



الخصائص الحرارية واللوئية للرمال السوداء في خلطات التزجيج .

حيدر عبدالقادر أبكر عبدالله

قسم الخزف - كلية الفنون الجميلة والتطبيقية ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا . البريد الإلكتروني 0912813640 . هاتف aaidar@sustech.edu:

المستخلص :

هدفت الدراسة إلى معرفة الخصائص الحرارية واللوئية للرمال السوداء عينة من منطقة ترنكتات شمال مدينة طوكر بشرق السودان . اتبعت الدراسة المنهج التطبيقي ، واستخدمت الأدوات المعملية القياسية . أحضرت العينة لعدة إذارات بغرض التعرف على خصائصها من خلال خلطات التزجيج وذلك لإعتبارها من الخامات الغنية بالمعادن والتي تدخل في صناعة الخزف و هذا يشير لأهمية الدراسة. حلت العينة بطريقة الأشعة السينية المتغيرة (XRF) فرصدت مكوناتها وحددت الكثافة النوعية والحجم الحبيبي ، سدت في طاحونة الكرات ثم مررت من خلال الغربال مقاس 150 ميكرون . أدخلت في خلطات التزجيج بنسب متفاوتة وحرقت في درجات حرارية تراوحت ما بين 1050 إلى 1220 م. إتضح أنها تُعطي مزججات بدرجات لوئية تتراوح ما بين النبي المصفر والأسود وذلك لعلو نسبة الأكسيد ذات الأثر اللوني التي تحتويه . خلصت الدراسة إلى أنها تعزز من تكوين الشبك الزجاجي وتعطي مظهر لوني جيد للمزججات.

الكلمات المفتاحية: صهر - سيلون - تكتل

Abstract

The study aim to identify the thermal and colour properties of black sand sample from the area of Trnikitat , north of Tukar city in Eastern Sudan . The study was follow up practical method, standard equipment were used .The sample underwent numerous experiments in order to determine its specifications for gasification glaze mixes to see if it may be considered as a mineral – rich material for inclusion in ceramic production and this mention to the importance of this study . The sample was test by XRF fluorescence, delineating its constituent components and their specific gravity and particle size . The sample was ground in a ball mill, then passed through a ISO micron sieve. It was added to glaze mixtures in recorded amount and fired to between 1050° to 1220°C. It was found that black sand gives glazes grades of color ranging from yellowish brown to black, depending on the amount of color – altering oxides present. The study concluded that the black sand sampled re –enforces crystallization and gives a nice coloring to glazes.

Keywords: Flux – Liquidity - Crawling

المقدمة

تعتبر الرمال السوداء من الخامات الهامة للعديد من الصناعات لكونها مصدر للمعادن كالزركون ، التيتانيوم ، الحديد ، الروتيل وغيرها. وتوجد هذه الرمال بالسودان في ولاية البحر الأحمر وتمثل منطقة طوكر أهم مواقعها . تستخدم في

صناعة السراميك لاحتواها على الأكاسيد المكونة للشبكة الزجاجي والصوافر والأكاسد الملونة الأمر الذي يستدعي قيام هذه الدراسة للإستفادة من نواتجها عملياً في مجال صناعة الزجاج السيراميكي، والإسهام بتوفير المعلومات لإعتبارها من الخامات التي لم تدرس في أطر تطبيقية محلياً بل تصدر كسلعة إقتصادية . تعتبر من الخامات القلية (Harald, 2010) . لكون كثافتها النوعية أكثر من كثافة السليكا (O_2) وهي من الثروات الاقتصادية الهامة التي يعود إليها (سليمان 2010 . 1) .

مشكلة الدراسة:

محدوية الدراسات التطبيقية في مجال الخامات الخزفية والرمال السوداء هي إحدى تلك الخامات.

أهداف الدراسة :

- استخدم الرمال السوداء كخام غني بأكسيد المعادن التي تدخل في صناعة الخزف بصورة عامة.
- دراسة و رصد الخصائص الحرارية و اللونية للرمال السوداء من خلال المعالجة الحرارية.
- الإستفادة من الرمال السوداء في تكوين خلطات الترسيج.

أهمية الدراسة:

هناك حوجة لإجراء تجارب عملية للخامات المحلية بصورة عامة وترتبط أهمية عينة الدراسة بكونها تحتوى على عدة مركبات هامة في صناعة الخزف تتطلب التأكد من فاعليتها عملياً وقد يساعد ذلك في توفير بعض المعلومات التي من شأنها الإسهام في تطوير صناعة الخزف المحلي بدلاً من الإعتماد على ستيراد الخامات.

