مجلة جامعة بابل للعلوم الإنسانية، المجلد 28، العدد 2: 2020.
Journal of University of Babylon for Humanities, Vol.(28), No.(2): 2020.

إمكانية انتاج احمر النحاس في الخزف العالي الحرارة

فاروق محمد خضير حيدر رؤوف سعيد
كلية الفنون الجميلة / جامعة بابل
altaherhaider66@yahoo.com farookghost2@gmail.com

معلومات البحث
تاريخ الاستلام : 16/ 12/ 2019
تاريخ قبول النشر:9 / 2/ 2020
تاريخ النشر: 19 / 4 / 2020

الخلاصة

تناول البحث تأثير الاختزال على اوكسيد النحاس في الزجاج العالي الحرارة، إذ إن مشكلة البحث، امكانية الحصول على زجاج احمر النحاس في اجواء حرق اختزالية وقد هدف البحث الى الحصول على زجاج احمر النحاس، وتناول الفصل الثاني الجذور التاريخية لزجاج احمر النحاس وعملية الاكسدة وعملية الاختزال والفرق بينهما بالإضافة الى توضيح تأثير الاختزال على الجسم الفخاري والسطح الزجاجي، استعمل في الحرق فرن غازي بتيار سفلي (Downdraft) والذي يمكن التحكم به بشكل جيد لتحقيق اجواء الاختزال.

الكلمات الدالة: اختزال زجاج النحاس في الحرارة العالية

The Possibility of Producing Red Copper In High Temperature Porcelain

Farook Mohammad Khudair Haider Rauf Said
College Art Collage /University of Babylon

Abstract

The research dealt with the effect of reduction on copper oxide in high-temperature glass, as the problem of the research, the possibility of obtaining copper red glass in a reduced burning atmosphere. In addition to clarifying the effect of reduction on the pottery and the glass surface, a downdraft gas furnace which can be well controlled to achieve a reduction atmosphere was used.

Key Words: Reducing copper at high temperatures .

by University of Babylon is licensed under a Journal of University of Babylon for Humanities (JUBH)
Creative Commons Attribution 4.0 International License

الفصل الأول/الاطار المنهجي للبحث

1-1- **مشكلة البحث:** لقد كان لتأثيرات الحرق المتنوعة في عمليات انتاج الخزف على مر العصور للحصول على نتائج عملية جديدة تتصل بطبيعة التجارب والتي غالبا تفتح الافاق بشكل اوسع لإمكانية البحث عن موضوعات جديدة فضلاً عن تقنيات واجواء الحرق المختلفة وما تسببه من متغيرات على النتائج النهائية للخزف إذ تستدعي المعرفة الواسعة والسيطرة والتدخل لضبط النتائج.

اما اوكسيد النحاس (CuO) فهو احد اهم العناصر الملونة الانتقالية في الخزف وله امكانيات لونية مهمة واستعمل في الخزف منذ فترات تاريخية طويلة جدا سواء بحرق تأكسدي للحصول على الالوان الخضراء والشذري او باختزاله للحصول على مجموعة الوان مختلفة من الاحمر الى البني الى البرونزي.

وهنا يتساءل الباحث عن امكانية الحصول على زجاج احمر النحاس في اجواء حرق اختزالية؟

1-2- اهمية البحث:

- يكشف هذا البحث عن الجوانب التأثيرية لاختزال الزجاج المحتوي على اوكسيد النحاس كيميائيا.

1-3- اهداف البحث: يهدف البحث الحالي الى:

الحصول على زجاج احمر النحاس.

1-4- حدود البحث: لقد حُدد البحث بالمحددات الاتية:

1- مكونات الطينة:

a- كاؤلين ابيض b- الفلنت (Flint) c- رمل زجاجي ابيض

2- المواد الداخلة في خلطة الزجاج:

a- فلسبار البوتاسيوم (Potash Feldspar) b- كاربونات الكالسيوم (Calcium Carbonate)

c- الطين الصيني (China Clay)

3- مركبات التلوين:

a- كاربونات النحاس (Copper Carbonate) $CuCO_3$.

b- اوكسيد القصدير (Tin Oxide) SnO_2.

4- الحرق: تم استعمال الفرن الغازي لحرق الزجاج في درجة حرارة 1250مْ .

الفصل الثاني/الاطار النظري والدراسات السابقة

2-1- الاطار النظري

2-1-1 مقدمة ونبذة تاريخية عن النحاس الاحمر: استعمل زجاج النحاس الاحمر منذ زمن قديم إذ تم انتاجه في مصر في وقت مبكر في عهد الاسرة الثامنة عشر (1500 BC) في الواقع هذا التاريخ القديم لزجاج النحاس الاحمر ليس بالمفاجئ لكون ان معدن النحاس والزجاج تم صنعهم في ذلك الوقت، زجاج النحاس الاحمر الذي تم انتاجه في الفترات الاولى لم يكن ذو جمالية عالية ولكنه كان ذو لون محمر إذ انهم استعملوا عدة نسب مئوية من النحاس في الزجاج، كذلك استعمال زجاج النحاس الاحمر في الصين في عصر سلالة سونغ (960-1260 BC) إذإن في ذلك الوقت تم رش الزجاج بالوان الاحمر الوردي والازرق بالاضافة الى نسبة قليلة من النحاس ولكون هذا الزجاج عالي الحرارة فان التأثير اللوني للنحاس على سطح الزجاج كان له تاثير قوي وواضح تماماً. (1،ص32)

2-1-2-الاكسدة والاختزال

2-1-2-1-الاكسدة Oxidization: الاكسدة يقصد بها توفر كمية الاوكسجين في الفرن وعملية تحرر الكاربون والغازات الاخرى الى خارج الفرن، إذ إن اغلب أنواع الاطيان تحتوي على مقدار بسيط من المواد العضوية وعملية حرق هذه الاطيان سوف يؤثر في جو الفرن، واحتراق هذه المواد وعملية الاكسدة تتطلب ان يكون الاوكسجين موجوداً بكميات كافية في الفرن وعادة يمكن الحصول على الجو المؤكسد اذا تمت عملية الحرق بسرعة كبيرة.(2،ص40)

تتم الاكسدة عندما تتوفر كمية مناسبة من الاوكسجين في حدود فوق درجة الاحمرار، وقد تتطلب هذه العملية مزيداً من الهواء الداخل إلى جو الحرق وذلك من خلال تنظيم فتحات صغيرة على جوانب الفرن من اجل ضمان سهولة حركة الهواء خلال جو الفرن، وهذه العملية تحدث في درجات حرارة تتراوح بين (700–1150°)، اذ يسمى هذا المحيط بالجو المؤكسد.(2،ص41)

وعملية الحرق الاعتيادية للأجسام الخزفية التي تتم بتسخين الفرن تدريجياً إلى الدرجة المطلوبة، ويحدث في أثناء الارتفاع بدرجات الحرارة تحرر المواد العضوية والغازات من الفرن إذ أنأكثر أنواع الأطيان تحتوي على مقدار بسيط من المواد العضوية لذلك من الضروري حرق الأطيان بجو مؤكسد بمدى حراري بين (800–400 مْ) بهذه العملية تتم الأكسدة بها بوافر من الهواء في حدود فوق درجة الاحمرار وقد تتطلب هذه العملية مزيداً من الهواء الداخل إلى جو الحرق وذلك من خلال تنظيم الفتحات الصغيرة على جوانب الفرن من اجل ضمان دخول الهواء إلى الفرن. (3،ص37)

