Journal of the University of Babylon for Humanities مَجلّةُ جَامعةِ بَابِل للعُلومِ الإنسَانيّةِ

Vol. 30/ No. 4/ 2022 المجلد 30/ العدد 4/ 2022

# تلوين بلورة ($Al_2O_3$) باستخدام العناصر الإنتقالية

**نبيل مع الله راضي**

*كلية الفنون الجميلة/ جامعة بابل*

Nabeel.m2007@gmail.com

**تاريخ استلام البحث: 14 / 2 /2022 تاريخ قبول النشر: 2/23 /2022 تاريخ نشر البحث: 12 / 4/ 2022**

## المستخلص

شمل هذا البحث تلوين بلورة الالومينا باستخدام العناصر الانتقالية لإنتاج صبغات لونية، ولهذا الغرض تم تحديد اوكسيد الكوبلت (CoO) وبلورة الالومينا($Al_2O_3$) وتم تحديد نوع الجسم الفخاري بطينة المحاويل. أما الحدود المكانية فكانت ضمن حدود محافظة بابل. وقد قام الباحث بتحضير ثلاث خلطات اذ تم تلوين البلورة ($Al_2O_3$) في الخلطة الأولى بـــ (10%) كوبلت والثانية بـــ (5%) والثالثة بـــ (2.5%). بعدها وضعت هذه الخلطات في بوادق كل واحدة على حدة وادخلت للفرن ليتم تفريتها بدرجة حرارة (1200مْ) وبشكل جاف بعدها اخرجت من الفرن ليتم طحن الناتج بواسطة(طاحونة كهربائية) وتطبيق الصبغة الناتجة على الأجسام الفخارية بعد اضافتها الى الزجاج الجاهز وقد اعتمد أسلوب الحرق البطيء في ثلاث درجات حرارة (950مْ – 1000مْ – 1050مْ) في فرن كهربائي. اظهرت النتائج امكانية تلوين البلورة وانتاج الصبغات اللونية ، وامكانية استخدام هذه الصبغات المنتجة في درجات الحرارة المختلفة وقد اظهرت النتائج ايضاً ملاءمة هذه الصبغات للزجاج الجاهز وملائمتها للأجسام الخزفية.

**الكلمات الدالة:** الالومينا، الصبغات اللونية، تلوين البلورة

# Coloring anAl2O3CrystalUsing Transitional Elements

**Nabeel Maallah Radhi**

*College of Fine Arts / University of Babylon*

## Abstract

This study included the coloring of alumina crystallization using transitional elements for the production of chromatic pigments، and for this purpose cobalt oxidation (CoO) and alumina crystallization ($Al_2O_3$) were identified. The spatial boundaries were within the boundaries of the province of Babylon. Three mixtures were prepared and the crystal was colored in the first mixture (10%) cobalt and the second by 5% and the third by 2.5%. Then، the mixture was placed in each of the bunkers individually and entered the oven to be discharged at a temperature of (1200C) and dryly removed from the oven to be grinded by an electric grinder and applied to the ceramic objects after adding them to the ready-made glass. At three temperatures (950C – 1000C - 1050C) in an electric oven. The results showed the possibility of coloration of the crystal and the production of chromatic pigments، and the possibility of using these pigments produced at different temperatures. The results also showed the suitability of these pigments for ready-made glass and their suitability for ceramic objects.

**Keywords:** alumina, color pigments, crystal coloring

## 1- الفصل الأول / الإطار المنهجي للبحث

### 1.1. مشكلة البحث

ان صعوبة الحصول على الالوان الصريحة من الاكاسيد اللونية المعدنية في الخزف وذلك بسبب عدم استقرار اغلبها وتغير نتائجها اللونية باختلاف الوسط الزجاجي المستخدم واختلاف درجات الحرارة. جعل من الصعوبة التعامل معها. لذا كانت الحاجة الى الاستعانة بالصبغات اللونية لزيادة خيارات الخزاف من الالوان، نتيجة لما تتمتع بها هذه الصبغات من استقرار تفاعلي ولوني في اغلب انواع الزجاج تقريباً. الى جانب استقرارها في درجات الحرارة المختلفة، مما يسمح بالحصول على الوان صريحة وتدرجات لونية مختلفة وبسهوله اذا ما قورنت بالأكاسيد اللونية. لذا سعى الباحث في هذا البحث الى محاولة تسليط الضوء على الية انتاج هذه الصبغات وذلك باستخدام بلورات متوفرة، ليكون في متناول الخزاف باليته لونية متكاملة مما يسهم في الارتقاء بجنس الخزف العراقي فنياً وعلمياً، ليس على مستوى الشكل فحسب، بل على مستوى التقنية واللون كمؤثر فاعل في فن الخزف. وبما ان الصبغات اللونية يتطلب التعامل مع بلورات ذات درجة انصار عالية وعملية تلوين هذه البلورات باستخدام العناصر الانتقالية يتطلب معالجات تقنية واليات خاصة لم يتم التعامل معها سابقا. وهنا تكمن مشكلة البحث التي تم تحديدها في سؤالين: هل يمكن انتاج صبغات لونية بتلوين بلورة الالومينا؟ وكيف يمكن تلوين بلورة الالومينا ؟

2.1. أهمية البحث والحاجة إليه: يسلط البحث الحالي ضوءًا معرفيًا بسيطًا على كيفية انتاج الصبغات اللونية.