تعريف الرمال :

الرمال بصفة عامة هي حبيبات صغيرة من الكوارتز الذي يتكون من نسبة عالية من أكسيد السليكون ، وبعضها تحتوى على المعادن الثقيلة (Heavey minerals) . أشهر أنواع الرمال في مجال صناعة الزجاج ما يعرف برمل السليكا (Arther, 1994,271) . توجد الرمال في الطبيعة بصورة متحجرة أو متفرقة في شكل حبيبات علي شواطئ البحار والمجاري المائية والصحاري بكثرة ، يخالطها بعض الشوائب كالأتربة ، الحجر الجيري ، مركبات الحديد والألمونيوم أو التيتانيوم ومواد أخرى . تدرج أحجام حبيباتها بين 25 ، و 2 ملم (مد، 2006 ، 91 ، 99) .

الرمال السوداء في السودان:

هي تربسات ناتجة عن الصخور البازلتية التي تأثرت بالعوامل الجوية وأسهمت الأودية والخيران في نقلها. أهم مواقعها منطقة ترنتات ، رس عزيز ودربات . تم إجراء دراسة جيولوجية في ترنتات من قبل الفريق الألماني (German Technical) سنة 979 م وقدرت كميات الرمال السوداء بـ 11 مليون طن . توجد بالمنطقة ثلاثة أنواع للرمال السوداء ، النوع الأول يعرف محلياً بالصيغة (Sebkha) ، لونه بنى محمر، يتربس بسمك 2 متر . النوع الثاني يسمى (Dune sand) يوجد في شمال دلتا خور بركة ، يتتألف ن رمال وأملاح ، سمكه 2 متر. النوع الثالث ويسمى (Alow beach ridge) ، يمتد من جنوب الدلتا إلى ترنتات شمالاً ، يتربس بعرض ما بين 50 إلى 300 متر وسمك ما بين 2 إلى 4 متر . يغطيه طبقة رقيقة من النوع الأول . أسهم خور بركة في نقل هذه التربسات الرملية بالمنطقة بينما التربسات الخفيفة تتنقل مع مياه الخور إلى البحر الأحمر . أشارت معظم التحليلات التي أجريت لعينات الرمال المذكورة

إلى وجود خامات الماغنتايت ، الهاربنبلد (Hornblende) ، الهايبرثين (Hypersthene) ، الزركون ، الروتاييل ، التورملين ، الكيانيت ، الجرانيت ، السمنايت ، التيتانيت ، الاندلوسيت ، الابتايت و المايكا (Ahmed, 1998, 73).

الرمال السوداء و المزججات :

تدخل بعض المكونات التي تحتويها الرمال السوداء (كالسليكا ، التيتانيوم ، الروتاييل وغيره) في الصناعات الخزفية خاصة الزجاج السيراميكي (Glaze) وهو عبارة عن طقة زجاجية تطلى بها أسطح الخزفيات وتحرق في أفران خاصة تحت درجات حرارة محددة فتصهر على الجسم الخزفي وتلتصلق به مكونة طبقة ملساء ، كما تعرف ايضا بالمزججات (حيدر ، 2013 ، 6). من أهم مميزاتها أنها تزيد من صلابة الخزفيات ، وتحافظ عليها من الأوساخ وتأثير الأماض والقلويات القيسي 2003 67 68 . بالإضافة إلى أنها تمنح قوة ميكانيكية . تصنع من مواد غير عضوية معظمها من أكسايد بعض المعادن التي توجد على هيئة صخور أو ففات ، أهمها الفلسبارات ، الكوارتز والرمال البيضاء ، الطين الصيني والكرولي بالإضافة إلى القلويات ، القلويات الترابية كالحجر الجيري والدولomite أوالطلق. يختلف الزجاج السيراميكي عن الزجاج (Glass) في أنه متبلور والزجاج غير متبلور. أصل مصطلح (Glass) يعود للكلمة اللاتينية (Glaesum) ويطلق على الجسم الشفاف أو شبه الشفاف ، كما يسمى (Vitreous) و أصله (Vitrum) . « ميا يعرف الزجاج بأنه ناتج غير عضوي لمصهور مبرد إلى حالة الصلابة (Charles, 2001, 5.1) . عند صهر مكونات الطلاء فإن الحرارة تصل إلى المستوى الجزيئي للمكونات فيحدث تفكك في البنية الكристالية للمكونات والتي بدورها تتحرك بصورة عشوائية في المصهور الناتج وعند التبريد يتصلب على السطح الخزفي (Brian, 2014, 14-72) . تتألف الخلطات الزجاجية الخاصة بالخزفيات من ثلاثة أقسام أساسية للمركبات . القسم الاول : هي مركبات حامضية تعطي الشبك الزجاجي (Glass former) وتشمل السليكا (SiO_2) ، أكسيد التيتانيوم (TiO_2) ، خامس أكسيد الفسفور (P_2O_5) ، بجانب أكسايد أخرى تسهم في إعطاء الشبك الزجاجي كالسلبيوم (SeO_2) ، الرصاص (PbO) و الانتمون (Sb_2O_3) . القسم الثاني يضم الصواهر (Fluxes) . و تعمل على خفض درجة انصهار الأكسيد الحامضية وتضم الأكسيد القلوية الصوديوم (Na_2O) ، البوتاسيوم (K_2O) و الليثيوم (Li_2O) باًضافة إلى القلويات الترابية كالكلالسيوم (CaO) ، الماغنيزيوم (MgO) و الباريوم (BaO) . القسم الثالث يحتوي على المثبتات Stabilizer's تعمل على خلق جسور تآصرية بين الحوامض والقواعد وتسهم في ربط الطلاء بالجسم الخزفي ، هما الألومينا (Al_2O_3) وأكسيد البورك (B_2O_3) . ختلف درجات صهر الخلطات الزجاجية بإختلاف نسب مكوناتها وهي بذلك تخص أنواع محددة من المنتجات الخزفية كالخزف المسامي ، الخزف الحجري (stoneware) و البورسلين (porcelain) . تنقسم إلى طلاءات زجاجية (glaze) ، طلاءات فوق زجاجية (englaze) ، طلاءات المينا (enamel) ، طلاءات حيادية (ingobe) أما الطلاءات تحت الزجاجية فهي من ضمنها لكن تستخدم لأغراض التلوين والزخرفة تحت الطلاء الزجاجي.