2-1-2-2- الاختزال Reduction: وهو عملية نزع الأوكسجين المتحد كيميائيا مع العنصر المعدني (الفلز) في الزجاج، وذلك باتحاده مع الكاربون الناتج من حرق المواد العضوية او غير العضوية وذلك بمعزل عن الهواء إذ يستعمل الخزاف عملية الاختزال من اجل الحصول على ألوان مختلفة من اوكسيد واحد في الطين والزجاج تتم هذه العملية من خلال السيطرة على جو الفرن في مرحلتي الحرق والتبريد، إذ تغلق فتحات الفرن مع دخول المادة المختزلة إليه في حرارة معينة يتحد الأوكسجين مع الكاربون ليكون (CO_2).(4،ص62)

$$C + O \longrightarrow CO_2$$

وعندما ينفذ كل الأوكسجين من جو الفرن سوف يتكون (CO) وهو غاز قلق ولكي يتحول إلى (CO_2) مرة أخرى يتطلب سحب الاوكسجين من القطعة الخزفية مما يؤدي إلى اختزالها. (4،ص64)

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

$$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$$

يؤثر الجو المختزل في بعض مكونات الأطيان، إذ ان الالومينا والسليكا لا تتأثر بالاختزال بل تبقى ثابتة في حين يقع تأثير الاختزال في مظهر الطين، إذ يسبب ظهور اللون الأسود او الرمادي الناتج من ترسب الكاربون في مسامات القطعة الفخارية وان التأثير الرئيس للاختزال في الأطيان يأتي من التغير الحاصل في اوكسيد الحديد الداخل ضمن تركيب بعض الأطيان والذي يعطي بعد الاختزال ألوان البني أو البني الفاتح المتدرج إلى الرصاصي أو الأسود.(5،ص30)

أن حالة الاختزال (Reduction) قد لا تؤثر على بعض مكونات الأطيان إذ أنالألومينا(Al_2O_3) والسليكا(SiO_2) تكون مرتبطة بأواصر قوية تبقيها ثابتة، في حين يقع تأثير الاختزال في مظهر الجسم الفخاري إذ يسبب ظهور اللون الأسود أو الرمادي الناتج عن نقص الأوكسجين في تركيبتها الكيميائية واحد هذه الأكاسيد هو اوكسيد الحديد الأحمر (Fe_2O_3) الداخل ضمن تركيب الطين الذي يعطي لوناً بنياً أو البني الفاتح المتدرج إلى الرمادي أو الأسود في حال يكون فيها الاختزال بصورة جيدة .(6،ص71)

2-1-2-3- خصائص الحرق المختزل: لكي نجعل فرن الوقود في حالة اختزال نقوم بمنع الهواء الثانويمن الدخول الى حجرة الفرن وذلك عن طريق غلق شبه تام لفتحة خانق المدخنة مما يولد ضغط موجب (Back pressure) حيث ان الضغط داخل الفرن يكون اعلى قليلا من الضغط الذي خارجه والذي يمنع دخول الهواء الثانوي الى الفرن وكذلك يمنع دخول الهواء من أي فتحات او تصدعات موجودة في الفرن ان وجدت .(3، ص59)

في هذه الحالة يظهر لهب اصفر بسيط من المدخنة او فتحة النظر(Spy-hole) عند فتحها بالاضافة الى تحول لهب الحارقة الى اللون الاصفر المائل الى البرتقالي، في بعض الاحيان تكون هنالك حاجة الى زيادة قوة الاختزال لذلك يتم تقليل الهواء الداخل الى الفرن مع الوقود او يتم زيادة كمية الوقود الداخلة الى الفرن او كلا الامرين معا ونتيجة لزيادة قوة الاختزال سوف تحدث ضبابية واضحة داخل الفرن والتي بدورها تمنع رؤية الاعمال التي داخل الفرن بالاضافة الى ظهور دخان اسود من فتحة المدخنة وفتحة النظر وكل هذا من ظهور ضبابية ودخان اسود سببه الى انتشار دقائق الكاربون في جو الفرن. (3،ص70)

2-1-3- تأثير الاختزال في الخزف:

2-1-3-1- التأثير على الجسم الفخاري: ان اغلب المواد المكونة للزجاج (Glass Former) لا تتأثر بالاختزال واما البعض منها هو الذي يتاثرإذ ان معظم المكونات للطينة هي من الالومينا والسليكا وعمليا ان تأثرهما غير محسوس بفعل الاختزال لكونهما مستقران بشكل استثنائي ولكن يمكن اختزالهما بواسطة تقنيات خاصة ومعقدة خارج حدود امكانيات الافران الخزفية. (7، ص62)

على الرغم من ذلك فان تأثير الاختزال يظهر على الجسم الطيني بصور واضحة وذلك عن طريق التحول الحاصل في لون الطينة الى الرمادي او ميله الى السواد وهذا التحول الحاصل في لون الطينة يعود سببه الى استقرار دقائق الكاربون في مسامات الطين خلال عملية الحرق يتحول اوكسيد الحديديك (Ferric Iron Oxide) (Fe_2O_3) الذي يدعى اوكسيد الحديد الاحمر (Red Iron Oxide) عن الحرق المختزل الى اوكسيد الحديدوز (Ferrous Iron Oxide) (FeO) الذي يدعى اوكسيد الحديد الاسود(Black Iron Oxide) وهو الذي يعطي خصوصية اللون الرمادي والاسود للطينة عند حرقها بجو مختزل، اما في حالة الاختزال في خزف (Stone ware) يمكن ملاحظة ان المناطق التي يغطيها الزجاج الشفاف يتلون السطح الخزفي الذي تحتها بلون رمادي كون ان طبقة الزجاج تقوم بحماية السطح الخزفي الذي تحتها من حالة اعادة التأكسد في حين أن الاماكن التي تكون غير مغطاة بالزجاج الشفاف تكون عادة بلون بني محمر. (8،ص67)

2-1-3-2- تاثير الاختزال على الزجاج: ان المواد المكونة للزجاج تكون بهيأة اكاسيد او بصيغ اخرى كالنترات او الكاربونات وغيرها ولكن عند الحرق جميعها تتحول الى اكاسيد على شكل معادن مرتبطة بالأوكسجين ولكن بأعداد تأكسدية مختلفة كأوكسيد الرصاص (Pbo) والالومينا (Al_2o_3) والسليكا (Sio_2).(9، ص36)

في عملية الاختزال يحدث سحب للأوكسجين من الاكاسيد المكونة للزجاج وهذه الاكاسيد تكـــون ذات ارتباط ضعيف عند درجات الحرارة المناسبة لذا للاختزال تأثيرات مختلفة على الزجاج منها تغييـــر النتـــائج اللونية لبعض الاكاسيد والتي يكون التـــأثير النـــاتج عنهـــا يظهـــر الزجـــاج ضـــبابياً او لمعانـــاً و احيانـــاً بريقاً.(10،ص45)

ان معظم اكاسيد الزجاج لا تتأثر بالاختزال بسهولة كالالومينا والسليكا واكاسيد الكالسيوم والبوتاسيوم والباريوم لكونها مستقرة ولايمكن اختزالها الى حالتها المعدنية بسهوله ولكن البعض من المواد المكونة للزجاج تتاثر بالاختزال كاوكسيد الرصاص مثلا ولكن تاثير اوكسيد الرصاص بالاختزال سلبي إذ يفقد الاوكسجين اوكسجينه الضروري لتكوين الزجاج . (10، ص46)

2-1-3-3- تأثير الاختزال على أكاسيد التلوين في الزجاج : في عملية الاختزال تتأثر الالوان الناتجة من الاكاسيد فقد تكون معكوسة او الوان مختلفة واحيانا لا يتأثر لون الزجاج بفعل الاختزال ولابد من الاشارة الى ان الالوان التي يمكن الحصول عليها في الزجاج من عملية الاختزال هي اقل مما تنتج عنه في الاكسدة، ان أكسيدي النحاس (Cuo) والحديد (Fe_2o_3) هما الأكسيدين اللونيين الاكثر تأثيرا بالاختزال وذلك بسبب كون الالوان الناتجة عنهما في عملية الاختزال تكون متنوعة لاسيما في الزجاج العالي الحرارة .(3،ص48)