3.1. هدف البحث: يهدف البحث الحالي الى، انتاج صبغات لونية من بلورة الالومينا.

4.1. حدود البحث:

1.4.1. بلورة الالومينا$Al_2O_3$

2.4.1. اوكسيد الكوبلت (CoO)

3.4.1. الزجاج المستخدم، لاختبار الصبغات المنتجة قلوي جاهز واطئ الحرارة

4.4.1. الفرن المستخدم: استخدام الفرن الكهربائي في كلية الفنون الجميلة / جامعة بابل. مع مقياس الكتروني لقياس درجات الحرارة

5.4.1. استخدام بودقة جاهزة مقاومة لدرجات الحرارة العالية

## 2- الفصل الثاني/ الإطار النظري والدراسات السابقة

### 1.2. $Al_2O_3$:

يطلق على ($Al_2O_3$) أوكسيد الألمنيوم اوالالومينا ويوجد على شكل نمطين يختلفان عن بعضهما في البنية البلورية، وبالتالي يختلفان أيضاً في الخصائص الفيزيائية والكيميائية بالإضافة إلى التطبيقات، وهما النمط (ألفا .α) والنمط (كاما.γ). حيث يكون ($\alpha- Al_2O_3$)على شكل بلورات بيضاء قاسية، لا تنحل في الحامض، ويتواجد أوكسيد الألمنيوم في الطبيعة في فلز الكورووندوم (Corundum) وهو احد اشكال بلورة أوكسيد الألومنيوم الطبيعية.ويتم الحصول على($\alpha- Al_2O_3$)مختبرياً من تسخين هيدروكسيد الألمنيوم فوق (1100مْ) كما

في المعادلة الكيميائية:- $2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$)) اما النمط كاما($\gamma - Al_2O_3$) فيتشكل من تسخين هيدروكسيد الألمنيوم إلى حوالي 400مْ، فنحصل على مسحوق أبيض ناعم يمتص الرطوبة، وينحل في الحامض. وبالتسخين فوق (950مْ) يتحول ($\gamma - Al_2O_3$) إلى النمط ألفا(($\alpha - Al_2O_3$. ويتميز ($\gamma - Al_2O_3$) بأن لديه قابلية كبيرة للامتصاص، لذلك يستخدم في عمليات التجفيف، وفي إزالة ألوان المحاليل**[1]**. ونظرا لكون الالومينا(($Al_2O_3$ مادة متعادلة فأنها تدخل بشكل اساسي في تركيب الزجاج لأن لها القدرة على ربط المركبات الحامضية والقاعدية الداخلة في تكوين الزجاج وبالتالي تعمل على منع انسحاب الزجاج فهي المسؤولة عن ثبات واستقرار الزجاج على سطح الجسم الفخاري أثناء الانصهار. وهي المسؤولة ايضاً عن درجة العتمة كونها تنتشر في السائل الزجاجي على شكل بلورات غير ذائبة تؤدي الى عتمة**[2]**. وان وجود اوكسيد الألمنيوم (الالومينا) ($Al_2O_3$) في زجاج الخزف هو ما يميز بين الزجاج الاعتيادي (Glass) وزجاج الخزف (Glaze).اذ تعمل الالومينا($Al_2O_3$) في الزجاج كوسيط تفاعلي بين الاكاسيد المكونة للشبك والاخرى المعدلة له من خلال ما يمكن تشكيله من وحدات مع ايونات الاوكسجين بهيئة محيط سداسي $ALO_6$ كما هو تأثير اغلب القواعد، اومحيط رباعي $ALO_4$ كما هو الحال مع السليكا**[3]**. وتعتبر الالومينا($Al_2O_3$)مادة مقاومة للحرارةاذ تصل درجة انصهارها إلى (2040مْ)، ولهذا السبب فهي ترفع من درجة حرارة نضبح الزجاجولزوجة. لكنها في ذات الوقت تزيد من صلابته ومقاومته للظروف الطبيعية والأحماض**[4]**. وتدخل الالومينا في تركيب الزجاج على شكل فلسبار ($Na_2OAl_2O_36SiO_2$) او كاؤلين. ($Al_2O_32SiO_22H_2O$). وكذلك في الجسم الطيني كونها موجودة في التركيب الكيميائي لجميع الأطيان**[5]**.اذ تعمل الالومينا وبفعل الحرارة على زيادة مقاومة الاجسام الطينية للحرارة وزيادة صلابتها ومتانتها الميكانيكية ومقاومتها للصدمة الحرارية والتفاعلات الكيميائية.