منهج الدراسة :

سيتبع الدارس المنهج التطبيقي لدراسة عينة من الرمال السوداء المستجيبة من منطقة ترنكتات . حددت طريقة التحليل !! حصائي النوعي لرصد النتائج و تحليل المعطيات ، ادخال العينة في خلطات مع خامات خزفية محلية وأخرى قياسية ، إجراء التجارب بمعمل الخزف في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا في الفترة من أغسطس إلى سبتمبر 2015م.

ادوات الدراسة :

ا - وأستخدام الأدوات والأجهزة المعمدة الرقمية .

ب - عينة الدراسة:

رمال سوداء اللون عندما تكون رطبة وبلون رمادي مسود وهي جافة ، وزنها الكتلي أثقل من عينات الرمال البيضاء بما يعادل أكثر من الصعب بقليل ، تترسب بسرعة عند خلطها بالماء . حبيباتها صغيرة شبه متجانسة في أحجامها ، أخذت العينة من شرفة أعمال التعدين المتقدمة بالخرطوم.

3 - التجارب الأولية:

- الكثافة النوعية : تم استخدام ميزان رقمي وإناء مدرج لرصد الأوزان الكمية من ثم طبقت قاعدة الكثافة النوعية :

$$W_2 - W_1$$

$$(W_4 - W_3) + (W_2 - W_1)$$

W_1 وزن الإناء فارغ

N_2 وزن الإناء + العينة

W_3 وزن الإناء + العينة + الماء

W_4 وزن الإناء + الماء للحد السابق

حساب أوزان العينة هي :

$$\frac{133.83 - 12.34}{(140.73 - 157.15) + (133.83 - 112.34)} = 4.239$$

الكثافة النوعية للعينة

- التدرج الحبيبي : استخدمت الغرabil بالقياسات 250 ، 150 ، ميكرون لغربلة 100 جرام من العينة أما التفاصيل فهي كالتالي =

متبقى على الغرabil مقاس = 250 ميكرون = 51% جرام

متبقى على الغرabil مقاس = 150 ميكرون = 37% جرام

متبقى على الإناء = 13.33% جرام

المجموع = 19.21% جرام

الفاقد = 9' . جرام

التحليل:

سحنت العينة في طاحونة الكرات لمدة ثلاثة ساعات ونصف ثم مررت بالغرabil مقاس 150 ميكرون.

أخصبت العينة إلى التحليل بطريقة الأشعة السينية المتفلورة (RF) بمعمل الجيولوجيا في وزارة المعادن ف صدت مكوناتها وهي بالجدول رقم () .

جدول رقم () مكونات الرمال السوداء بالنسبة المئوية

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	NiO	CuO	ZnO	SrO	CL
1.210	1.859	4.9738	11.408	.660	.094	.1427	3.219	24.369	.1032	1.362	49.079	.012	.276	.033	.011	.572

من خلال نتائج التحليل يستنتج ما يلي :

- نسبة مجموع الأكسيدات القلوية = 439 %
- نسبة مجموع الأكسيدات الحامضية = 2.068 % (دون أكسيد التيتانيوم)
- نسبة مجموع الأكسيدات المتعادلة = 973 %
- نسبة مجموع الأكسيدات ذات الأثر اللوني = 1.234 %
- نسبة مجموع مكونات العينة = 19.360 % الباقى مواد أخرى.