2-1-3-4- تأثير الاختزال على اوكسيد الحديد في الزجاج: يعد اوكسيد الحديد (Fe_2o_3) الاوكسيد الملون الاكثر شيوعا في تلوين الزجاج وبصورة عملية كل زجاج لابد انه يحتوي على نسبة من هذا الاوكسيد، يتميز هذا لاوكسيد بنتائج لونية متعددة وتاثيرات واسعة على الزجاج بالاعتماد على نسبته فـــي الزجـــاج وطبيعـــة تركيبة الزجاج وكذلك اجواء الحرق. (10،ص50)

يمكن استعمال اوكسيد الحديد الاسود (Feo) كملون للزجاج في العادة يعطي الالوان نفسها التي يعطيها اوكسيد الحديد الاحمر ولكن صيغته الكيميائية تبين ان نسبة الحديد الى الاوكسجين فيه تفوق التي في اوكسيد الحديد الاحمر لذا يمكن توقع قوة لونية باستعمال الكميات نفسها بالاضافة الى ذلك فان دقائق اوكسيد الحديد الاحمر عادة تكون اصغر حجما من دقائق اوكسيد الحديد الاحمر لذلك تكون دقائق اوكسيد الحديد الاحمر افضل انتشارا في الزجاج. (11،ص73)

أن الالوان التي تنتج عن استعمال اوكسيد الحديد في الزجاج بحالة الاكسدة تكون مـــا بـــين الكريمـــي المصفر والكهرماني والبني المحمر والبني المسود إذ تعتمد هذه النتائج اللونية على نسبة الاوكسيد المـــستعملة في الزجاج وعلى طبيعة تركيب الزجاج ، اما في حالة الاختزال فان (0.5-1%) ينـــتج لـــون الـــسيلادون الاخضر والازرق او الرصاصي في حين (4%) فان ينتج الاخضر الزيتوني اما في النسب الاعلى فانه ينـــتج مايدعى بزجاج التينموكو (Tenmoku).(11،ص75)

2-1-3-5- تاثير الاختزال على اوكسيد النحاس في الزجاج: يعـــد اوكـــسيد النحـــاس Copper oxide (Cuo) من اهم العناصر الانتقالية التي تستعمل في تلوين الخزف سواء في الوقت الحاضر ام قديماً، اوكـــسيد النحاس يقع تصنيفه ضمن مجموعة القواعد (RO) وله تاثير صاهر قوي وايضا انتشاره يكـــون جيـــداً فـــي الزجاج منتجاً الواناً متعددة كالاخضر والاسود والازرق الفيروزي والاحمر والوردي وكـــذلك ينـــتج الـــوان البريق المعدني. (3،ص50)

يعد اوكسيد النحاس الأسود هو الاوكسيد الشائع والأكثر استعمالاً لدى الخزافين وهـــو مـــادة ســـوداء سريعة الذوبان في خلطات زجاج الخزف كما يصنف ضمن مجموعة القواعد (RO) لذلك فهو مركب صاهر

قوي يستعمل في جميع درجات الحرارة المنخفضة إلى (1100مْ) بسبب تطايره في درجات الحرارة العالية، وتعطي اكاسيد النحاس ألوان متعددة لدرجات اللون الأخضر والشذري والأحمر.(12،ص67)

لأوكسيد النحاس ثلاثة تراكيب رئيسة عن استعماله في الزجاج منها اوكسيد النحاس الاسود (Copper Oxide) (Cuo) وهو الحالة المستقرة له والاكثر استعمالاً، واوكسيد النحاس الاحمر (Cu_2o) (Cuprous Oxide) وهو المختزل اصلا الى مرتبة اوكسيدية أوطأ وغير مستقر والتركيب الاخير هو كاربونات النحاس (Copper carbonate) ($CuCo_3$) التي تتميز بدقة حجم حبيباتها وهي تستعمل في الاختزال غالبا لكونها اكثر انتشارا كما انها تتحول الى اوكسيد النحاس الاسود في درجة حرارة (500مْ).(1،ص62)

تعد3-6% هي النسب الاعتيادية لاستعمال اوكسيد النحاس في الزجاج اذا زادت عن تلك الكمية يتحول اللون الى الاسود المعدني المخضر وذلك بسبب ان زيادة نسبة اوكسيد النحاس في الزجاج تؤدي الى حدوث عدم ذوبان كامل لاوكسيد النحاس في الزجاج ويؤدي ذلك الى حدوث اعادة تبلور عند التبريد. (3،ص53)

يعد اللون الاخضر النباتي من الالوان التي تنتج من اضافة اوكسيد النحاس الى الزجاج وهذا اللون يظهر عند اضافة اوكسيد النحاس الى زجاج الرصاص، وكذلك اللون الفيروزي الذي يظهر في الزجاج القلوي الواطئ الالومينا والذي لا يحتوي على اوكسيد الزنك. (13،ص110)

إن الزجاج الشفاف المحتوي على اوكسيد النحاس الاسود والمحروق في جو مؤكسد يكون لونه غنياً إذ يكون النحاس في تلك الحالة على شكل ايون النحاس ثنائي الشحنة الموجبة Cu^{+2} في اثناء عملية انصهار الزجاج ينفصل الاوكسجين عن النحاس ولكن تبقى هنالك قوة جذب بسبب الشحنة الكهربائية الساكنة وتمنح ذرة النحاس الكترونين سالبي الشحنة الى ذرة الاوكسجين فيكون التركيب (Cuo)، و ان خسارة ذرة النحاس الكترونان سالبا الشحنة يجعل من ذرة النحاس ايوناً ذا شحنة ثنائية موجبة ويرمز لهاCu^{+2}. (4،ص50)

تكون شحنة ايون النحاس في الصهير الزجاجي شحنة موجبة فيكتب (Cu^{+}) ويتكون اوكسيد النحاسوز (Cu_2O) عن طريق ارتباط ذرتي نحاس مع ذرة اوكسجين إذ ان كل ذرة من اوكسيد النحاس تمنح الكترونا واحدا سالب الشحنة الى ذرة الاوكسجين الواحدة نفسها وبهذا يكون تاركاً كل ذرة نحاس ذات شحنة موجبة واحدة (Cu^{+})، بالإضافة الى ذلك فان الكميات الكبيرة من ايون (Cu^{+}) تنتج اللون الاصفر الشاحب بينما الكميات الصغيرة من (Cu^{+}) ليس لها تأثير لوني واضح في الزجاج بالإضافة الى ذلك ايضا فان ايون(Cu^{+}) يمكن اختزاله بسهوله الى معدن النحاس. (14،ص86)

2-1-4- المكونات الاساسية للزجاج:

2-1-4-1- السليكا (SIO_2): تُعد السليكا (SiO_2) المكوّن الرئيس للزجاج وهي اهم اكاسيد المجموعة الحامضية اذ ان نسبتها هي التي تحدد درجة حرارة نضج طلاء الزجاج. وارتفاع محتواها في تركيب الزجاج يرفع من تحمل وصلابة الزجاج ومقاومته للخدش والتفاعلات الكيميائية. وللسليكا ثلاثة اشكال بلورية رئيسة هي الكوارتز (Quartz) والتريديمايت(Tridymit) والكرستوبلايت(Crystobalite). ولها جميعا الصيغة الكيمياوية (SiO_2) نفسها لكنها تختلف في طريقة ترتيب ذرات السليكون والاوكسجين داخل التركيب البنائي. ويكون التريديمايت والكرستوبلايت صيغ السليكا في درجات الحرارة العالية اما الكوارتز فهي الصيغة المستقرة الى درجة حرارة (870 م°) كما هو موضح في المعادلة الاتية .(15،ص60)

