المجلــة الأردنيــة للفنــون، مجلد 12، عدد 2، 2019، 251-264

استنباط الألوان الفلزية من خلال الطلاءات الملحية بطريقة الراكو

حيدر عبدالقادر عبدالله، قسم الخزف، كلية الفنون الجميلة والتطبيقية، جامعة السودان للعلوم، السودان

تاريخ الاستلام: 2019/8/18 تاريخ القبول: 2019/10/29

Metallic Colors Extraction Through Salt Glazes by Method

Haidar Abdelghadir Abdalla, Ceramic Department, College of Fine and Applied Art, Sudan University of Science and Technology

الملخص

ركزت هذه الدراسة على استخدام العطرون (Trona) والكمبو (compacted cane ash) عينتي منطقة نيالا بإعتبارهما مصادر للإملاح المعدنية سهلة الانصهار وإدخالهما فى خلطات التزجيج كمواد صاهرة وذلك لشح مساعدات الصهر الأخرى فى المصادر الطبيعية في السودان. كما استخدم خام المالاكايت (Malachite) عينة جبل أرياب بمنطقة البحر الأحمر كمصدر لمركبات النحاس للاستفادة من نواتجه اللونية عند الحرق. أيضاً تم استخدام السيانيت النفليني (Nepheline syenite) عينة جبل الدمبير جنوب مدينة الرهد وتربة دايأتومية (Diatomaceous earth) عينة قرية القريقريبة شمال مدينة مدنى، وعينة كوارتز (Quartz) من شمال الخرطوم ورماد حطب بغرض موازنة مركبات الخلطات وتحسين خصائص الصهر. أعدت العينات معملياً عن طريق الطحن، والتحليل بطريقة الأشعة السينية المتفلورة (XRF)، وطريقة مطياف تشتت الأشعة السينية (EDS)، التصفية، والترسيب والكلسنة. كونت خلطات زجاجية مختلفة ثم طُبقت على أجسام من الكاولين المحروق ثم حرق في درجة حرارة 1070°م وتركت لتبرد حتى 1000°م ثم طبق عليها طريقة الراكو. أثبتت الدراسة أنه بالإمكان الحصول على طلاءات زجاجية كاملة الانصهار باستخدام العطرون والكمبو كصواهر مع الخامات الأخرى والحصول على ألوان معدنية وقزحية باستخدام المالاكايت.

الكلمات المفتاحية: صاهر، مزجج، اختزال.

Abstract

This study focused on the use of Trona and Kambo (compacted cane ash) from Nyala region in Sudan as sources of easily fusible mineral salt and their potential inclusion in glaze mixtures to address the lack of other suitable flux materials in Sudan's natural resources. The Malachite ore from Gebel Aryab on the Red Sea was also used as a source of copper compounds in order to benefit from its resultant colors after burning. The study also discusses the use of nepheline syenite from Gebel Al Dumbair and Diatomaceous earth from the village of Graygriba, south of Medani, together with Quartz from Northern Khartoum and wood ash, which are used to balance the mixtures and improve their fusing properties. The samples were prepared for analysis by grounding, XRF, EDS testing, sieving, and decalcification. Various glaze mixtures were assembled and applied to burned kaolin bodies and then burned to 1070˚C and left to cool to 1000˚C before undergoing the Raku process. The study proved that it is possible to obtain completely fused glaze layers using Trona and Kombo as fluxes while metallic and rainbow hues can be obtained through the use of Trona and Kombo alongside other materials, such as malachite.

Keywords: Flux, Glaze, Reduction

المقدمة:

تعتبر تقنية الطلاءات الفلزية (Luster Glaze) من الأساليب الهامة فى مجال الخزف كونها تتيح إمكانية الحصول على درجات لونية متعددة ومتميزة، تشبه بريق المعادن. كما تعرف أيضاً بتقنية البريق المعدنى وهو غشاء معدنى متآصر حرارياً مع سطح التزجيج (Albadry, 2002, 177). يكون له أثر لونى ولمعة ساطعة، تنتج الألوان الفلزية بالطلاءات الزجاجية نتيجة للتغيرات الكيمائية التى تمر بها مكونات الخلطة تحت تأثير الحرارة وجو الحرق. اشتهرت هذه التقنية بصفة عامة فى الحضارتين الأموية والعباسية فعمت سوريا، والعراق، ومصر وإيران (Almofti, 2003, 56). أما فى اليابان والصين فقد اتخذتا فى ذلك الوقت أسلوب الراكو لاستنباط التأثيرات المتشققة والألوان القزحية على أسطح الخزفيات المزججة. استمرت تجارب الخزافين فى هذا الجانب حتى أصبح يتم استخدام الكحول وغيرها من المواد للحصول على الطلاءات المعدنية (James, 2004, 25). اهتمت الدراسة بالخامات المتاحة فى السودان بغرض الحصول على الطلاءات المعدنية وعدم الاعتماد على استيراد الخامات. ونظرا لشح مصادر المواد الصاهرة للخلطات الزجاجية متدنية الحرارة فقد تعين اختيار العطرون والكمبو كصواهر أساسية غير سامة.

أهداف الدراسة:

1. الاستفادة العملية المباشرة من الخامات المحلية فى تكوين الخلطات الزجاجية.
2. معرفة إمكانية الخامات المحلية فى إنتاج الطلاءات المعدنية.

أهمية الدراسة:

هناك حاجة لإجراء تجارب عملية لإنتاج مزججات محلية.

مشكلة الدراسة:

تتمثل فى شح مصادر المركبات الصاهرة للطلاءات الخزفية منخفضة الحرارة بالسودان عدا الخامات السامة كالجالينا أو الخامات التى تحتوى على الأملاح المعدنية الذائبة فى الماء كالعطرون والكمبو اللذين لم تعرف فاعليتهما عملياً فى الطلاءات المعدنية محليا، إضافة إلى شح مصادر الأكاسيد الملونة.