يتضح أن المركبات ذات الأثر اللوني عند الصهر نسبتها كبيرة وهي تمثل أكسيدات لمعادن التيتانيوم ، الكروم ، المنجنيز ، الحديد ، النيكل ، النحاس ، الخارصين ، وأعماها نسبة هو أكسيد الحديد حيث يقارب نسبته نصف مكونات العينة . يستنتج أن الخام هو مصدر للحديد والتيتانيوم. نسبة الأكسيدات التي تعمل كمواد صاهرة ومواد مساعدة للصهر تمثل في مجموعها 4.484% وهي تشمل الأكسيدات القلوية كأكسيد الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم والمازنسيوم مضافاً إليها بعض الأكسيدات ذات الأثر اللوني لمعادن المنجنيز ، الحديد ، النحاس والخارصين. الأكسيدات المكونة للشبك الزجاجي في خلطات التزجيج هي لمعادن السيليكون ، الفسفور والتيتانيوم وتمثل نسبة 6.437 % في مجملها.

خلطات الدراسة:

عادة للحصول على خلطات زجاجية منخفضة الحرارة ينظر إلى الخامات المحلية والتي غالباً تمثل في الأطيان ، رماد الحطب ، الحجر الجيري ومركبات الصوديوم والبورون وذلك لسهولة الحصول عليها Hanrik , 1993,9,12 . بالإضافة إلى الرمال السوداء فقد أدخلت خامات أخرى كمساعدات صهر ومحسنات لخواص الصهر وهي كالتالي:

.. زجاج جير الصودا (loda lime Glass) : كمساعد صهر يحتوى على أكسيد الصوديوم ، أكسيد الكالسيوم ، أكسيد البوتاسيوم ، وأكسيد السيليكون ، ينضرر الزجاج في 900 م.

١. كربونات الرصاص (White Lead) عينة قياسية ، مستخدم كمساعد صهر.
٢. أكسيد الرصاص الأحمر (red Lead) عينة قياسية، مستخدم كمساعد صهر.
٣. بوراكس (Boron Ash) عينة قياسية، مستخدم كمساعد صهر.
٤. رماد عظام (Bone Ash) عينة قياسية ، مستخدم كمحسن لخصائص الصهر.
٥. فلسيبار بوتاسيوم (Orthoclase) عينة قياسية ، مستخدم كمحسن لخواص الصهر.
٦. نفلين ساينتيت (Nepheline Syenite) عينة محلية (جبل الدمير) مستخدم كمحسن لخواص الصهر.
٧. رماد حطب (Wood Ash) عينة محلية، مستخدم كمحسن لخواص الصهر.
٨. أكسيد القصدير (Tin Oxide) عينة قياسية ، مستخدم كمعتم.

- 0 . خليط من أكسيد السلنديوم مع كبريتات كادميوم، استخدم كمادة ملونة.
- 1 . أكسيد حديد (Iron Oxide) عينة قياسية ، استخدم كملون.
- 2 . كاولين (Kaolin) عينة محلية (منطقة مروي)، استخدم كمادة رابطة تعمل على خلق جسور بين مكونات الترسيج وتساعد على التبلور.

تم اختيار تلك الخامات لكون معظمها تدخل في تكوين خلطات الترسيج . تستند الدراسة على تناول الخامات المذكورة وفقاً للحدود المسموح بها في تناول خلطات الترسيج منخفضة ومتوسطة النضح حرارياً ، كما تعتمد على درجات إنصهار الخامات القياسية البدرى 2002 - 202 - 07 .

التطبيقات:

الخامات المحلية تم تحضيرها كمساحيق ومررت من خلال الغربال قياس 150 ميكرون . أما الخامات لقياسية فهي في صورة مساحيق ناعمة.استخدم ميزان رقمي حساس لوزن 100 جرام من كل خلطة كأسلوب معمول به لسهولة الجمع بين النسبة المئوية والوزن بالجرامات . صيغت مكونات الخلطات بنسب مختلفة كما هي بالجدول رقم (١) . استخدم علبة بلاستيكية ذات غطاء لخلط المكونات بعد ضافة مقدار مناسبة من الماء . وضعت كور زجاجية صغيرة داخل العلبة لتسهيل عملية خلط المكونات بعد إحكام قفلها ، حيث ترج يدوياً أو بصوره دائيرية لمدة ثلاثة دقائق ثم تمرر الخلطة من خلال المصفي مقاس 250 ميكرون ، والخلطات التي إحتوت على البوراكس من خلال المصفي م س 600 ميكرون . طبقت الخلطات على أجسام بيضاء من الكاولين المحروق وذلك عن طريق الغمر (Dipping) وأحياناً بإستخدام الفرشاة (brushing) . استخدم فرن كهربائي صغير لحرق الخلطات لكون الحرق في الأفران الكهربائية يعطي نتائج جيدة ويعرف بالحرق النظيف حيث لا توجد ملوثات لوقود التشغيل (Hanrik, 1993, 9) .

