معطيات السليكا ومساعدات الصهر الطبيعية بالسودان في التشكيل الفني للزجاج

* حيدر عبدالقادر أبكر عبدالله[1] ، مصطفى عبده محمد خير[2]، صالح على صالح[3].

1. – جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا – hidarart@gmail.com .
2. – كلية الآداب – جامعة النيلين – Email: dr–m–abdo@hotmail –com .
3. كلية النفط والمعادن – جامعة النيلين

المستخلص:

تناول البحث الخصائص العلمية للخامات الطبيعية السودانية الخاصة بصناعة الزجاج للكشف عن الخامات المناسبة وتوفير المعلومات عن خصائصها وطرق تحضيرها ومعالجتها وإمكانية إستغلالها في التشكيل الفني للزجاج. تم إختيار أربعين عينة من مناطق مختلفة وهي تمثل مصادر متنوعة للأكاسيد الحامضية والقلوية والمتعادلة، فحصت العينات بالأشعة السينية المتفلورة (XRF) فرصدت مكوناتها وحددت الشوائب ثم قورنت بمكونات العينات القياسية العالمية. درست الخصائص الميكانيكية للعينات الرملية والخصائص الفيزيائية لبقية العينات فشملت الهيئة العامة ، البنية الظاهرية، الفقد بالحرارة ، المكسر ، تحديد اللون وفقاً للقياسات العالمية، درجة الصهر ولون المنصهر. أُخضعت العينات لمعالجات مختلفة كالغسيل الإحتكاكي، الترشيح ، التصفية والترسيب ، الفرز المغناطيسي والكلسنة ثم صُنعت منها خلطات الزجاج غير المتبلور ، الزجاج السيراميكي والأجسام المتزججة وفقاً لمعايير تناول الخامات في تصنيع أنواع الزجاج. حُوقت الخلطات في درجات حرارية مختلفة. بلغ مجموع تجارب الخلطات ثمانية وثمانون تجربة، أستخرج منها خمسة عشر نوعاً مختلفاً من الزجاج بالمعالجة الحرارية ثم قيست صلادتها ومقاومتها للأحماض والتشقق، تم تحويل عينات الزجاج الى مساحيق صُنعت منها عجائن بإضافة مادة رابطة ثم شُكلت في قوالب خزفية وأخرى صُنعت منها قضبان نصف دائرية ثم شُكلت في قوالب خزفية وعُولجت حرارياً لإعطاء أشكال ذات طابع فني. تبين أن بالإمكان إستخدام العينات في صناعة الزجاج ذو الطابع الفني بعد معالجتها والتخلص من مركبات الحديد. كما إتضح أن تربة منطقتي الفريقريبة وزالنجي يمكن إستخدامها كمزججات طبيعية دون إضافات في درجات حرارية مناسبة.

Abstract

The purpose of this research is to investigate the operational characteristic for natural materials in Sudan for glass industry aiming to discover new suitable materials and also to providing information about their characteristics, manner of preparation, process of production and the possibility of utilizing them in artistic glass shapes. The researcher selected 40 samples from different areas in Sudan; they contains various resources of acidic oxides, alkaline and stabilizer. The samples were examined by XRF (X-Ray Fluorescence). Their components were observed impurities were spotted and then compared to the components of the international standard samples. The researcher studied the mechanical characteristics of soil samples and physical characteristics of other samples which include general mass, physical structure, LOI, identifying color in accordance with the international standard, melting point and color of fuse. The samples underwent various processes such as mechanical wash, filtration, sedimentation, magnetic separator and calcinations. Then various mixtures have been made such as, non-crystallized mixtures, glaze and vitreous ware. These mixtures have been made up in accordance with the international standard by using mixtures in various types of glass production. Mixtures were then burned in different degree temperatures. The number of mixtures experimented made were about eighty eight experiments. Fifteen types of glass were produced using burning processes, and then its hardness and resistance to acid and cracking were measured. The glass

samples were transferred to powder and made into mixtures with the help of a binder material then formed into ceramic molds and others were formed into half of a cylinder shape then formed into ceramic molds and underwent heat-treatment to form artistic glass shapes. Finally, it has been clearly shown that it is possible to use these samples in forming artistic glass shapes after treatment and subtracting of iron components. It is also became clear that Grigriba and Zalingi soil could be used successfully as natural glaze after heating in suitable degrees without adding any other materials.

الكلمات المفتاحية: خلطات زجاجية ، مزججات ، أجسام متزججة

المقدمة:

الأجسام الزجاجية هي إحدى أطوار بعض الخامات الطبيعية غير العضوية التي تعالج حرارياً فتصهر وتشكل وتبرد تدريجياً وبذلك تكتسب خواص معينة كالصلادة ، الشفافية أو العتامة وعدم النفاذية للسوائل وغيره.أشارت الدراسات الأثرية .(Wildung , 1997, 35) الى وجود مصنوعات زجاجية ترجع تاريخياً الى الحضارات السودانية القديمة وهي تمثل قطع ذات أشكال مختلفة كالقطع الزجاجية بعقد الملكة أماني شخيتو (Amani Shakheto) .أستخدم الرمل، الجير، العطرون والرماد في تكوين الزجاج القديم ، يدخل الزجاج في مجال السيراميك ويلازم الخزفيات الطينية وشبه الزجاجية فيشكل لوحده أو كطبقة على الأسطح الخزفية بالمعالجة الحرارية فيما يعرف بالزجاج السيراميكي الذي يستخدم فيه خامات طبيعية مختلفة . يسعى هذا البحث الى معرفة الخامات المحلية ودراسة خصائصها العملية وإمكانية إستخدامها في تكوين الخلطات الزجاجية المختلفة، علماً بأن هناك مصانع كانت تنتج الزجاج وقد توقفت عن الإنتاج وأستعيض بالعبوات البلاستيكية كبدائل للزجاج.توجد أنواع متعددة من الخامات الزجاجية بالسودان أهمها الرمال البيضاء، حجارة الكوارتز والحجارة الرملية وتعتبر بمثابة مصادر أساسية لأكسيد السليكون الذي يكون الشبك الزجاج. إضافة الى ذلك توجد خامات أخرى تحتوى على مركبات قلوية تستخدم كمساعدات صهر في صناعة الزجاج كالفلسبارات، الحجارة الجيرية ، الدلوميت ، الطلق ، النفلين ساينيت ، الكاولينات والعطرون.إرتبطت مناطق بعض تلك الخامات بالمواقع ذات الصلة بالأنشطة البركانية السابقة كمناطق جبل مرة ، جبال حوش الضلام ، جبال البحر الأحمر ، جبال الأنقسنا وجبال النوبة ، بجانب ذلك توجد مواقع أخرى حول حوض نهر النيل ، صحراء بيوضة، شمال كردفان وقلع النحل . هناك حوجة لدراسة الخامات المذكورة وتحديد أنواعها وتحليل مكوناتها ومقارنتها بالعينات القياسية ثم إخضاعها للتجارب العملية بغرض رصد خصائصها ومعرفة جدواها.

مشكلة البحث:-

تتلخص المشكلة في شح المعلومات والدراسات فيما يتعلق بالخصائص العلمية للخامات الطبيعية السودانية التي تحتمل أن تستغل في الصناعات الزجاجية. كما يلاحظ أن المنتجات والخامات الزجاجية لا زالت تستورد من الخارج.

أهمية البحث:-

تتمثل في أن المعرفة العلمية للخامات المحلية ضرورة لتحديد الطرق الملائمة للإستفادة منها وإستغلالها بدلاً من إستيرادها.