### 2.2. الملونات في الخزف:

ان ما وصلت إلية تقنيات الكيمياء الحديثة من تطور علمي في مجال اللون اثر بشكل كبير على تحول فن الخزف وجماليته. ذلك ان اللون احد العناصر المهمة في المنجز الخزفي ومكون بنائي أساسي فيه فهو جزء من التمثيل الواقعي للشكل والخاصية السطحية له، كما يؤثر في تنوع معاني الأشكال بتغير درجاته وقيمه ويلون الخزف من خلال إضافة المواد الملونة إلى الزجاج. ومن خلال سلسلة من التفاعلات والتحولات الكيميائية يتكون اللون، وعلى ضوء نظرية تكوين اللون وظهوره للعالم الدنماركي (نيلس بور) عام 1913م، التي أكد فيها أن الأجسام التي لها القابلية على امتصاص أشعة ضوئية منتقاة واقعة ضمن طاقة الطيف الشمسي المرئي تظهر كأجسام ملونة**[6]**. وتكون اضافة المواد الملونة الى الزجاج بنسب متفاوتة تبعاً للدرجة اللونية المطلوبة، ومتطلبات أخرى عملية وجمالية. وتكون المواد الملونة أما صبغات لونية أو اكاسيد معدنية.

**الدراسات السابقة:** بعد اطلاع الباحث على مجموعة الأطاريح والرسائل المنشورة وغير المنشورة، لم يجد الباحث دراسة سابقة تقترب من البحث الحالي في حدود مشكلتهِ وهدفهِ ونتائجهِ.

## 3- الفصل الثالث / إجراءات البحث

**1.3. الطين:** اختيرت طينة المحاويل لكونها من الأطيان الشائعة الاستخدام لدى الخزاف في بابل.

**2.3. الزجاج:** في البحث الحالي تم استخدام الزجاج القلوي الجاهز (Frit)، لاختبار الصبغات اللونية المنتجة.

**3.3. الاكاسيد المستخدمة:** اعتمد الباحث في إنتاج الصبغات اللونية على الاكاسيد ($Al_2O_3$) و (CoO)

**4.3. تهيئة الفرن:** تم استخدام الفرن الكهربائي في جامعة بابل/ كلية الفنون الجميلة (فرع الخزف) وهو بقياس (30 ×35 × 48 سم) من الداخل مع لوحة سيطرة الكترونية لقياس درجة الحرارة. كما في شكل (3-1)

شكل (3-1) / الفرن الكهربائي والمقياس الالكتروني

**5.3. تشكيل النماذج:** تم تهيئة الطين بشكل لدن وتشكيل النماذج باستخدام لوح خشبي محدد بإطارات خشبية بسمك (2 سم) وتم التقطيع بقياس (5×10 سم).

**6.3. تجفيف النماذج:** تركت النماذج على ألواح خشبية معدة لهذا الغرض وبدون تحريك لكي تحافظ على شكلها لحين إتمام عملية الجفاف.

**7.3. فخر النماذج:**تم فخر النماذج بدرجة حرارة (950 م°).

وللبدء بعملية الحرق توجب أتباع الخطوات الآتية:-

**8.3. البودقةالحرارية:**تم استخدام بودقة جاهزة صغيرة الحجم مقاومة للحرارة.

**9.3. تهيئة خلطة الصبغات:** تم تحضير ثلاث خلطات من الصبغات (1و2 و3) وبوزن (100 غم) من بلورة الالومينا$Al_2O_3$ لكل خلطة بعدها تم إضافة (10%) و(5%) و(2،5%) من اوكسيد الكوبلت (CoO) للخلطات على التوالي وكما مبين في الجدول:

**1.9.3. صبغة رقم (1)**

| | | |
|---|---|---|
| بلورة الالومينا | $Al_2O_3$ | % 100 |
| الكوبلت | CoO | % 10 |

**2.9.3. صبغة رقم (2)**

| | | |
|---|---|---|
| بلورة الالومينا | $Al_2O_3$ | % 100 |
| الكوبلت | CoO | % 5 |

**3.9.3. صبغة رقم (3)**

| | | |
|---|---|---|
| بلورة الالومينا | $Al_2O_3$ | % 100 |
| الكوبلت | CoO | % 5،2 |

وقد خلطت كل وصفة على حدة خلطاً جافاً ثم غربلت بغربيل (mash −100) لغرض مزج المواد جديداً ثم وضعت الوصفة في البودقة وتم الحرق في فرن كهربائي بقياس(35× 35 × 25) بدرجة حرارة 1200مْ. كما في الشكل(3−2)،وقيست درجة الحرارة فيه بوساطة مقياس كهربائي ألكتروني.

الشكل(3−2) / البودقة داخل الفرن

**10.3. برنامج الحرق:** تم اعتماد طريقة الحرق ألسريع(FAST FIRING) ألذي يعتمد على رفع درجة الحرارة بأقصى سرعة أو طاقة للفرن الى درجة حرارة ( 1200 مْ )

**11.3. عملية التفريت:** بعد أن تم وزن الخلطة وضعت في البودقة وبشكل جاف داخل الفرن وبالاعتماد على برنامج الحرق تم الوصول إلى درجة الحرارة المحددة بعدها ترك الفرن 24ساعة ليبرد ثم أخرجت البودقة من الفرن وجمع الناتج. وقد تكررت العملية مع الخلطات الاخرى

**12.3. *طحن النماذج*:** تم الطحن بوساطة (طاحونة كهربائية) في كلية الفنون الجميلة بابل – فرع الخزف كما في (الشكل3−3) وغربلة الزجاج ألمطحون بغربال ( mash − 150).

