أثر دورة الحريق على الطلاءات الخزفية البلورية

Effect of Firing Cycle for crystalline Glazes

إعداد

د. محسن محمد الغندور

أستاذ الخزف المساعد بقسم التربية الفنية

كلية التربية النوعية – جامعة المنصورة

أثر دورة الحريق على الطلاءات الخزفية البلورية

Effect of Firing Cycle for crystalline Glazes

د. محسن محمد الغندور*

خلفية البحث:

تتعدد الطلاءات الزجاجية التي تُكسىَ بها الأسطح الخزفية ما بين اللامعة والمطفأة، الشفافة والمعتمة، البيضاء والملونة، الناعمة وذات الملامس، والطلاءات المختزلة وطلاءات الراكو والطلاءات الملحية والطلاءات البلورية.

والطلاءات البلورية "Crystalline Glazes" أو ما يطلق عليها الطلاءات الكريستالية تعد من أروع وأجمل الطلاءات الزجاجية التي يمكن أن نعالج بها الأسطح الخزفية، وقلما يستخدمها الخزافون، فهي تحتاج إلى معاملات خاصة سواءً في تركيبات خاصة لبنية الجسم، أو درجة الحريق الأول للجسم، أو في تركيب الطلاءات أو في طرق تطبيقها، أو سمك الطلاء، أو دورة حرقها الخاصة جداً والتي تختلف عن كل أنواع الطلاءات الأخرى، وجو الفرن، والدرجة القصوى للحريق، ودرجة تثبيت الحرارة وتشبع الحرارة....

والطلاءات البلورية هي طلاءات زجاجية خاصة تظهر بها بلورات واضحة ومتميزة في مصفوفة من الطلاء الزجاجي، البلورات الكلية الموجودة في الطلاءات البلورية تتشكل حول نواة أكسيد الزنك أو أكسيد التيتانيوم في الظروف المناسبة، بلورات وجزيئات السيليكا تبدأ في الترابط مع نواة الزنك، هذه الروابط الجزيئية تكون في ترتيبات محددة جداً، والبلورات تأخذ وقتا طويلاً لتتكون، ولكي يحدث ذلك يجب أن يظل الطلاء الزجاجي مصهوراً لفترة طويلة من الوقت، وعادة ما تتطلب جداول حريق الطلاءات البلورية فترة تشبع في نهاية درجة الحرارة، بالإضافة إلى تبريد مُتحكم فيه.

ويعتبر معظم الخزافين الطلاءات البلورية من أكبر تحديات الطلاءات الزجاجية، ويرجع ذلك إلى صعوبة الحصول عليها بنحو غير عادي وتستغرق وقتاً طويلاً لصياغتها وحرقها، فهي تتطلب اهتماماً دقيقاً بكل التفاصيل، فمعدل النجاح أقل بكثير لهذا النوع من الطلاءات الزجاجية، ففي كثير من الأحيان تكون أقل من ٥٠٪، فالبعض منها إما ذو الوان باهتة أو بدون بلورات أو مكسور.

ويمكن تحديد أربعة عوامل الأكثر أهمية للحصول على الطلاءات البلورية هي:١- مكونات الجسم الطيني ٢- مكونات الطلاء ٣- سمك طبقة التزجيج ٤- الجدول الزمني للحريق . وليس فقط على درجات حرارة حرق ونضج الطلاءات، ولكن سرعة التغيرات في درجات الحرارة، ومتى يمكن تثبيت درجات الحرارة في مدى معين[١]، فالعمليات الحرارية أمر بالغ الأهمية، فبضع درجات أكثر من اللازم سوف تتسبب في إفساد معظم الطلاء الزجاجي [٢].

وعملية الحريق (Firing) بالأفران هي مرحلة إنتاجية لازمة لتثبيت شكل المنتج وإكسابه الصلابة المناسبة للاستخدام بالنسبة للأجسام، بالإضافة إلى تحويل الطلاء الزجاجي (Glaze) وما يتصل به من ملونات إلى صورته النهائية من اللمعان والملمس الزجاجي، وتتم عملية حريق المنتج في الأفران بالارتفاع التدريجي لدرجات الحرارة حتى درجة الحريق القصوى المقررة (درجة النضج) وكذلك التبريد المتدرج، وخلال عملية الحريق تتم عدة متغيرات في جسم الشكل أو الطلاء الزجاجي وفق درجة الحرارة المحيطة.

* أستاذ الخزف المساعد بقسم التربية الفنية – كلية التربية النوعية – جامعة المنصورة .

ودورة حريق (Firing Cycle) أو الجدول الزمني للحريق (Firing schedule) أو معدلات الحريق (Firing Rates) أو برنامج الحريق بصفة عامة هي المراحل التي تلي رص الأشكال في الفرن بدءاً من تشغيل الفرن وحتى نضح الأشكال الفخارية اذا كان حرقا أولياً مروراً بمرحلة التعليل وحتى برودة الأشكال وإخراجها، أو بدءاً من تشغيل الفرن وحتى نضح الطلاءات الزجاجية ثم برودتها إلى درجة حرارة الغرفة.

أما دورة حريق الطلاءات البلورية (Firing Cycle for crystalline Glazes) فهي المرحلة التي تلي رص الأشكال في الفرن والمحروقة أولياً ومطبق عليها طلاء زجاجي خاص، وتبدأ من تشغيل الفرن وحتى نضح الطلاءات ثم التحكم في تخفيض أو تثبيت أو رفع درجات الحرارة فترات زمنية معينة ببطء أو بسرعة لتسمح بنمو البلورات في الطلاءات، ثم ترك الأشكال لتبرد تدريجياً إلى درجة حرارة الغرفة ثم يتم إخراجها.

مشكلة البحث:

من خلال متابعة الباحث لما يتم عرضه على الساحة الفنية في مصر والوطن العربي من أعمال خزفية، لاحظ الباحث عدم وجود الطلاءات الزجاجية البلورية لمعالجة الأشكال الخزفية إلا نادراً ، وعزوف معظم الخزافين من التعرض لها ، علاوة على محاولات الباحث الكثيرة للحصول على الطلاءات البلورية والتي لم يحالف معظمها النجاح ، مما دفع الباحث لإجراء هذا البحث وفق خطوات علمية محددة ، بداية من الاطلاع على الدراسات العلمية في هذا الموضوع على المستوى العالمي، لكشف غموض إجراءات الحصول على هذه الطلاءات ، وتوضيح المبهم منها الواحدة تلو الأخرى، بدءاً من اتباع الخطوات بشكل صحيح من خلطة الجسم أو مكونات الطلاء وطرق التطبيق، لكن كانت العقبة الأكبر هي كيفية الحريق المناسبة لتلك التقنية فإذا لم يتم تحديد جدول حريق مناسب فقد لا تظهر البلورات ، وهنا تتجسد مشكلة البحث في محاولة تحديد برامج دورة الحريق الصحيحة للحصول على الطلاءات البلورية ؟ وتتفرع منها الأسئلة التالية:

١- ماهي برامج دورة الحريق المناسبة لظهور البلورات في الطلاءات الزجاجية ؟

٢- ما هو دور برامج دورة الحريق في تعزيز نمو الطلاءات البلورية ؟

٣ - ما مدي الاستفادة من برامج دورة حريق الطلاءات البلورية ؟

٤ - إلى أي مدي يمكن التحكم في برامج دورة حريق الطلاءات البلورية ؟

فروض البحث:

يفترض الباحث ما يلي:

١- يمكن تصميم برامج لدورات حريق الطلاءات البلورية.

٢- يمكن أن تعزز برامج دورة الحريق التي يتم التوصل إليها في نمو البلورات في الطلاءات البلورية.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

١- إلقاء الضوء على الطلاءات البلورية كنوع مميز من الطلاءات الزجاجية.

٢- تصميم برامج لدورة الحريق تسهم في الحصول على الطلاءات البلورية لصعوبة الحصول عليها بالطرق التقليدية للحريق.

٣- تبسيط هذا النوع من الطلاءات ليتمكن كل من دارسي الخزف والفنان ممارسته من خلال التحكم في دورات الحريق.

حدود البحث:

- تقتصر التجربة البحثية على التجريب في دورات حريق الطلاءات البلورية بشكل أساسي مع مراعاة اعتبارات خامة التشكيل ومكونات الطلاءات الزجاجية لظهور البلورات.

الخامات المستخدمة في البحث وهى:

- مواد لخلطات تشكيل الأجسام: طين كاولين– طين بولكلي – سيليكا ناعمة – كربونات كالسيوم.
- مواد أخرى: كربونات صوديوم، سيليكات صوديوم مائية، ماء، جبس
- أكاسيد فلزية وصبغات ملونة حرارية (أكسيد زنك – أكسيد تيتانيوم – أكسيد حديد – أكسيد منجنيز – أكسيد وكربونات كوبالت – أكسيد وكربونات نحاس – أكسيد نيكل – أكسيد كادميوم – كربونات ليثيوم).

الأدوات المستخدمة في البحث وهى:

- أدوات تشكيل خزفي (دفر خشب – دفر سلك – مضارب – نشابة – سكاكين قطع)
- قوالب صب لبعض الأشكال الخزفية من إعداد الباحث.
- أوعية مختلفة المقاسات ومناخل.
- ميزان حساس دقة ٠,٠١ جم للطلاءات، ميزان حساس دقة ١ جم للخلطات الطينية.
- فرن كهربي مجهز بلوحة تحكم رقمية (Digital).
- أطباق صغيرة من إعداد الباحث من خلطات حرارية توضع تحت الأشكال لاستقبال الطلاءات الزائدة السيالة أثناء الحريق.

منهجية البحث:

لتنفيذ هذا البحث وتحقيق أهدافه يتم استخدام منهجان:

الأول: المنهج الوصفي (وذلك فيما يتعلق بالإطار النظري للبحث)

الثاني: المنهج التجريبي (وذلك فيما يتعلق بالجانب التطبيقي للبحث)

الإطار النظري البحث:

الطلاء الزجاج البلوري

أولاً لابد أن نعرف ماهي البلورة؟ البلورة تحتوي على صفوفاً من الذرات المتجمعة والمرتبة بشكل دوري مكونة تشكيلة، فيكون تركيبها عبارة عن تكرار نموذج أو خلية وحدة تملك نوعاً من التماثل ثلاثية الأبعاد، هذه الدورية في المواد المتبلورة تدعى ترتيب طويل المدى بهذه الدورية في أبعادها الثلاثة وتحتفظ البلورة التامة والى ما لا نهاية لكل محور.

وفي علم المعادن وعلم البلورات يطلق مصطلح البنية البلورية على الترتيب الفريد للذرات في البلورة، وتتكون البنية البلورية من مجموعة من الذرات مرتبة بطريقة معينة في الشبكة البلورية، ومن الممكن تخيل وحدات البنية البلورية على أنها مجموعات من الذرات على شكل صناديق صغيرة تسمى الخلايا، وبتكرار هذه الخلايا تتشكل البلورة العينية[٣].

والطلاءات البلورية هي تلك الطلاءات التي تظهر فيها بلورات داخل الطلاء الزجاجي، وغالبا ما تنمو في درجة حرارة عالية جداً على شكل بقع دقيقة في الطلاء الزجاجي تسمى (البذور أو النواة) تتكون بشكل عشوائي في الطلاء الزجاجي، ويتم حرق وتسوية الطلاء الزجاجي لأول مرة إلى درجة حرارة أكثر من ١٢٠٠°م لإذابة جميع المكونات، ثم يتم تبريده إلى درجة حرارة نمو البلورات التي تكون غالبا أقل من الدرجة القصوى بـ ١٠٠: ١٥٠ °م، حيث تبدأ البلورات في النمو على النواة، وكلما طالت مدة التزجيج عند هذه الدرجة كلما ازداد حجم البلورات.