الدراسات السابقة:

1- دراسة دكتوراه، (2013، 3 أبكر)، بعنوان: (إمكانية الاستفادة من السليكا ومساعدات الصهر الطبيعية فى التشكيل الفنى للزجاج في السودان). ومن أهدافها الكشف عن خامات السليكا ومساعدات الصهر التى يمكن أن يستفاد منها فى تشكيل الزجاج، والاستفادة من خامات الزجاج الطبيعية فى تصنيع وتشكيل الزجاج، والمساهمة فى توفير معلومات عن خصائص الخامات الطبيعة التى تدخل فى صناعة الزجاج ومدى جدواها. وخلصت الدراسة إلى أنه يمكن الاستفادة من بعض الخامات المحلية فى إعطاء أنواع متعددة من الزجاج والزجاج الخزفي.

المواد وطرق البحث:

استندت الدراسة إلى المنهج التجريبى فى تناول العينات فاستخدمت طاحونة الكرات، وأواني بلاستيكية، وميزانا رقميا حساسا، وغرابيل بالمقاسات 250 و500 و600 ميكرون، وفرن اختبار كهربائي، ومقبضا معدنيا (Tung)، ونشارة خشب، وصندوقا معدنيا ذا غطاء، وقطعا فخارية محروقة، وكحولا وصمغا عربيا. وبجانب ذلك استخدمت أدوات السلامة. تم إجراء الدراسة بقسم الخزف في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا فى فترات متقطعة ما بين سنة 2015 و 2019م.

المحور الأول:

عينات الدراسة:

العطرون:

كتل من العطرون الأبيض تم الحصول عليه من الأسواق المحلية. وذلك كونه مصدرا لكربونات الصوديوم التى لها إذابة تفاعلية جيدة فى التزجيج وتؤثر إيجاباً فى إظهار القيم اللونية لأكاسـيد التلوين (Abadry, 2002, 82)، علمياً يتكون من (Na_2CO_3 $NaHCO_32H_2O$) ويسمى بـ (Sodium Sesqui Carbonate) أو (Sodium Hydrogen Carbonate) (Abdelaati, 2014, 1) وتحتوى العينات السودانية منه على الهالايت ويجدر بالذكر أن المصريين قد استخدموه فى صناعة الزجاج منذ سنة 3500 ق. م (WWW.Segemar, 9/9/2014).

الكمبو:

هو ملح حامضي يرسب من رماد سيقان نبات الذرة بغرب السودان ويستخدم لأغراض الطبخ كما يعرف في وسط السودان بالويكاب. لونه أبيض شاحب، يشـبه العطرون إلا أنه طري نسبياً وذلك لاحتوائه على قدر كبير من الماء. وعينة الدراسة أخذت من مدينة (نيالا).

المالاكايت:

حجر طبيعي يوجد فى جبل أرياب بسلسلة جبال البحر الأحمر في شرق السودان. ويستخلص منه معدن النحاس، ولونه رمادي مخضـر، وفيه فتحـات إبرية، ويدخل فى تكوينه العديد من المركبات.

التربة الديأتومية:

خام طبيعي يوجد فى حفرة ضحلة بقرية (القريقريبة) شمال مدينة (ود مدني). ويشبه رماد الحطب، وخفيف فى وزنه، وناعم فيه حصوات صغيرة.

السيانيت النفليني:

صخر طبيعي مستجلب من جبل (الدمبير) جنـــوب مدينة (الرهد) في السودان، ويمتاز بالصلادة، وله لون رمادي قاتم قليلاً.

الكوارتز:

حجر طبيعي صلب، ولا يدخل معدن الحديد في تكوينه، ويتكون من السيليكون والأكسجين (SiO2)، ويوجد بكثرة في شمال مدينة الخرطوم فى أطراف (خيران الجيلي) ومنطقة قرى الصناعية و(السيال).

رماد الحطب:

معظم رماد الحطب المحلي ناتج عن حرق الفحم المستجلب من جنوب مدينة (الدمازين) وهو من أشجار السافانا الفقيرة، وأهمها الطلح والسنط. ونعلم أن رماد الحطب قد استخدم وحده قديما كمزجج، حيث تم اكتشافه بالصدفة في الصين (Abreu, 2016, 18).

تحضير العينات:

طحنت عينتا السيانيت النفليني والكوارتز فى طاحون الكرات (Ball Mill) ثم غُربلت بالغربال مقاس 250 ميكرون. كما طحنت عينة المالاكايت فى طاحونة هزازة خاصة للصخور ثم غُربلت بنفس الغربال السابق. العطرون والكمبو كلاهما تم تحويله إلى محلول كل على حدة، بعد التذويب فى ماء ساخن مع التحريك وهما على موقد ثم صفيتا بمصفى مقاس 600 ميكرون، وتركتا حتى ترسبت الشوائب فانتشلت منها، ثم سخن باقي المحلول فى إناء مكشوف على موقد حتى جفت المياه، أما ماء الرطوبة فقد تم

التخلص منه عن طريق التكليس في فـرن لمدة ساعتين تحت درجة حرارة 200°م. تم طحن كليهما على حدة فى مسحنة يدوية. التربة الدايتومية ورماد الحطب تم غربلتها بالغربال مقاس 250 ميكرون.

تحليل العينات:

تم فحص عينات الدراسة بطريقة (XRF) كما هى مبينة بالجدول رقم (1)، أما العطرون فقد تم تحليله بطريقة (EDS) وهى مبينة في الصور بالأرقام 8-9-10-11 و في تقارير مفصلة بملحق التقارير.