(الشكل 3− 3) / طاحونة كهربائية

**13.3. تهيأت خلطات الزجاج:** تم وزن الزجاج الشفاف واطئ الحرارة وبواقع (100 غم) ليتم اضافة الصبغة اللونية المنتجة وحسب الجدول (3–3) وتم اضافة الماء كوسط ناقل وبمعدل (30 غم) ماء لكل (100 غم) زجاج لعمل مستحلب جاهز للتطبيق على سطح الجسم الخزفي.

| رقم الصبغة | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| الزجاج الشفاف | 100غم | 100غم | 100غم |
| الصبغة اللونية المنتجة | %5 | %5 | %5 |

الجدول (3–3) / نسبة الصبغات المنتجة المضافة للزجاج

**14.3. تطبيق الزجاج على النماذج لاختبار الصبغات:** تم تطبيق الزجاج الشفاف على الأجسام الفخارية بعد ان اضافة الصبغات اللونية له بواسطة، المرذاذ وبسمك (1 ملم) وتم حرق النماذج وصولاً الى درجة حرارة (950مْ) و(100مْ) و(1050مْ) لكل خلطة مع فترة نصف ساعة وقت اضافي. بعد 24 ساعة تم اخراج النماذج .

**15.3. برنامج الحرق والتبريد:** بعد الانتهاء من عملية التطبيق تم وضع نماذج الصبغات (1 و2 و3) في الفرن ألكهربائي. ولغرض التأكد من عدم وجود رطوبة في الجسم ألفخاري يتم تسخين الفرن إلى (150 مْ) ولمدة ساعة واحدة بعدها يتم اعتماد أسلوب الحرق البطيء وصولاً إلى درجة الحرارة (950مْ) وترك الفرن على تلك الدرجة لمدة نصف ساعة (SOAKING TIME) وقت أضافي ثم يتم اخراج النماذج بعد مضي (24 ساعة) لغرض التبريد. بعدها تم أعادة تلك ألعملية بنماذج أخرى للصبغات (1 و2 و3) وصولاً إلى درجة الحرارة (1000مْ). وتم اعادة العملية مرة ثالثة بنماذج اخرى للصبغات (1 و2 و3) وصولاً إلى درجة حرارة (1050مْ)

**16.3. الانصهارية:** قيمت الانصهارية حسب المقياس الاتي:

1- بداية الانصهار

2- انصهار قليل

3- انصهار

4- انصهار كامل

5- انصهار شديد

**17.3. حساب معامل الشد السطحي:** إن حساب معامل الشد السطحي للزجاج مهم وذلك لمعرفة تأثير المواد الداخلة في تركيبه على نسب معاملات الشد السطحي، وتأثيره على نتائج السطح من حيث الانصهارية والتجانس وذلك بالاعتماد على جدول ثوابت الشد السطحي جدول (3–4) ووفق المعادلة التالية:

- النسبة المئوية للاوكسيد × ثابت الشد السطحي X =
- تجمع نتائج الفقرة السابقة لكل الاكاسيد المكونة لخلطة الزجاج.

جدول (3–4) / ثوابت الشد السطحي بدرجة حرارة (900 م°) داين /سم$^3$نقلا عن**[7]**

| الاوكسيد | ثابت الشد السطحي |
|---|---|
| $SiO_2$ | 3.4 |
| $Al_2O_3$ | 6.2 |
| $Na_2O$ | 1.5 |
| CaO | 4.8 |
| $B_2O_3$ | 0.8 |
| BaO | 3.7 |
| $K_2O$ | 0.1 |
| FeO | 4.5 |
| CuO | 4.5 |
| CoO | 4.5 |
| MnO | 4.5 |

**18.3. حساب كثافة الزجاج المحروق:**

للكثافة أهمية في تحديد درجة الانعكاس والانكسار، وكثافة الزجاج هو مجموع كثافة الاكاسيد المكونة له، وتتراوح كثافة زجاج الخزف بين (2.125 – 8.120 غم/سم3)، وقد تم حساب الكثافة حسب جدول ثوابت الكثافة للاكاسيد (3–5) ووفق المعادلة التالية:

النسبة المئوية للاوكسيد

الكثافة = ---------- × ثابت كثافة الاوكسيد

100

جدول (3– 5)/ ثابت الكثافة و درجة الانصهار لاكاسيد زجاج الخزفنقلا عن **[8]**

| الاوكسيد | ثابت الكثافة | درجة الانصهار C° |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 2.7 | 1710 |
| $Al_2O_3$ | 3.8 | 2050 |
| $Na_2O$ | 2.5 | 860 |
| CaO | 3.3 | 2570 |
| $B_2O_3$ | 1.8 | 700 |
| BaO | 5.0 | 1923 |
| $K_2O$ | 2.3 | 700 |
| FeO | 5.7 | 1420 |
| CuO | 6.4 | 1148 |
| CoO | 5.7 | 1705 |
| $Cr_2O_3$ | 5.2 | 2265 |
| MnO | 5.3 | 1650 |
| PbO | 9.1 | 500 |
| $SnO_2$ | 6.8 | 1150 |