وبسبب تكوين الطلاءات البلورية غير المألوف ودورة الحريق الغير عادية، فمن الصعب إلى حد ما إنتاجها، لذا ينبغي تصنيفها على أنها من الطلاءات الزجاجية الخاصة جداً، فوجود البلورات الجميلة على جانبي الإناء تكون مثيرة للاهتمام، على الرغم من أن مثل هذه البلورات قد تساهم في معظم الحالات في تقليل قدر الأهمية الوظيفية للقطعة رغم جمالياتها الفائقة [٤].

ويرجع تاريخ اكتشاف الطلاءات البلورية إلى الصين باعتبار أن لها السبق في مجال الخزف، وتوافر الكاولين والطينات الحرارية البيضاء الأكثر شيوعاً في الصين من أي مكان آخر، ومع الإضافات المناسبة إلى الطين وللوصول إلى ارتفاع درجات الحرارة في الأفران الخاصة بهم. كانوا قادرين على تحقيق صلابة الفخار الصيني ذو البياض والشفافية، ويعتقد الكثيرون أن صناعة الطلاء البلوري لأول مرة في (Orient) خلال عهد أسرة سونج (٩٦٠– ١٢٧٩م) مع ظهور طلاءات (tenmoku) وهي طلاءات غنية بأكسيد الحديد تحتوي على بلورات متناهية الصغر، وصفت بأنها تشبه " فرو الأرنب البري "، ويعتقد أنها اكتشفت بشكل غير مقصود، ربما الخزاف كان يحاول إطالة فترة التبريد للفرن فظهرت البلورات بطريق الخطأ[٥].

ولم يحدث استخدام البورسلين في أوروبا إلا بعد اكتشاف الكاولين في فرنسا عام ١٧٦٨م، ومع إدخال البورسلين أصبحت التشكيلات الخزفية أكثر دقة، وتم تطوير الطلاءات الزجاجي لأن الطين أمكن حرقه في درجات حرارة عالية، والطلاءات البلورية بدأت في الظهور في القرن التاسع عشر في أوروبا، وكان من المعروف لسنوات أن الطلاء الزجاجي مع مزيد من أكسيد الزنك من شأنه أن ينتج بلورات، اعتبرت هذه البلورات في ذلك الوقت من عيوب الطلاء الزجاجي، فمعظم الأدوات المنتجة حتى منتصف القرن ١٩ كانت مزخرفة بلوحات الزهور أو الحيوانات وعدد لا يحصى من الكائنات الأخرى، ففي عام ١٨٠٠م أصبح " Alexandre Brongniart" مدير مصنع سيفريس الوطني للبورسلين في فرنسا، حيث نجح في تصنيع الخزف الأوروبي، وتبعه "Ebelman " الذي ترأس المصنع من ١٨٤٧م، وفي عام ١٨٥٠م أنتج بعض التزجيجات البلورية، وفي عام ١٨٨٥م استطاع اثنان من الكيمائيين بالمصنع " Charles Lauth & G. Dutailly " من إنتاج فنجان بالطلاء البلوري، ويعد هذا التاريخ الموثق لبدايات علم البلورية في سيفريس، ولم يبدأ المصنع رسمياً إنتاج الطلاءات البلورية حتى عام ١٨٩٧م، وانضم " Taxile Doat " لمصنع سيفريس في عام ١٨٧٩م حيث كان يعمل بأسلوب أكاديمي لكنه جرب أيضاً الطلاءات البلورية في عام ١٩٠٥م، ثم هاجر إلى أمريكا في عام ١٩٠٧م للعمل في مدينة الفخار الجامعية في سانت عندما اكتشف "lauth & Dutailly " رواسب الكريستال في الطلاءات المصنعة مع سيليكات الزنك وثاني أكسيد التيتانيوم، وفي مصنع الخزف الملكي كوبنهاجن في الدنمارك "Adolphe Clement " وبدأ تجريب سيليكات الزنك في الطلاءات الزجاجية، وفي عام ١٨٨٦م تبرع بأمثلة من البلورات التي حققها في المصنع إلى متحف التعدين في المدينة، وفي عام ١٨٩٨م نشر نتائجه من العمل في الطلاءات البلورية في تقرير إلى المؤتمر للكيمياء التطبيقية في فيينا، وفي برلين أصبح " Albert Heineche" رئيس معهد البحوث التقنية ١٨٧٨م وبدأ التركيز على الطلاءات البلورية، وفي عام ١٨٩٨م أيضاً استطاع " Wilhelm Pukall " من مصنع (بونسلان) الملكي الذي كان أيضاً رئيس كلية السيراميك الملكية الحصول على الطلاءات البلورية ونشر نتائجه في عام ١٩٠٨م في (ميسن ألمانيا)، وتم إنتاج الطلاءات البلورية لأول مرة بشكل تجاري في عام ١٨٩٨م وعرض في معرض باريس عام ١٩٠٠م، وفي مطلع القرن العشرين بدأ مصنع الخزف (روستراند) في السويد إنتاج أشكال على الطراز الياباني مصنوعة من الخزف والأواني الفخارية مزججة بالطلاءات البلورية [٦].

وفي الولايات المتحدة أنشأت جامعة ألفريد في نيويورك عام ١٩٠٠م كلية لأشغال الطين والخزف ، وبدأت "Adelaide Alsop Robineau " من سيراكيوز في نيويورك تجربة الطلاءات الزجاجية البلورية خلال أوائل القرن العشرين حتى وفاتها في عام ١٩٢٨ م باستخدام وصفات خلطات من سيفر وصنع وصفاتها الخاصة ، وأنتجت هي وزوجها مجلة ناقشت تقنيات الطلاءات الزجاجية المختلفة ونشروا وصفات زجاجية بلورية.

وفي عام ١٩٣١ درس "Herbert Sanders " في جامعة ولاية أوهايو حيث حصل على الدكتوراه ، وقام بتطوير أول طلاء بلوري له، وعمل معلماً وباحثاً وكتب كتاباً بعنوان " Glazes for Special Effects " ، يحتوي على فصلين من الفصول حول الطلاءات الزجاجية البلورية ، وتتلمذ لديه "Marc Hansen " وقام بتطوير بعض الطلاءات الزجاجية البلورية الرائعة ، واصبح باحثًا ومعلمًا وصاغ طلاءات مصهورة خاصة.

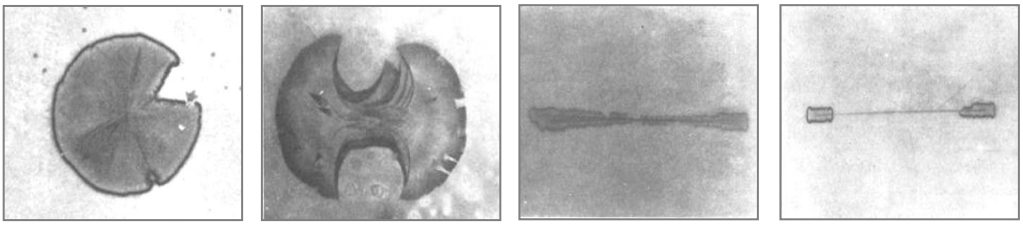
كان " David Snair " أحد طلاب " Marc Hansen " وتخرج من جامعة ولاية أوهايو، وفي عام ١٩٧٥ كتب مقالاً نُشر في مجلة سيراميك الشهرية تحت عنوان " Making and Firing Crystalline Glazes ". وكان هذا أول بحث يتعرض للطلاءات البلورية بشكل مباشر، في عام ١٩٩٣ قام " Derek Clarkson " وهو خزاف بريطاني بتنظيم معرض للطلاءات البلورية في معرض مانشستر للفن في إنجلترا، وظهرت القطع البلورية التاريخية مع الأعمال المعاصرة للخزافين من إنجلترا وأوروبا والولايات المتحدة وكندا واليابان، وفي عام ١٩٩٧ نشر أول كتاب يتناول بشكل خاص الطلاءات البلورية بعنوان "Crystalline Glazes Ceramics handbooks" ومنذ ذلك الحين نُشرت العديد من المؤلفات المكتوبة حول هذا الموضوع وتزايد الاهتمام به باستمرار[٧].

كيف تنمو البلورات؟

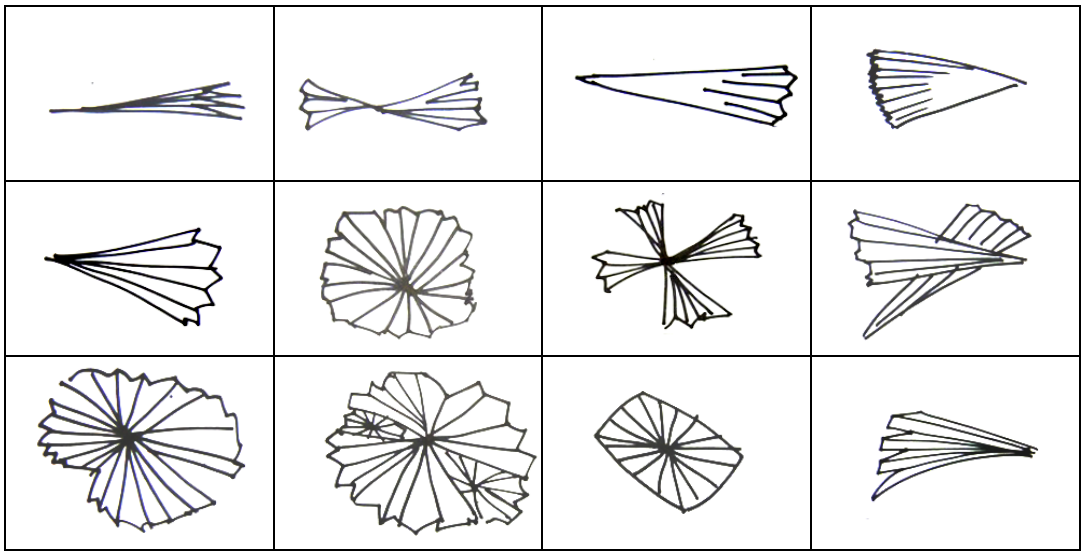
تطوير بعض البلورات المرجوة مشروطة باستخدام بعض النظم التي تسهل عمليات التبلور ونمو البلورات، وأيضا من خلال تطبيق شروط المعالجة الحرارية المواتية، إضافة إلى مساعدات الصهر المناسبة، ومعدل التبريد وسمك طبقة الطلاء لها تأثير محدد على عمليات التبلور[٨].

فالتبلور ينتج من الاصطفاف المنتظم مثل الذرات أو الجزيئات مع العلاقة مع بعضها البعض، والنتيجة هي عادة شكل مميز مع وجوه مسطحة، والطلاءات البلورية عادة ما تنتج من سيليكات الزنك، على الرغم من مواد مثل أكسيد التيتانيوم يمكن أن تنتج بلورات في الطلاء، وأيضاً سيليكات الكالسيوم والموليبديوم وبعض الخامات الأخرى[٩]، والباحث استخدم في البحث الحالي الزنك بشكل أساسي لإنتاج البلورات في الطلاءات واحياناً أكسيد التيتانيوم مع بعض المواد المحفزة التي ستوضح في التجربة العملية للبحث.

