و مکانیکی موادّ اوّلیه و بدنه‌های کاشی

خواص فیزیکی و مکانیکی بدنه‌های کاشی ساخته شده با فرمولاسیون‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. بدنه‌ی کاشی با فرمول m1 به‌دلیل استفاده از سیلیس زیاد در ترکیب، کمترین استحکام‌های خشک و پخت را دارد. در بدنه‌ی m2 مقدار سیلیس کاهش یافته و مقداری بنتونیت به بدنه افزوده شده که باعث افزایش استحکام‌های خشک و پخت بدنه شده است، ولی با این وجود مقادیر استحکام‌های حاصل در حدّ قابل قبول نمی‌باشد. در فرمولاسیون بدنه‌ی m4 کاهش میزان سیلیس و استفاده از بالکلی به‌جای کائولن جهت افزایش استحکام مدّنظر قرار گرفته است. این تغییر باعث

افزایش استحکام خام بدنه‌ی کاشی گردید، امّا نمونه‌ها پس از پخت دچار ترک شدند. از دلایل این امر می‌توان به وجود ناخالصی‌های نامناسب همانند اکسید آهن فریک، اکسید منیزیم، اکسید پتاسیم و تری اکسید گوگرد SO_3, K_2O, MgO, Fe_2O_3 در بالکلی‌های مصرفی اشاره نمود. در این میان تری اکسید گوگرد تأثیر مخرّب‌تری دارد، زیرا در دمای بالا از بدنه خارج شده و باعث ترک و حتّی انفجار می‌شود. بنابراین باید در ترکیب بدنه از مقادیر کمتری از این دو نوع مادّه‌ی اوّلیّه استفاده شود. باکاهش بالکلی و افزایش کائولن خواصّ بدنه بهبود می‌یابد که این امر در بدنه‌ی کاشی‌های با فرمول m5 تا m12 دیده می‌شود. جذب آب بدنه‌ی استاندارد در حدود ۱۵ درصد می‌باشد، بنابراین استفاده از موادّ اوّلیّه‌ی غیرپلاستیک به مقدار ۴۰ تا ۵۰ درصد وزنی در ترکیب، جهت کاهش میزان فاز شیشه و جلوگیری از کاهش بی‌اندازه‌ی تخلخل ضروری است.

جدول ۳ - خواصّ فیزیکی و مکانیکی بدنه‌های ساخته‌شده با استفاده از خاک‌های استان یزد

کد نمونه	خواصّ فیزیکی و مکانیکی			
	استحکام خمشی خشک (kg/cm2)	استحکام خمشی پخت (kg/cm2)	میزان جذب آب (٪)	میزان انقباض پخت (٪)
m1	۷	۱۵۹/۷	۱۳	۰/۵
m2	۷/۳	۲۴۱/۵	۱۲/۵	۱/۲۷
m4	۲۲/۴	–	۷/۱	۴/۳
m5	۲۱/۲	۲۹۸	۱۱	۰/۱۷
m7	۲۸	۳۹۰	۱۱/۶	۰/۱۸
m9	۳۰	۳۷۰	۱۲/۸	۰/۱۸
m10	۳۴	۳۷۰	۱۱/۷	۰/۳۵
m11	۲۶	۳۷۰	۱۲/۱	۰/۳۵
m12	۳۶	۳۶۰	۱۳/۷	۰/۳۵
بدنه‌ی استاندارد	>۲۰	>۲۵۰	۱۲-۱۵	۰/۳-۰/۴