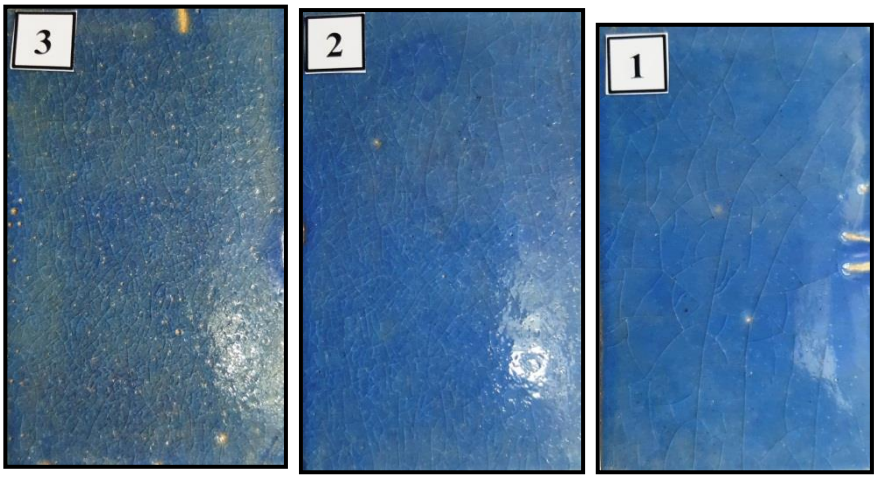
**19.3. التحليل اللوني:** تم اعتماد نظام (L.a.b)، إذ يعد هذا النظام اشمل من حيث كونه يعرف سلسلة واسعة من الألوان أكثر من أي نظام آخر، وهو يحتوي في داخله على نظامي (R.G.B) و(C.M.Y)،(شكل 3-4) اذ تم إجراء فحص التحليل اللوني (L.a.b) من خلال تحديد نقطة ذات مساحة كبيرة (1 سم)، وعرضت النتائج على شكل إحداثيات رقمية تمثل موقع اللون على مجسم نظام (L.a.b)، حيث يمثل المحور (L) وهو المحور العمودي درجات الألوان من الأسود في قاعدة المجسم وبقيمة مقدارها (0)، إلى اللون الأبيض في قمة المجسم وبقيمة مقدارها (100)، وهذا المحور يمثل درجات اللون الرمادي، إما المحور (a) وهو المحور الأفقي الأول ويمثل طرفه الموجب اللون الأحمر والطرف السالب اللون الأخضر، إما المحور (b) وهو المحور الأفقي الثاني والمتقاطع مع المحور (a) إذ يمثل في طرفه الموجب اللون الأصفر و السالب اللون الأزرق ونقطة التقاطع هي اللون الأسود. وإن قيمة المحور (L) تتدرج ما بين (0 – 100).

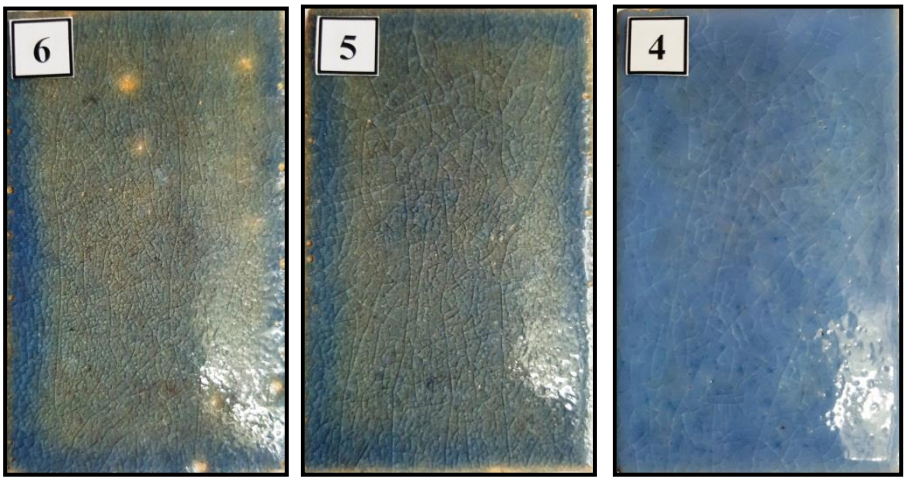
(شكل 3-4) / جهاز (L.a.b) لفحص التحليل اللوني