870°C 1470°C

Quartz ⟶ Tridymite ⟷ Cristobalite

2-1-4-2-الالومينا (Al_2O_3): تُعد الالومينا من اهم الاكاسيد ذات التفاعلين او الاكاسيد المتعادلة، إذ تنصهر بدرجة حرارة عالية تصل (2050C°)، ونادراً ما توجد الالومينا بشكل نقي طبيعياً، ان وجود الالومينامهماً جداً كونها تعمل على تثبيت الزجاج على سطح الجسم الفخاري ويزيد من مدة ثبات السائل المنصهر على الجسم الفخاري مما يساعد على توفير وقت اكثر للنضج من أجل الحصول على سطح خزفي متجانس فيزيائيا من حيث الانتشار وكيميائيا من حيث اطالة مدة النضج، وكذلك تزيد الالومينا من لزوجة الزجاج، وصلابتهِ، ويُعد الطين من اهم مصادر الحصول على الالومينا، كما تتوفر الالومينا في جميع انواع الفلسبارات. (16،ص95)

2-1-4-3-أوكسيد البوريك (B_2O_3): هو اوكسيد من حيث الصيغة يقع ضمن المجموعة المتعادلة (R_2O_3)، ويمتلك شبكاً بلورياً هرمياً ثلاثياً رباعي السطوح وهذا الشكل البلوري هو شبك بلوري السليكا واي مادة تمتلك هذا البناء البلوري هي مادة مكونة للزجاج لذلك فإنّ البوريك يصنف ضمن المواد الحامضية في قاعدة سيگرولأتزيد نسبة اضافة البوريك عن (15%) لأنها تسبب التيبس للسطح . (15،ص63) ومن اهم مصادر البوريك:

1-البو راكس ($Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$) 2-حامض البوريك ($B_2O_3.2H_2O$)

3-يوجد بشكل جاهز (Frit)

2-1-4-4-اوكسيد الصوديوم (Na_2O): يتصف بالانصهارية الشديدة ويستعمل في كل انواع التزجيج الواطِئ الحرارة، وإنَّ شيوع استعماله ناتج من شدة انصهاريتهِ ولمعان التزجيج الذي يحتويه اضافة الى إذابته التفاعلية الجيدة في منصهر الزجاج، وكما يودي الى زيادة معامل التمدد الحراري للتزجيج، والذي يتسبب في سيولة السائل الزجاجي في درجات الحرارة المتوسطة والعالية مما يساعد على ملائمة الزجاج لأغلب الاجسام الفخارية ولكّن هذه السيولة ومعامل التمدد العالي يوديان الى ظهور تشققات شعرية وتصدعات في سطح التزجيج الذي يحتوي على كمية جيدة منه، وتكون استجابته لتأثيرات الاكاسيد اللونية جيدة، ومن أهم مصادره:(16،ص97)

1- كاربونات الصوديوم (Na_2CO_3) 2- الفلسبار صوديوم ($Na_2O.AL_2O_3,6SIO_2$)

3- البوراكس ($Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$)

2-1-4-5- اوكسيد البوتاسيوم (k_2O): يشابه تأثيرهُ اوكسيد الصوديوم الا انهُ اقل منه نشاطاً وفاعلية ويبدأ نشاطهُ في درجة حرارة (750 م°) وينتج زجاجاً لماعاً، ان اضافة اوكسيد البوتاسيوم تؤدي الى تقليل اللزوجة، ويعد افضل بقليل من اوكسيد الصوديوم في مقاومته للإذابة والتآكل، الا إنهُ لا يستعمل لوحده كاوكسيد قاعدي لان الناتج يكون هشاً وضعيفاً ومتصدعاً فيضاف مع غيره من القواعد.(18،ص103)

2-1-4-6-اوكسيد الليثيوم (Li_2O):

وهو اوكسيد ذو انصهارية شديدة في كل درجات الحرارة ابتداء من (800م°)، ومشابه في تأثيره لأوكسيد الصوديوم والبوتاسيوم، لكنهُ يضاف بنسبة واطئة جداً لأنّهُ اخف عناصر المعادن ، ويزيد من سيولة الزجاج واللمعان، ويتميز بمعامل تمدد مرتفع بدرجة اقل من شدة اوكسيد الصوديوم والبوتاسيوم، لهذا يعتمد عند الرغبة في التقليل من التصدع والتشقق للتزجيج ورفع مقاومتهِ للصدمة الحرارية، ولهُ تأثير ايجابي في إظهار القيم اللونية ومن اهم مصادره: (15،ص89)

1-كاربونات الليثيوم (Li_2CO_3) 2-الفلسبار ليثيوم ($Li_2O.AL_2O_3,6SIO_2$)

2-1-4-7- اوكسيد الكالسيوم (CaO): يُعد اوكسيد الكالسيوم من اهم الاكاسيد الداخلة في كل انواع التزجيج ويعطي اوكسيد الكالسيوم زيادة في صلابة التزجيج مقارنة بالقلويات الاخرى، كما يزيد تأثيره الانصهاري كلما ارتفعت درجة الحرارة ويعدُّ ضعيفاً في درجات الحرارة الواطئة، وزيادته في التزجيج يؤدي الى رفع درجة حرارة النضج، ويقلل من السيولة ومن لمعان الزجاج وممكن ان يعطي تزجيجاً مطفأً(12،ص90) ومن اهم مصادره:

1-كاربونات الكالسيوم($CaCO_3$) 2-الفلسبار الكلسي($CaO.AL_2O_3.2SIO_2$)

2-1-4-8- اوكسيد المغنسيوم (MgO) : يُعد اوكسيد المغنسيوم من الاكاسيد الصاهرة في درجات الحرارة العالية وتبلغ درجة انصهارهُ تقريباً (2800 م°)، ويعد ذا فعالية في درجة حرارة تقارب (1200 م°) إذ يقلل كثيراً من معامل التمدد الحراري، وكما إنّ اضافة نسبة قليلة منه تؤدي الى تقليل تصدع التزجيج وزيادة مقاومة الاجهادات الميكانيكية ويعمل على زيادة الشد السطحي .(18،ص109)

2-1-4-9-اوكسيد الباريوم (BaO) : وهو ذو مواصفات مشابهة لأوكسيد الكالسيوم ويضاف بنسبة قليلة جداً في التزجيج واطئ الحرارة، ويرفع الباريوم من درجة حرارة نضج الزجاج فدرجة انصهاره تصل الى (1923مْ) ولهذا يستعمل في التزجيج عالي الحرارة، كما يساعد على التبلور وظهور القيم اللونية ويعد الباريوم مادة سامة. ومن اهم مصادره. (16، ص87)

1-كاربونات الباريوم($BaCO_3$) 2-اوكسيد الباريوم (BaO)

2-1-4-10-قاعدة سيگر(seger) : يمكن تفسير زجاج الخزف بكونه صيغة كيميائية قائمة على حسابات دقيقة وتتكون من ثلاثة مركبات وهي المركبات الحامضية (RO_2) والمركبات القاعدية (R_2O) والمركبات المتعادلة (R_2O_3) وقد تطوّر مفهوم الزجاج على يد العالم الالماني (سيگرseger) الذي وضع نظاماً لمركبات الزجاج سميت باسم (seger formula) إذ وضع سيگر مخططاً يوضح فيه الحد الادنى والاعلى بين المجاميع المكونة للزجاج لتحديد درجة الحرارة والشفافية والعتمة حسب قاعدة سيگر.