جدول رقم (١) نسب مكونات الخلطات % .

أرقام الخلطات										
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	←
20	30	-	20	-	40	15	-	40	-	بوراكس
-	-	70	-	75	-	-	60	-	-	كريبونات رصاص
35	35	-	30	-	-	60	-	-	-	زجاج جير الصودا
10	10	10	30	10	40	15	40	60	100	رمال سوادء
10	10	5	-	10	20	-	-	-	-	تفلين ساينتيت
25	15	10	-	-	-	-	-	-	-	رماد عظام
-	-	-	10	-	-	10	-	-	-	فلسيبار بوتاسيوم
-	-	5	10	5	-	-	-	-	-	أكسيد قصدير
-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	سلنيوم + كاديوم
7	7	7	-	-	-	-	-	-	-	أكسيد حديد
م 1100	م 1100	م 1100	م 1100	م 1100	م 1100	م 1100	م 1100	م 1100	م 1100	درجة حرارة الحرق الأول
م 1220	م 1220	م 1220	م 1220	م 1220	م 1220	م 1220	م 1220	م 1220	م 1220	درجة حرارة الحرق الثاني

تابع للجدول رقم (١)

24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	أرقام الخلطات
20	20	30	30	30	25	30	40	40	30	30	-	-	-	بوراكس
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	70	75	كريونات رصاص
50	55	45	40	40	35	30	-	20	30	40	-	-	-	زجاج جير الصودا
20	15	15	10	10	20	25	40	40	30	30	20	25	25	رمال سوداء
-	10	-	10	-	-	-	10	-	-	-	-	5	-	كاوليں
10	-	10	10	10	15	10	10	-	10	-	10	-	-	فلسيبار بوتاسيوم
-	-	-	-	10	5	5	-	-	-	-	-	-	-	أكسيد فصدير
م 1220														درجة حرارة الحرق

تابع للجدول رقم (٢)

33	32	31	30	29	28	27	26	25	أرقام الخلطات
-	-	-	-	-	10	10	15	15	بوراكس
30	40	60	60	60	60	60	60	50	زجاج جير الصودا
40	30	20	20	10	5	5	-	10	رماد حطب
10	10	-	5	10	-	5	-	10	فلسيبار بوتاسيوم
10	10	10	5	5	5	5	10	-	كاوليں
10	10	10	10	15	20	15	15	15	رمال سوداء
م 1220									درجة حرارة الحرق

تابع للجدول رقم (٣)

47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	أرقام الخلطات
-	-	60	45	60	55	60	60	60	55	55	45	50	55	زجاج جير الصودا
-	-	25	25	-	-	-	20	15	25	20	20	20	15	رماد حطب
10	10	10	10	10	10	10	-	-	-	-	10	10	10	فلسيبار بوتاسيوم
5	5	5	5	5	5	5	10	10	5	10	10	10	10	كاوليں
5	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	5	-	-	أكسيد فصدير
10	10	10	10	10	15	10	10	15	15	15	10	10	10	رمال سوداء
10	10	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	أكسيد كاديوم و أكسيد سلنديوم
-	-	-	-	10	15	15	-	-	-	-	-	-	-	بوراكس
70	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	أكسيد رصاص أحمر
م 1220														درجة حرارة الحرق

الحرق:

طبقت الخلطات على اسطح من الخزف الأبيض المحروق مسبقاً عن طريقة الغمر المعتمل بها في الخزف (Richard,2000,188) ، ثم أدخلت العينات المزججة في فرن اختيار وحرقت في فترات تراوحت مابين 4 إلى 5 ساعات لبلوغ 1050 م و 7 ساعات لبلوغ 1220 م ثم أخرجت بعد التبريد لمدة 18 ساعة حيث أعطت الملاحظات المدونة بالجدول رقم (١).