## 4- الفصل الرابع

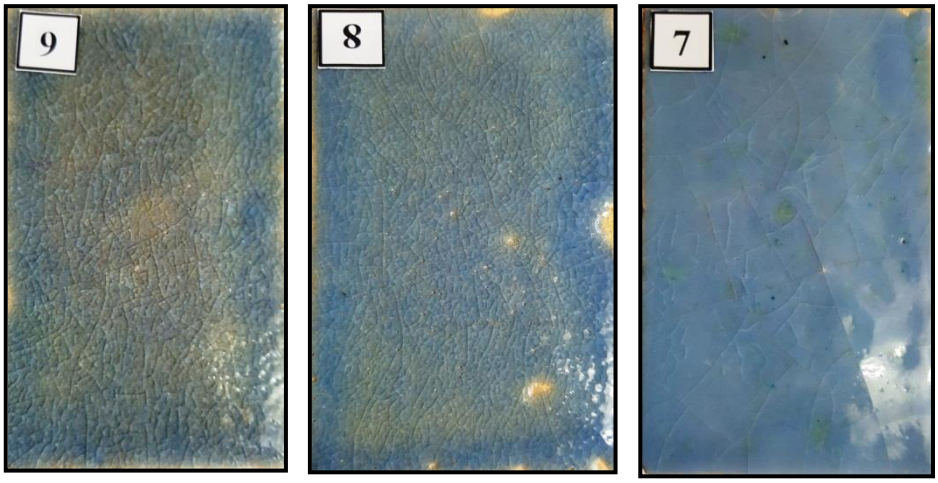
### 1.4.النتائج و مناقشتها

#### 1.1.4. نتائج الصبغة (1)في درجة حرارة 950مْ - 1000مْ - 1050مْ





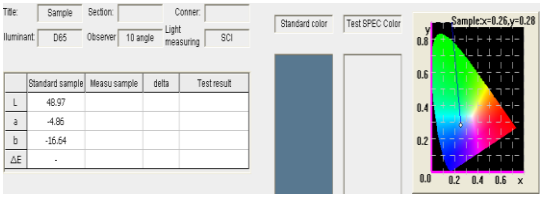

**2.1.4.نتائج الصبغة (2)في درجة حرارة 950مْ – 1000مْ – 1050مْ**



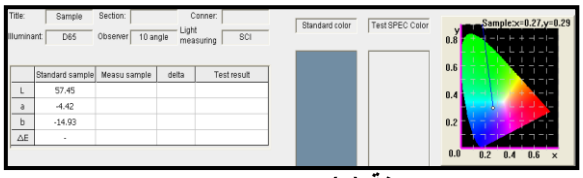

**3.1.4.نتا ئج الصبغة (3)في درجة حرارة 950مْ – 1000مْ – 1050مْ**

### 4.1.4.نتائج فحص التحليل اللوني

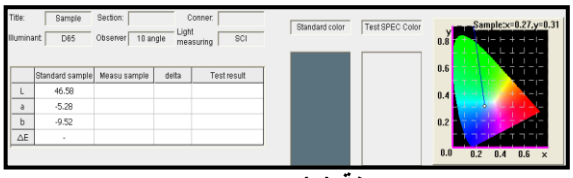
عينة (2)



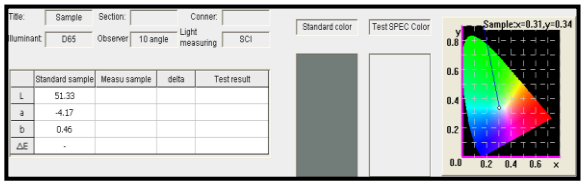

عينة (1)




عينة (4)

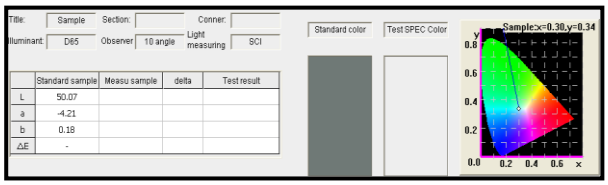



عينة (3)

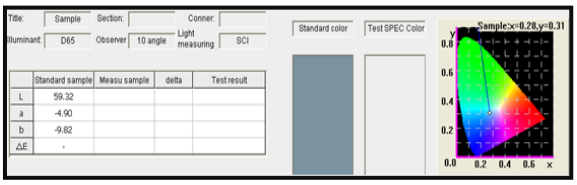



عينة (6)

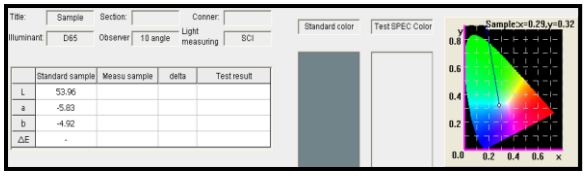
عينة (5)




عينة (8)




عينة (7)




عينة (9)

**5.1.4.نتائج حساب الشد السطحي للصبغات:**

| رقم الصبغة | الشد السطحي في 950 مْ | الشد السطحي في 1000 مْ | الشد السطحي في 1050 مْ |
|---|---|---|---|
| 1 | 380.55 داين/سم$^3$ | 378.55 داين/سم$^3$ | 376.55 داين/سم$^3$ |
| 2 | 378.3 داين/سم$^3$ | 376.3 داين/سم3 | 376.3 داين/سم3 |
| 3 | 377.173 داين/سم$^3$ | 375.173 داين/سم$^3$ | 373.173 داين/سم$^3$ |