جدول رقم (1) نتائج فحص العينات بطريقة (XRF)

	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	CaO	P_2O_5	MnO	MgO	TiO_2	Cl	CuO	SO_3
الكوارتز	99.2	أثر	0.6	أثر	أثر	أثر	أثر	أثر		أثر			
السيانيت النفليني	53.5	16.6	9.2	8.4	2.3	4.7	0.2	0.2	2.5	1.2			
الكمبو	0.3	1.4	أثر	0.1	22.1	أثر	0.7	أثر	أثر	أثر	.339		
تربة ديأتومية	70.1	8.7	0.1	3.1	4.1	1.2	0.2	0.7	0.6	0.5			
رماد حطب	9.8	1.8	1.1	0.5	9.9	39.3	أثر	أثر	3.3	0.3			
مالاكايت	48.48	13.85	12.41	1.42	0.20	0.77	0.03	0.15	10.95	0.15	0.02	11.96	0.03

المحور الثاني

الخصائص العامة للعينات:

تم قياس ألوان العينات بالمقارنة مع القياسات الأمريكية للصخور أما العينات التى لم توجد لها ألوان مشابهة بتلك المواصفات، فقد قورنت بالألوان القياسية الألمانية، وهما عينتا الكوارتز ورماد الحطب. كما تم تحديد ووصف البنية الظاهرة للعينات عن طريق العين المجردة. تم أخذ مقدار 10 جرامات من كل عينة وحرقها فى فرن اختبار فى درجة حرارة 1000°م ثم إعادة وزنها واستخراج نسبة الفقد بالحرارة. من ثم حرق مقادير قليلة من مســـاحيق العينات فى درجات حرارية مختلفة ورصد نتائج الحرق.

الخلطات:

باستخدام ميزان رقمي حساس تم تناول العينات لعمل الخلطات على أساس النسبة المئوية فتكونت مجموع أوزان كل خلطة من 100 جرام حسب ما هي 500 ميكرون.

جدول رقم (2) نسب مكونات خلطات عينات الدراسة بالنسبة المئوية

العينات / أرقام الخلطات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
العطرون	40	35	30	40	35	30	40	35	30	30
الكمبو	20	15	15	20	15	15	20	15	15	15
السيانيت النفليني	20	20	20	-	-	-	-	-	-	10
تربة ديأتومية	-	-	-	40	35	30	-	-	-	20
رماد حطب	20	30	35	-	15	25	30	45	50	10
الكوارتز	-	-	-	-	-	-	10	5	5	5
مالاكايت (لا يحسب نسبته ضمن المكونات الأساسية للخلطة الزجاجية)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

التزجيج والحرق:

استخدمت الخلطات بطريقتي الغمر والسكب لتزجيج قطع خزفية من الطين الأبيض المحروق وهي تحمل أرقام الخلطات، وأشكالها مقعرة، وسمكها ما بين 0.5 سم و1سم. تم إعادة تزجيج القطع ثلاثة مرات بعد جفافها كل مرة حتى تكونت عليها طبقة مناسبة السمك من الخلطات. بعد جفاف القطع وضعت فى فرن

اختبار وحُرقت لمدة (7.5) ساعات في درجة حرارة 1070°م، ثم أطفئ الفرن وترك حتى انخفضت درجة الحرارة إلى 1000°م، ثم سحبت القطع من داخل الفرن بواسطة مقبض معدني ووضعت فى صندوق معدني فيه نشارة خشب، وتم إحكام قفل الصندوق ليتم اختزال مركبات الخلطات بواسطة الدخان فيما يعرف بطريقة الراكو. وبعد مرور (4) ساعات بردت القطع، فأخرجت ونظفت أسطحها بالكحول عن طريق الدلك والتلميع.

المحور الثالث:

الخصائص الحرارية للخلطات بعد الحرق:

معظم نتائج الحرق أعطت مزججات مكتملة الانصهار ولامعة باستثناء الخلطة رقم (7). كما تراوحت درجات الألوان المعدنية بين الأحمر النحاسى والبني بصفة عامة. تمثلت العيوب فى ظهور الفتحات الإبرية على أسطح بعض المزججات بالإضافة إلى الانتفاخات وتأثر الأجسام بالمزججات نفسها كما هي مبينة في الجداول الملحقة.

قياس الخصائص الكيميائية والفيزيائية

قياس مقاومة التآكل بالأحماض:

استخدم حامض الهيدروفلوريك (HF) المركز بوضع نقاط على الأسطح المزججة وتركت لمدة 15 دقيقة، ثم نظفت بالماء وتم رصد مستوى توغل الحامض على السطح. التآكل الشديد الذى يحدثه الحامض على السطح يدل على ضعف مقاومة التآكل وعكسه يدل على علو المقاومة كما هي مبينة في الجداول الملحقة.

قياس الصلابة:

تم استخدام مقياس موهاس لمعرفة مدى صلابة الأسطح فى مقاومتها للخدش. تبين أن العينات يخدشها الفلورايت والأباتيت (فوسفات فلوريد الكالسيوم) مما يدل على أن صلابتها ضعيفة.

قياس التشقق:

استخدم حبر أسود بمسحه على الأسطح المزججة وتركت لمدة ربع ساعة ثم مسحت بقطعة إسفنج لاكتشاف التشققات غير الظاهرة.

المشكلات وصعوبات التطبيق:

من خلال التطبيقات العملية اتضح أنه بالإمكان الوصول إلى نتائج إيجابية وأخرى سلبية، وفى كلا الحالتين لم تتحقق النتائج بسهولة حيث أن هناك مشكلات وصعوبات تتصل بالتطبيقات وأخرى لها علاقة بالنتائج نفسها وتتلخص فى الآتي:

1. ذوبان الأملاح فى الماء (أملاح الصوديوم من العطرون وأملاح البوتاسيوم من الكمبو) بالإضافة إلى حامض (HCI) الموجود فى الكمبو مما أنتج خلطات لا تجف بسهولة عند تطبيقها على الأجسام الخزفية.
2. ارتفاع نسبة القلويات وحامض (HCI) فى الخلطات جعلتها تعطى مادة حارقة قليلاً عند ملامستها للجلد مما استدعى تناولها بلبس قفازات واقية.
3. صعوبة تكوين طبقة سميكة أو مناسبة من المزجج على أسطح الأجسام الخزفية المسامية.
4. التوزيع غير المتجانس لمكونات التزجيج عند تطبيقه على الأجسام الخزفية حيث أنها لا تكون طبقة متساوية من المزجج على السطح فى بعض الخلطات، وقد تم استخدام الصمغ العربي بنسبة 5% ثم 10% فلم يحقق المطلوب.