جدول رقم (١) نتائج الخلطات الزجاجية بعد الحرق

رقم الخلطة	درجة الحرارة °م	مستوى الانصهار	مظهر السطح	اللون	مستوى اللمعان	الآثار السالبة
1	1220	غير منصهر	خشن	أسود	غير لامع	غير ثابت على الجسم
2	1220	بداية إنصهار	خشن	أسود	غير لامع	غير مكتمل الإنصهار
3	1220	بداية إنصهار	خشن	أسود : معه معدنية	غير لامع	غير مكتمل الإنصهار
4	1220	منصهر	قليل الإستواء	أخضر مسود	لامع	-
5	1220	بداية إنصهار	خشن غير مستوي	أسود	غير لامع	ظهور فقاعات
6	1220	غير منصهر	خشن طين المظهر	أسود بحواف بنية	غير لامع	غير متجانس المكونات
7	1220	إنصهار غير مكتمل	مستوى	بي قاتم	قليل	طين المظهر
8	1220	إنصهار غير مكتمل	غير مستوى	بني مسود	قليل	متزعزع ومكتمل
9	1220	منصهر	غير مستوى	أسمر الى بني بلون معدني مصفر	مطفى	أنواع غير متجانسة
10	1220	منصهر	خشن غير مستوي	بني	قليل	وجود فقاعات
11	1220	منصهر	خشن قليلاً	بني إلى معدن	لامع	-
12	1220	منصهر	خشن قليلاً	بني قاتم	متوسط	-
13	1220	منصهر	أملس ومستوى	بني مخضر	قليل	غير متجانس
14	1220	منصهر	أملس ومستوى	أسود	لامع	سيال
15	1220	إنصهار غير مكتمل	خشن	بيج الى بني مسود	قليل	غير متجانس
16	1220	بداية إنصهار	خشن	أسود	قليل	تكل
17	1220	إنصهار غير مكتمل	خشن	بني مسود	قليل	ظهور بثور
18	1220	منصهر	مستوى خشن قليلاً	بني قاتم	غير لامع	ظهور بثور
19	1220	إنصهار غير مكتمل	خشن	أسود	غير لامع	-
20	1220	غير مكتمل	غير مستوى	بيج شاحب بمسحة حضراء	لامع	غير متجانس
21	1220	غير منصهر	غير مستوى	بيج إلى بني في الوسط	غير لامع	غير متجانس
22	1220	غير منصهر	غير مستوى خشن	بني	غير لامع	غير متجانس

سيال	لامع	علسي	أملس ومستوى	منصهر	1220	23
-	لامع	اسود	أملس ، مستوى	منصهر	1220	24
سيال غير متجانس	لامع	بيج بتمويهات حضراء	قليل الخشونة	منصهر	1220	25
غير متجانس	غير لامع	مع نبي	خشن	منصهر	1220	26
سيولة وتشققات	لامع	علسي مع اخضر مسود	مستوى ، واملس	منصهر	1220	27
سيال غير متجانس	لامع	اسود	خشن	منصهر	1220	28
سيال	لامع جداً	أسود إلى علسي	مستوى واملس	منصهر	1220	29
سيال	لامع جداً	علسي	أملس	منصهر	1220	30
سيال	لامع	علسي إلى أسود	مستوى واملس	منصهر	1220	31
سيال	لامع	شفاف مائل للإسوداد	مستوى واملس	منصهر	1220	32
سيال	لامع	علسي إلى أسود	مستوى ، املس	منصهر	1220	33
سيولة وعدم تجانس	لامع	أسود	مستوى ، املس	منصهر	1220	34
سيولة عدم تجانس	لامع	علسي إلى أسود	مستوى ، املس	منصهر	1220	35
سيولة عدم تجانس	لامع	بني ترابي مسود	مستوى ، املس	منصهر	1220	36
سيولة وعدم تجانس	متوسط	بني ترابي مسود	خشن قليلاً	منصهر	1220	37
سيولة وعدم تجانس	قليل	بني ترابي مسود	خشن قليلاً	منصهر	1220	38
سيولة وعدم تجانس	قليل	بني مسود	خشن قليلاً	منصهر	1220	39
سيولة وعدم تجانس	متوسط	ترابي مسود	خشن قليلاً	منصر	1220	40
غير متجانس المكونات	لامع	شفاف بمسحة سوداء	مستوى واملس	منصهر	1220	41
غير متجانس اللون	لامع	علسي مسود	مستوى واملس	منصهر	1220	42
غير متجانس	لامع	رمادي مخضر	مستوى واملس	منصهر	1220	43
-	قليل	أصفر إلى بيج مخضر	، توسط الملاسة والإستواء	انصهار غير مكتمل	1220	44
تشققات صغيرة	متوسط	أصفر شفاف	مستوى أملس	منصهر	1220	45
-	لامع	أسود إلى معدني	مستوى قليل الخشونة	منصهر	1220	46
غير متجانس	لامع	معدني إلى بني مسود	مستوى قليل الخشونة	منصهر	1220	47