الدراسات السابقة:-

مجموعة من الدراسات الجيولوجية وتقارير البحوث المسحية والبحوث المنشورة وغير المنشورة في كتاب Adli Abdelmageed بعنوان:Sudan Industrial Minerals and Rocks ، حيث قدم فيه مصادر الخامات التي تدخل في مجال الصناعة وأماكنها وكمياتها وأنواعها بالسودان.

الأهداف:-

- الكشف عن خامات السليكا ومساعدات الصهر التي يمكن أن يستفاد منها في صناعة وتشكيل الزجاج.
- توفير معلومات عن الخصائص العملية للخامات الطبيعية التي تعمل كمكونات لخلطات الزجاج وطرق تحضيرها وتشكيلها.

مصطلحات البحث :

- ألومينا: (Alumina) وهو أكسيد الألمونيوم AL2O3 ، يوجد في الأطيان ، الفلسبارات ، البوكسيت وغيره ، كما يوجد منفرداً بصورة نادرة.
- جسم: (Ware) ، هو لفظ يطلق للدلالة على المصنوعات الخزفية والزجاجية والمعدنية وغيرها.
- زجاج: (Glass) ، مركب غير متبلور ، يصهر ويبرد فيتحول نتيجة الى زيادة اللزوجة الى حالة صلبة دون تكون بلورات.
- زجاج سيراميكي: (Glaze)، مركب متبلور ، يطلى به الأجسام الخزفية ثم يعرض للتسخين حتى ينصهر وبذلك يلتحم على الجسم معطياً طبقة زجاجية كما يسمي مزجج.
- كسر زجاج : (Glass Gullet) ، بقايا الزجاج المكسور ، غالباً ما يكون من منتجات زجاجية تالفة نتيجة لإنتهاء غرض الإستخدام أو لتعرضها للكسر.
- مساعدات صهر: (Fluxes) هي مواد تعمل على خفض درجة نضج حرارة إنصهار المواد التي تخالطها.
- سليكا: (Silica) ، من أهم المواد المكونة للزجاج وأكثرها إنتشاراً في الطبيعة، هو أكسيد السليكون SiO_2 ، يوجد في الصخور ، الحجارة الرملية ، الرمال ، وغيرها على هيئة متبلورة أو غير متبلورة . السليكا قيد الدراسة هي المتبلورة.
- فلسبار: (Feldspar) ، من أهم الخامات الطبيعية التي تستخدم كمساعدات صهر في عمل الزجاج السيراميكي وبعض أنواع الزجاج غير المتبلور . يتكون من أكاسيد الفلزات القلوى أرضية مع سليكات الألمونيوم.
- صهير زجاجي: (Frit) ، زجاج يصهر ثم يبرد فجائياً في ماء بارد فيصبح بذلك غير ذائب في الماء . يستخدم كمساعد صهر في الخلطات الزجاجية.
- تزجيج: (Vitreous) ، تحول الجسم الخزفي الى بنية زجاجية نتيجة للحرق العالي أو لطلائه بمواد زجاجية.
- تكليس: (Calcination) ، عملية تسخين المادة لتفتيتها أو لطرد ما بها من ماء ومواد متطايرة.
- تسوية: (Firing) ، عملية حرق الاجسام الطينية لتحويلها الى اجسام فخارية.
- تشكيل: (Forming) ، تطويع الخامة للحصول على شكل ، يستخدم في هذه الدراسة للدلالة على عمل الأشكال ذات الطابع الفني.
- خامات سليكاتية : (Silicic Materials)، خامات طبيعية تحتوى على نسبة عالية من اكسيد السليكون.

تعريف الزجاج ومكوناته وأنواعه:

الزجاج في اللغة يعني جسم شفاف صلب سهل الكسر (رضا 2006 ، 820). كما ورد بالمعنى الإصطلاحي في (معجم مصطلحات العلم ، 1978 ، 1237) بأنه مادة صلبة لا بلورية، غير عضوية،هشة ، تصنع بصهر السليكا أو البورات أو الفوسفات مع الأكاسيد القاعدية.

يتكون الزجاج من مادة مكونة للشبك الزجاجي وهي أكاسيد لمعادن كالسليكون، البوريك، الأنتمون ، الرصاص ، التيتانيوم ، القصدير والجيرمانيوم .(Ahmed ,2006 ,4) ويعتبر أكسيد السليكون هو الأكثر إستخداماً لوفرته في الطبيعية وقلة تكلفته . تضاف الى خلطات الزجاج أكاسيد قلوية صاهرة لخفض درجات نضجها حرارياً أو لتعديل خصائصها، أهم تلك الأكاسيد هي الصوديوم ، الكالسيوم، البوتاسيوم ، الليثوم ، الباريوم والماغنيزيوم، كما تضاف أكاسيد أخرى لتلوينها كالسلينيوم ، النحاس والكوبالت ... الخ.

ينقسم الزجاج الى نوعين أساسيين ، النوع الأول زجاج طبيعي يتكون من السليكا المصهورة في البراكين والتي تتعرض لعملية تبريد مفاجيء أو الرمال وحجارة الكوارتز التي تتعرض الى البروق وتذيبها، أو بفعل القنابل النووية. من أمثلة الزجاج الطبيعي الأوبسديان ، البيومس والبيرليت ، النوع الثاني هو الزجاج المصنع ويضم زجاج البوروسليكات (Pyrex) ، الزجاج الرصاصي (Crystal) ، الزجاج التقليدي (زجاج جير الصودا) ، زجاج البصريات، الزجاج الحساس للضوء، زجاج الأمان، الألياف الزجاجية والزجاج السيراميكي وهو يختلف عن بقية أنواع الزجاج في أنه زجاج متبلور بينما الأنواع الأخرى تكون غير متبلورة (اسماعيل ، 2006، 139 – 140 – 142 – 145 – 148 – 203).يمتاز الزجاج ببنية متجانسة ، صماء ، هشة سهلة الكسر ذات مكسر محارى وتكون شفافه أو معتمه أو ملونه (علام ، 1967 ،10 – 11). تختلف خصائصها بإختلاف نسب مكوناتها في مجال الخزف.و يوجد ما يعرف بالأجسام المتزججة وتمثل نوعيات للبورسلين ذات البنية الزجاجية المعتمة أو الشبه شفافه.

أنواع ومواقع عينات البحث:-

قسمت عينات الدراسة كمصادر اساسية للاكاسيد المطلوبة وهي كالتالي:-

- مصادر السليكا SiO_2 : الرمال ، حجارة الكوارتز.
- مصادر الكالسيا CaO: الحجر الجيري . الكالسايت ، الطلق، ورماد الحطب.
- مصادر البوتاس K_2O : الفلسبارات، رماد نبات الذرة.
- مصادر الصودا Na_2O : العطرون الجرتقة والنفلين ساينتيت.
- مصادر الرصاص PbO: الجالينا.
- مصادر الألومنيا AL_2O_3: كاولين أولى ، كاولين ثانوى وتربة.
- مصادر متنوعة المكونات: جرانيت متحلل ، بازلت ، رماد بركاني والأبسديان.
- مصادر الأكاسيد الملونة: الهيماتيت ، الملكايت ، الكروميت والمنجنيز.

تم إختيار وتحديد نوعيات العينات بناءاً على المقارنة بالعينات القياسية (Quickstudy ,2002 ,2003) من حيث المظهر العام، اللون ، البنية والمعلومات الجيولوجية – 137 – 83 ,Abdelmageed, 1998) (368 – 366 – 360 – 333 – 318 – 170 . . الخاصة بالخامات الطبيعية في السودان . جمعت العينات من مواقعها الطبيعية بواسطة الباحث كما تم الحصول على بعضها من معمل الجيولوجيا بجامعة النيلين. أيضاً تم مقارنة بعض العينات بالعينات الموجودة بمتحف الجيولوجيا بوزارة المعادن . الجدول رقم (1) يبين عينات البحث ومواقعها.