وهناك نوعان رئيسيان من البلورات الموجودة في الطلاءات: البلورية الدقيقة أو الجزئية (Micro crystalline)، والبلورية الكلية أو الكاملة (Macro crystalline)، وتحتوي الطلاءات البلورية الدقيقة على بلورات غير مرئية للعين المجردة وتوجد عادة في الطلاءات المعتمة والغير لامعة (المطفية)، أما الطلاءات البلورية الكلية تحتوي على بلورات كبيرة بما فيه الكفاية لرؤيتها بالعين المجردة، وتحدث تشكيلات الكريستال في خطوتين: ترتب الذرات نفسها لتشكيل نواة ثم مجموعات إضافية من الذرات تعلق نفسها على النواة لزراعة الكريستال، والبذور البلورية عادة ما تكون بلورات سيليكات الزنك أو بلورات تيتانات الزنك إذا كان التيتانيوم موجود في الطلاء، البلورة الواحدة في الواقع تتكون من الآلاف من بلورات مثل إبرة التي تنمو من المركز نواة، وتتكرر هذه البلورات متفرعة بزاوية صغيرة مثل المروحة لتنتج إشكال تشبه الزهرة، ونمو البلورات يأخذ وضعه في دورة التبريد وتثبيت الحرارة هذه الفترة يجب أن توفر ما يكفي من الوقت لتشكيل البلورات التي تنجذب إلى بعضها البعض وترتيب ذاتياً في بلورات كبيرة ، يجب أن تثبت درجات الحرارة فترات طويلة وتكون عالية بما فيه الكفاية للسماح للبلورات في النمو والتحرك [١٠].



مراحل تكون البلورات في الطلاءات الزجاجية



بعض الهيئات التي يمكن أن تتشكل عليها البلورات في الطلاءات الزجاجية

ولبنية الجسم الخزفي الذي ستطبق عليه الطلاءات الزجاجية أهمية كبيرة " على الرغم من أن معظم الخزافين ربما لا يعطون لتكوين الجسم اهتماماً كبيراً، إذن لماذا تذكر بنية الجسم عند مناقشة الطلاءات البلورية؟ لأنه يمكن أن يكون لها تأثيراً بالغاً على تطور البلورات، وهذا يعني أن طلاء معين قد ينتج بلورات على جسم مشكل بنوع معين من الطين ولا ينتج على آخر، فقد تسبب بعض الطينات بظهور لون معين خلف الطلاء الذي غالباً ما يكون شفافاً، في حين أن الهيئات الأخرى سوف تسفر عن خلفية غير شفافة، كل هذا يرجع إلى حقيقة أن الطلاء يصهر جزء من الجسم حيث تكون درجة الحرارة عالية جداً، فبعض مكونات الجسم تنصهر ثم تتحد مع المكونات في الطلاء وتؤثر فيه "[١١]، لذا قام الباحث بعمل خلطات خاصة لطينات الجسم الخزفي من الكاولين والبولكلي والسيليكا وكربونات الكالسيوم كمبيض (موضح ذلك في التجربة العملية) للحصول على طينات فاتحة جداً من ناحية وكذلك تتحمل درجات حرارة العالية جداً فوق ١٢٠٠°م، التي تبدأ فيها أنوية الزنك في التكون كبذور لتكون بلورات سيلكات الزنك حول تلك الأنوية، لذ يجب تجنب الطينات الحمراء عالية الحديد مثل الطين الأسوانلي نظراً لعدم تحملها الحرارة العالية وكذلك تفاعل مكوناتها من حديد ومنجنير وعناصر أخرى كثيرة في تركيباتها مع الطلاءات في درجات الحرارة العالية فتفسد النتائج.

وعند الرغبة في تنفيذ الطلاءات البلورية نواجه بعض التحديات " فمن الصعب عمل الطلاءات البلورية لسببين رئيسيين:أولا– البلورات تنمو فقط في الطلاءات منخفضة الألومينا، مما يجعل هذه الطلاءات سيالة جداً عند انصهارها، وهذا هو التحدي الأكبر عند تطبيق الطلاءات البلورية، لذ لابد من السيطرة على تدفق الطلاءات حتى لا تصل لأرفف الفرن، ومن أجل احتواء الطلاء السيال يتم عمل وعاء خاص أسفل كل قطعة، وبعد الحرق يتم فصل الشكل الخزفي بعناية (مع بعض الصعوبة) من قاعدة الشكل[١٢].

والطلاءات الزجاجية البلورية تحتوي على نسبة منخفضة نسبيا من الألومينا وبعض المكونات الأخرى الزنك أو التيتانيوم التي تحفز تشكيل البلورات، وبطء معدل التبريد خلال انخفاض الحرارة يعزز التبلور، وتنتج العديد من الاختلافات من الطلاء البلورية اعتماداً على تراكيب خاصة[١٣]، وعادة ما تستخدم قاعدة طلاءات مصهورة مسبقة (frit)* عالية الصوديوم مع الألومينا المنخفضة، على الرغم من إمكانية استخدام مركبات أخرى

* الطلاء المصهور (frit) هو خلط المواد الكيميائية لمكونات الطلاء الزجاجي وصهرها معاً، ثم التبريد الفجائي في الماء فتتجمد وتتحطم، ثم نقوم بطحنها، والغرض من ذلك هو تحويل المواد القابلة للذوبان في الماء إلى غير قابلة للذوبان والاستقرار في تركيبات الطلاء.

مصهورة، مع مراعاة التحفظ على استخدام أكسيد البوتاسيوم أو أكسيد الكالسيوم بكميات قليلة لأنها تحول دون نمو البلورات، وتجنب استخدام مركبات البورون[١٤].

حرق وتسوية الطلاءات الزجاجية البلورية

حرق الطلاءات الزجاجية البلورية تتطلب جو مؤكسد كما يقلل الجو المختزل من نمو البلورات، كما تتطلب جدول خاص جداً لدورة الحريق، فعندما تصل درجة حرارة إلى ذروتها فوق١٢٠٠°م، فمن ثم نخفضها بأسرع وقت ممكن حوالى ١١٠٠: ١٠٥٠°م، وبالتالي الوصول إلى مرحلة نمو البلورات حيث يتم الحفاظ على درجة حرارة ثابتة عدة ساعات، هذه الحرارة المرتفعة تسمح للبلورات أن تنمو وتتطور داخل مصفوفة الطلاء الزجاجي[١٥].

اعتبارات التبريد (Cooling Considerations) في الطلاءات البلورية تتم من خلال تطوير البلورات المتكونة عندما يبرد الطلاء، فنمو هذه البلورات يعتمد على عدة عوامل ولكن بشكل خاص على معدل التبريد، فالتبريد السريع يمنع تطوير البلورات بسبب سرعة تصلب وتماسك الطلاء مما يعوق ويمنع ظهور البلورات، لذلك ينبغي تبريد جميع الطلاءات البلورية ببطء وذلك للسماح بوقت كاف لظهور ونمو البلورات المطلوبة وتأخذ وضعها[١٦].

المواد المؤثرة في الطلاءات البلورية

- **أكسيد الزنك** (ZnO)**:** ويميل أيضاً إلى إنتاج العتامة في الطلاءات الزجاجية العادية، ويؤدي إلى عدم لمعة الطلاء إذا تم استخدام الزنك بشكل مفرط، كما يعطي تشققات جميلة للطلاءات الزجاجية نظراً لأنه يعمل على اختلاف في معاملات التمدد بين الطلاءات والجسم الطيني، فيؤدي هذا التفاوت لشبكة من الشقوق لتظهر في الطلاء بعدما يبرد بعد حرقه وتسويته، إلا انه يسهم وبقوة في إثراء وتعزيز الطلاءات الزجاجية البلورية، لأنه يعد العامل الأساسي لتنمية تشكيلات البلورات أثناء التبريد[١٧]، ويرتبط الزنك ارتباطا وثيقا بالطلاءات البلورية الكلية ذات القواعد القلوية العالية، فالبلورات الكبيرة تأتي من مزيج من أكسيد الزنك مع السيليكا لتشكل سيليكات الزنك[١٨].
- **ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2):** يعطي الطلاء الزجاجي اللون الأبيض المعتم المطفئ في الجو المؤكسد، وغالباً ما يستخدم في طلاء الزجاج البلوري ليعطي اللون الذهبي المصفر، وفي الجو المختزل يعطي اللون الأزرق مع تأثير مزركش باللون الرمادي المشبع، ويمكن إضافة ٢:١٠٪.[١٩]
- **كربونات الليثيوم(Li_2CO_3):** مصدر الليثيوم في الطلاءات الزجاجية، وتستخدم في المقام الأول كمساعد للصهر في الطلاءات الزجاجية المنخفضة، ويمكن استخدامها بنسب قليلة في الطلاءات الزجاجية عالية الحرارة، وإضافته أيضا إلى الطلاءات الزجاجية يضيء لون الأكاسيد ويسمح مع المزيد من السيليكا والألومينا لزيادة صلابة الطلاءات [٢٠].

لكن يراعي النسب والكميات الصحيحة للمواد للحصول على بلورات كافية لتغطية سطح الطلاءات الزجاجية[٢١].

ومن خلال الدراسات النظرية السابقة يمكن أن نستخلص أهم العوامل في تنمية الطلاءات البلورية

١- سمك تطبيق الطلاء يجب أن يكون أكثر سمكا من المعتاد.

٢- يفضل رش الطلاء الزجاجي، ويمكن استخدام الفرشاة أو التغطيس أو السكب.

٣- يفضل استخدام الخلطات الجديدة أولا بأول.

٤- يفضل استخدام المركبات المصهورة (frit)، بدلا من المواد الخام.

٥- استخدام القواعد الصوديومية المصهورة (frit) أفضل من البوتاسومية أو الكالسيوم.

٦- استخدام المنجنيز أو الحديد بكميات أقل من ٢ ٪ يعزز بلورات أكبر.
٧- نسب استخدام الزنك يجب أن تتراوح ١٠: ٣٥ ٪.
٨- التيتانيوم يساهم في بلورات أصغر، ولكن موزعة بالتساوي ولا يزيد عن ١٠٪.
٩- يجب أن تكون الألومينا أقل من١٠٪.
١٠- يجب ألا تزيد نسب الإضافات الملونة عن ٨ % منفردة أو مجمعة.
١١- الحرق والتسوية السريعة مع التبريد البطيء وتثبيت الحرارة فترات طويلة للسماح بنمو البلورات.

ويفضل عدم استخدام أكسيد الكروم في الطلاءات البلورية، حيث تتحول للون البني في ظل وجود الزنك[٢٢]، كما أن بعض الألوان من الصعب أو من المستحيل الحصول عليها مع الطلاء الزجاجي البلوري وحدها، وللحصول على هذه الألوان تستخدم "بطانة حرارية" تحتوي على أقل من ٥٠٪ من الطين وتضاف الصبغات الحرارية لهذه البطانة لعمل الخلفيات الملونة، التي يتم تطبيق الطلاء الزجاجي البلوري فوقها، وتتركب البطانة حرارية من: ٣٠% كاولين نقي + ٣٠ % سيليكا + ٣٠ % فلسبار بوتاسومي + ١٠ % ألومينا.

الجانب التطبيقي للبحث:

أولاً: التجربة الاستكشافية:

قام الباحث بعمل تجربة استكشافية للوقوف على مدي إمكانية تنفيذ فكرة البحث كما يلى:

- **المرحلة الأولي:** عمل خلطة طينية للأجسام الخزفية تتحمل درجات الحرارة العالية تتكون من :(٥٠% كاولين + ٣٧,٥ بولكي + ١٢,٥ سيليكا) ويمكن إضافة ٥% مادة تبيض(Whiting) كربونات كالسيوم بالإضافة إلى مادة تشتت ٠,٥ % كربونات صوديوم + ٠,٥ % سيليكات صوديوم مائية في حالة الطينات الصب مع إضافة نسبة ٧٥% من الوزن الكلي للخلطة ماء.