جدول (2-1) يبين الحد الادنى و الاعلى بين المجاميع المكونة للزجاج (7، ص40)

انواع الزجاج	RO_2	R_2O_3	R_1O
زجاج واطئ الحرارة	2	-	1
زجاج عالي الحرارة	4	-	1
زجاج شفاف	10	1	-
زجاج معتم	5	1	-

2-1-5- اللون في زجاج الخزف Color In glaze : يعد اللون احد العناصر المهمة في المنجز الخزفي ومكوناً بنائياً أساسياً فيه ليصبح جزءاً من التمثيل الواقعي للشكل والخاصية السطحية له، كما يؤثر في تنوع معاني الأشكال بتغير درجاته وقيمه، لهذا لا يكون اللون مجرد إحساس على شبكية العين إنما هو ظاهرة فيزيائية مصدرها الضوء والمرئيات في الطبيعة،وبذلك يرتبط بعمليات التفكير والانفعالات .(18،ص76)

2-1-5-1-حالات التفاعل المنتجة للون في زجاج الخزف: يعتمد التلوين في زجاج الخزف على الامكانية اللونية للعناصر الانتقالية المضافة إلى تركيبته، والتي تتفاعل بثلاث حالات أساسية هي:

a- **حالة التفاعل الأيونية:** هي الحالة التفاعلية الأوسع استعمالاً في تلوين زجاج الخزف، والتي يتم فيها إضافة العناصر المعدنية بهيأة أكاسيد مباشرة إلى خلطات الزجاج مثل أوكسيد النحاس (CuO) أوأوكسيد الحديد (FeO) اوأوكسيد الكوبلت (CoO) وغيرها، إذ ينتج اللون من الأيون اللوني المذاب في تركيب التزجيج كجزء من تركيب شبك السيلكا ويقدر اللون من خلال الحالة التأكسدية وعدد الأواصر لذلك الأيون، فمثلاً في حالة الحديد الثلاثي (Fe+3) أو الكوبلت الثنائي (Co+2) أحياناً يأخذ هذا الأيون مكان السليكا (Sio2) في الشبك (مكون الشبك محيط رباعي) ليعطي لوناً بنياً عميقاً وأزرقاً على التوالي ، لكن إذا تصرف كمعدل للشبك (سداسي) يعطي لوناً أصفراً ضعيفاً ووردياً على التوالي لبعض الأيونات القابلية على التواجد في الحالتين الرباعية والسداسية (معدل + مكون) فينتج عنها لون أعمق وأقوى مما لو كان بحالة واحدة . (7،ص48)

b- **حالة التفاعل الغروية :** يتحقق التفاعل الغروي من تواجد العناصر المعدنية على هيأة بلورات معدنية أو جسيمات دقيقة منتشرة داخل المنصهر الزجاجي، إذ تسبب في إخفاء اللون ولا يظهر اللون عند وجود ايوناتها ضمن تركيب شبك السليكا، بل بتأثير الحبيبات المعدنية التي تتشكل بتحفيز جو الاختزال أو عامل مختزل يحتويه تركيب التزجيج .(7، ص50)

c-حالة التفاعل البلورية: حالة تفاعلية تتسبب في تلوين زجاج الخزف بفعل بلورات ملونة منتشرة على هيأة جسيمات دقيقة وعديدة في المنصهر الزجاجي، وتمنحه تجانساً لونياً ثابتاً وقوياً وفق نوع وكثافة انتشارها إذ يطلق على تلك الجسيمات بالملونات اوالصبغات، أي أن الأساس التفاعلي المعتمد هنا هو حالة تفاعل الصلب، والذي يحصل ببطء شديد كونه يعتمد على الاضطرابات والاهتزازات الذرية العديدة بتأثير الحرارة.(4،ص68)

2-2- الدراسات السابقة:

1- دراسة زيد لقمان محمد الهلالي 2014:

(تأثير الاختزال على زجاج الخزف المؤكسد العالي الحرارة (Stoneware (دراسة تجريبية مقارنة)

رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الفنون الجميلة – جامعة بغداد -2014

تهدف دراسة الهلالي الى وضع قاعدة بيانات للنتائج اللونية والنسيجية الخاصة بتقنية الحرق المختزل للزجاج العالي الحرارة مقارنة مع الزجاج المؤكسد .

استعمل الباحث في هذه الدراسة طينة دويخلة البيضاء ومسحوق الفخار والكوارتز لتكوين خلطة طينية نموذجية، كما استعمل زجاج ستونوير (Stoneware) العالي الحرارة فضلا عن استعمال اكاسيد لونية هي اوكسيد الحديد الاحمر وكاربونات النحاس و اوكسيد القصدير، كما تمت عملية الحرق باستعمال الفرن الغازي لحرق الزجاج بدرجة حرارة 1250مْ ،اهم النتائج اللونية التي توصل اليها الباحث في هذه الدراسة هي كالاتي :

1- زيادة التقلص وقلة مسامية الجسم الفخاري المختزل مقارنة بالمؤكسد في العالي الحرارة ويعود ذلك الى ازدياد حالة التزجيجVitification نتيجة تحول اوكسيد الحديد الاحمر الى الاسود ذي التصرف القاعدي وفقدان بعض من اوكسجين ترابط بنية الزجاج .

2- حقق الاختزال افضل نتائج في الزجاج العالي الحرارة من خلال ازدياد فعالية المواد وانصهارها العالي.
تشترك دراسة زيد لقمان الهلالي مع الدراسة الحالية في اختزال زجاج الستونوير وكذلك تشترك في استعمال كاربونات النحاس واوكسيد القصدير لكن الاختلاف هو ان دراسة زيد لقمان الهلالي تم استعملت ثلاث خلطات تزجيج بالإضافة الى استعمال نسب متعددة من اكاسيد التلوين بينما في الدراسة الحالية استعملت خلطة تزجيج واحدة ونسب اكاسيد تلوين ثابتة والاعتماد على ثلاثة برامج للحرق المختزل للحصول على نتائج لونية مختلفة لكل برنامج حرق.

2- دراسة حيدر صباح جرد 2018: **(انتاج خزف مختزل باستخدام الميثانول):** اطروحة دكتوراه مقدمة الى كلية الفنون الجميلة – جامعة بابل -2018

فرضية دراسة حيدر صباح جرد هي فرضية اولى يمكن انتاج خزف مختزل باستخدام الميثانول لمستوى دلالة 0.01 والفرضية الثانية لا يمكن انتاج خزف مختزل باستخدام الميثانول لمستوى دلالة 0.01 .

استخدم الباحث في هذه الدراسة الكاوولين المحلي والطين الناري والرمل الزجاجي ومسحوق الفخار لتكوين خلطة طينية نموذجية، كما استخدم الزجاج القلوي الشفاف فضلاً عن استخدام ملونات (صبغة صفراء، صبغة حمراء، صبغة زرقاء) بالاضافة الى اوكسيد النحاس المستخدم في الاختزال، تمت عملية الحرق بواسطة فرن كهربائي وفرن يعمل بالوقود (الغاز المسال) بدرجة حرارة 1150 للفخر و 900-1100 للزجاج و 500 للاختزال.

اهم النتائج التي توصل اليها الباحث في هذه الدراسة هي كالاتي:

1- يمكن انتاج خزف مختزل باستخدام الميثانول.

2- تم الحصول على سطح مختزل باستخدام محلول اوكسيد النحاس بدون زجاج وعلى السطح الفخاري .

3- ارتفاع نسبة الاضافة الى (39-40-50%) ادى الى تبلور جزئيات اوكسيد النحاس على السطح وظهور لون المعدن بشكل واضح.