جدول رقم (1) عينات الدراسة ومواقعها بالسودان

العينة	الموقع	العينة	الموقع
رمل ابيض	بارا – قرية الطويل	بازلت	أمدرمان
رمل ابيض	شندى	بازلت	الروصيرص
رمل ابيض	النيل الابيض – جبل أولياء	بازلت	جبل مرة
حجر كوارتز	الخرطوم – السيال	بازلت	خشم القربة
حجر كوارتز	السبلوقة	رماد بركاني	جبال حوش الضلام
حجر كوارتز	اركويت	رماد بركاني رمادي	جبل مرة
حجر جيري	بورتسودان	رماد بركاني اسود	جبل مرة
كالسايت	عطبرة	اوبسديان	البان جديد – شرق السبلوقة
كالسايت	الجبلين	هيماتيت	جبال الانقسنا – قرية فادمية
كالسايت	نيالا – قرية بلبل	ملكايت	جبل أرياب
فلورايت	جبل الدمبير	كرومايت	جبال الانقسنا – جا م
طلق	صحراء بيوضة	منجنيز	بربر – ابو حراز
طلق	جبال الانقسنا – جام		
رماد حطب	الدمازين		
فلسبار البوتاسيوم	الخرطوم – قرية دبك		
فلسبار البوتاسيوم	جبل الدمبير		
فلسبار البوتاسيوم	كسلا		
رماد نبات الذرة	نيالا		
العطرون الأبيض	بربر		
الجرتقة	الشريك		
النفلين ساينتيت	جبل الدمبير		
الجالينا	قلع النحل		
كاولين أولى	مروى		
كاولين ثانوى	جبل طورية		
تربة	القريقريبة		
تربة	زالنجي		
جرنايت متحلل	الخرطوم – السيال		
جرنايت متحلل	اركويت		

تحليل العينات:-

1) إستخدام حامضي الكبريتيك والهيدروكلوريك.

أستخدم حامض الكبريتيك المركز (H_2SO_4) والمخفف للكشف المبدئي عن بعض المكونات لكونها قوية التفاعل حيث تصدر غازات وروائح وتغير أحياناً في ألوان العينات وتحرر غاز الهيدروجين وتكون كبريتات المعادن. كما استخدم حامض الهيدوكلوريك (HCL) المركز والمخفف لكونه قوى التفاعل، يذيب المعادن ويكون كلوريدات المعدن المتأكسد ويصدر غاز الهيدروجين,multaka) (9/2/2010) :HCl acid . وضعت كل عينة في كأس زجاجي ثم وضعت عليها نقاط من كل حامض مركز ثم مخفف على حده. تلاحظ أن شدة تفاعل كل حامض كان على عينات الكالسايت، الطلق، رماد الحطب، رماد نبات الذرة ، العطرون والرماد البركاني. إرتبطت شدة التفاعل بالعينات التي إحتوت على تركيز عالي من القلويات خاصة الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم.

2) التحليل بطريقة (XRF):-

سحنت العينات في طاحونة متخصصة بمعمل الجيولوجيا وزارة المعادن وتم إختيار خمسة وعشرون منها للفحص فوزن مقدار 25 جرام من كل عينة وجففت في 105ºم ثم فحصت في مركز (MTA) بمدينة أنقرة التركية، وذلك بطريقة الاشعة السينية المتفلورة (XRF) في درجة حرارة 1050ºم فرصدت مكوناتها كما هي مبينة بالجداول رقم(2).

3) التحليل بطريقة الفليم فوتوميتر :-

تم فحص عينة العطرون الابيض بطريقة الفليم فوتوميتر في معمل الكيمياء بجامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا فحدد تركيز نسبة الصوديوم حيث بلغ 37.37%.

4) تحليلات نتائج الدراسات السابقة:-

تم إستخراج متوسطات التحليلات لنتائج الدراسات السابقة (371 - 359 Abdelmageed,1998) لكالسايت عطبرة والمنجنيز حيث هناك مجموعة من التحليلات السابقة للعينات من نفس المواقع. كما اعتمد نتيجة تحليل كاولين منطقة مروى في دراسة جيولوجية (صالح، 2005، 73) والكاولين الثانوى لمنطقة جبل طورية في دراسة أخرى(أبكر 2008، 186).

جدول رقم (2) نتائج تحليل مكونات العينات (XRF) بالنسب المئوية

العينات ومواقعها	Na_2O	K_2O	Ca O	Mg O	P2 O_5	AL_2O_3	SiO_2	TiO_2	Mn O	Fe_2O_3	أخرى	LO1
رمل ابيض – بارا	أثر	,1	,1	,1	أثر	1.4	97.1	,2	أثر	,6		,25
رمل ابيض – شندى	,1	,9	,3	,2	أثر	2	94.9	,2	أثر	,5		,25
رمل ابيض–النيل الابيض	,5	,5	,3	,1	أثر	2	5.4	,1	أثر	,8		,01
كوارتز – الخرطوم	,1	أثر	أثر	أثر	أثر	أثر	99.2	أثر	أثر	,4		,01
حجر جيري– بورتسودان	,1	أثر	56. 3	,2	أثر	,1	,2	أثر	أثر	,1		42.7 5
كالسايت – عطبرة	-	-	50.	,8	-	1.5	5.8	-	-	1.3		39.8

									5		
كالسايت – نيالا	,2	,1	54.7	1.7	أثر	,5	7.9	أثر	أثر	,6	33.90
فلورايت – جبل الدمبير	أثر	,1	37.4	أثر	أثر	,2	15.3	أثر	أثر	,2	F37.20 12.05
طلق – صحراء بيوضة	,1	أثر	25.2	19.5	أثر	,6	22.4	أثر	أثر	,4	30.90
رماد حطب – الدمازين	,5	9.4	39.3	3.3	أثر	1.8	9.8	,3	أثر	1.1	28.80
فلسبار بوتاسيوم– الخرطوم	3.7	3.4	1.7	,2	أثر	13	76.4	,1	أثر	1.1	,30
رماد نبات الذرة – نيالا	,1	22.1	أثر	أثر	,7	أثر	,3	أثر	أثر	أثر	CL3.49 72.15
الجرتقة – الشريك	23.7	3	4.3	6.6	,4	4.8	24.2	,5	,1	3.3	27.10
نفلين – جبل الدمبير	8.4	2.3	4.7	2.5	,2	16.6	53.5	1.2	,2	9.2	,40
جالينا – قلع النحل	أثر	أثر	أثر	أثر	أثر	أثر	28.3	أثر	أثر	,2	PbO5 4.95 8.40
كاولين أولى – مروى	,1	,6	,2	,3	أتر	28.2	56.5	1.7	أثر	1.7	10.4
كاولين ثانوى– جبل طورية	أثر	,2	,6	,2	,4	23.5	21.5	1.2	أثر	21.5	8.54
تربة – القريقريبة	3.1	3.4	1	,7	,1	8.7	70.1	,5	,3	6.6	5.20
تربة – زالنجي	9.9	4.1	1.2	,7	,1	16	61.4	,6	,2	6.1	4.95
جرنايت متحلل – الخرطوم	2.6	10.2	,2	,1	أثر	15.5	70.9	أثر	أثر	,2	,20
جرنايت متحلل – اركويت	2.2	,5	11.2	9	,3	11.5	50.2	1.5	,2	12.5	,45
بازلت – امدرمان	4.7	2.1	8.9	3.9	1.3	16.2	46.4	2.8	,2	13	,01
رماد بركاني– جبال	4.3	1.	9.9	14.	,6	15.3	48	,2	,2	11.	1.60