وتحرق الخلطات بعد تشكيلها أو صبها أولياً عند درجة حرارة ١٠٠٠°م

- **المرحلة الثانية: إجراء تجربة استكشافية لاختيار خلطة الطلاء المناسبة للتنفيذ:**

- بعد الاطلاع على العديد من الدراسات والمراجع التي أجمعت على خصوصية خلطات الطلاءات البلورية والتي تعتمد أساساً على وجود نسبة ٥٠% من الخلطة طلاء مصهورة(frit) ذو قاعدة قلوية، أما ٥٠% الأخرى هي مراوحة في النسب بين أكسيد الزنك والسيليكا، ويمكن إضافة بعض المواد المحفزة مثل كربونات الليثيوم أو أكسيد التيتانيوم.

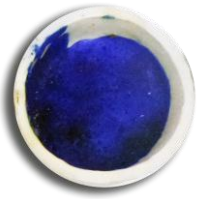
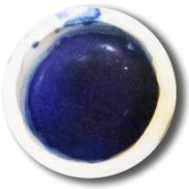
القاعدة القلوية تتكون من: ٦٩.٨٪ السيليكا + ١٥.٣٪ أكسيد الصوديوم + ٦.٣٪ أكسيد الكالسيوم + ٣.٧٪ أكسيد الألومنيوم + ٢.٦٪ أكسيد البورون + ٢.٣٪أكسيد البوتاسيوم.

ثم قام الباحث بعمل (٥) خلطات للوصول لأفضل النسب للحصول على الطلاءات البلورية بتغيير النسب بين كل من أكسيد الزنك والسيليكا مع تثبيت خلطة القاعدة القلوية الأساسية عند ٥٠% وأكسيد كوبالت كملون بنسبة٠,٥% وفق الجدول التالي:

خلطة رقم	خلطة القاعدة القلوية الأساسية	أكسيد الزنك	السيليكا
١	% ٥٠	% ٣٥	% ١٥
٢	% ٥٠	% ٣٠	% ٢٠
٣	% ٥٠	% ٢٥	% ٢٥
٤	% ٥٠	% ٢٠	% ٣٠
٥	% ٥٠	% ١٥	% ٣٥

- إعداد مجموعة من الأطباق الدائرية بقطر ٦ سم تقريباً لكن بحافة أو جانب مرتفع حوالي ١سم، حتي تحصر الطلاءات بداخلها لأنها غالباً ما تكون سيالة ومنزلقة بشكل كبير.

- تطبيق خلطات الطلاءات الزجاجية الخمسة السابقة على الأطباق الخزفية وحرقها عند درجة حرارة ١٢٠٠°م ثم تثبيت درجة الحرارة لمدة نصف ساعة وبعدها يترك الفرن ليبرد حتى درجة ١١٠٠°م ثم تثبيت درجة الحرارة لمدة ٥ ساعات ثم ترك الفرن ليبرد بشكل طبيعي.

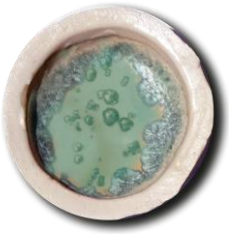
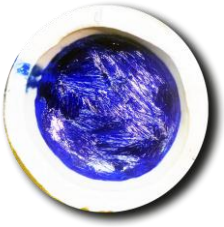
				
نتيجة خلطة ملونة رقم (١)	نتيجة خلطة ملونة رقم (٢)	نتيجة خلطة ملونة رقم (٣)	نتيجة خلطة ملونة رقم (٤)	نتيجة خلطة ملونة رقم (٥)

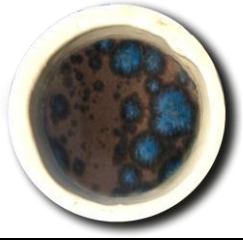
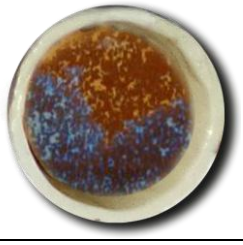
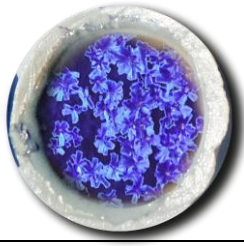
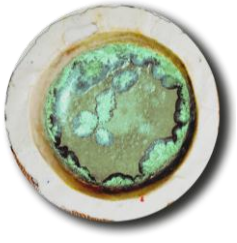
- النتيجة: معظم الخلطات أنتجت طلاءات بلورية، مع ملاحظة عند زيادة محتوى السيليكا تزداد فرص الحصول على البلورات، وكانت أفضل الخلطات الخلطة رقم (٣) لذا استخدمها الباحث في إجراء جميع التطبيقات التالية.

- **المرحلة الثالثة: إجراء تجربة استكشافية لتأثير المواد الملونة علي الخلطة المختارة:**

- قام الباحث بإضافة الأكاسيد الملونة للخطة المختارة رقم (٣) للحصول على تنويعات لونية مختلفة

نتائج التجربة الاستكشافية:

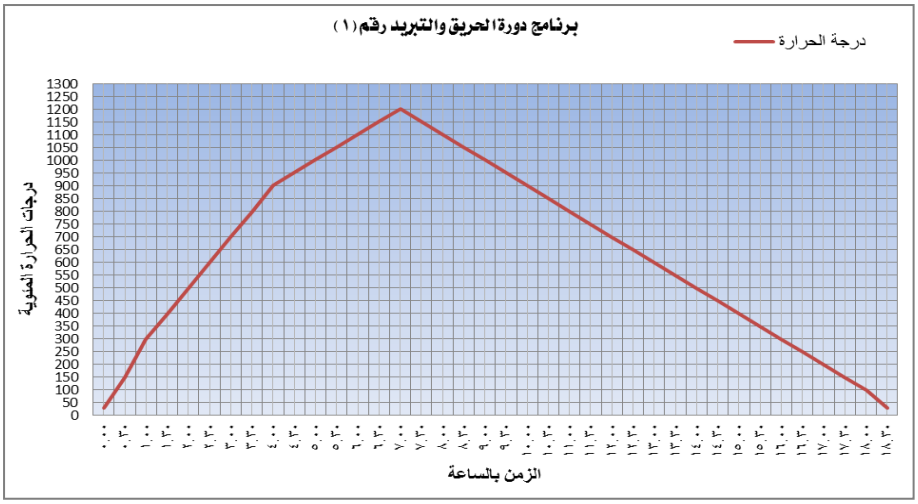
			
نتيجة خلطة ملونة رقم (١) خلطة أساسية رقم ٣ + ٥٪ كربونات نحاس	نتيجة خلطة ملونة رقم (٢) خلطة أساسية رقم ٣ + ٣٪ أكسيد نحاس	نتيجة خلطة ملونة رقم (٣) خلطة أساسية رقم ٣ + ١٪ كربونات كوبالت	نتيجة خلطة ملونة رقم (٤) خلطة أساسية رقم ٣ + ٠,٥٪ أكسيد كوبالت
النتيجة: بلورات باللون الأخضر	النتيجة: بلورات باللون الأخضر الداكن	النتيجة: بلورات باللون الأزرق	النتيجة: بلورات باللون الأزرق الداكن
نتيجة خلطة ملونة رقم (٥) خلطة أساسية رقم ٣ + ٤٪ أكسيد حديد	نتيجة خلطة ملونة رقم (٦) خلطة أساسية رقم ٣ + ٤٪ أكسيد منجنيز	نتيجة خلطة ملونة رقم (٧) خلطة أساسية رقم ٣ + ٣٪ أكسيد نحاس + ٤٪ أكسيد منجنيز	نتيجة خلطة ملونة رقم (٨) خلطة أساسية رقم ٣ + ٣٪ أكسيد نحاس + ٤٪ أكسيد حديد
النتيجة: بلورات باللون الأصفر الداكن	النتيجة: بلورات باللون البني	النتيجة: بلورات باللون الأخضر على خلفية بيج	النتيجة: بلورات متدرجة باللون البني والأخضر الفاتح

			
نتيجة خلطة ملونة رقم (٩) **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٠,٥٪ أكسيد كوبالت + ٤ ٪ أكسيد نحاس**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١٠)** **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ١٪ كربونات كوبالت + ٤ ٪ أكسيد منجنيز**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١١)** **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ١٪ كربونات كوبالت + ٤٪ أكسيد حديد**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١٢)** **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٣٪ أكسيد حديد + ٤ ٪ أكسيد منجنيز**
النتيجة : بلورات متدرجة باللون الأخضر المزرق	**النتيجة : بلورات باللون الازرق على خلفية بني**	**النتيجة : بلورات باللون الأزرق على خلفية اصفر داكن**	**النتيجة : بلورات باللون الازرق على خلفية بني**
			
نتيجة خلطة ملونة رقم (١٣) **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٣٪ أكسيد النيكل**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١٤)** **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٣٪أكسيد النيكل+ ٣٪ أكسيد نحاس**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١٥)** **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٣٪أكسيد النيكل+ ٠,٥٪ أكسيد كوبالت**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١٦)** **خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٥٪ كربونات ليثيوم + ٠,٥٪ أكسيد كوبالت**
النتيجة : بلورات باللون الأخضر الزيتوني على خلفية فاتحة	**النتيجة : بلورات باللون الأخضر الداكن على خلفية فاتحة**	**النتيجة : بلورات باللون الأخضر المزرق على خلفية فاتحة**	**النتيجة : بلورات بتدريجات باللون الازرق على خلفية فاتحة**
			
نتيجة خلطة ملونة رقم (١٧)	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١٨)**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (١٩)**	**نتيجة خلطة ملونة رقم (٢٠)**
خلطة أساسية رقم ٣ **+ ٥٪ كربونات ليثيوم ٣٪ أكسيد نحاس**	**خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٤٪أكسيد أنتيمون**	**خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٨٪أكسيد تيتانيوم**	**خلطة أساسية رقم ٣** **+ ٥٪ كربونات ليثيوم**
النتيجة : بلورات باللون الأخضر الفاتح على خلفية فاتحة	**النتيجة : بلورات باللون البيج الفاتح**	**النتيجة : بلورات باللون ا لذهبي المصفر**	**النتيجة : بلورات باللون الأبيض وتدرجات للرمادي الفاتح**

- **المرحلة الرابعة: إجراءات تطبيق برامج دورات الحريق**

بعدما قام الباحث بعمل خلطات الجسم المناسبة واختبار الخلطات التي يمكن أن تعطي تأثيرات بلورية، قام الباحث بالتجريب في المرحلة الأهم في البحث الحالي وهي برامج دورات الحريق وفق الخطوات التالية:

١. إعداد قوالب من الجبس لبعض الأشكال الخزفية سابقة التجهيز.
٢. إعداد خلطة طين الصب التي سبق الإشارة إلى تركيبها.
٣. استنساخ عدد (٧) أشكال طينية ارتفاع ٢١ سم بالصب في القوالب، وإخراجها وتهذيبها من الزوائد.
٤. حرق الأشكال حريقاً أولياً عند ١٠٠٠°م.
٥. تجهيز خلطة الطلاء الزجاجي رقم (٣) وإضافة ٠,٥% كربونات الكوبالت وتطبيقها على الأشكال السبعة بنفس الكيفية بتقنية الرش.
٦. حرق كل شكل من الأشكال السبعة وفق برنامج حريق مختلف كما يلي:



التجربة الأولى: تم عمل شكل من نفس الخلطة الطينية الفاتحة إعداد الباحث، وحرقه حريقا أولياً عند ١٠٠٠°م، وتطبيق نفس خلطة طلاء زجاجي رقم(٣) مع كربونات الكوبالت، ثم حرقه مرة أخرى وفق دورة حريق رقم (١) كالتالي:

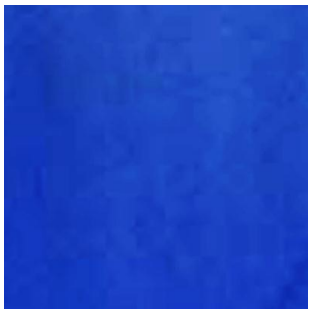
مراحل برنامج دورة حريق رقم (١)

١. من درجة حرارة الغرفة إلى ١٢٠٠ °م خلال ٧ ساعات.