**6.1.4.نتائج كثافة الزجاج المحروق للصبغات الثلاث:**

| رقم الصبغة | كثافة الزجاج المحروق غم.سم٣ |
|---|---|
| 1 | 3.2743 غم. سم$^3$ |
| 2 | 3.2458 غم. سم$^3$ |
| 3 | 3.23155 غم. سم$^3$ |

**7.1.4.نتائج الانصهارية:**

| درجة الحرارة | رقم النموذج | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 950 مْ | 4 | | | 4 | | | 4 | | |
| 1000 مْ | | 4 | | | 5 | | | 4 | |
| 1050 مْ | | | 5 | | | 5 | | | 5 |

## 2.4. مناقشة النتائج

### 1.2.4. مناقشة نتائج الشد السطحي:

من خلال نتائج الشد السطحي للعينات نجد انه في درجة حرارة (950مْ) تراوحت قيمة الشد السطحي ما بين (380.55(للعينة (1) و (378.3) للعينة)4) و (377.173) للعينة (7) ان اختلاف قيمة الشد السطحي إنما هي ناتجة من اضافة اوكسيد الكوبلت الى بلورة الالومينا وهما من الاكاسيد ذات الشد السطحي العالي اضافة الى ان هذين الاوكسيدان من الاكاسيد التي ترفع درجة الحرارة وتزيد لزوجة الزجاج لذا كانت اعلى نسبة شد سطحي في العينة (1) اذ كان الشد السطحي (380.55 ) في حين ان الشد السطحي كان اقل في العينة (4)و(7) رغم ثبات الحرارة وذلك لانخفاض نسبة اوكسيد الكوبلت المستخدم في انتاج الصبغة والمضاف الى الزجاج. ومن خلال تتبع نتائج الشد السطحي لباقي العينات نجد ان الشد السطحي كان اقل في درجات الحرارة 1050مْ كما في العينة (9) و(6)و(3). وذلك لان الحرارة العالية ساهمت في انضاج الاكاسيد المضافة وصهرها مما قلل لزوجة الزجاج وبالتالي تقليل الشد السطحي. اذا في مجمل العينات كان الشد السطحي يقل كلما قلة نسبة اوكسيد الكوبلت وارتفعت درجة الحرارة.

### 2.2.4. مناقشة نتائج الكثافة و درجة الانصهار:

بحسب المعادلة الخاصة بإيجاد كثافة الاكاسيد، تبين ان كثافة الزجاج للعينة (1) و(2) و(3) هي (3.2743) غم/سم$^3$، والعينة (4) و(5) و(6) هي (3.2458 ) اما العينة (7) و(8) و(9) هي (3.23155) فنلاحظ ان الكثافة كانت اعلى في العينات (1) و(2) و(3) واقل في العينات (7) و(8) و(9) وذلك يعود الى

نسبة اوكسيد الكوبلت العالية المستخدمة في انتاج الصبغة اللونية المضافة للعينات (1) و(2) و(3) والذي يمتاز بدرجة انصهار عالية الى جانب الالومينا المستخدمة وهي تعد من اكثر الاكاسيد مقاومة للحرارة لذا نجد ان الكثافة بالعينات تزداد بزيادة نسبة الاوكسيد الملون المستخدم بتلوين البلورة. ومع ارتفاع درجة الحرارة وتقليل المواد المقاومة للحرارة تزداد الانصهارية كما في العينة (5) و(6) و(8) و(9) حيث نجد ان في درجة الحرارة (1000مْ و1050مْ) كان هناك انصهار شديد للزجاج وذلك لان الحرارة العالية كسرة الاواصر للأكاسيد المقاومة حراريا اضافة الى ان هذه الحرارة العالية سمحت للأكاسيد الصاهرة الموجودة في تركيبة الجسم الفخاري الى التداخل والتفاعل مع تركيبة الزجاج مما قلل لزوجة الزجاج وسمح للشوائب اللونية الناتجة في معظمها من نسبة الحديد المرتفعة التي توجد في الاطيان الى جانب السماح للغازات والبلورات بالتحرر من السطح وظهور الفقاعات وهذا ما شاهدناه بوضوح في الفحص الميكروسكوبي للعينات (5) و(9) و(6) وما ساعد على ظهور هذه البلورات الى جانب ارتفاع الحرارة هو قلة سمك التطبيق. في حين نجد ان في درجة الحرارة (950مْ) كان الانصار كامل والنتائج اللونية اكثر استقراراً وذلك بسبب سمك التطبيق المناسب وعدم تأثر الزجاج بالاكاسيد الموجودة في الجسم كون ان هذه الاكاسيد تحتاج الى درجات حرارة اعلى من درجة نضج الزجاج حتى تبدأ بالتفاعل كما في العينة (1) و(4) و(7)