حوش الظلام		8		5					1		
رماد بركاني رمادى– جبل مرة	6.5	4.9	,7	,3	,1	14.2	63.6	,4	,2	5.7	2.65
رماد بركاني اسود– جبل مرة	5.4	5.1	1.4	,6	,2	15.4	.63	,6	,2	4.7	2.10
اوبسديان – البان جديد	2.6	5	,6	,1	أثر	10.4	73.2	,2	أثر	2.9	4.20
الكرومايت – جبال الانقسنا	أثر	أثر	,1	13.9	أثر	8.9	5.4	,1	,2	17.2	Cr_2O_3 53.56	,01
المنجنيز – بربر	–	–	–	–	–	–	39.5	–	43	3.4		

جدول رقم (3) مقارنة بين أهم مكونات بعض عينات الدراسة بالعينات القياسية للرمال التي ذكرها (اسماعيل ، 2006،93)

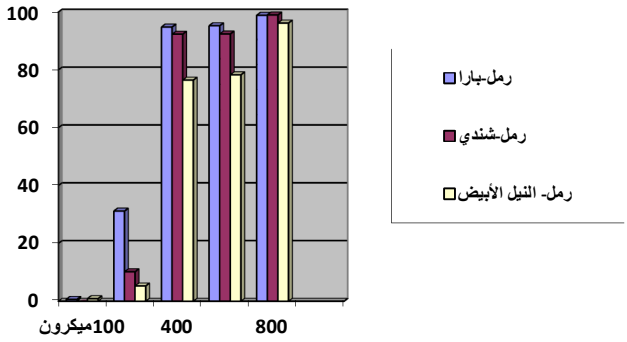
العينات	التصنيف	SiO_2	TiO_2	$P2O_5$	AL_2O_3	Na_2O	K_2O	Fe_2O_3	MgO\CaO
رمل زجاج – قياسي	درجة أولى	99.8	–	–	,1	–	–	,02	,1
رمل زجاج – قياسي	درجة ثانية	98.5	–	–	,5	–	–	,035	,2
رمل زجاج – قياسي	درجة ثالثة	98.5	–	–	,5	–	–	,06	,5
رمل زجاج – قياسي	درجة رابعة	98	–	–	,5	–	–	,3	,5
رمل – بارا		97.1			1.4		,1	,6	,1
رمل – شندى		94.9			2			,5	,3
رمل – النيل الابيض		95.4			2			,8	,3
كوارتز – الخرطوم		99.2			أثر			,4	

جدول رقم (4) مقارنة بين أهم مكونات بعض العينات بالعينات القياسية التي ذكرها (Hesselberth, 2011)

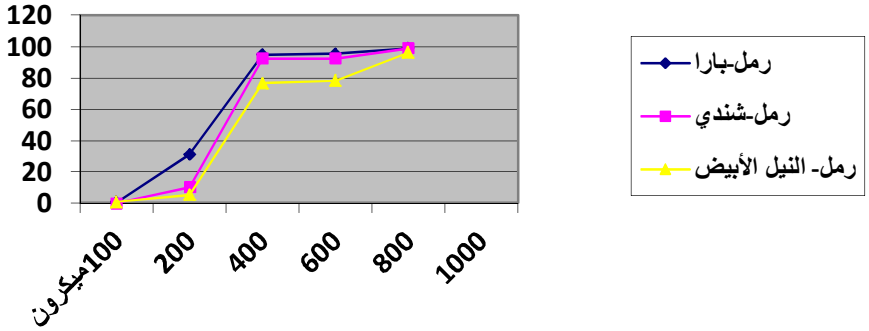
العينات	التصنيف	SiO_2	TiO_2	P_2O_5	AL_2O_3	Na_2O	K_2O	Fe_2O_3	MnO	CaO	MgO
أوبسديان	قياسي	73.66	,22	,07	13.45	2.99	5.35	1.25	,03	1.13	,32
أوبسديان – البان جديد		73.2	,2	<,1	10.4	2.6	5	2.9	<,1	,6	,1
طلق	قياسي	56.30	–	–	,38	–	–	,20	,13	6.94	29
طلق – صحراء بيوضة		22.4	<,1	<,1	,6	,1	<,1	,4	<,1	25.2	19.5
نفلين ساينيت	قياسي	60.72	–	–	23.31	9.80	4.60	,06	–	,7	,1
نفلين – جبل الدمبير		53.5	1.2	,2	16.6	8.4	2.3	9.2	,2	4.7	2.5
بازلت	قياسي	52.82	–	–	16.26	44 ,5		5.82	–	7.15	7.71
بازلت – امدرمان		46.4	2.8	1.3	16.2	4.7	2.1	13	,2	8.9	3.9
رماد حطب	قياسي	2.06	–	3.43	–	1.45	9.01	–	–	54.14	4.20
رماد حطب – الدمازين		9.8	,3	<,1	1.8	,5	9.4	1.1	<,1	39.3	3.3
فلسبار	قياسي	67.54	–	–	19.41	6.40	4.81	,05	–	1.60	–
فلسبار – الخرطوم		76.4	,1	<,1	13	3.7	3.4	1.1	<,1	1.7	,2
جرنايت متحلل (كورنوول إستون)	قياسي	72.56	,07	,50	15.90	3.68	3.68	–	–	1.99	–
جرنايت متحلل – الخرطوم		70.9	<,1	<,1	15.50	2.6	10.2	2.	<,1	,2	,1
جرنايت متحلل – أركويت		50.2	1.5	,3	11.5	2.2	,5	12.5	,2	11.2	9.9

خصائص العينات:

كل الاختبارات المعملية والتجارب العملية قد تم اجراؤها في قسم الخزف بكلية الفنون – جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا .أجري إختبار الخصائص الميكانيكية لعينات الرمال وذلك بإستخدام الغرابيل ذات القياسات 40 ، 60، 80 ، 100 و 120 فتحة في البوصة الطويلة وحُسب نسبة المار من كل غربال ثم أستخرج المتبقي التراكمي لكل غربال وكذلك وزن المار لكل غربال من ثم النسبة المئوية للمار من كل غربال فحدد التدرج الحبيبي لكل عينة كما هي مبينة بالرسمين البيانيين (1) و (2) ثم قورنت بالمواصفات المطلوبة التي ذكرها(اسماعيل،2006، 92 – 93) لرمل الزجاج . كما تم رصد بعض الخصائص الفيزيائية لبقية العينات من خلال وصف الهيئة الكتلية العامة، البنية النسيجية الظاهرية، المكسر واللون بحسب القياسات العالمية (Color Chart) . عرضت العينات لدرجات حرارة بلغت 1000°م في فرن خاص للخزف بكلية الفنون بعد أخذ مقادير تراوحت ما بين 2 الى 3.82 جرام من كل عينة وتم وزنها قبل وبعد الحرق ثم استخرجت النسبة المئوية للفقد بالحرارة (LOI). حرقت العينات في 1000°م ، 1100°م ، 1150°م و 1200°م فرصدت درجات إنصهار بعضها كما هي مبينة بالجدول رقم (5)