۴-۲- بررسی آنالیز فازی موادّ اوّلیّه و بدنه‌های کاشی

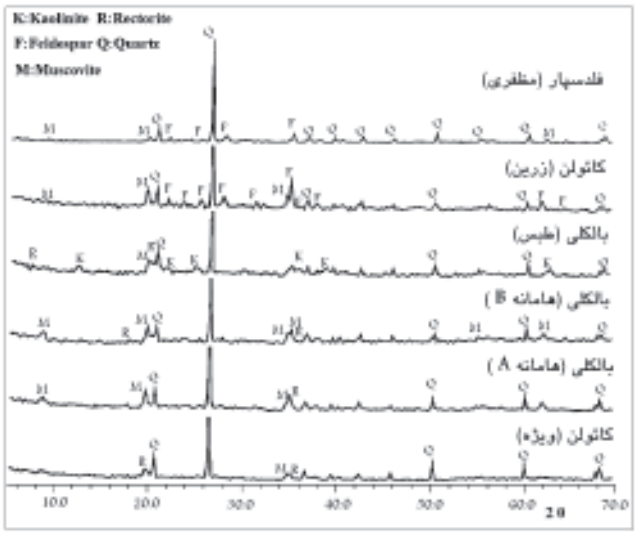
الگوی پراش اشعه ایکس برای مهم‌ترین موادّ اوّلیّه‌ی مورد استفاده در بدنه کاشی‌ها، در تصویر ۱ نشان داده شده است. با مقایسه‌ی این الگوها مشخّص می‌شود که مادّه‌ی اوّلیّه‌ی فلدسپار مورد استفاده به لحاظ فازی کم، و اکثراً حاوی کوارتز و مقداری هم موسکوویت (میکای پتاسیک) است. با توجّه به آنالیز شیمیایی جدول ۱، به‌دلیل بالا بودن درصد ا) در ترکیب شیمیایی فلدسپار مورد استفاده، نوع فاز فلدسپار عمده‌ی آن ارتوکلاز (پتاسیک) است. کائولن زرّین نیز دارای فازهای مشابه با فلدسپار مصرفی است و به‌طور عمده حاوی فازهای کوارتز، رکتوریت و فلدسپات می‌باشد. امّا به‌دلیل دارا بودن اکسید سدیم (Na_2O) در ترکیب، نوع فلدسپار آن آلبیت (سدیک) است. کائولن زرّین و بالکلی‌های هامانه‌ی مورد استفاده نیز به‌طور مشابه، فازهای کوارتز، موسکوویت و رکتوریت دارند. مطابق آنالیز فازی به‌نظر می‌رسد که همه‌ی موادّ اوّلیّه‌ی مورد اشاره، فاقد مینرال‌های رسی مناسب همانند کائولینیت هستند. به‌طورکلّی مینرال‌های رسی همانند کائولینیت باعث ایجاد و یا افزایش پلاستیسیته و شکل‌پذیری ترکیب بدنه می‌شوند و می‌توانند استحکام خام مناسبی را برای بدنه‌های ساخته شده فراهم کنند. تصویر ۱ بالکلی طبس علاوه بر فازهای کوارتز، رکتوریت و موسکوویت، حاوی مینرال کائولینیت به مقدار مناسب نیز می‌باشد که باعث افزایش استحکام خام بدنه می‌گردد.

الگوی پراش اشعه‌ی X بدنه‌های کاشی m5، m12 و بدنه‌ی استاندارد (تصویر ۲) نشان دهنده‌ی وجود فازهای کوارتز و فلدسپات در همه‌ی این بدنه‌ها است. کوارتز موجود ناشی از ماده‌ی معدنی سیلیس مورد استفاده و همچنین حاصل از کوارتز موجود در موادّ اوّلیّه‌ی مصرفی است و به‌دلیل دارا بودن نقطه‌ی ذوب بالا تقریباً بدون تغییر پس از پخت در بدنه‌ها باقی می‌ماند.

با مقایسه‌ی شدّت پیک‌های فازهای موجود، مقادیر فازهای تشکیل شده در هر سه بدنه تا حدود زیادی مشابه می‌باشد. مقادیر مناسب این دو فاز پس از پخت در این بدنه‌ها باعث ایجاد استحکام‌های مناسب در حدّ نمونه‌ی استاندارد شده‌است. تشکیل نوع و مقدار فازهای مناسب در این نوع بدنه‌های کاشی به لحاظ ایجاد خواص مناسب و ضروری اهمیّت زیادی دارد، که با ترکیب مناسبی از موادّ اوّلیّه می‌توان به این هدف دست یافت. بنابراین ترکیب مناسب موادّ اوّلیّه در نمونه‌های m5 و m12 منجر به تشکیل مقدار مناسب فازهای سیلیس و فلدسپار شده و خواصّ لازم در حدّ بدنه‌های استاندارد را نیز ایجاد نموده است.