تشترك دراسة حيدر صباح جرد مع الدراسة الحالية في اختزال اوكسيد النحاس لكن الاختلاف هو ان دراسة حيدر صباح جرد تم حرق الزجاج بدرجة حرارة 900-1100 وتمت عملية الاختزال خارج الفرن و تم استخدام نسب مختلفة من اوكسيد النحاس بينما في الدراسة الحالية تم حرق الزجاج بدرجة حرارة 1250 وتم استخدام الاختزال داخل الفرن وتم استخدم نسبة ثابتة من كاربونات النحاس.

الفصل الثالث:اجراءات البحث

3-1- منهج البحث: تم اعتماد المنهج التجريبي كونه الاكثر ملاءمة لتحقيق اهداف البحث.

3-3- المواد المستعملة في البحث:

3-3-1- الطينة: اختيرت المواد الاولية لتحضير طينة عالية الحرارة في درجة حرارة 1250مْ إذ اختيرت طينة الكاؤولين البيضاء وذلك لتوفرها محليا ولكونها ذات نسبة منخفضة لاوكسيد الحديد Fe_2O_3.

وقد عدلت الطينة باضافة مواد غير لدنة اليها كالآتي:

1- الفلنت 2- رمل زجاجي

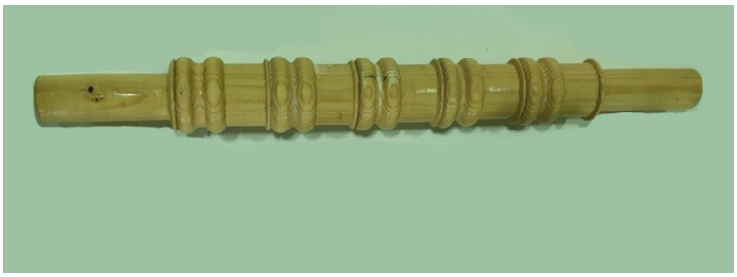
لتصبح الخلطة النهائية كالآتي :

(3–1) الخلطة الطينية المستعملة في البحث

الكاوولين	الفلنت	رمل زجاجي
%70	%20	%10

3–3–2– تحضير الخلطة الطينية وتشكيل النماذج: تم وزن المواد الاولية (كاؤلينوفلنت ورمل زجاجي) وخلطها بماء وفير بعدها تم التخلص من الماء الفائض بعد ترسب المواد للتخلص من الاملاح الذائبة والمواد العضوية الطافية ان وجدت ثم بعدها تم تمرير الخليط بمنخل ذي نفاذية (40Mesh) بعدها وضع في احواض مسطحة ذات ارضية من القماش السميك لترشيح وتبخير الماء الزائد حتى تحولت الخلطة الطينية الى عجينة ذات لدونة مناسبة للتشكيل .

شُكلت نماذج الاختبار بطريقة لدنة وتنفيذ اشكال متوازية مستطيلة بقياس 1.5X5X10 سم واستعملت اداة تسطيح اسطوانية تحتوي حزوزاً محدودة تكون تموجات على جانب الانموذج شكل (3–1) الغاية منها هي لبيان تصرف الزجاج على السطوح البارزة والمائلة والمنخفضة ، جففت النماذج بشكل بطيء ومتساو على سطح مستوي لضمان استواء النموذج بعد الجفاف .



شكل (3–1) صورة اسطوانة التسطيح

3–3–3– حرق النماذج (الفخر): حرقت النماذج في فرن كهربائي وفق برنامج حرق بطيء لغاية درجة حرارة 1050مْ مع تثبيت درجة النضج (Soaking) لمدة نصف ساعة وذلك لضمان وصول درجة الحرارة الى كافة اجزاء الانموذج وتحقيق الصلابة مع ابقاء مسامية لتناسب تطبيق وارتباط.

3–3–4– قياس التقلص الطولي: قيس التقلص الطولي للنموذج باستعمال القدمة الفكية في مرحلة التنفيذ وثم بعد الحرق المختزل في درجة حرارة (1250مْ) التي تحدث فيها نسب عالية من التقلص بسبب حدوث عملية تزجيج (Vitrification) ويمكن حساب نسبة التقلص كما يأتي :

$$\text{التقلص الطولي} = \frac{\text{الطول الطري} - \text{الطول بعد الفخر}}{\text{الطول الطري}} \times 100$$

3–3–5– حساب خلطات الزجاج : قام الباحث بتحضير عدة خلطات زجاج واختيرت خلطة واحدة والتي كانت ذات نتائج لونية جيدة بالاضافة الى نتائج انصهار وتفاعل جيد مع السطح الفخاري وادناه الجدول (3–2) يبين التركيب الكيمياوي لتلك الخلطة :

جدول (3-2) النسب المئوية لخلطة الزجاج

المادة	النسبة
فلسبار بوتاسيوم Potash Feldspar	%60
كاربونات الكالسيوم Calciume Carbonate	%20
طين صيني China Clay	%20
اوكسيد القصدير Tin Oxide	%5
كاربونات النحاس Copper Carbonate	%1

3-3-6- مركبات تلوين الزجاج : كاربونات النحاس $CuCo_3$ كملون اساسي في خلطة الزجاج بالاضافة الى استعمال اوكسيد القصدير SnO_2 كمعزز للطيف الاحمر .

3-3-7- حساب وحدة الصيغة لخلطات الزجاج: استعمل برنامج (Glaze Master) لحساب وحدة الصيغة لخلطات الزجاج لكونه يحتوي على خصائص متطورة و مرونته العالية وسرعته العالية في اظهار النتائج مع العديد من المعطيات المهمة التي تستعرض مجموعة المعلومات الخاصة بكل تركيبة زجاج .

3-3-8- ترميز النماذج : رمّزت النماذج وفق برنامج الحرق المستعمل إذ أعطي لبرنامج الحرق المختزل الرمز (Re)

3-3-9- تهيئة وتطبيق الزجاج: تم وزن 100 غم لكل نموذج مضافا لها وزن الملونات فوق النسبة المئوية، ثم اضيف الماء بكمية مناسبة من اجل تحقيق مزيج قابل للتطبيق بواسطة الفرشاة بعدها مررت الخلطة بمنخل ذو نفاذية (100Mesh).

3-4- برامج الحرق:

3-4-1- حرق الزجاج: أجريَّ الحرق المختزل العالي الحرارة 1250مْ في الفرن الغازي وفق برامج الحرق ادناه:

1- برنامج الحرق المختزل (RE6):

الوقت بالساعة	حرارة الفرن مْ	لهب ودخان من فتحة الفرن العليا	هواء الحارق %	ملاحظات
0:00	40	لايوجد	25	
0:30	450	لا يوجد	35	
1:00	700	لايوجد	60	بدء الاختزال المتوسط عند الوصول الى درجة الحرارة هذه عن طريق تقليل المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 10 سم
4:00	1000	لهب احمر 15سم مع دخان	60	تقليل الاختزال الى درجة الاختزال الضعيف من خلال زيادة المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 15سم
7:00	1250	لهب احمر 20سم	100	عند الوصول الى درجة الحرارة هذه يتم اطفاء الفرن واجراء عملية التبريد سريع عن طريق فتح جميع فتحات الفرن
9:00	40	لايوجد	0	

2- برنامج الحرق المختزل (RE7) :

الوقت بالساعة	حرارة الفرن مْ	لهب ودخان من فتحة الفرن العليا	هواء الحارق %	ملاحظات
0:00	40	لايوجد	25	
0:30	375	لا يوجد	35	
1:00	750	لايوجد	60	بدء الاختزال القوي عند الوصول الى درجة الحرارة هذه عن طريق تقليل المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 5 سم
2:00	1000	لهب احمر 15سم مع دخان	60	تقليل الاختزال الى النصف من خلال زيادة المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 10سم
4:00	1250	لهب احمر 20سم	100	عند الوصول الى درجة الحرارة هذه يتم اطفاء الفرن واجراء عملية التبريد السريع عن طريق فتح جميع فتحات الفرن
4:15	850	لايوجد	0	بدء مرحلة اختزال ثانية عن طريق تقليل المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 10 سم
4:45	1000	لهب احمر 15سم مع دخان	60	ايقاف مرحلة الاختزال الثانية والبدء بعملية التبريد السريع
7:45	40	لايوجد	0	