5. عدم ثبات الطلاء المزجج على الجسم بصورة جيدة بعد التجفيف، حيث يكون سهل التفتت عند لمسه قبل الحرق.
6. تشوه وانصهار جزئي لبعض الأجسام الخزفية نتيجة لتطبيق بعض الخلطات عليها.
7. انفجار بعض القطع كلياً أو خروج شظايا صغيرة من أسطحها أثناء مراحل الحرق.
8. ظهور الفتحات الإبرية والانتفاخات على أسطح بعض المزججات.
9. ظهور الألوان غير المطلوبة بعد الصهر كاللون البني.
10. عدم تجانس ألوان بعض الخلطات.
11. السيولة العالية وتجمع المصهور الزجاجي فى الأماكن المنخفضة من القطع الخزفية.

مناقشة نتائج التجارب:

لتفسير نتائج التطبيقات يتم مناقشة خصائص عينات الدراسة وما ترتب عليها من سلبيات وإيجابيات مع الاستناد إلى الحلول العلمية التى من شأنها التأكيد على فاعلية العينات فى عمل المزججات واستنباط الألوان الفلزية من خلال النقاط التالية:

العطرون:

يعتبر مادة قلوية، سهلة الذوبان فى الماء وبالتالى تدخل فى مسامات الأجسام الخزفية كمحلول، ويعرف بأن الملح لا يجف بسرعة مما يجعل طبقة الطلاء الزجاجي سطحيا غير سميك على الأجسام بجانب أن تشبعه للجسم لفترة طويلة يجعل مكونات التزجيج تترسب بصورة غير منتظمة كما يعطي سائلا حارقا للجلد ونظرا لاحتفاظه ببعض الماء عند جفاف الخلطات فإنه عندما يسخن يتطاير مسبباً تفجير القطع الخزفية علاوة على ذلك فإن نشاطه كصاهر شديد الانصهار يعمل على صهر الأجسام الخزفية وتشويهها عندما تزيد نسبتها، كما أنه يتسبب فى ظهور التصدعات والفتحات الإبرية والانتفاخات (Alquisi, 2003, 137) . يفضل تناول العطرون بقدر مناسب و ذلك بعد تجفيفه فى درجة حرارة 105°م لمدة لا تقل عن ساعة. الخلطات التي تحتوي على العطرون لا بد أن تحرق فى الأفران التى تعمل بالوقود الغازي أو الصلب تفادياً لإتلاف أسلاك التسخين فى الأفران الكهربائية. أما للحصول على تكوين طبقة مناسبة من خلطاته فيتطلب تسخين القطع المزججة في كل مرة ثم إعادة تزجيجها وقد لوحظ أن الصمغ العربى لا يجدي استخدامه مع طلاءات العطرون كونه يتسبب فى حبس الفقاعات الهوائية التى تخرج من الجسم ويبطىء خروجها.

الكمبو:

يشبه العطرون فى سلوكه لكن لم يثبت أنه مسبب للتصدعات والفتحات الإبرية والانتفاخات. عند إذابته فى الماء يعطي محلولا حارقا للجلد خاصة أنه يحتوى على حامض (HCl) فى تكوينه. يتم تناول الخلطات التى تحتويه بنفس الطريقة الموصوفة في تناول خلطات العطرون.

السيانيت النفليني:

جاء إدخاله كبديل للفلدسبارات (Feldspars) فهو يؤدي نفس الغرض كمحسن لخصائص الصهر (Alquisi, 2003, 137) يعيبه أنه يحتوي على أكسيد الحديد الذي يتسبب فى إظهار الألوان البنية مما يجعل عملية فرزه مغناطيسياً أو بإحدى الطرق المناسبة أمرا ذا أهمية.

التربة الديأتومية:

أيضا أدخلت كمحسن لخصائص الصهر وهي حسب تجارب الصهر تعتبر مزججا طبيعيا. تحتوى على مقادير ضئيلة من الأكاسيد الملونة مما يجعلها تعطي لونا أصفر قليلاً في الطلاءات القلوية وأحمر في الطلاءات الرصاصية.

رماد حطب:

أدخل ضمن الخلطات كونه يحتوي على نسبة 39.3 من أكسيد الكالسيوم الذي يعتبر من الأكاسيد المهمة فى الخلطات الزجاجية لفاعليته فى تحسين خصائص المزججات لذا أدخل بنسبة 20% إلى 50% لكن لوحظ أن زيادة نسبته جعلت المزججات المطبقة على الأجسام الخزفية تسحق بسهولة وتتناثر عند لمسها، وقد تم معالجة الأمر بجعل الطلاء ثخينا. من المعروف أن رماد الحطب قد اُستخدم فى عمل المزججات بصورة واسعة ويعطي نتائج جيدة (Williams, 1978, 60) لكنه أيضاً قد يتسبب فى عدم تجانس الألوان لأنه عند التطبيق بمثل خلطات الدراسة لا يتوزع بصورة متجانسة مع مكونات الخلطات الأخرى.

الكوارتـز:

لم يتبين له سلبيات سوى في الخلطــة رقم (7)، حيث أدت نسبة إدخاله إلى عدم اكتمال الانصهار جاء إدخاله فى الخلطات لزيادة اللزوجة والتقليل من السيولة.

المالاكايت:

أسهم بصورة واضحة فى إعطاء درجات من الألوان الحمراء المائلة إلى لون معدن النحاس عند الاختزال بطريقة الراكو وقد تحولت الألوان فى الخلطات التى فيها نسب كبيرة من النفلين ساينيت أو التربة الديأتومية إلى اللون البني وذلك لتأثير أكسيد الحديد.