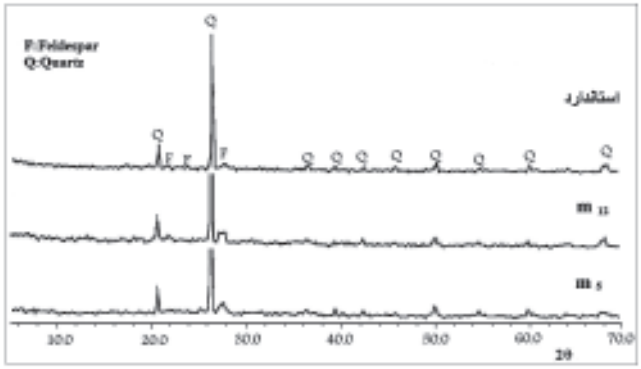
۴-۳- بررسی آنالیز حرارتی بدنه‌های کاشی

آنالیزهای حرارتی همزمان بدنه‌های کاشی با فرمولاسیون m5، m12 و بدنه‌ی کاشی استاندارد در تصویر ۳ نشان داده شده است. ترموگراویمتری

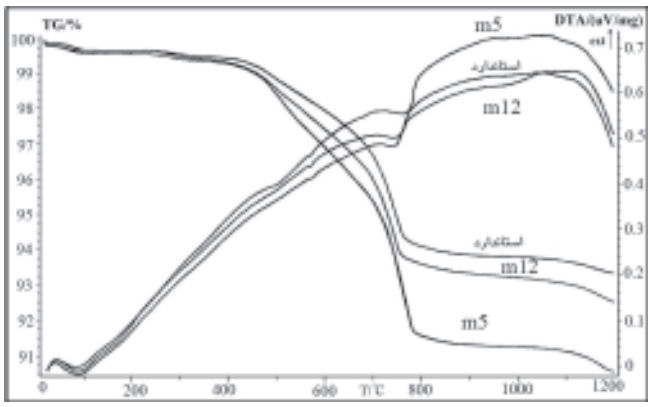


تصویر ۱- الگوی پراش اشعه‌ی ایکس مهم‌ترین مواد اوّلیّه‌ی مورد استفاده

(TGA) نمونه‌های m12 و بدنه‌ی کاشی استاندارد بسیار مشابه است، به‌طوری‌که در هر دو بدنه کاهش وزن‌های مشابه اتفاق افتاده است. در این ارتباط، پدیده‌های خروج آب سطحی، سوختن موادّ آلی و خروج گاز، خروج آب کریستالی، تجزیه‌ی کربنات‌ها و احتمالاً سولفات‌ها و همچنین کریستالیزاسیون مجدّد تا نشان‌دهنده‌ی وجود واکنش گرماگیر وابسته به دیفوزیون در حدود 5C۰دم، m12 و بدنه‌کاشی استاندارد در جدول ۴ ارائه شده است. تطابق خوبی بین ضرایب انبساط حرارتی بدنه m12با بدنه‌کاشی استاندارد دیده می‌شود. این امر به تطابق مناسب بین لعاب بدنه کاشی استاندارد با بدنه‌ی m12کمک می‌کند.



تصویر ۲ - الگوی پراش اشعه‌ی ایکس بدنه‌های کاشی با فرمولاسیون m5 و m12 و بدنه‌ی کاشی استاندارد