3- برنامج الحرق المختزل (RE8) :

الوقت بالساعة	حرارة الفرن مْ	لهب ودخان من فتحة الفرن العليا	هواء الحارق %	ملاحظات
0:00	40	لايوجد	25	
0:30	400	لا يوجد	35	
1:00	800	لايوجد	60	بدء الاختزال القوي عند الوصول الى درجة الحرارة هذه عن طريق تقليل المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 5 سم
2:30	1050	لهب احمر 15سم مع دخان	60	تقليل الاختزال الى النصف من خلال زيادة المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 10سم
4:50	1250	لهب احمر 20سم	100	عند الوصول الى درجة الحرارة هذه يتم اطفاء الفرن واجراء عملية التبريد السريع عن طريق فتح جميع فتحات الفرن
5:05	800	لايوجد	0	بدء مرحلة اختزال ثانية عن طريق تقليل المسافة بين الحارق وفتحة النار الى 10 سم
5:35	1000	لهب احمر 15سم مع دخان	60	ايقاف مرحلة الاختزال الثانية والبدء بعملية التبريد السريع
9:35	40	لايوجد	0	

3-5- الفحوصات التي اجريت على النماذج:

3-5-1- فحص القيم اللونية: استعمل جهاز التحليل اللوني (Precise Color Reader) لمعرفة التمثيل الرياضي للون، وتحديد قيمه الثلاثة (L.A.B)

اسم الجهاز – Precise Color Reader

الموديل HP-C210

أُجري الفحص في مختبر فرع الخزف، كلية الفنون الجميلة، جامعة بابل

3-5-2- فحص المجهر الضوئي

استعمل المجهر الضوئي (Digital Microscope)، لفحص عينات البحث، بهدف التعرف على محتوى طبقة الزجاج من حيث:-

الفقاعات الهوائية.

بلورات التراكيب غير الذائبة .

اسم الجهاز: Digital Microscope – Color Cmos Sensor

الموديل: S04

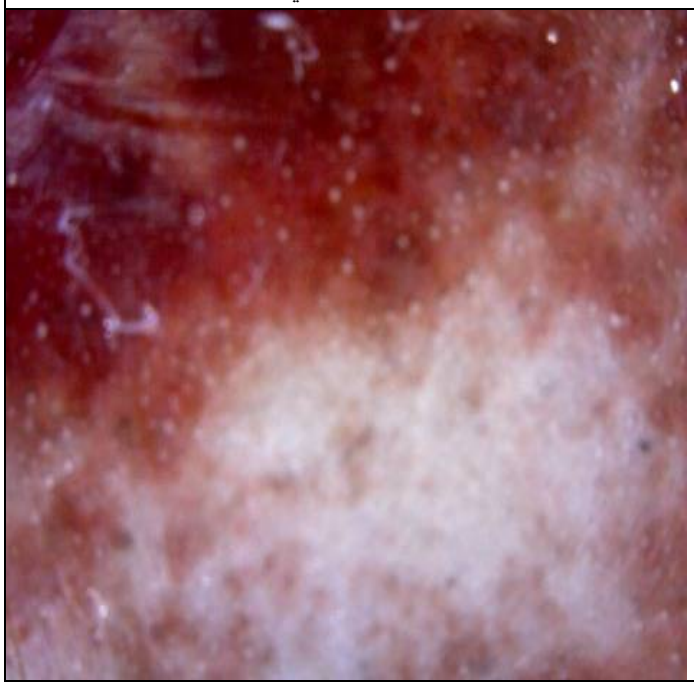
القوة التكبيرية: (600X)

أُجري الفحص في مختبر فرع الخزف، كلية الفنون الجميلة، جامعة بابل

الفصل الرابع/النتائج ومناقشتها

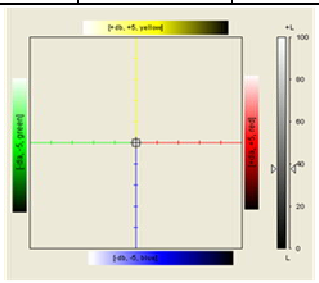
4-1 النتائج

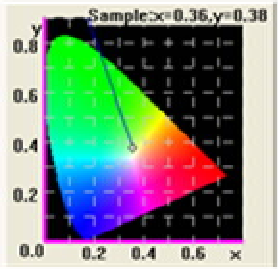
جدول (4-1) يبين نتائج العينة (1) والفحوصات التي اجريت عليها

	مجهر ضوئي
	

Test instrument: HP-C210 Test condition: D65/SCI/10

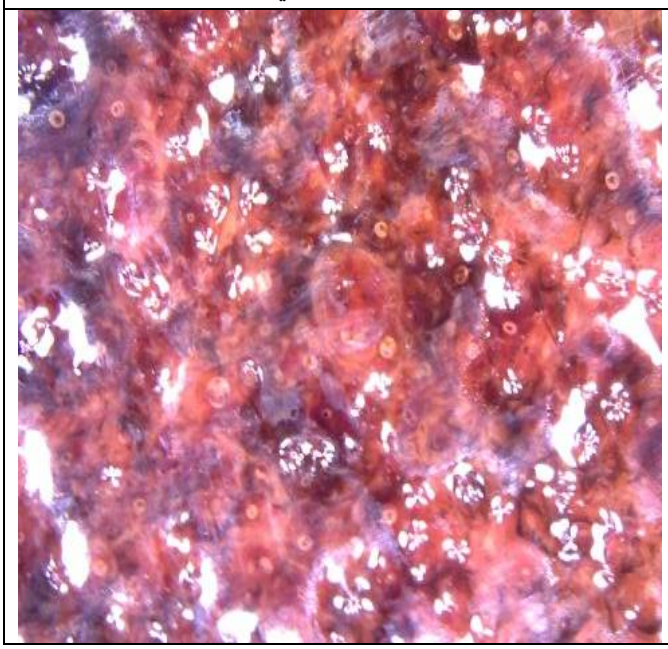
H	C	L	b	A	L
33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38





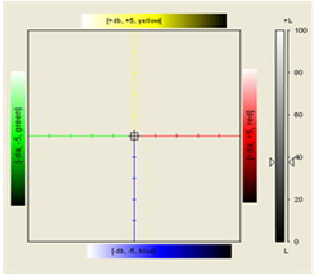
جدول (4–2) يبين نتائج العينة (2) والفحوصات التي اجريت عليها

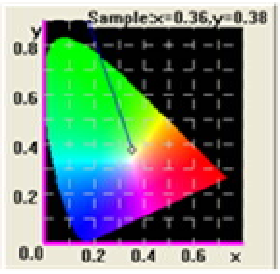
مجهر ضوئي



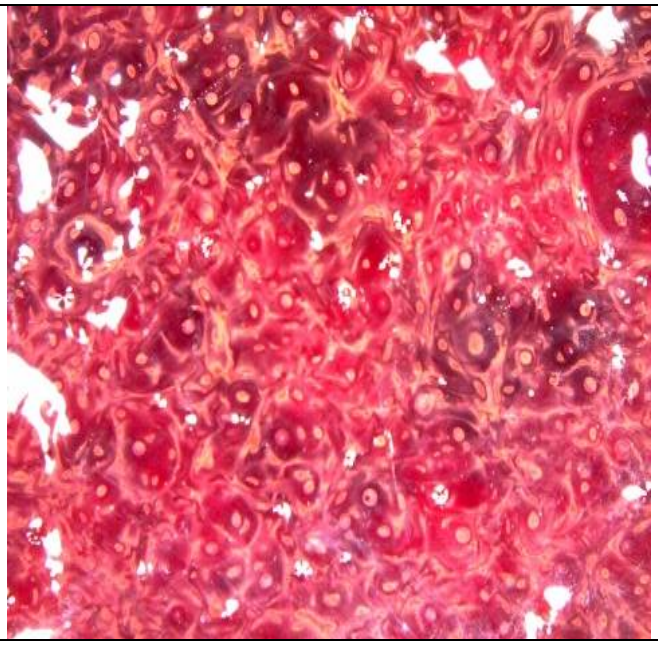
Test instrument: HP–C210 Test condition: D65/SCI/10