يستخلاص من تجارب صهر احلاطات في درجات الحرارة المنخفضة 1050 م والمتوسطة 1220 م أن الرمال السوداء تعمل كمقاوم حراري وذلك لاحتوائها على نسبة 4.369 % أكسيد تيتانيوم TiO_2 الذي ينصهر لوحده في 1850 م

(James, 2008, 90) . وكذلك إحتوائها على أكسيد السليكون بمقدار 1.408 % والذي ينصلح لو، ده في 1700 م ، إضافة إلى العديد من المكونات الأخرى ذات درجات الحرارة المختلفة . كل ذلك يدل على أن تناوله بكميات قليلة يسهم في إنتاج مزججات للخزف المسامي (stoneware) وبكميات متوسطة للخزف الحجري (stone- ware) .

ترواحت ألوان المزججات بين الشفاف العسلى ، البى والأسود بصفة عامة وذلك لإحتواء الرمال السوداء على أكثر من 5% من الأكسيد ذات الاثر اللونى ، غالباً ما يكون اللون الاسود في الطلاءات السميكة . أما الألوان الخضراء أو البيج فهي نتيجة لتأثير الأكسيد الموجودة في الخامات الأخرى التي تحتويها الخلطات.

أهم مظاهر الصهر هو إرتباط الانصهار الجيد للخلطات بالللمعان ، إستواء الأسطح والسيولة في بعض الاحيان ، أما عدم كفاية الصهر (قلة النضج الحراري) فقد إرتبطت نتائجها بالخشونة ، عدم إستواء الأسطح ، قلة اللمعان ، وفي بعض الخلطات ظهرت سلبيات على الأسطح كالتشقير ، الفقاعات ، التكتل والتجزيع.

وجود محسنات خصائص الصهر (modifiers) كالفلفين ساينيت ، فلسبار البوتاسيوم ورماد الحطب أسهمت بصورة جيدة في تحسين وتقليل درجة نضج الطلاءات ذات مساعدات الصهر القليلة . إضافة أكسيد القصدير كمعتم أو مخفف لدرجة اللون لم يكن له أثر على الطلاءات ، ذلك لسيطرة الألوان الناتجة عن الرمال السوداء على بقية الألوان . أكسيد الحديد أضيف لبعض الخلطات بغرض الحصول على لون معدني (italic) لكن تأثيره كان طفيفاً.

بناءً على نتائج الصهر فإن الخلطات بالأرقام 4 . 11 . 12 . 14 . 6 . (تعتبر جيدة من حيث مستوى الصهر ، الإستواء ، اللمعان ، تجانس مكونات وألوان الصهير . الخلطات بالأرقام 1 . 14 . 23 . 29 . 30 . 31 . 32 . 33 . 34 . 35 . 36 . 37 . 38 . 39 . 0) أعطت طلاءات سائلة . الخلطات بالأرقام 25 . 28 . 34 . 35 . 36 . 37 . 38 . 39 . 40 . 41 . 42 . 43 . 44 . 45 . 46 . 47 هي منصهرة غير متجانسة المكونات وهي سائلة في نفس الوقت. الطلاءات بالأرقام 9 . 13 . 16 . 41 . 42 . 43 . 44 . 45 . هي طلاءات منصهرة وغير متجانسة المكونات . الطلاءات بالأرقام 10 . 18 . هي منصهرة لكن بها ثبور وفقاعات . أما الطلاءات المنصهرة والمتشقة هي بالأرقام 27 . 45 .

يستنتج بأن تناول الرمال السوداء عينة الدراسة بدون إجراء أي معالجات بغرض إدخاله في تركيب خلطات الطلاءات الزجاجية البوراكسية تكون بنسبة ما بين 15 إلى 0 % مع وجود بوراكس بنسبة ما بين 15 إلى 0 % مع مسحوق زجاج غير الصودا بمقدار ما بين 35 إلى 0 % كما يمكن إضافة محسنات أخرى. في الطلاءات الرصاصية (كربونات الرصاص أو أكسيد الرصاص الأحمر) يكون تناول الرمال السوداء بنسبة تتراوح بين 10 إلى 5% وأكسيد الرصاص ما بين 70 إلى 5 % . للطلاءات القلوية يستحسن تناول الرمال بنسبة ما بين 10 إلى 0 % مع إضافة مسحوق زجاج بنسبة ما بين 30 إلى 60 % ورماد حطب ما بين 5 إلى 0 % وفلسبار برتاسيوم ما بين 5 إلى 0 % وكالوين بنسبة ما بين 5 إلى 0 %.