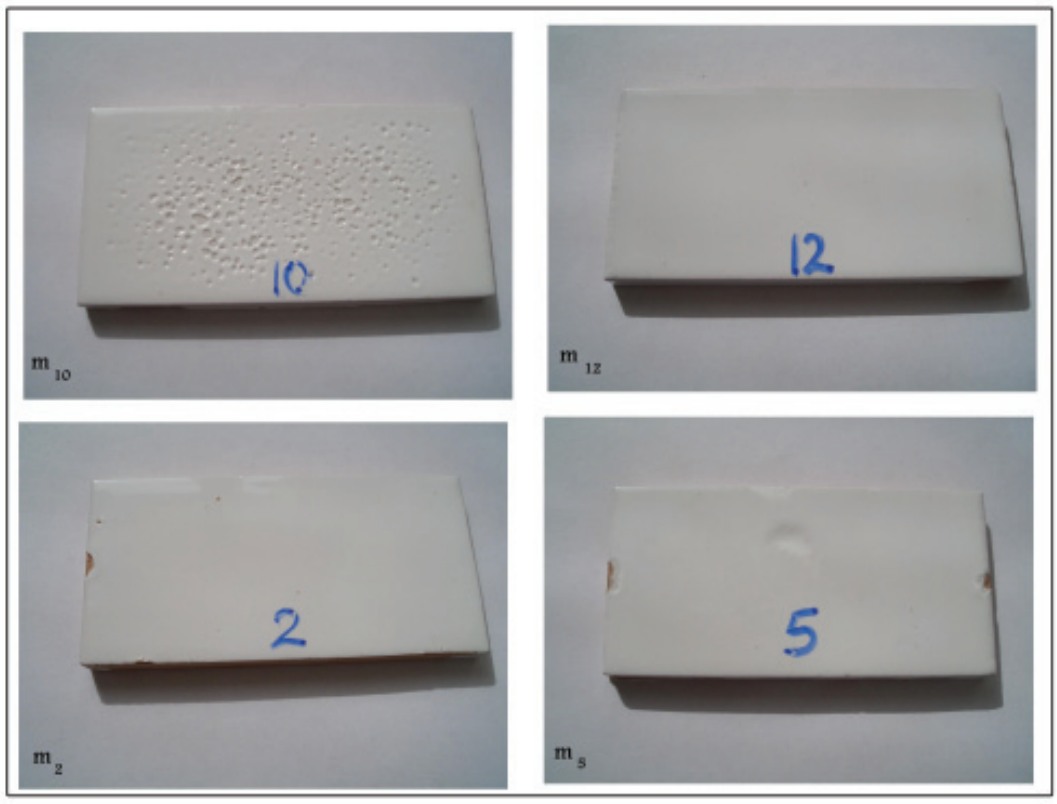
تصویر ۳ - آنالیز حرارتی همزمان بدنه‌های کاشی با فرمولاسیون m5، m12 و بدنه‌ی کاشی استاندارد

۴-۴- بررسی ویژگی‌های ظاهری لعاب‌های اعمالی بر روی بدنه‌های مختلف

تصویر ۴ وضعیت ظاهری لعاب بدنه‌های m10, m5, m2 و m12 پس از

جدول ۴ - ضریب انبساط حرارتی بدنه‌ی m5، m12 و بدنه‌ی کاشی استاندارد در محدوده‌ی دمایی مختلف

کد نمونه	ضریب انبساط حرارتی با توجه به محدوده‌ی دمایی اندازه‌گیری شده ($\times10^{-6}/°C$)			
	۲۷-۶۰۰ °C	۲۷-۵۰۰ °C	۲۷-۴۰۰ °C	۲۷-۳۰۰ °C
m5	۱۰/۴۸۵۹	۹/۳۰۵۶	۸/۹۵۰۲	۸/۵۶۴۱
m12	۹/۸۲۲۴	۸/۷۲۴۹	۸/۴۸۵۶	۸/۱۸۲۲
استاندارد	۹/۲۰۸۰	۸/۱۲۰۶	۷/۸۹۹۵	۷/۵۰۵۹



تصویر ۴ - وضعیت لعاب نمونه‌های کاشی با فرمولاسیون‌های مختلف پس از پخت لعاب (کد بدنه بر روی تصویرها مشخّص شده است)