رسم بياني رقم (1) نسبة المار من عينات الرمال بالغرابيل



رسم بياني رقم (2) التدرج الحبيبي لعينات الرمال بالميكرون

جدول رقم (5) خصائص العينات

العينة والموقع	الهيئة	البنية الظاهرية	LOI%	المكسر	اللون القياسي	درجة الإنصهار	لون المنصهر
رمل – بارا	حبيبية مستديرة	حبيبية متجانسة	1.06	–	Candle Light		
رمل – شندي	حبيبية مستديرة	حبيبية متجانسة	1.39	–	Bone		
رمل – النيل الأبيض	حبيبية مشوهة	غير متجانسة	1.23	–	Persian Brown		
كوارتز – الخرطوم	صخرية	كرستالية	,47	محارى	Candle Light		
كوارتز – السبلوقة	صخرية	زجاجية	–	محارى	شبه شفاف		
كوارتز – اركويت	صخرية	كرستالية	2.42	محارى	Silk		
حجر جيري – بورتسودان	جلمودية	متنوع التكوين	43.51	مشوه	أبيض		
كالسايت – عطبرة	صخرية	كرستالية	42.60	حاد	أبيض		
كالسايت – الجبلين	صخرية	كرستالية	41.74	حاد Gray	Very light		
كالسايت – نيالا	صخرية	كرستالية	30.85	حاد	White Sand		
فلورايت – جبل الدمبير	صخرية	كرستالية	60.88	مثلم	Very Dusky Purple	1100	
طلق – صحراء بيوضة	شرائحية متماسكة	صفائحية	23.64	مشوه	ابيض		
طلق – الانقسنا	صخرية	صفائحية شديدة	32.87	مشوه	Very light Gray		
رماد حطب – الدمازين	فتاتية	حبيبية	31.90	–	Silky Gray	1150	أصفر
فلسبار بوتاسيوم– الخرطوم	صخرية		1.48	غير منتظم	Mede Rate	1200	ابيض شاحب

					Orange Pink		
فلسبار بوتاسيوم–جبل الدمبير	صخرية هشة		2.96	غير منتظم	Mede rate Redish Orange	1500	بنى
فلسبار بوتاسيوم – كسلا	صخرية		1.33	غير منتظم	Grayish Orange Pink		
رماد نبات الذرة	فتاتية		51.94	–	ابيض	> 1000	ابيض مخضر
عطرون – بربر	جلمودية	خشنة	56.94	مشوه	ابيض	> 1000	شفاف
الجرتقة – الشريك	طينية متماسكة	حبيبية ناعمة	38.35		Yellowish Gray		
نفلين – جبل الدمبير	صخرية	حصوية متنوعة	2.67	مكعبي	Greenish Black	1500	بني مسود

تابع للجدول رقم (5)

العينة والموقع	الهيئة	البنية الظاهرية	LOI%	المكسر	اللون القياسي	درجة الإنصهار	لون المنصهر
الجالينا – قلع النحل	صخرية	مكعبية	–	مكعبي	Dusky Blue	–	
كاولين – مروى	كتل طينية	حبيبية ناعمة	10.40	مشوه	ابيض دافيء	–	
كاولين ثانوى – جبل طورية	كتل طينية	حبيبية ناعمة	8.54	مشوه	Made Rate Reddish Brown	–	
تربة – القريقريبة	فتاتية	حبيبية دقيقة	7.28	–	Yellowish Gray	1100	بنى محمر
تربة – زالنجي	فتاتية	حبيبية دقيقة	8.61	–	Candle Light	1100	بني محمر
جرانيت متحلل – الخرطوم	صخرية	مكعبية	2.14	مكعبي	أبيض	1150	أبيض شاحب

جرانيت متحلل – اركويت	كتلية غير منتظمة	حبيبية متماسكة	2.31	مشوه	Greenish Blue Green	< 1150	بنى مسود
بازلت – امدرمان	صخرية صلدة	حبيبية دقيقة	9.44	محارى حاد	Traffic Gray	1150	بنى مصفر
بازلت – الروصيرص	حصوية صلدة	حبيبية ناعمة	4.73	محارى حاد	Medium Dark Gray	1150	بنى مصفر ومسود
بازلت – جبل مرة	صخرية صلدة	حبيبية	–	محارى حاد	Medium Dark Gray		
بازلت – خشم القربة	حصوية صلدة	حبيبية وملساء	2.22	محارى حاد	Dark Greenish Gray		
رماد بركاني– جبال حوش الظلام	جلمودية	اسفنجية	59.69	مشوه	Traffic Gray	1150	بنى مصفر
رماد بركاني رمادي – جبل مرة	حصوية	اسفنجية	12.86	مشوه	أبيض دافيء	1100	احمر
رماد بركاني اسود – جبل مرة	جلمودية	اسفنجية	5.69	مشوه	Dark Gray	1150	بنى مسود
أوبسديان – البان جديد	صخرية صلدة	زجاجية ملساء	5.91	محارى حاد	Tarpulin Gray	1150	بنى محمر
هيمتايت – جبال الانقسنا	ترابة متماسكة	حبيبية	7.02	–	Oxide Red		
ملكايت – جبل ارباب	صخرية	صفائحية	–	مشوه	Light Blue Green	< 1150	اخضر مسود
كرومايت – جبال الانقسنا	صخرية	حبيبية خشنة	2.37	حبيبي	Medium Dark Gray		

منجنيز – بربر	حصوية	حبيبية	40.12	مشوه	Olive Black	1100	بنى غير متجانس

المعالجات:-

1) المعالجة بالغسل الإحتكاكي:-

هذه الطريقة تساعد في التخلص من الاملاح الذائبة في الماء وجزيئات الطين كما انه يرسب العوالق ثقيلة الوزن في أسفل الإناء ، ذُخلت عينات رمال بارا – شندى – النيل الأبيض بغرابيل قياس 40 فتحة في البوصة الطولية ثم وزن من كل عينة 100 جرام وغُسلت إحتكاكياً بصورة يدوية في إناء مفلطح به ماء يتدفق ببطء ويسمح بخروج العوالق خفيفة الوزن والاملاح المذابة دون خروج العينة حتى بلوغ مرحلة صفاء الماء. جُففت العينات وأعيد وزنها فإتضح أن وزن الشوائب هي 1.14 جرام لعينة بارا و 1.14 لرمل شندى وهي عبارة عن رواسب سوداء واملاح . أما عينة النيل الأبيض فوزن الشوائب المعالجة بلغت 48, جرام.

2) المعالجة بالترشيح والتصفية والترسيب:-

استخدم فيه ورق ترشيح قياس 15ملم . ذوب مقدار 100 جرام من العطرون والجرتقة ورماد الحطب كل عينة علي حدة في 235 مللتر ماء ثم مررت من خلال ورقة الترشيح وجفف الراسب على ورقة الترشيح . أيضاً وزن من العطرون والجرتقة بمقادير أكبر وذوبت في الماء ثم مُررت بالمصفى قياس 120 فتحة في البوصة الطولية وجففت ثم أعيد وزن الشوائب ثانيا ووزن ما تم تصفيته وترسيبه بعد التجفيف. الجدول رقم (6) يوضح ذلك.

جدول رقم (6) حساب مقادير الاملاح التي تمت معالجتها بالترشيح والتصفية بالجرامات

العينة	الوزن	قياس المرشح أو المصفى	وزن المتبقي بعد التجفيف	طريقة المعالجة	نوع الشوائب	نوع الرشيح	وزن الرشيح مجفف	الوزن الكلي بعد المعالجة
عطرون	100	15 ملم	12.02	ترشيح	رمل ومواد غير ذائبة	محلول	47.34	
						ملح	11.25	58.59
عطرون	1000	Mesh 120	244	تصفية	رمل ومواد غير ذائبة	محلول	381.16	
				ترسيب		ملح	3.33	
				ترسيب		ملح	116	500.49
الجرتقة	100	15 ملم	51.13	ترشيح	تربة ومواد اخرى	محلول	16.70	16.70
الجرتقة	500	Mesh 120	0	تصفية	تربة	محلول	35.56	
				ترسيب	تربة	ملح وتربة	10	

			ترسيب	تربة	ملح وتربة	8.16		
			ترسيب	تربة	ملح وتربة	10		63.72
رماد حطب	100	15 ملم	95.52	ترشيح	–	محلول	8.44	8.44

3) المعالجة بالفرز المغنطيسي:-

تم تمرير مسحوق كل عينة بعد غربلته بغربال قياس 120 ووزن 100 جرام منها وذلك من خلال مجال مغناطيسي اسطواني مغلق قطر فتحته 30ملم وإرتفاع 250 ملم مغلقة بورقة من الداخل. استخدم صبابة لتمرير المساحيق عن طريق الهز ثم وزنت كل عينة ووزنت الشوائب الممغنطة وحددت نسبتها كما حددت نسبة الشوائب المتبقية في كل عينة بناءاً على نتائج التحليل السابقة.