يستخلص مما تقدم أن بالإمكان الحصول على مزججات خاصة بالطلاءات المعدنية وفقاً للطرق المذكورة لتلافي المشكلات أو تجهيز الخلطات وتحويلها إلى صهير زجاجي (Frit) ثـم صهره واستخدامه لحل المشكلات التى تتعلق بعمليات التطبيق على الأجسام الخزفية.

كما يجدر بالذكر أن العطرون بالرغم مما يسببه من مشكلات فهو مصدر هام للصوديوم لا غنى عنه، حيث لا زالت الدراسات تتناوله فى مجال إنتاج كربونات الصوديوم التي تدخل بدورها في الخلطات الخزفية. وحسب رأي (Branfman, 2009, 49, 50) فيما يتعلق بأملاح الصوديوم والأملاح الذائبة بأن لها تاريخا طويلا في الطلاءات الفلزية، وأن طرق التزجيج والحرق بأسلوب الراكو ليست لها قاعدة ثابتة خاصة في الخزف المعاصر بل تعتمد على الأسلوب الشخصي للوصول إلى نتائج إبداعية.

نتائج الدراسة:

1. توصلت الدراسة إلى أنه بالإمكان استخدام العطرون والكمبو كصواهر فى الطلاءات الملحية لإنتاج مزججات معدنية منخفضة الحرارة بحدود 1050 إلى 1070°م.
2. تبين أن العطرون والكمبو يتسببان فى تلف الأفران الكهربائية مما يستدعي حرق الخلطات التى تحتويهما فى الأفران التى تعمل بالوقود الغازي أو الصلب.
3. أثبتت الدراسة أن المالاكايت يمكن إعتماده كمادة ملونة لإعطاء الألوان الفلزية والقزحية مع بقية عينات الدراسة
4. تعتبر الخلطات بالأرقام (5)، (8)، (9)، (10) المبينة بالجدولين بالأرقام (2) و (5) من الخلطات التي أعطت أفضل النتائج وحققت أهداف الدراسة.

جدول رقم (3) خصائص العينات

	اللون القياسى	البنية	درجة الانصهار°م	لون المصهور	الفقد بالحرارة 1000°م
الكوارتز	CANDLE LIGHT	زجاجية صلدة	1710	شفاف	% 0.97
العطرون	White	جلمودية مشوهة	-	شفاف	%56.94
السيانيت النفليني	Greenish Black	كرستالية متماسكة	1150	بنى مخضر	%2.85
الكمبو	White	جلمودية طرية	-	أبيض	%51.85
تربة ديأتومية	Yellowish Gray	حيبيبة فتاتية	1150	أصفر شفاف	%7.28
رماد حطب	Silky Gray B	حيبيبة فتاتية	1150	أصفر شفاف	%31.90
مالاكايت	Light Blue Green	صفائحية صلبة	11500	أخضر مسود	

جدول رقم (4) خصائص الخلطات بعد الحرق

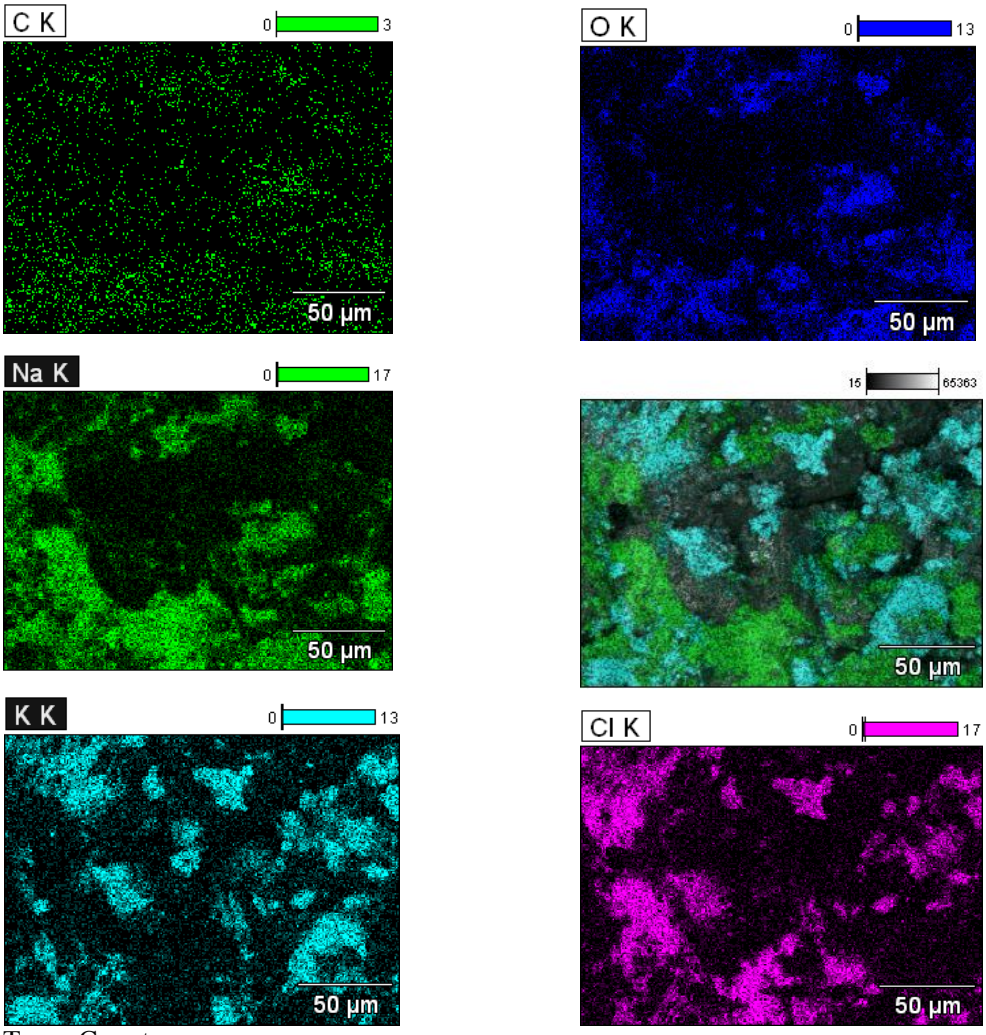
الخلطات	الانصهار	اللمعان	اللون الناتج	السيولة	العيوب
1	مكتمل	لامع	أحمر نحاسى	-	فتحات إبرية- بداية تشوه الجسم الخزفى وتطاير شظايا صغيرة من سطحه
2	مكتمل	عالية اللمعة	بنى محمر	عالية	فتحات إبرية – إنسحاب المزجج وظهور فقاعات وبداية تشوه الجسم الخزفى
3	مكتمل وجيد المظهر	عالية اللمعة	أحمر إلى أحمر نحاسى أفضل مظهر لونى فى العينات	-	فتحات إبرية
4	مكتمل	لامع جداً	بنى محمر مع وجود طيف بنفسج محمر	-	-
5	مكتمل	لمعة عالية	أحمر نحاسى متموج مع لون بنى محمر	-	-
6	مكتمل	لمعة متوسطة	بنى	-	تفجر القطعة الخزفية وتطايرها إلى شظايا
7	جزئى	قليلة اللمعان	أحمر نحاسى	-	ظهور تشققات
8	مكتمل أسهم فى زيادة متانة الجسم الخزفى	لامع ومطفى اللمعة ببعض المساحات	بنى متداخل مع لون أحمر نحاسى بصورة متوجة	-	-
9	مكتمل	لمعة عالية وخاطفة عند تحريكه فى الضوء	ألوان قزحية ومعدنية (أحمر نحاسى، بنى، رمادى مخضر وبنفسج محمر	-	-
10	مكتمل	لمعة عالية وخاطفة عند تحريكه فى الضوء	بنى مع وجود لون أحمر نحاسى طفيف على الحواف	عالية	-