٢. التبريد الطبيعي إلى درجة حرارة الغرفة (٢٥°م ± ٥°م) خلال ١١ ساعة ونصف

٣. إجمالي زمن دورة الحريق ١٨ ساعة ونصف، وكانت النتيجة كما يلي:

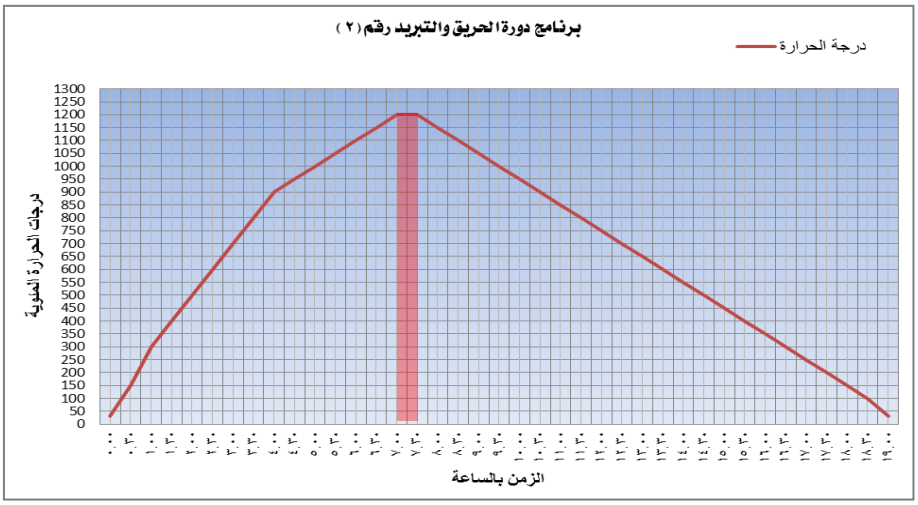
شكل رقم (١)



صورة (أ) قطاع من الشكل

خلطة طلاء كريستالي رقم(٣)+ ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ كربونات ليثيوم

النتيجة: نضجت الطلاءات الزجاجية وكانت سيالة بشكل كبير، وظهر الطلاء شفاف بلون ازرق، إلا أنها لم تظهر بها أي بلورات، كما تظهر في صورة (أ) التي تمثل قطاعاً من الشكل.



التجربة الثانية: تم عمل شكل من نفس الخلطة الطينية الفاتحة إعداد الباحث، وحرقه حريقا أولياً عند ١٠٠٠°م، وتطبيق نفس خلطة طلاء زجاجي رقم(٣) مع كربونات الكوبالت، ثم حرقه مرة أخرى وفق دورة حريق رقم (٢) كالتالي:

مراحل برنامج دورة حريق رقم (٢)

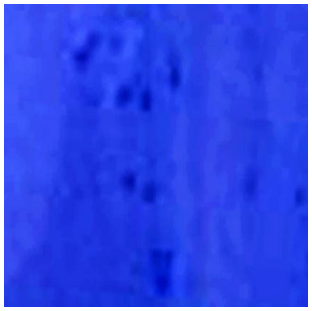
١. من درجة حرارة الغرفة إلى ١٢٠٠ °م خلال ٧ ساعات.

٢. تثبيت الحرارة عند ١٢٠٠ °م لمدة ٣٠ دقيقة.

٣. التبريد الطبيعي إلى درجة حرارة الغرفة (٢٥°م ± ٥°م) خلال ١١ ساعة ونصف

٤. إجمالي زمن دورة الحريق ١٩ ساعة، وكانت النتيجة كما يلي:

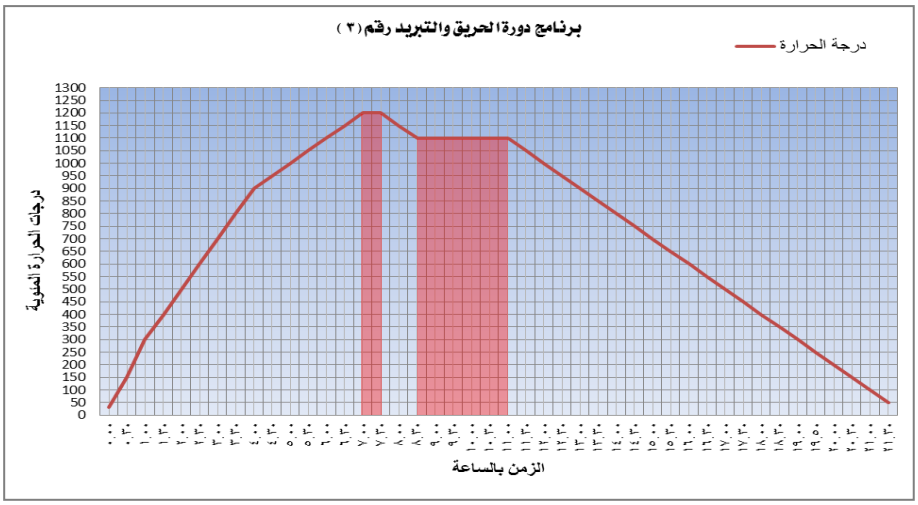
شكل رقم (٢)



صورة (أ) قطاع من الشكل

خلطة طلاء كريستالي رقم(٣)+ ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ كربونات ليثيوم

النتيجة: نضجت الطلاءات الزجاجية وكانت سيالة بشكل كبير، وظهر الطلاء شفاف بلون ازرق، مع ظهور بعض بلورات قليلة العدد وصغيرة جداً، كما تظهر في صورة (أ) التي تمثل قطاعاً من الشكل.

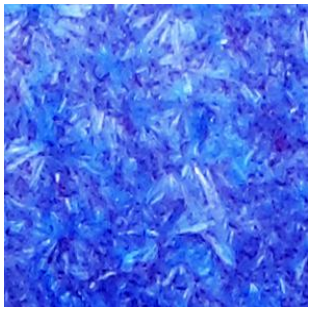


التجربة الثالثة: تم عمل شكل من نفس الخلطة الطينية الفاتحة إعداد الباحث، وحرقه حريقا أولياً عند ١٠٠٠°م، وتطبيق نفس خلطة طلاء زجاجي رقم(٣) مع كربونات الكوبالت، ثم حرقه مرة أخرى وفق دورة حريق رقم (٣) كالتالي:

مراحل برنامج دورة حريق رقم (٣)

١. من درجة حرارة الغرفة إلى ١٢٠٠°م في ٧ ساعات.
٢. تثبيت الحرارة عند ١٢٠٠°م لمدة ٣٠ دقيقة.
٣. تبريد إلى ١١٠٠°م خلال ساعة.
٤. تثبيت الحرارة عند ١١٠٠°م لمدة ساعتين ونصف.
٥. التبريد الطبيعي إلى درجة حرارة الغرفة (٢٥°م ± ٥°م) خلال ١٠ ساعات ونصف.
٦. إجمالي زمن دورة الحريق ٢١ ساعة ونصف، وكانت النتيجة كما يلي:

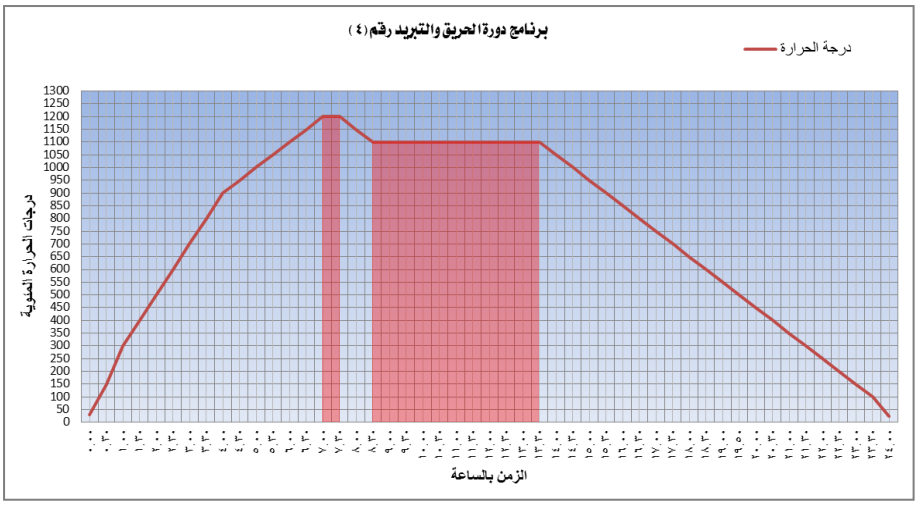
شكل رقم (٣)



صورة (أ) قطاع من الشكل

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣) + ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ كربونات ليثيوم

النتيجة: نضجت الطلاءات الزجاجية وكانت سيالة بشكل كبير مع ظهور المزيد من البلورات باللون الأزرق الصغيرة الحجم ومتساوية وموزعة بشكل منتظم تقريباً، كما تظهر في صورة (أ) التي تمثل قطاعاً من الشكل.

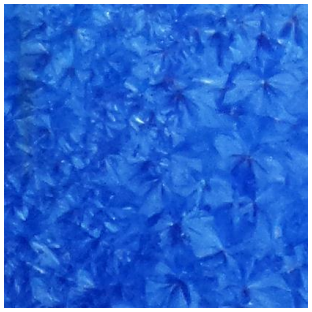


التجربة الرابعة: تم عمل شكل من نفس الخلطة الطينية الفاتحة إعداد الباحث، وحرقه حريقا أولياً عند ١٠٠٠°م، وتطبيق نفس خلطة طلاء زجاجي رقم(٣) مع كربونات الكوبالت، ثم حرقه مرة أخرى وفق دورة حريق رقم (٤) كالتالي:

مراحل برنامج دورة حريق رقم (٤)

١. من درجة حرارة الغرفة إلى ١٢٠٠°م في ٧ ساعات.
٢. تثبيت الحرارة عند ١٢٠٠°م لمدة ٣٠ دقيقة.
٣. تبريد إلى ١١٠٠°م خلال ساعة.
٤. تثبيت الحرارة عند ١١٠٠°م لمدة ٥ ساعات.
٥. التبريد الطبيعي إلى درجة حرارة الغرفة (٢٥°م ± ٥°م) خلال ١٠ ساعات ونصف.
٦. إجمالي زمن دورة الحريق ٢٤ ساعة، وكانت النتيجة كما يلي:

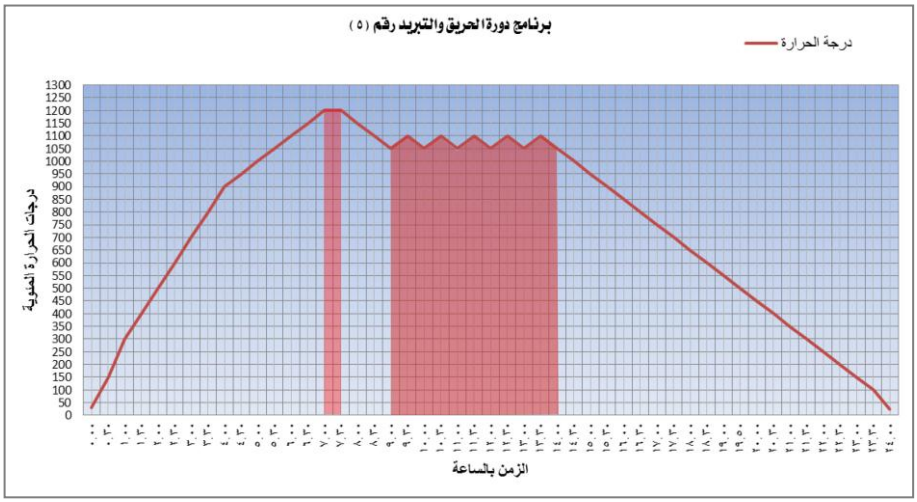
شكل رقم (٤)



صورة (أ) قطاع من الشكل

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ كربونات ليثيوم

النتيجة: نضجت الطلاءات الزجاجية وكانت سيالة بشكل كبير مع ظهور المزيد من البلورات باللون الأزرق الصغيرة الحجم ومتساوية وموزعة بشكل كثيف ومنتظم تقريباً، كما تظهر في صورة (أ) التي تمثل قطاعاً من الشكل.