جدول رقم (7) بيان لمعالجة الشوائب بطريقة المغنطة – الأوزان بالجرامات

العينة – الموقع	وزن العينة	أثر المعالجة	وزن الشوائب	نسبة الشوائب التي أزيلت%	نسبة الشوائب المتبقية بالعينة
رمل – مغسول – بارا					
رمل – مغسول – شندى					
رمل – مغسول – النيل الأبيض					
حجر كوارتز – الخرطوم	100	فعال	,04	,04	,36
حجر كوارتز – السبلوقة					
حجر كوارتز – اركويت	100	ضعيف	<01 ,	–	–
حجر جيري – بورتسودان					
كالسايت – عطبرة					
كالسايت – الجبلين					
كالسايت مكلس/ نيالا	100	ضعيف	<01 ,	–	–
فلورايت ملكس/جبل الدمبير	100		,03	,03	,17
طلق – صحراء بيوضة					
طلق – جبال الإنقسنا	100	ضعيف	< 01,	–	–
رماد حطب – الدمازين	100		,09	,09	1,01
فلسبار بوتاسيوم – الخرطوم	100	فعال	,1	,1	1
فلسبار بوتاسيوم – جبل الدمبير	100	فعال	,41	,41	–
فلسبار بوتاسيوم – كسلا	100		,03	,03	–
رماد نبات الذرة – نيالا	100		, 01	, 01	,59
العطرون – بربر					
الجرتقة – الشريك					

النفلين – جبل الدمبير	100	فعال	,24	,24	8.96
الجالينا – قلع النحل					
كاولين اولى – مروى	100	ضعيف	< ,01		
كاولين ثانوى – جبل طورية					

العينة – الموقع	وزن العينة	أثر المعالجة	وزن الشوائب	نسبة الشوائب التي أزيلت%	نسبة الشوائب المتبقية بالعينة
تربة – القريقريبة	199.48	ضعيف	< ,01	–	–
تربة – زالنجي	100	ضعيف	,09	,09	6.01
جرنايت متحلل – الخرطوم	100	فعال	,09	,09	,11
جرنايت متحلل – اركويت	100	ضعيف	,43	,43	12.07
بازلت – امدرمان	100	ضعيف	< ,01	–	–
بازلت – الروصيرص	100	ضعيف	,01	< ,01	–
بازلت – جبل مرة	100	–	,11	,11	–
بازلت – خشم القربة	100	–	,26	,26	–
رماد بركاني – جبال حوش الظلام	100	ضعيف	,12	,12	10.98
رماد بركاني رمادي – جبل مرة	100	ضعيف	< ,01	–	–
رماد بركاني اسود – جبل مرة	100	ضعيف	< ,01	–	–
أوبسديان – البان جديد	100	ضعيف	< ,01	–	–
هيماتيت – جبال الإنقسنا					
ملكايت – جبل ارباب	100		,03	,03	–
كرومايت – جبال الانقسنا	100	ضعيف	< ,01	–	–
منجنيز – بربر	198.13	وسط	1.25	,661	–

4) المعالجة بالكلسنة:-

تمت بحرق العينات التي إحتوت على نسب كبيرة من مركبات الكالسيوم كالحجر الجيري وعينات كالسايت عطبرة والجبلين ونيالا لكونها تحتوى على نسب كبيرة من المواد المتطايرة بنسبة 39.8% لعينة عطبرة و 33.90% لعينة نيالا و 42.75 لعينة الحجر الجيري، حُرقت في 900ºم وبذلك فقد تم التخلص من المواد المتطايرة.

5) تعويض فاقد الوزن:-

لتعويض الفاقد المتطاير أثناء الحرق لبعض العينات الغير مكلسنة والتي تحتوى على نسب كبيرة من المواد المتطايرة كرماد نبات الذرة الذي يتحول الى مادة منصهرة عند كلسنة فقد ثم تعويض فاقد الوزن كالتالي:-

وزن الكمية المطلوبة من الأكسيد في العينة × 100

نسبة كمية الأكسيد المطلوب في العينة

مثال:-

وزن الكمية المطلوبة من أكسيد البوتاسيوم في عينة رماد نبات الذرة ×100

22.1 أكسيد بوتاسيوم =452.48869 جرام

من رماد نبات الذرة الذي يوفر 100 جرام من أكسيد البوتاسيوم.

الخلطات الزجاجية:-

تقيد البحث بحدود تناول الخامات التي ذكرها (اسماعيل،70،2006 – 89 – 107 – 109) في عمل الخلطات الزجاجية المختلفة بناءاً على ما هو موضح أدناه:-

- الأكاسيد القاعدية لصناعة الزجاج بصفة عامة تؤخذ بمقدار ما بين 5 الى 23%.
- الأكاسيد القلوية الترابية لا بد أن تعادل الشق القاعدي بما لا يقل عن 50% أو تكون من 3 الى 30%.
- الصودا وهي جافة بتركيز أقله 85% أكسيد صوديوم يؤخذ بمقدار 5 الى 15%.
- الحجر الجيري بتركيز أقله 56% أكسيد كالسيوم يؤخذ بمقدار ما بين 5 الى 15%.
- السليكا SiO_2 لصناعة الزجاج بصفة عامة تكون نسبته من 7 الى 73%.
- الرمل لصناعة الزجاج غير المتبلور يكون بنسبة ما بين 65 الى 75%.
- الفلنت أو الكوارتز لصناعة الزجاج السيراميكي يكون نسبته من 8 الى 10% في حدود أعلاه 1180°م.
- الفلنت أو الكوارتز لصناعة الزجاج السيراميكي يكون نسبته من 20 الى 30% في حدود أدناه 1200°م.
- الفلسبارات لصناعة البورسلين يؤخذ بنسبة ما بين 20 الى 35%.
- أكسيد الرصاص لصناعة الصهير الزجاجي يؤخذ بمقدار 44 الى 55%.

مُررت العينات من خلال الغربال قياس 120 فتحة وهو ضمن الحد المعمول به (6.68 – 6.10 – 5.2 , Harper, 2001) ثم تناول عينة الجالينا ضمن الحد الأمثل لأكسيد الرصاص (Shackelford, 2008 , 158) وهو أن يكون ما بين 18 الى 38% للزجاج البلوري وما بين 16 الى 35% للمزججات غير أن عينة البحث تحتوى على أكسيد رصاص بتركيز 54.95% لذا فقد تم تناولها بنسب أكبر. أعتمد في تناول بقية العينات على الخواص التفاعلية لأكاسيد التزجيج (البدرى ، 2002، 75 – 76 – 77 – 80 – 81 –82 83 –84 – 85 – 86)

وذلك بناءاً على تركيز نسبة الأكسيد في العينة وعلى ضوء ذلك فقد أستخدم العطرون، الجرنقة ، الجالينا ورماد نبات الذرة كمساعدات صهر. أستخدم عينات الرمل والكوارتز كمكونات زجاجية. أما الكالسايت الفلورايت ، الحجر الجيري ، الطلق ، رماد الحطب ، النفلين ساينتيت، الفلسبارات ، الجرنايت المتحلل ، البازلت والرماد البركاني فقد أستخدمت كمحسنات لخصائص الزجاج. تربة منطقتي القريقريبة وزالنجي والأوبسديان فقد استخدمت كزجاج طبيعي وكمحسنات لخصائص الصهر. الكاولينات أدخلت كمثبتات للمزججات وكمكونات للأجسام المتزججة. الملكايت الهيماتيت ، المنجنيز والكروميت استخدمت كمواد تكوين. الجدول رقم (8) يبين مكونات بعض الخلطات.