پخت لعاب را نشان می‌دهد. لعاب بدنه‌ی m2 از لحاظ ظاهری هیچ‌گونه عیبی را نشان نمی‌دهد ولی استحکام بدنه‌ی آن طبق جدول ۳ پایین می‌باشد. لعاب بدنه‌ی m10 دارای عیب حفره سوزنی می‌باشد و خواصّ ظاهری نامناسبی دارد. علت این امر استفاده از مقدار بالای بالکلی هامانه‌ی A, B در ترکیب آن می‌باشد. وجود مقدار بالای تری اکسید گوگرد در ترکیب شیمیایی بالکلی هامانه‌ی نوع A و B و خروج آن در دمای بالا از بدنه، باعث ایجاد عیب حفره سوزنی بر روی سطح لعاب می‌گردد. لعاب بدنه‌ی m12 بهترین خواص و ویژگی‌های ظاهری را نشان می‌دهد و هیچ‌گونه عیب ظاهری در آن دیده نمی‌شود. همچنین خواصّ فیزیکی و مکانیکی بدنه‌ی آن نیز در حدّ مطلوبی می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

برای ساخت بدنه‌های کاشی منوپروزا در استان یزد خاک‌ها و موادّ اوّلیّه، با میزان ذخیره‌ی کافی وجود دارد. با استفاده از نسبت‌های مناسبی از این خاک‌ها، بدنه‌های کاشی منوپروسا با خواصّ خوب و در حدّ بدنه‌های استاندارد تهیّه گردید. به‌کارگیری موادّ اوّلیّه‌ی موجود در استان یزد می‌تواند باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌ی حمل و نقل و در نتیجه قیمت تمام شده‌ی محصول گردد. با توجّه به تأثیر موادّ اوّلیّه‌ی مصرفی بر خواص و ویژگی‌های بدنه‌های حاصل مشخّص گردید که خاک‌ها و موادّ اوّلیّه بایستی دارای حدّاقل ناخالصی‌ها جهت کاهش میزان پرت حرارتی باشند. هرچقدر میزان پرت حرارتی پایین‌تر باشد کیفیت لعاب بر روی بدنه بهتر خواهد بود. همچنین استفاده از مینرال‌های رسی مطلوب همانند کائولینیت جهت افزایش میزان پلاستیسیته استحکام‌های خام و خشک نیز ضروری است.

تشکّر و قدردانی

نویسندگان مقاله لازم می‌دانند به‌این‌وسیله از مدیریت محترم عامل و کارشناسان واحد آزمایشگاه شرکت کاشی مریم میبد برای هماهنگی‌ها و کمک‌های لازم برای انجام این تحقیق قدردانی نمایند.

مراجع

جزایری، س.ح.، عبّاس‌پور، د.، ۱۳۸۳، "طراحی و ساخت بدنه و لعاب مونوپروزا**"**، پنجمین کنگره‌ی سرامیک ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران: ۲۸۲-۲۷۷.

قصاعی، ح.، رضایی، ح. ر.، بابایی، ل.، موسوی‌فرد، ن.، اطلاعی، ح.، ۱۳۸۳، "برّرسی نتایج حاصل از ساخت کاشی و لعاب تک پخت سریع دیواری (منوپروزا)**"**، پنجمین کنگره‌ی سرامیک ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران: ۳۰۲-۲۹۴.

گنجی، ع.، ۱۳۸۳، "برّرسی ترکیب شیمیایی، کانی شناسی و خصوصیات فیزیکومکانیکی خاک صنعتی سوراوجین**"**، پنجمین کنگره‌ی سرامیک ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران: ۸۳-۸۰.

Biff, G., 1989, "Technology for the production of porous single fired ceramic wall tile", *Ind. Ceram., Vol. 9 (1): 11–17.*

Dondi, M., 1999, "Clay materials for ceramic tiles: Geology, composition and technological properties", *Appl. Clay Sci., Vol. 15 (3): 337-366.*

Kara, A. & Ozer, F., 2006, "Development of a multipurpose tile body: Phase and microstructure", *J. of the European Ceramic Soc., Vol. 26 (16): 3769-3782.*

Monfort, E. & Celades, I., 2007, "Evolution of fluorine emissions during the fast firing of ceramic tile", *Appl. Clay Sci., Vol. 36 (3): 250-258.*

Sousa, S. J. & Holanda, J. N., 2005, "Development of red wall tiles by the dry process using Brazilian raw materials", *Ceramics International, Vol. 31 (2): 215-222.*