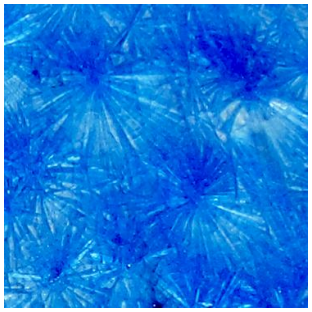


التجربة الخامسة: تم عمل شكل من نفس الخلطة الطينية الفاتحة إعداد الباحث، وحرقه حريقا أولياً عند ١٠٠٠°م، وتطبيق نفس خلطة طلاء زجاجي رقم(٣) مع كربونات الكوبالت، ثم حرقه مرة أخرى وفق دورة حريق رقم (٥) كالتالي:

مراحل برنامج دورة حريق رقم (٥)

١. من درجة حرارة الغرفة إلى ١٢٠٠°م في ٧ ساعات.
٢. تثبيت الحرارة عند ١٢٠٠°م لمدة ٣٠ دقيقة.
٣. تبريد إلى ١٠٥٠°م خلال ساعة و ٣٠ دقيقة.
٤. رفع إلى ١١٠٠°م خلال ٣٠ دقيقة ثم تبريد إلى ١٠٥٠°م خلال ٣٠ دقيقة.
٥. تكرار الخطوة السابقة ٤ مرات ليكون إجمالي عدد ساعات رفع الحرارة والتبريد ٥ ساعات.
٦. التبريد الطبيعي إلى درجة حرارة الغرفة (٢٥ °م ± ٥°م) خلال ١٠ ساعات.
٧. إجمالي زمن دورة الحريق ٢٤ ساعة، وكانت النتيجة كما يلي:

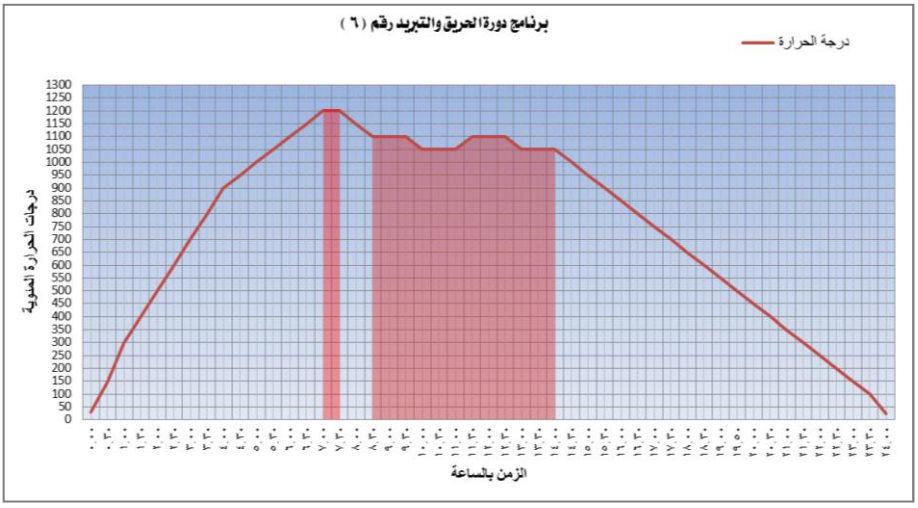
شكل رقم (٥)



صورة (أ) قطاع من الشكل

خلطة طلاء كريستالي رقم(٣)+ ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ كربونات ليثيوم

النتيجة: نضجت الطلاءات الزجاجية وكانت سيالة بشكل كبير مع ظهور المزيد من البلورات باللون الأزرق متوسطة الحجم ومتساوية وموزعة بشكل كثيف ومنتظم تقريباً، كما تظهر في صورة (أ) التي تمثل قطاعاً من الشكل.

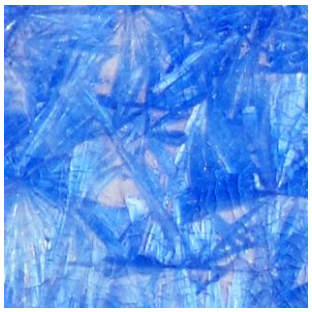


التجربة السادسة: تم عمل شكل من نفس الخلطة الطينية الفاتحة إعداد الباحث، وحرقه حريقا أولياً عند ١٠٠٠°م، وتطبيق نفس خلطة طلاء زجاجي رقم(٣) مع كربونات الكوبالت، ثم حرقه مرة أخرى وفق دورة حريق رقم (٦) كالتالي:

مراحل برنامج دورة حريق رقم (٦)

١. من درجة حرارة الغرفة إلى ١٢٠٠°م في ٧ ساعات، ثم تثبيت الحرارة عند ١٢٠٠°م لمدة ٣٠ دقيقة.
٢. تبريد إلى ١١٠٠°م خلال ساعة ثم تثبيت الحرارة لمدة ساعة أخرى.
٣. تبريد درجة حرارة إلى ١٠٥٠°م خلال ٣٠ دقيقة ثم تثبيت الحرارة لمدة ساعة أخرى.
٤. رفع درجة حرارة إلى ١١٠٠°م خلال ٣٠ دقيقة ثم تثبيت الحرارة لمدة ساعة أخرى.
٥. تبريد درجة حرارة إلى ١٠٥٠°م خلال ٣٠ دقيقة ثم تثبيت الحرارة لمدة ساعة أخرى.
٦. التبريد الطبيعي إلى درجة حرارة الغرفة (٢٥ °م ± ٥°م) خلال ١٠ ساعة.
٧. إجمالي زمن دورة الحريق ٢٤ ساعة، وكانت النتيجة كما يلي:

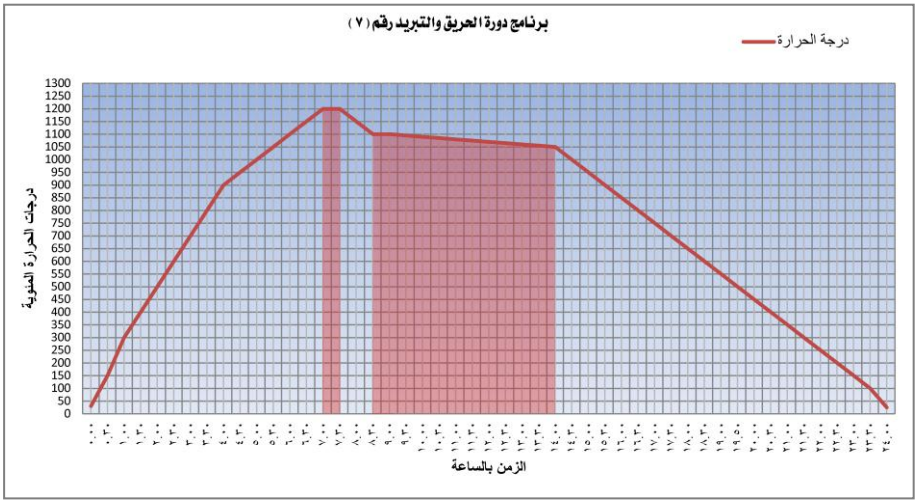
شكل رقم (٦)



صورة (أ) قطاع من الشكل

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣) + ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ كربونات ليثيوم

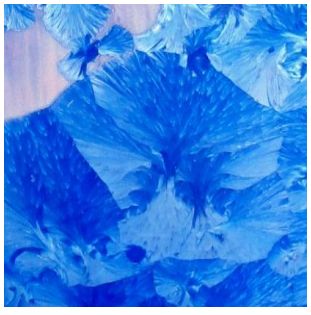
النتيجة: نضجت الطلاءات الزجاجية وكانت سيالة بشكل كبير مع ظهور المزيد من البلورات باللون الأزرق متوسطة الحجم ومتساوية وموزعة بشكل كثيف ومنتظم تقريباً أيضاً مثل تجربة برنامج دورة حريق رقم (٥) ، كما تظهر في صورة (أ) التي تمثل قطاعاً من الشكل.



التجربة السابعة: تم عمل شكل من نفس الخلطة الطينية الفاتحة إعداد الباحث، وحرقه حريقا أولياً عند ١٠٠٠°م، وتطبيق نفس خلطة طلاء زجاجي رقم(٣) مع كربونات الكوبالت، ثم حرقه مرة أخرى وفق دورة حريق رقم (٧) كالتالي:

مراحل برنامج دورة حريق رقم (٧)

١. من درجة حرارة الغرفة إلى ١٢٠٠°م في ٧ ساعات.
٢. تثبيت الحرارة عند ١٢٠٠°م لمدة ٣٠ دقيقة.
٣. تبريد إلى١١٠٠°م خلال ساعة ثم تثبيت الحرارة لمدة ٣٠ دقيقة.
٤. تبريد إلى١٠٥٠°م ٥ ساعات.
٥. التبريد الطبيعي إلى درجة حرارة الغرفة (٢٥ °م ± ٥°م) خلال ١٠ ساعات.
٦. إجمالي زمن دورة الحريق ٢٤ ساعة، وكانت النتيجة كما يلي:



صورة (أ) قطاع من الشكل　　شكل رقم (٨)　　صورة (ب) قطاع من الشكل

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣) + ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ كربونات ليثيوم

النتيجة: نضجت الطلاءات الزجاجية وكانت سيالة بشكل كبير، مع ظهور المزيد من البلورات متدرجة باللون الأزرق ومختلفة الأحجام ما بين الصغيرة والمتوسطة والكبيرة، والتي يصل حجمها إلى عدة سنتميترات وموزعة بشكل متنوع وكانت افضل النتائج، كما تظهر في الصورتين (أ، ب) التي تمثل قطاعات من الشكل.