نتائج الدراسة:

. توصلت الدراسة إلى أنه بالإمكان استخدام الرمال السوداء في إنتاج مزججات للخزف المسامي والحراري وفقاً

للمكونات والحدود الحرارية من 1050 إلى 1220 م.

!. الرمال السوداء تعمل كمقاومة حراري لذا يجب تناولها بمقادير لا تتعدي 0% من وزن الخلطات الخاصة بالخزف المسامي والحراري.

٣. الرمال عينة الدراسة تحتوى على مقادير عالية من الأكسيد ذات الأثر اللوئي في مصهور الزجاج السيراميكى عليه فهو ينتج مزججات بألوان تراوح ما بين العسلى بدرجات مختلفة ، البني بدرجاته واسود.
٤. المزججات التي تحتوى على الرمال السوداء عند إكمال نضجها حرارياً تعطى طلاءات جيدة المظهر من حيث اللمعان ، إستواء السطح والإلتصالق الجيد بالسطح خاصة في الخلطات التي تحتوى على البوراكس أو الطلاءات القلوية.
٥. عينة الدراسة تحتاج إلى عملية تشبع حراري لا يقل عن نصف ساعة في درجة حرارة ما بين 1200 إلى 1220 م.
٦. نتائج المزججات خاصة بالخزف الجمالي ونسبة لإحتواء بعضها على مركبات الرصاص فهي لا تدخل في ترегистر أواني المائدة . وقد تناسب بعض الخزفيات الإنسانية كالبلاط.

المراجع والمصادر العربية :

١. أبكر، حيدر عبدالفتاح (2013) . رسالة دكتوراه بعنوان : إمكانية الإستفادة من السيليكا ومساعدات الصهر الطبيعية في التشكيل الفني للزجاج بالسودان ، كلية الدراسات العليا ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ، الخرطوم ، السودان .
٢. البدرى ، علي حيدر صالح (2002) التقنيات العلمية لفن الخزف . (ازيج والتلوين ، الجزء الثاني والثالث ، كلية الفنون ، جامعة اليرموك ،الأردن ، عمان .
٣. القيسي، فوزي عبدالعزيز (2003) تقنيات الخزف والزجاج ، دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان ،الأردن .
٤. سليمان، محمد الجاك (مارس 2010)، ندوة : صناعة التعدين في السودان ، ورقة عمل الشروة المعدنية في السودان ، اتحاد الغرف الصناعية السوداني ، الخرطوم ، السودان .
٥. عمر، محمد اسماعيل (2006)، تكنولوجيا صناعة الزجاج ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، مصر .

المراجع والمصادر الأجنبية :

- 1- Ahmed, Adli Abdel Mageed (1998), Centre for Strategic Studies, Khartoum, Sudan.
- 2- Arther, Dodd (1994), Dictionary of Ceramics, The Institute of Materials, London, British.
- 3- Charles A. Harper (2001), Handbook of Ceramics, Glasses and Diamonds, Me Graw – Hill Companies, eBook, USA .
- 4- Brian Taylor and Kate Doody (2014) Ceramic Glazes The Complete Handbook , Thames and Hudson Ltd. London .
- 5- Hanrik Norsker, James Danisch , (1993), Glazes – for the self – Reliant Potter , Publication of the Deutsches Zentrum Fur Entwicklungstchnologien – GATE. Germany
- 6- Harald Elsner ,(2010) ,Heavy Minerals of Economic Importance , (BGR) Federal Institute for Geosciences and Nutural Resources, Hannover ,Germany .
- 7- James F. Shackelford and Robert H.Doremus (2008) Ceramic and Glass Materials , Springer Science , Business Media . LL New York .
- 8- Richard A. Eppler and Douglas A . Eppler, (2000). Glaze and Glass Coatings , The American Ceramic Society , Ohio .

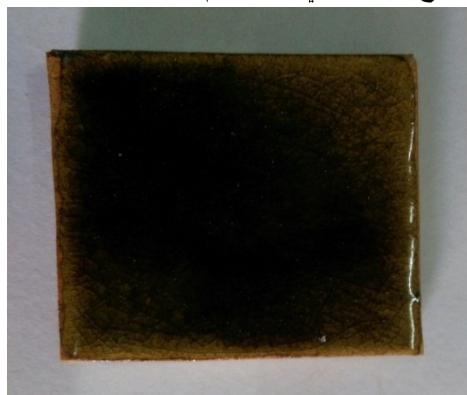
الصور :



صورة رقم .) عينة الرمال الوداء



صورة رقم ١) نماذج من نواتج الصهر في ١٢٢٠ م



صورة رقم ٤) نموذج من نواتج الصهر



صورة رقم ١) نموذج من نواتج الصهر