H	C	L	b	A	L
31.65	31.65	31.65	31.65	31.65	31.65



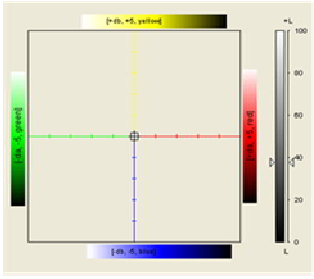


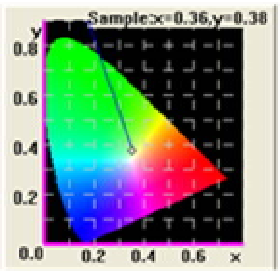
جدول (4-3) يبين نتائج العينة (3) والفحوصات التي اجريت عليها

مجهر ضوئي	
	

Test instrument: HP-C210 Test condition: D65/SCI/10

H	C	L	b	A	L	
33.48	33.48	33.48	33.48	33.48	33.48	





4-2- مناقشة النتائج: أخضعت الخلطة الى ثلاثة برامج حرق مختلفة وكل على حده إذ حرقت بدرجة حرارة ثابتة هي (cone6) (1250مْ) مع تفاوت برامج الحرق في وقت وشدة الاختزال إذ كان اختزال الفرن في اثناء ارتفاع درجة الحرارة وعند بلوغها درجة (850مْ) واستمر لمدة ساعتين بدرجة حرارة (1000مْ) وبعدها اصبح اختزال خفيف إذ تم السماح بدخول كمية من الهواء الى الفرن، ثم استمر الحرق لتصل الى درجة حرارة الفرن الى (1250مْ) وعندها أطفئ الفرن وبدأت عملية التبريد السريع من خلال فتح مغاليق فتحات النظر، إذ تم نضج الزجاج مع وجود قليل من الفقاعات الطافية على السطح طبقة الزجاج وذلك لسمك الطبقة وطول مدة الاختزال وشدته إذ اثرت شدة الاختزال طبقغرافية السطح إذ بدت عليه بعض البثور او الفقاعات الهوائية الصغيرة الناتجة من جراء خروج الغازات (الاوكسجين) من السطح الخزفي، اما نتيجة اللون فكان اللون مائل الى الاخضر المصفر نتيجة لوجود الكميات العالية من اوكسيد القصدير والذي يتحول

الى اللون الرمادي عند الاختزال وكذلك يعمل كمادة غير ذائبة في السائل الزجاجي ويرفع من درجة حرارة النضج .

اما في برنامج الحرق (Re3) فقد تغير اللون مرة اخرى تبعاً لتغير البرنامج إذ أنه اظهر لوناً احمراً عميقاً اشبه بما يسمى دم الثور او دم الغزال مع سطح ناعم ومستو وصقيل، في هذا البرنامج عمد الباحث الى احداث اختزال قوي في درجة حرارة 700مْ وخلال ساعة كاملة وصولا الى درجة الحرارة 880مْ مع استمرار الاختزال و وجود للهب الاحمر والدخان الاسود داخل الفرن وفي هذه الدرجة تم تقليل الاختزال والبقاء على اللهب داخل الفرن وصولاً الى درجة حرارة 1250مْ وفي هذه الدرجة أطفئ الفرن واجريت عملية التبريد السريع عن طريق فتح جميع مغاليق فتحات الفرن وصولا الى درجة حرارة 700مْ مع هذه الدرجة بدأت مرحلة اختزال ثانية وصولا الى درجة حرارة 830مْ، ثم تم اطفاء الفرن والبدء بعملية التبريد.

ان قوة الاختزال في درجة الحرارة المتدنية للزجاج (700مْ) وقبل البدء بالانصهار جعلت من طبقة الزجاج ذات السمك العالي والوسط تتقلص بعض الشيء وتنسحب تارك' بعض الشقوق الخفيفة والممتدة بشكل عرضي على سطح النموذج الذي يبدو بلون ابيض اي لون الجسم الطيني.

4-3- الاستنتاجات

1- يتغير اللون الاحمر للنحاس المختزل بتغير برنامج الحرق وذلك للاختلاف في شدة و مدة الاختزال.

2- ان زيادة نسبة اوكسيد النحاس والقصدير تعطي نتائج سلبية إذ يختزل اوكسيد القصدير الى اللون الرمادي المائل الى الفضي والنحاس الى اللون الاخضر المصفر.

4-4- التوصيات

1- استعمال زجاج النحاس على الاحمر على اجسام البورسلين.

4- استعمال فرن الحرق بالخشب لإنتاج زجاج النحاس الاحمر.

4-5- المقترحات

1- دراسة الزجاج الاحمر المتبلور .

CONFLICT OF INTERESTS

There are no conflicts of interest

المصادر والمراجع

*القرآن الكريم

1- البدري، علي حيدر: التقنيات العلمية لفن الخزف (الطين)، ج1، ط1، جامعة اليرموك، عمان- الأردن، 2000.

2- الهلالي، زيد لقمان محمد: تأثير الاختزال على زجاج الخزف المؤكسد العالي الحرارة (Stoneware)، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد، 2014 .

3- القيسي، فوزي عبد العزيز: تقنيات الخزف والتزجيج، ط1، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، الاردن، 2003 .

4- قاسم حسين صالح: سايكلوجيا ادراك اللون والشكل، بغداد، دار الرشيد، 1982.

5- البدري، علي حيدر: التقنيات العلمية لفن الخزف (التزجيج)، ج2، ط1، جامعة اليرموك،عمان- الأردن، 2002.

6- ريان: خواص المواد الخام السيراميكية، ترجمة: فاضل بندر، المكتبة الوطنية، بغداد 1986.
7- الجلبي، منذر محمد سليمان: انتاج خزف بركاني وتطبيقه على الاطيان العراقية، اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة بابل،2013 .
8- Edited, Philippe Boch, Jean-Claude Niepce :Ceramic Materials- Processes, Properties and Applications, 2007.
9- Rhodes, Daniel: Clay and Glazes, London 1975.
10- Britt, john, the, complete guide to high – Fire Glazes: Glazing- Firing firing at cone 10, Alarkcaramies. Book, New york, 2007.
11- Hamer, Frank: The Dictionary of Pottery and Techniques, New York, 2004.
12- Tichane, Robert, Copper Red Glazes, Krause, Publications, 1998 .
13- Reigger, Hal, raku art technique, Van Nostrand Reinhold company New York – U. S. A, 1970.
14- Kenny,Jhon B. The complete book of POTTERY MAKING , Chilton , 1958.
15- Green, D, Understanding pottery Glazes. Printed and dound in Great Britian.1975.
16- James F. Shackelford, Robert H. Doremus Editors: Ceramic and Glass Materials Structure, Properties and Processing, USA, New York,2006.
17- Peterson, Susan, The craft and art of clay, Laurence King Publishing, 2003 .
18- Second Edition: Chemical Processing of Ceramics, Francis Group,2005.