طرق التشكيل:-

أعدت الخلطات في جفنات خزفية مصنوعة من الكاولين، حرقت في مجموعات مختلفة داخل فرن يعمل بالغاز الطبيعي لفترات زمنية تراوحت ما بين 3 الى 6 ساعات وزمن تشبع حراري ما بين 1 الى 4 ساعات. بلغت

درجات الحرق 1140 °، 1165 °1205 °، 1265 °، 1280° و 1300°م. الخلطات التي إنصهرت كلياً وأعطت زجاجا ذا سيولة أكثر سحبت مباشرة من الفرن بواسطة قضيب مجوفة وأخضعت لتجربة التشكيل المباشر. العينات ذات اللزوجةالعالية تم سحبها وتبريدها فجائياً ثم سحنت ووضعت في قوالب خزفية وحُرقت مرة أخرى في فرن كهربائي في درجات حرارية 730 °، 850 °، 900 °، 950° فأعطت أشكال لقضبان نصف اسطوانية أعيد تنسيقها مرة أخرى داخل قوالب خزفية مفلطحة وأعيد تسخينها مرة أخرى في درجات حرارة ما بين 730° الى 1050°م فأعطت أشكالاً ذات طابع جمالي بسيط ضمنها الخلطات بالأرقام 10 و 81 و 82 في الجدول رقم (8). كما تم تجربة صهر الخلطات نفسها بلهب الغاز الطبيعي، الخلطات عالية اللزوجة بردت فجائياً ثم سُحنت وحولت الى عجينة بإضافة مادة رابطة (دقيق القمح) بنسبة 10% فحولت الى عجينة لدنة تم تشكيلها على شكل طبقة بسمك 5ملم داخل قوالب خزفية وأخرى شُكلت منها لفافات بأحجام أصابع اليد ثم نسقت داخل قوالب خزفية مفلطحة وحُرقت في درجة حرارة 900 °م الى 950°م.

قياس خصائص عينات الزجاج:-

بعد الحصول على عينات مختلفة من الزجاج الناتج عن الخلطات الموضحة بالجدول رقم (8) فقد تم قياس صلابتها بمقياس موهاس وذلك بخدش أسطحها بالحجارة القياسية التي حددها موهاس. و لقياس مقاومة العينات للتآكل بالأحماض فقد استخدم حامض الهيدووكلوريك المركز بوضع نقاط منه على أسطح العينات ثم تركت لمدة ربع ساعة ثم غُسلت حيث لوحظ مستويات توغل الحامض في الزجاج وهو عبارة عن حفر سطحى بسيط ومتوسط وعميق حسب مقاومة كل عينة للحامض. للتأكد من مقاومة الأسطح المزججة للتشقق فقد تم غليها في محلول شاى ثقيل لمد ساعة داخل إناء لضغط البخار ثم أخرجت ومسحت أسطحها بقطعة قماش ودونت الملاحظات الناتجة على الأسطح. هذه التجربة تفيد أن الأسطح التي لا تتشقق بأنها لا تتشقق لاحقاً فيما يعرف بالتشقق الآجل (نورتن ، 1978 ، 272.). من خلال تجارب الصهر وإعادة الصهر فقد تحددت الدرجات الحرارية المناسبة لكل خلطة كما هو موضح بالجدول رقم (9). الملكايت والمنجنيز والكرومايت والهيماتيت أضيفت بنسبة 5% للمزجج قياس أبيض كل على حدة وحُرقت في 1100°م لمعرفة الأثر اللوني الناتج لكل عينة.

جدول رقم (8) أهم تجارب الخطط الزجاجية المختلفة

أرقام التجارب	5	7	9	10	11	18	19	22	67	68	80	81	82	86	88
العينات	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
رمل – بارا				50					70	60					
رمل – النيل الأبيض						17									
كوارتز – الخرطوم		5	10		15										
كوارتز – السبلوقة											17.6				
حجر جيري – بورتسودان									5	5		2			
كالسايت – الجبلين						2	5								
كالسايت – نيالا		5		5									5		
طلق – صحراء بيوضة			5			1					5.				3

				9											
رماد حطب – الدمازين	20				10								10		2
جرانيت متحلل – الخرطوم	10														
جرانيت متحلل – اركويت								70	10						10
فلسبار – الخرطوم						5						25			
فلسبار – جبل الدمبير					29.4										
رماد نبات الذرة – نيالا				10			5	5				10		10	
العطرون – بربر				20	20		20	20	15			25			
النفلين – جبل الدمبير	10										20				

تابع للجدول رقم (8)

أرقام التجارب	5	7	9	10	11	18	19	22	67	68	80	81	82	86	88
العينات	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
الجالينا – قلع النحل	50	65				40	25								25
كاولين أولى – مروى		10	25		50						47.1				
كاولين ثانوى– جبل طورية			25		15										
تربة – القريقريبة							50								40
تربة – زالنجي														50	
بازلت – امدرمان	10														
بازلت – الروصيرص						20									10
بازلت – خشم القربة							10	5							
الأوبسديان												60			
رماد بركاني رمادى–جبل مرة										10			70		
رماد بركاني اسود–جبل مرة						20		5							

جدول رقم (9) نتائج قياس العينات الزجاجية

ارقام الخلطات	ناتج الخلطة	درجة حرارة الصهر°م	درجة حرارة إعادة الصهر للزجاج°م	مدة التشبع الحرارى/الساعة	درجة الصلابة حسب مقياس موهاس	مقاومة التآكل بالاحماض	مقاومة المزججات للتشقق
5	زجاج	1165	900	1	4	متوسط	–
7	مزجج	1165	–	–	5	متوسط	ضعيف
9	جسم متزجج	1165	–	–	7	عالي	–
10	زجاج	1265	900	4	5	متوسط	–
11	جسم متزجج	1165	–	–	6	متوسط	–
18	مزجج	1205	–	–	4	متوسط	وسط
19	مزجج	1165	–	–	5	متوسط	عالي
22	مزجج	1205	–	–	4	متوسط	عالي
67	زجاج	1265	850	4	6	متوسط	–
68	زجاج	1265	850	4	3	عالى	–
80	جسم متزجج	1265	–	–	5	مقاوم	–
81	زجاج	1300	730	4	2	متوسط	–
82	زجاج	1300	730	4	6	عالي	–
86	مزجج	1140	–	–	5	مقاوم	عالي
88	مزجج	1140	–	–	5	متوسط	–

النتائج:

1) بناءاً على نتائج التحليلات المعملية ، فإن العينات التي تحتوى على أكسيد الحديديك Fe_2O_3 بنسب تتجاوز المعايير القياسية أثبتت أنها تسبب عدم صفاء وشفافية الزجاج حيث يعطي درجات لونية تتراوح ما بين الأصفر والبني,.
2) من حيث فاعلية العينات في تكوين الخلطات الزجاجية المختلفة فإن العطرون و رماد نبات الذرة ، يعملان كمساعدى صهر في درجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة و الفلورايت وتراب منطقتي القريقرية وزالنجي والرماد البركاني(رمادى اللون) كلها تعمل كمساعدات صهر ومحسنات للمعه وإستواء السطح في 1100°م فما فوق. أما رماد الحطب وفلسبار جبل الدمبير والنفلين ساينيت ونوعيات البازلت وحجارة الجرانيت المتحلل وبقية أنواع الرماد البركاني ، فتعمل كمحسنات في درجاة الحرارة المنخفضة وكمساعدات صهر في الدرجات المتوسطة والعالية إبتداءاً من 1150°م فما فوق بينما الملكايت ، الهيمتايت والكرومايت يمكن إستخدامهم كملونات للزجاج بعد إضافتها بنسب لا تقل عن 5%. أما المنجنيز فإن أثره اللوني ضعيف ويحتوى على شوائب ملونه اخرى.