### 3.2.4. مناقشة النتائج اللونية للسطح الخزفي:

من خلال رؤية العينات كافة نجد ان الصبغة اللونية المنتجة قد عملت على تلوين الزجاج بالنظام البلوري المنتج وقد تباينت القوة التلوينية للصبغة المصنعة حسب نسبة الاوكسيد المستخدم في تلوين بلورة الالومينا. وكذلك الاختلاف في درجة الحرارة. فعلى الرغم من المحافظة على كنة اللون في كافة درجات الحرارة الى ان هناك تباين في الشدة ففي درجة حرارة الحرق (950مْ) نجد لوناً صريحًا خاليًا من الشوائب كما في العينة (1) و(4) و(7) في حين نجد ان ارتفاع الحرارة ساهم في تقليل اللزوجة وبالتالي ظهرت الشوائب والغازات المتحررة من السطح مما سبب عتمة غازية انعكس سلبا على نقاوة اللون كما في العينة (3) و(5) و(6) (8) و(9) وكانت افضل النتائج في الصبغة المنتجة رقم 1 في العينات (1) و(2) والتي اظهرت نتائج متقاربة لونيا في جميع درجات الحرارة نتيجة لارتفاع نسبة اوكسيد الكوبلت مع بلورة الالومينا وهما اكاسيد مقاومة للحرارة والذي رفع الشد السطحي والكثافة للزجاج مما قلل لزوجة الزجاج وبالتالي لم يسمح بتحرر الغازات وتكوين العتمة مما انعكس ايجاباً على النتائج اللونية كما في العينة (1) و(2) مع بداية لتحرر الغازات وظهور الفقاعات كما في العينة (3) اما الصبغة المنتجة رقم 2 و3 وبسبب تقليل الاوكسيد الملون للبلورة وبسبب ارتفاع الحرارة نجد ان اللون قد تأثر بالاكاسيد الصاهرة والملونة الموجودة في الجسم وفي مقدمتها اوكسيد الحديد ذو التأثير اللوني القوي الذي تحرر من الجسم واستقر على السطح مما اثر في البلورات الملونة وهذا ما اظهرته نتائج الفحص الميكروسكوبي للعينات (9) و(8) و(6) والذي ظهر على شكل بقع حمراء.

## 5- الفصل الخامس

### 1.5. الاستنتاجات:

1. يمكن تلوين بلورة الالومينا باستخدام الاكاسيد الانتقالية
2. من الممكن انتاج صبغات لونية وبدرجات مختلفة للصبغة اللونية الواحدة.
3. يمكن استخدامها مع الزجاج الجاهز واعطاء نتائج لونية جيدة.
4. تعمل الصبغات اللونية المنتجة في جميع درجات الحرارة
5. ان الزيادة العالية لأوكسيد الكوبلت المستخدم في تلوين البلورة ساهم في رفع الشد السطحي والكثافة للزجاج كون ان الاوكسيدين المستخدمان في انتاج الصبغة لهما درجة انصار عالية
6. ان الصبغة المنتجة من تلوين بلورة الالومينا اعطت لون صريح خالي من الشوائب في درجات الحرارة الواطئة

### 2.5. التوصيات:

1. يوصي الباحث باستخدام بطانة بيضاء تحت الزجاج لضمان الحصول على الوان صريحة خالية من الشوائب المتحررة من الجسم الفخاري
2. تلوين بلورة الالومينا بدرجة حرارة اعلى من 1300مْ لضمان تغليف البلورة بشكل افضل وبالتالي الحصول على الوان اغمق
3. عدم تطبيق خلطة الزجاج بسمك اقل من (1 ملم) على الجسم الفخاري في درجات الحرارة العالية لأنه يوثر على النتائج اللونية بسبب الاكاسيد الملونة الموجودة في الاجسام الفخارية.

### 3.5. المقترحات:

1. انتاج صبغات لونية باستخدام بلورة السليكا
2. انتاج صبغات لونية باستخدام بلورات مختلفة

**CONFLICT OF INTERESTS**

**There are no conflicts of interest**

## المصادر والمراجع

**[1]**Lewis, R.J. Sr.; Hawley's Condensed Chemical Dictionary,15th Edition, Inc. New York, NY 2007.p49-51.

**[2]**Cooper & Derekroyle; " Glazes For the Studio Potters", B.T. Bast Ford, Lted, London, 1978.p64.

**[3]**Mcmillan, P. W.: Glass-Ceramics Academic Press, London and New York, 1964.p14.

**[4]**Fortuna, D. : Sanitary ware Glaze, Italy, 2000.p74.

**[5]**الزمزمي، معتصم عبد الله ومفتاح علي الشيباني: تكنلوجيا السيراميك (المواد الخام)، مكتبة طرابلس العلمية العالمية، ليبيا، 1988.ص84.

**[6]**إلهيتي، معاذ خليل: التأثيرات اللونية لمركبات الكروم في تزجيج الرصاص، رسالة ماجستير غير منشوره، جامعة بغداد، 1989. ص39.

**[7]**Singer, F., Singer: Industrial Ceramic, New York, 1963.p539.

**[8]**البدري، علي حيدر صالح: التقنيات العلمية لفن الخزف والتزجيج والتلوين، ط1 ج2،3، الأردن، 2002. ص 197-192.