صورة توضح رص الأشكال داخل الفرن تحت كل منها وعاء لتجميع الطلاء الزائد

صورة توضح الباحث أثناء تهذيب قاعدة الشكل من الطلاءات الزائدة المتجمعة حولها

ثانياً: إجراء تطبيقات مستفادة من برامج دورات الحريق الناجحة

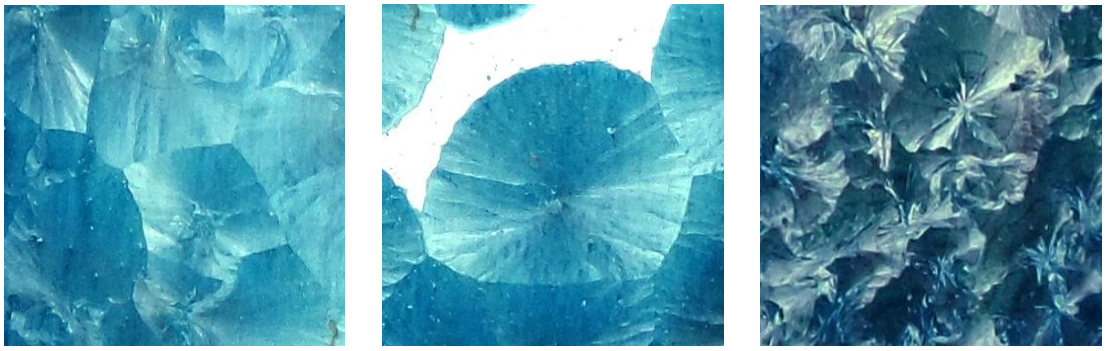
وللتأكيد على النتائج التي توصل إليها الباحث من خلال التجارب السابقة لبرامج دورات الحريق، قام الباحث بعمل تطبيقات للبرامج التي أعطت نتائج جيدة علي أشكال من إعداد الباحث بتقنية الصب بارتفاعات تتراوح ما بين ٢٠:٢٢ سم، مع تغير المواد الملونة للحصول على تنويعات مختلفة من البلورات كما يلي:

تطبيق رقم (١)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣) + ١٪ كربونات كوبالت + ٥٪ أكسيد تيتانيوم + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (٨)



قطاع (أ) **قطاع (ب)** **قطاع (ج)**

نتيجة تطبيق رقم (١)

ظهور بلورات كثيفة ومتراكبة باللون الأزرق التركوازي وتظهر بعض أجزاء للخلفية فاتحة بها بعض البلورات الدقيقة، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

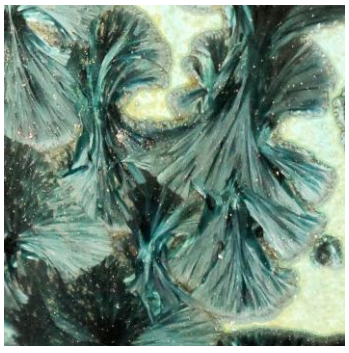
تطبيق رقم (٢)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ١٪ كربونات كوبالت + ١٪ أكسيد نحاس + ١٪ أكسيد حديديك + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (٩)

قطاع (أ)



قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٢)

ظهور بلورات كبيرة متفرقة بدرجات من اللون الأخضر الزيتوني وبعض البلورات الدقيقة على خلفية متدرجة باللون التركواز

كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (٣)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٠,٥٪ كربونات كوبالت + ٣٪ أكسيد نحاس + ١٪ كربونات ماغنسيوم + ٢٪ بنتونيت

برنامج دورة حريق رقم (٦)

شكل رقم (١٠)

قطاع (أ)

قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٣)

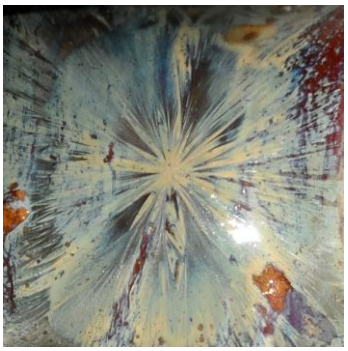
ظهور بلورات كبيرة كثيفة متراكبة بدرجات من اللون التركواز وظهور لجزاء من الخلفية شفافة ، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (٤)

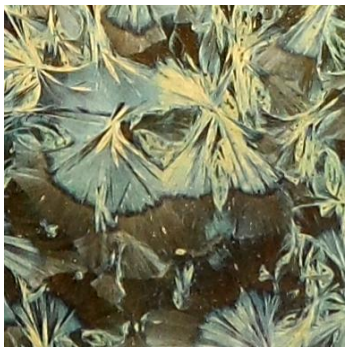
خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٠,٥ ٪ أكسيد كوبالت + ٥٪ أكسيد منجنيز + ٢٪ أكسيد حديد + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

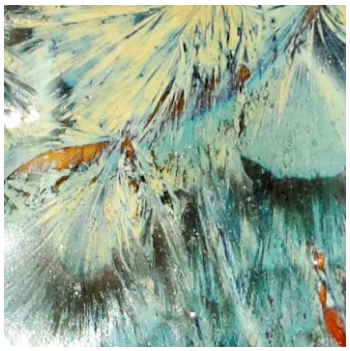
شكل رقم (١١)



قطاع (أ)



قطاع (ب)



قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٤)

ظهور بلورات كبيرة كثيفة متراكبة بدرجات من اللون التركواز والأبيض والأزرق وظهور أجزاء من الخلفية شفافة باللون العسلي المحمر، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (٥)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٥٪ كربونات منجنيز + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (١٢)

قطاع (أ)

قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٥)

ظهور بلورات كبيرة كثيفة في بعض الأجزاء ومتناثرة ومتراكبة في أجزاء أخرى بدرجات من اللون البني والبيج وظهور أجزاء كثيرة من الخلفية شفافة باللون البيج بها بعض البلورات الصغيرة والمتوسطة المتناثرة، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (٦)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣) + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (١٣)

قطاع (أ)

قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٦)

ظهور بلورات كبيرة كثيفة في بعض الأجزاء ومتناثرة ومتراكبة في أجزاء أخرى بدرجات من اللون الأبيض الفضي وظهور أجزاء من الخلفية شفافة بها بعض البلورات الصغيرة والمتوسطة ، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (٧)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣) + ٥٪ أكسيد تيتانيوم + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (١٤)

قطاع (أ)

قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٧)

ظهور بلورات كبيرة كثيفة في بعض الأجزاء ومتناثرة ومتراكبة في أجزاء أخرى بدرجات من اللون الأصفر الذهبي وظهور أجزاء كثيرة من الخلفية باللون الأبيض به بعض البلورات المتوسطة المتناثرة، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (٨)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣) + ٣٪ أكسيد حديديك + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (١٥)

قطاع (أ)

قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٨)

ظهور بلورات كبيرة متناثرة ومتراكبة بدرجات من اللون الأصفر الأوكر وظهور أجزاء كثيرة من الخلفية شفافة باللون الأصفر الداكن بها بعض البلورات الصغيرة المتناثرة، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (٩)

خلطة طلاء كريستالي رقم ١ بدون أي إضافات

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (١٦)

قطاع (أ)

قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (٩)

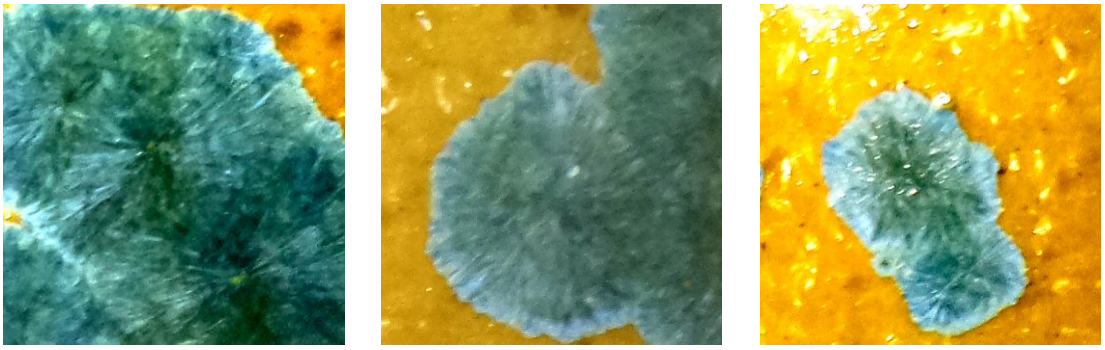
ظهور بلورات كبيرة متناثرة ومتراكبة بدرجات من اللون الأبيض الفضي وظهور أجزاء كثيرة من الخلفية شفافة تظهر طينة الجسم الفاتحة، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (١٠)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٣٪ أكسيد نحاس +٥٪ أكسيد حديديك + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (١٧)



قطاع (أ)　　قطاع (ب)　　قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (١٠)

ظهور بلورات كبيرة متناثرة ومتراكبة بدرجات من اللون الأخضر الزيتوني وظهور أجزاء كثيرة من الخلفية شفافة باللون الأصفر الأوكر به بعض البلورات الدقيقة ، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (١١)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٣٪ أكسيد حديديك +٥٪ أكسيد منجنيز + ٥٪ كربونات ليثيوم

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (١٨)

قطاع (أ)　　قطاع (ب)　　قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (١١)

ظهور بلورات كبيرة ومتوسطة كثيفة متراكبة بدرجات من اللون البني والبيج شبة شفافة

كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

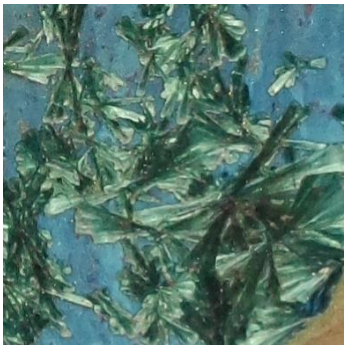
تطبيق رقم (١٢)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٠,٥ ٪ أكسيد كوبالت + ١٪ أكسيد منجنيز + ٢٪ أكسيد نحاس

برنامج دورة حريق رقم (٦)

شكل رقم (١٩)

قطاع (أ)



قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (١٢)

ظهور بلورات صغيرة ومتوسطة متناثرة على سطح الشكل بدرجات من اللون الأخضر المائل للتركواز وظهور أجزاء من الخلفية شفافة ، كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

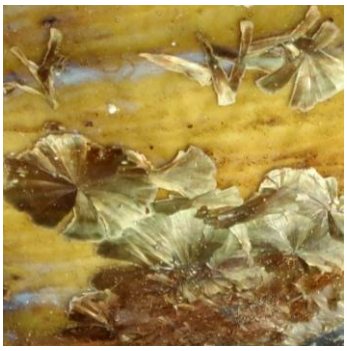
تطبيق رقم (١٣)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٤٪ أكسيد تيتانيوم + ٢٪ أكسيد كاديوم + ٢٪ أكسيد منجنيز

برنامج دورة حريق رقم (٧)

شكل رقم (٢٠)

قطاع (أ)



قطاع (ب)

قطاع (ج)

نتيجة تطبيق رقم (١٣)

ظهور بلورات كبيرة كثيفة متراكبة بدرجات من اللون التركواز والبترولي وظهور لجزاء من الخلفية شفافة

كما في القطاعات (أ ، ب ، ج)

تطبيق رقم (١٤)

خلطة طلاء كريستالي رقم (٣)+ ٥٪ أكسيد منجنيز

برنامج دورة حريق رقم (٦)

شكل رقم (٢١)

قطاع (أ)

قطاع (ب)

نتيجة تطبيق رقم (١٤)

ظهور بلورات متوسطة كثيفة متراكبة بدرجات من اللون البني شبه شفافة ، كما في القطاعات (أ ، ب)

النتائج

من خلال الدراسة النظرية والتطبيقية للبحث بالتجريب في برامج دورة حريق الطلاءات البلورية ، ومع مراعاة مكونات الخلطات المناسبة للطلاءات البلورية وطرق تطبيقها توصل الباحث للنتائج التالية:

١- امكن الحصول على تنويعات من الطلاءات البلورية متنوعة الأشكال والأحجام نتيجة اختلاف برامج دورات الحرق.

٢- لدورة الحريق أهمية بالغة لنمو البلورات في الطلاءات الزجاجية وبخاصة فترات التشبع بالحرارة لمدة طويلة.