3) لرفع نسب السليكا في العينات الرملية لبلوغ المستوى القياسي يتطلب التخلص من أكسيد الحديديك بواسطة قوة جذب مغناطيسي أكبر وكذلك غسلها إحتكاكياً للتخلص من الغبار والأملاح الذائبة في الماء. أما بقية العينات فتحتاج الى التكليس ثم إجراء الفرز المغناطيسي للتخلص من أكسيد الحديديك.
4) تراب منطقتي القريقريبة وزالنجي يمكن إستخدامهما كمزججات طبيعية جاهزة دون أي إضافات في 1100°م فما فوق.
5) بالإمكان الإستفادة من العينات في عمل خلطات زجاجية وصهرها في درجات حرارة ما بين 1100°م الى 1300°م واعادة تشكليها في درجات حرارة ما بين 730°م الى 1100°م.
6) الخلطات بالأرقام: 7 – 9 – 10 – 11 – 19 – 67 – 80 – 82 – 86 – 88 في الجدول رقم (9) هي التي تنطبق عليها مواصفات الصلابة في صناعة الزجاج.
7) الخلطات بالأرقام: 19 – 22 –86 عالية المقاومة للتشقق عند استخدامها كمزججات.
8) الخلطات بالأرقام: 9 – 68 – 82 هي عالية المقاومة للتآكل بالأحماض.

التوصيات:-

1) إجراء دراسات تطبيقية أخرى للكشف عن خامات الزجاج التي لم تتناولها هذه الدراسة.
2) تجنب إستخدام الجالينا في خلطات تزجيج أواني المائدة نسبة لتفاعلها مع الأحماض.
3) الإستفادة من نتائج هذه الدراسة وتجنب الأبخرة أثناء حرق الخلطات الزجاجية.
4) توفير أجهزة حديثة متخصصة لقياس خصائص الزجاج.

المصادر والمراجع بالغة العربية:

1- اسماعيل ، محمد (2006) تكنولوجيا صناعة الزجاج ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة .
2- البدرى، على حيدر صالح (2002) التقنيات العلمية لفن الخزف – التزجيج والتكوين ، الجزء الثاني والثالث ، كلية الفنون جامعة اليرموك، الأردن .
3- نورتن ، ف هـ (1978) الخزفيات للفنان الخزاف ، ترجمة سعيد حامد الصدر ، دار النهضة العربية، القاهرة، مصر ، الكتاب الأصل منشور عام 1956.
4- علام ، علام محمد (1967) علم الخزف . مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة .
5- رضا ، يوسف محمد، (2006) معجم العربية الكلاسيكية المعاصرة ، مكتبة لبنان ناشرون بيروت، لبنان .

الدراسات والرسائل غير المنشورة :

1- أبكر، حيدر عبدالقادر (2008) أثر إستخدام طين أراضي ولاية الخرطوم في جودة إنتاج الخزفيات ، رسالة ماجستير مقدمة لجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، الخرطوم ،السودان .
2- صالح، صالح على (2005) جيولوجية ومميزات ولحتمالات التطبيقات الصناعية لبعض خامات الكاولين السودانية ، رسالة دكتورارة مقدمة لجامعة النيلين، الخرطوم، السودان .

المعاجم:

1- معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا ،(1978) ، الجزء الثاني، معهد الإنماء العربي، بيروت .

المراجع باللغة الانجليزية:

1- Abdelmageed, Adli (1998) Sudan Industrial Minerals and Rocks centre for Strategic Studies Khartoum Sudan, Page 83 – 368.

Ahmed, Ibrahim Abass (2006) Thermal and Optical Physical, Thermal of New Telluride Glasses, PHD Research – Sudan University for Science and Technology, Khartoum Sudan, Page4. -2

Harper, charles A. (2001) Hand Book of Ceramics, Glasses and Diamonds, Mc Graw Hill, USA, page 5.2 – 6.68. -3

Hesselberth, John (2011) Aglaze and clay Database Program,Glaze Master. -4

Shackelford , James F. and Doremus , Robert H. (2008) ceramic and Glass Materials , Springer Science , Business Media LLC NewYork USA, Page158. -5

Wildung, Dietrich (1997) Sudan Anciene Kingdoms of Nile, TheInstitut dumond arb Paris,Page35. -6

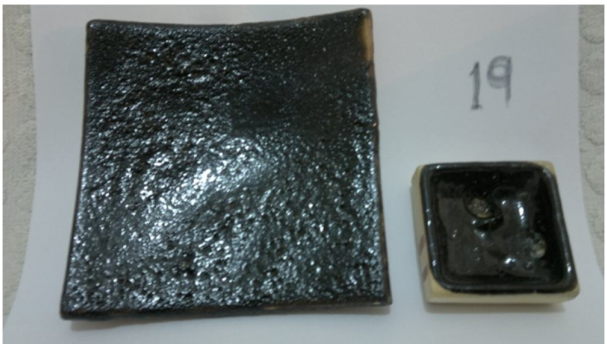
المواقع الالكترونية :

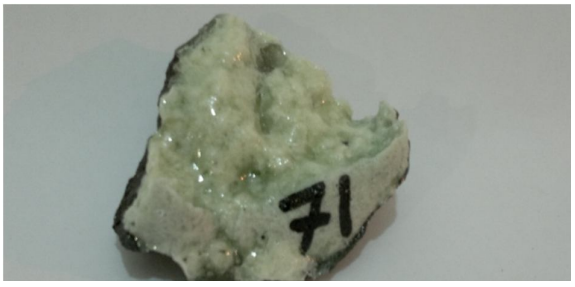
-1 Colorchart (3/11/2011) www.globalre finishing.com

-2 Multaka /HCL Acid: (9/2/2012) www.sef.ps/vb/multaka

-3 Quick study (2002,2003) Rocks and Minerals, Barch Arts, INC (7/11/2011) www. Quick Study.com.

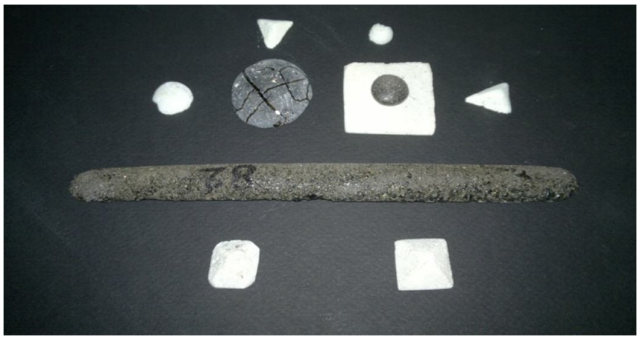
نماذج من نتائج عينات الزجاج :(الأرقام داخل الصور تشير الي أرقام الخلطات)





83

82



88
87
86
85