جدول رقم (5) بيان لخصائص صلاحية نتائج الخلطات

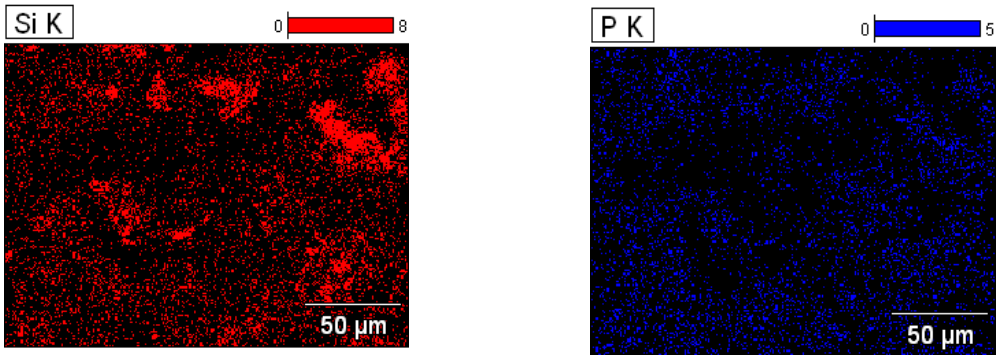
أرقام الخلطات	مقاومة التآكل بحامض الهيدروفلوريك	الصلابة بمقياس موهاس	قياس أثر التشقق على الأسطح	صلاحية الاستخدام
1	-	-	-	إستبعاد العينة لكثرة عيوبها
2	مقاومة عالية للحامض	4	متشقق	لا يصلح (سيولة عالية وتفجر السطح)
3	مقاومة متوسطة	4	غير متشقق	لا يصلح (لوجود أخرام وعدم إنسجام المكونات)
4	مقاومة ضعيفة	4	متشقق	لا يصلح كمزجج (سيولة عالية)
5	مقاومة عالية	4	غير متشقق	يصلح كمزجج
6	-	-	-	إستبعاد العينة لكثرة عيوبها
7	-	-	-	إستبعاد العينة لكثرة عيوبها
8	مقاومة ضعيفة	4	غير متشقق	يصلح كمزجج
9	مقاومة متوسطة	4	غير متشقق	يصلح كمزجج
10	مقاومة متوسطة	4	غير متشقق	يصلح كمزجج

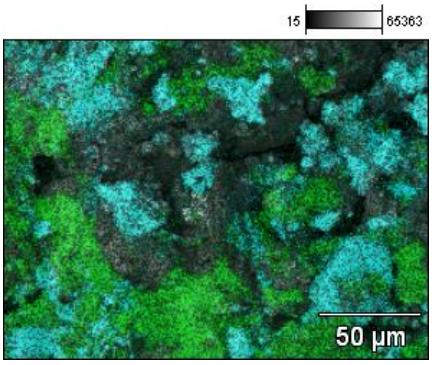
ملحق التقارير:

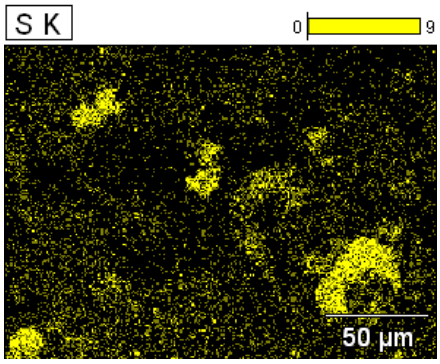
نتائج الفحص المعملي لعينة العطرون:



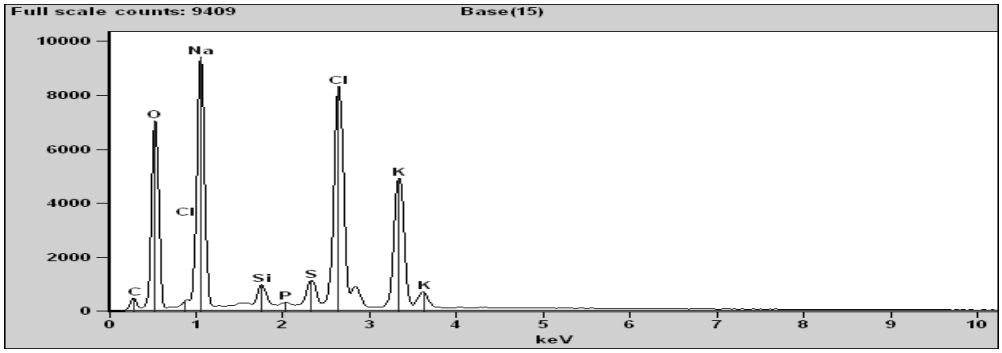
Data Type: Counts
Mag: 600 Acc. Voltage: 20.0 kV







Data Type: Counts Mag: 600 Acc. Voltage: 20.0 kV



نسب مكونات العينة من العناصر و الأكاسيد:

Weight %

	C-K	O-K	Na-K	Al-K	Si-K	P-K	S-K	Cl-K	K-K
Base(14)_pt1	2.29	17.70S	2.96		1.78		0.40	36.03	38.84
Base(14)_pt2	6.62	37.26S	40.22		0.70	0.35	1.84	5.02	7.99
Base(14)_pt3	1.73	36.70S	5.16		0.30		14.77	3.00	38.34
Base(14)_pt4	3.07	20.03S	32.46	0.13				42.13	2.18

Normalized Wt. %

	C-K	O-K	Na-K	Al-K	Si-K	P-K	S-K	Cl-K	K-K
Base(14)_pt1	2.29	17.70S	2.96		1.78		0.40	36.03	38.84
Base(14)_pt2	6.62	37.26S	40.22		0.70	0.35	1.84	5.02	7.99
Base(14)_pt3	1.73	36.70S	5.16		0.30		14.77	3.00	38.34
Base(14)_pt4	3.07	20.03S	32.46	0.13				42.13	2.18

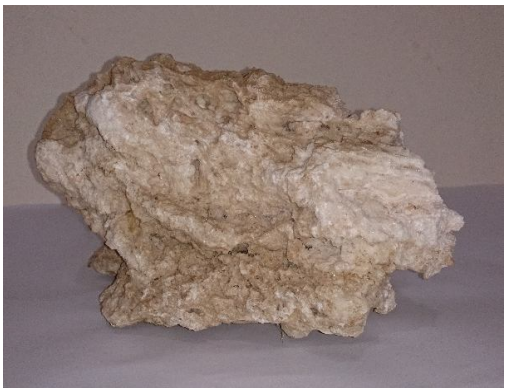
Formula

	C-K	O-K	Na-K	Al-K	Si-K	P-K	S-K	Cl-K	K-K
Base(14)_pt1	CO2		Na2O		SiO2		SO3	Cl	K2O
Base(14)_pt2	CO2		Na2O		SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O
Base(14)_pt3	CO2		Na2O		SiO2		SO3	Cl	K2O
Base(14)_pt4	CO2		Na2O	Al2O3				Cl	K2O

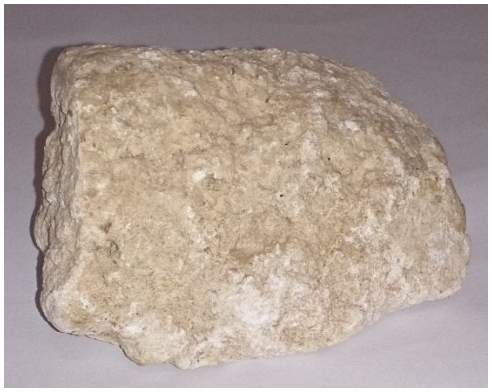
Compound %

	CO2		Na2O	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O
Base(14)_pt1	8.39	0.00	3.99		3.81		0.99	36.03	46.79
Base(14)_pt2	24.25	0.00	54.22		1.51	0.79	4.59	5.02	9.62
Base(14)_pt3	6.34	0.00	6.96		0.64		36.87	3.00	46.18
Base(14)_pt4	11.24	0.00	43.75	0.24				42.13	2.63

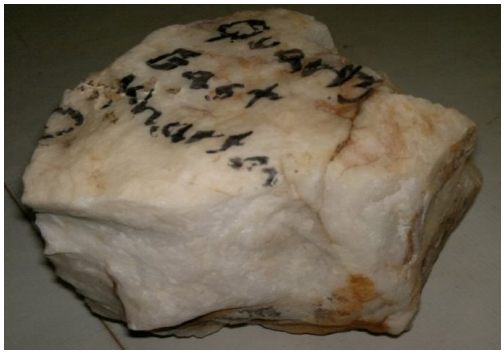
ملحق الصور:



صورة رقم(1)عينة العطرون



صورة رقم(2)عينة الكمبو

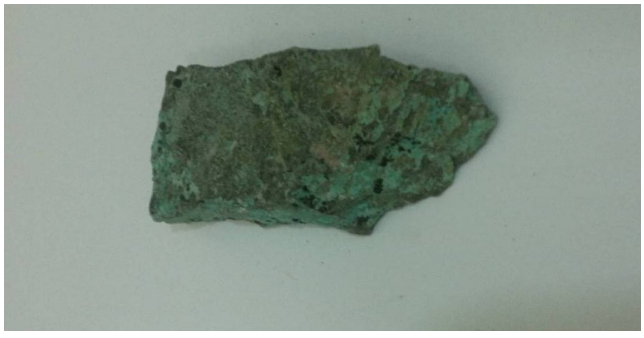


صورة رقم(3)عينة الكوارتز

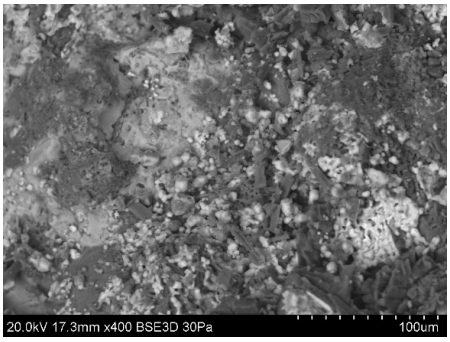
صورة رقم(4)عينة النفلين ساينيت

صورة رقم(5) عينة التربة الدايتومية

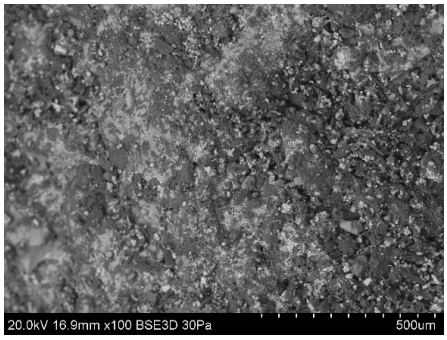
صورة رقم(6) عينة رماد الحطب



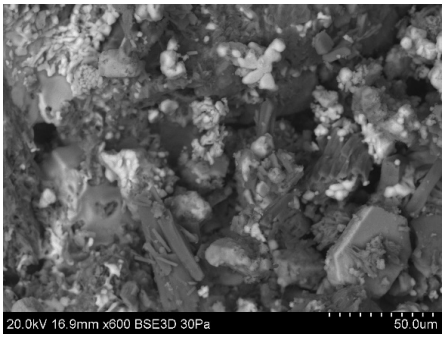
صورة رقم (7) عينة المالاكايت



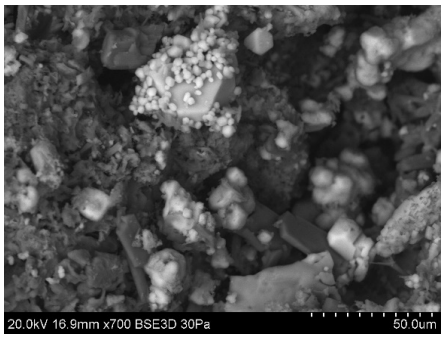
صورة رقم (8) صورة مايكرسكوبية للعطرون



صورة رقم (9) صورة مايكرسكوبية للعطرون



صورة رقم (10) صورة مايكرسكوبية للعطرون

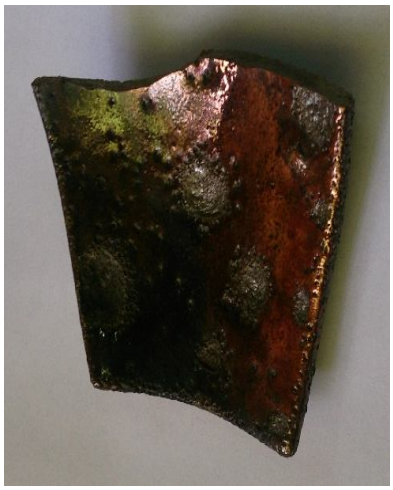


صورة رقم (11) صورة مايكرسكوبية للعطرون

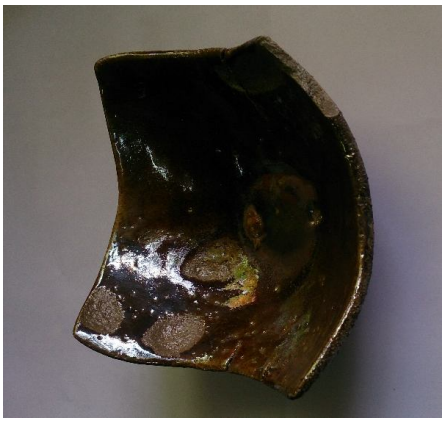
صورة رقم(12) تطبيق طريقة الراكو

صورة رقم(13) تطبيق طريقة الراكو- نتيجة الخلطة رقم 5

صورة رقم(14) نتيجة الخلطة 3



صورة رقم(15) نتيجة الخلطة رقم 1



صورة رقم(16) نتيجة الخلطة رقم 2

صورة رقم(17) نتيجة الخلطة رقم4

Sources & References **المصادر والمراجع:**

1. Abakar, Haidar Abdelgadir and others, (2013), PhD Thesis, T*he Potentials Uses of Silica and Natural Fluxes in Artistic Glass Forming in Sudan*, College of Graduate Studies, Sudan University of Science and Technology, Khartoum, Sudan.
2. Abdelaati, M. A. Abdalla and others. (2014), *Production of Caustic Soda from Natural Local Trona*, Journal of Applied and Industrial Sciences.
3. Abreu, Marguerita, (2016), *Encyclopedia of Pottery and Ceramic Art*, College Publishing House, New York, USA.
4. Albadry, Ali Haidar Salih, (2002), *Scientific Techniques of Ceramic Art – Colouring and Glazing*, College of Art, Yarmouk University, Oman, Jordan.
5. Almofti, Ahmed Almofti, (2003), *Mosaic and Fine Ceramic Making*, Damascus House for Printing and Publishing, Damascus, Syria.
6. Alquisi, Fouzey A. Alaziz, (2003), *Ceramic and Glass Techniques*, Alsharq House for Publishing and Distribution, Oman, Jordan.
7. Branfman, Steven, (2009), *Mastering Raku*, Lark Books A Division of Sterling Co, Inc, New York / London.
8. James C. Wattking and Paul Andrew, (2004). *Alternetive Kiln and Firing Techniques*,Published by Lark, New York, USA.
9. Williams,Gerry Williams and Others, (1978). *Studio Potter Book*, Van Nostrand Reinhold Company , USA.
10. WWW.Segemar.gov.ar.PDF files.Papers 9/9/2014