٣- دورة الحريق العادية التي تصل فيها إلى درجة نضج الطلاءات الزجاجية ثم التبريد فور الوصول للدرجة القصوى لا تصلح لإنتاج بلورات في الطلاءات الخزفية واحياناً يمكن أن تظهر بعض البلورات الصغيرة العارضة.

٤- تظهر البلورات في الطلاءات الزجاجية عند تثبيت درجة الحرارة لفترة أو فترات طويلة تصل من ٥ إلى ٦ ساعات في درجة ما بين ١٠٥٠: ١١٠٠°م لتسمح بنمو بلورات السيليكات حول نواة الزنك.

٥- يمكن التحكم في حجم البلورات بالتغيير في وقت فترة تثبيت الحرارة أو تبادلها ما بين ١٠٥٠: ١١٠٠°م لمدد معينة ثابتة أو متغيرة.

٦- التبريد السريع يؤدي إلى نمو بلورات صغيرة الحجم ومتساوية تقريباً، بينما التبريد البطيء يودي إلى نمو بلورات مختلفة الأحجام وغالباً ما تكون كبيرة تصل عدة سنتميترات.

التوصيات:

١- يوصي الباحث بضرورة الاحتفاظ بسجلات مفصلة لمراحل تركيب وتطبيق وجداول حريق الطلاءات الزجاجية بصفة عامة والبلورية بصفة خاصة، لتكون كمصدر مرجعي نستطيع من خلاله تحديد التغييرات المؤثرة في النتائج.

٢- نظراً لان الطلاءات البلورية تنتج في درجات عالية يصعب الوصول إليها في بعض الأفران يوصي الباحث في إمكانية البحث للحصول على طلاءات بلورية في درجات الحرارة المتوسطة في حدود ١٠٠٠°م أو أكثر قليلاً.

الحواشي والمراجع:

(1) Jon Price, LeRoy Price: **The Art of Crystalline Glazing- Basic Techniques**, Krause Publications, 2003, U.S.A, p27.

(2) Peter Ilsley: http://www.studiopottery.co.uk/profile/Peter/Ilsley (1932-2014)

(3) Linus Pauling: **A Resonating-valence-bond Theory of Metals and Intermetallic Compounds**, Royal Society and sold, London, U.K, 1949.

(4) Daniel Rhodes: **Clay and Glazes for the Potter**, Ravenio Books, 2015,p189.

(5) Diane Creber: **Crystalline Glazes-Ceramics Handbooks Series**, University of Pennsylvania Press, Incorporated, A&C Black,, U.S.A, 2005,p11.

(6) ———— : **Op. Cit.,**pp11-13.

(7) www.wiltonpottery.ca.

(8) C. Pcurariu & S. stoleriu: Kinetic study of the crystallization processes of some decorative ceramic glazes, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, June 2007, Volume 88, Issue 3, p 641.

(9) Fara Shimbo: **Crystalline Glazes-Understanding the Process and Materials**, 3rd Edition, Create Space Independent Publishing Platform, U.S.A, 2013,p7.

(10) Nicolas Coffey: The Effects of Colorant Oxides and Firing Rate on the Nucleation and Growth of Zinc Silicate Crystalsin Crystalline Glazes, Materials Engineering Department, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, U.S.A, p9.

(11) Jon Price, LeRoy Price: : **Op. Cit.**,P17.

(12) Anderson Turner: **Glazes and Glazing: Finishing Techniques**, Ceramic arts handbook series, The American Ceramic Society, U.S.A, 2008,P33.

(13) Frank L. Wood: **The World of British Stoneware- It's History, Manufacture and Wares**, Troubador Publishing Ltd, 2014,pp57-58.

(14) John Britt: **The Complete Guide to High-Fire Glazes**, Sterling Publishing Company, Inc., 2007,p142.

(15) Richard Dewar: **Stoneware, Ceramics Handbooks**, University of Pennsylvania Press, U.S.A, 2002.p95.

(16) Harry Fraser: **The Electric Kiln -Ceramics Handbooks**, University of Pennsylvania Press, 2000, U.S.A, p90.

(17) Research and Education Association: **Pottery & Clay Modeling**-Hobbies and Crafts Series, Research & Education Assoc., U.S.A, 2002,p4.

(18) Michael Bailey: **Glazes Cone 6- 1240 C / 2264 F**, Ceramics Handbooks, A& Black, London, U.K, 2001,p52.

(19) Emmanuel Cooper: **The Potter's Book of Glaze Recipes**, University of Pennsylvania Press, U.S.A, 2004,p19.

(20) Mark Burleson: **The Ceramic Glaze Handbook**- Materials. Techniques. Formulas, Lark ceramics book, Lark Books, 2003,p19.

(21) Frank Hamer, Janet Hamer: **The Potter's Dictionary of Materials and Techniques**, University of Pennsylvania Press, U.S.A, 2004. p213.

(22) Linda Bloomfield: **Colour in Glazes**, New ceramics, American Ceramic Society, U.S.A, 2011,p28

أثر دورة الحريق على الطلاءات الخزفية البلورية

د. محسن محمد الغندور*

ملخص البحث:

الطلاءات البلورية "Crystalline Glazes" أو ما يطلق عليها الطلاءات الكريستالية تعد من أروع وأجمل الطلاءات الزجاجية التي يمكن أن نعالج بها الأسطح الخزفية، وقلما يستخدمها الخزافون، فهي تحتاج إلى معاملات خاصة سواءً في تركيبات خاصة لبنية الجسم، أو درجة الحريق الأول للجسم، أو في تركيب الطلاءات أو في طرق تطبيقها، أو سمك الطلاء، أو دورة حرقها الخاصة جداً والتي تختلف عن كل أنواع الطلاءات الأخرى، وجو الفرن، والدرجة القصوى للحريق، ودرجة تثبيت الحرارة وتشبع الحرارة....

والطلاءات البلورية هي طلاءات زجاجية خاصة تظهر بها بلورات واضحة ومتميزة في مصفوفة من الطلاء الزجاجي، البلورات الكلية الموجودة في الطلاءات البلورية تتشكل حول نواة أكسيد الزنك أو أكسيد التيتانيوم في الظروف المناسبة، بلورات وجزيئات السيليكا تبدأ في الترابط مع نواة الزنك، هذه الروابط الجزيئية تكون في ترتيبات محددة جداً، والبلورات تأخذ وقتا طويلاً لتتكون، ولكي يحدث ذلك يجب أن يظل الطلاء الزجاجي مصهوراً لفترة طويلة من الوقت، وعادة ما تتطلب جداول حريق الطلاءات البلورية فترة تشبع في نهاية درجة الحرارة، بالإضافة إلى تبريد مُتحكم فيه.

ويمكن تحديد أربعة عوامل الأكثر أهمية للحصول على الطلاءات البلورية هي:١- مكونات الجسم الطيني ٢- مكونات الطلاء ٣- سمك طبقة التزجيج ٤- الجدول الزمني للحريق . وليس فقط على درجات الحرارة حرق ونضج الطلاءات، ولكن سرعة التغيرات في درجات الحرارة، ومتى يمكن تثبيت درجات الحرارة في مدى معين، فالعمليات الحرارية أمر بالغ الأهمية، فبضع درجات أكثر من اللازم سوف تتسبب في إفساد معظم الطلاء الزجاجي.

ودورة حريق الطلاءات البلورية (Firing Cycle for crystalline Glazes) فهي المرحلة التي تلي رص الأشكال في الفرن والمحروقة أولياً ومطبق عليها طلاء زجاجي خاص، وتبدأ من تشغيل الفرن وحتى نضح الطلاءات ثم التحكم في تخفيض أو تثبيت أو رفع درجات الحرارة فترات زمنية معينة ببطء أو بسرعة لتسمح بنمو البلورات في الطلاءات، ثم ترك الأشكال لتبرد تدريجياً إلى درجة حرارة الغرفة ثم يتم إخراجها، ولا يمكن الحصول علي الطلاءات البلورية بسهولة، فقد يمكننا أن نقوم بكل الخطوات بشكل صحيح من خلطة الجسم أو مكونات الطلاء وطرق التطبيق، لكن إذا لم يتم تحديد جدول حريق مناسب فقد لا تظهر البلورات.

ويهدف البحث إلي إلقاء الضوء على الطلاءات البلورية كنوع مميز من الطلاءات الزجاجية، وتوضيح إمكانية الحصول على الطلاءات البلورية كنوع يصعب الحصول علية بالطرق التقليدية للحريق من خلال تقديم افضل البرامج لدورات الحريق، كذلك تبسيط هذا النوع من الطلاءات ليتمكن كل من دارسي الخزف والفنان من ممارسته.

ومن خلال الدراسة النظرية والتطبيقية للبحث بالتجريب في برامج دورة حريق الطلاءات البلورية ، ومع مراعاة مكونات الخلطات المناسبة للطلاءات البلورية وطرق تطبيقها توصل الباحث من الحصول على تنويعات من الطلاءات البلورية متنوعة الأشكال والأحجام نتيجة اختلاف برامج دورات الحرق.

---

* أستاذ الخزف المساعد بقسم التربية الفنية – كلية التربية النوعية – جامعة المنصورة .

Effect of Firing Cycle for crystalline Glazes

Dr. Mohsen Mohamed Elghandour [*]

Abstract:

Crystalline Glazes are one of the finest and most beautiful glazes that we can treat ceramic surfaces, and rarely used by potters, they require special treatments, whether in special compositions body clay, or temperature bisque, or in the installation of coatings or methods of application, or paint thickness , Or a very special Firing Cycle which differs from all other types of coatings, atmosphere kiln, maximum degree of Firing, temperature stabilization and heat saturation ....

Crystalline Glazes are special glazes that show distinct and distinct crystals in a matrix of glaze. The total crystals present in Crystalline Glazes are formed around the nucleus of zinc oxide or titanium oxide in the appropriate conditions. Crystals take a long time to form, and for this to occur glazes must remain molten for a long period of time, and fire crystals usually require a period of saturation at the end of the temperature, as well as controlled cooling.

The four most important factors for Crystalline Glazes can be identified are: 1- Clay body components, 2- Glazes components, 3- Glaze layer thickness, 4- Firing Cycle for crystalline Glazes - not only the burning and maturation temperatures of Glazes, but the speed changes in Temperatures, and when temperatures can be stabilized in a certain range, thermal processes are critical, too few degrees will spoil most Glazes.

Firing Cycle for crystalline Glazes It is the stage following the stacking of shapes in the furnace and burned initially and applied a special glass coating, and start from the operation of the furnace to perfusion Glazes and then control the reduction, stabilization or raising temperatures certain periods of time slowly or quickly to allow the growth of crystals in Glazes, The shapes are then gradually cooled down to room temperature and then taken out. Crystalline Glazes cannot be easily obtained, We may be able to do all the steps correctly from the body mix or Glazes components and methods of application, but if a suitable Firing Cycle is not specified, the crystals may not appear.

The research aims to shed light on Crystalline Glazes as a distinctive type of Glazes, and to clarify the possibility of obtaining it as a type that is difficult to obtain in the traditional ways of fire by offering the best programs Firing Cycle, as well as simplify this type of Glazes so that both ceramic learners and the artist to practice.

Through the theoretical and practical study of experimental research in Firing Cycles for crystalline Glazes, and taking into account the components of the appropriate mixtures Crystalline Glazes and methods of application, the researcher obtained variants of Crystalline Glazes of different shapes and sizes due to different Firing Cycle.

[*] Assistant Professor of Ceramics-Dept. Art Education , Faculty of Specific Education - Mansoura University