تأثير الحرق المختزل على النتائج اللونية لمركبات السيلينيوم (Se) والكادميوم (Cd) باستخدام أنواع زجاج خزف مختلفة

أ. د. أحمد الهندلوي
جامعة بغداد/ كلية الفنون الجميلة
Dr.ahmed.al-jindawi@cofarts.uobaghdad.edu.iq

أفنان عبد اللطيف كريم
جامعة بغداد/ كلية الفنون الجميلة
Afnannlatef@gmail.com

الملخص

هدف النتائج اللونية لكل من السيلينيوم والكادميوم في عملية الاختزال وباستخدام انواع زجاج خزف مختلفة حيث أن مشـــكلة البحث هو الكشـــف عن الالوان الناتجة من عملية الاختزال وتناول الفصـــل الثاني نبذه عن كل من اوكســيد الســيلينيوم (SeO) والكادميوم (CdO) وعملية الاكســدة والاختزال واســتعمال الفرن الكهربائي في عملية الاختزال حيث ظهرت نتائج مختلفة من التدرجات اللونية في انواع زجاج متعددة .

– **الكلمات المفتاحية :** أختزال الســيلينيوم (SeO) والكادميوم (CdO) بأســتخدام انواع زجاج مختلفة .

Abstract

The aim is the color results for both selenium and cadmium in the reduction process and using different types of ceramic glass, as the problem of searching for the hydrogen peroxide resulting from the reduction, and the second chapter, an overview of both selenium oxide (SeO) and cadmium (CdO), with the success of oxidation and reduction and the use of an electric furnace in this method. By reduction, differences in color shades appear in various types of glass.

Keywords: Reduction of selenium (SeO) and cadmium (CdO) using different types of glass .

الفصل الأول/ الاطار المنهجي للبحث

١-١ مشكلة البحث

أن للحرق تأثير كبير على عمليات أنتاج الاعمال الخزفية المتنوعة على مختلف الازمان وذلك للوصول الى نتائج جديدة من خلال التجارب والتي تساعد بشكل واسع لإمكان البحث في مواضـــيع جديدة في عمليات الحرق وتقنيات مختلفة وما تؤدي الى تغيرات على النتائج النهائية للخزف وذلك يكون من خلال معرفة الخصائص.

أن أوكسيد السيلينيوم (SeO) و الكادميوم (CdO) ذو خصائص قاعدية صاهرة فضلاً عن أنهما يظهران ألوان مميزة في أجواء الحرق المختزل وبخاصة في زجاج الحرارة الواطئة ، لذلك مشكلة البحث هي

أمكانية الحصــول على نتائج لونية من خلال تأثير الحرق المختزل لمركبات الســلينيوم (SeO) والكادميوم (CdO) وبأستخدام أنواع زجاج مختلفة .

١-٢ أهداف البحث

يهدف البحث الحالي الى الحصـول على تدرجات لونيه مختلفة لمركبات الكادميوم (CdO) والســـيلينيوم (SeO) بحالة الاختزال وتأثير هذه النتائج على الجوانب الجمالية للأعمال الخزفية .

١-٣ حدود البحث

١- الأطيان

كاؤلين أبيض (دويخله) ، رمل مطحون (أرضمة)

٢- انواع الزجاج

زجاج قلوي ، زجاج رصاص

٣- مركبات التلوين

أوكسيد الكادميوم (CdO) ، أوكسيد السيلينيوم (SeO)

الفصل الثاني / الأطار النظري والدراسات السابقة

٢-١ الأطار النظري

٢-١-١ الزجاج (مكوناته)

١- **الحوامض : السليكا (SIO_2)** : تعد السليكا (SiO_2) المكون الرئيس للزجاج وهي أهم اكاسيد المجموعة الحامضية اذ أن 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) والتي تختلف في طريقة ترتيب ذرات السليكون والأوكسجين داخل التركيب البنائي ، ويكون التريديمايت والكرستوبلايت صيغ السليكا في درجات الحرارة العالية اما الكوارتز فهي الصيغة المستقرة الى درجة حرارة (٨٧٠° م) . (Green, 1975, p. 60)

٢- **المتعادلة : الالومينا (Al_2O_3)** : تعد الألومينا من اهم الاكاسيد ذات التفاعلين أو الاكاسيد المتعادلة ، إذ تنصهر بدرجة حرارة عالية تصل (٢٠٥٠°م) ، ونادراً ما توجد الألومينا بشكل نقي طبيعياً ، أن وجود الألومينا مهماً جداً لأنها تعمل على تثبيت الزجاج على سطح الجسم الفخاري ويزيد من مدة ثبات السائل المنصهر على الجسم الفخاري مما يساعد على توافر وقت اكثر للنضج من أجل الحصول على سطح خزفي متجانس فيزيائيا من حيث الانتشار وكيميائيا من حيث اطالة مدة النضج ، وكذلك تزيد الألومينا من لزوجة الزجاج ، وصلابته ، ويعد الطين من اهم مصادر الحصول على الألومينا ، كما تتوفر الألومينا في جميع انواع الفلسبارات. (Shackelford, 2006, p. 95)

٣- **القواعد :**

اوكسيد الصوديوم (Na_2O) : يتصف بالانصهارية الشديدة ويستعمل في كل انواع التزجيج الواطئ الحرارة ، وإن شيوع استعماله ناتج من شدة انصهاريته 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 ولكن هذه السيولة ومعامل التمدد العالي يوديان الى ظهور تكسرات وتصدعات في سطح التزجيج الذي يحتوي على كمية جيدة منه ، وتكون استجابته لتأثيرات الاكاسيد اللونية جيدة ، ومن أهم مصادره (Shackelford, 2006, p. 97)

١- كاربونات الصوديوم (Na_2CO_3)

٢- الفلسبار صوديوم ($Na_2O.AL_2O_3.6SIO_2$)

٣- البوراكس ($Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$)

- **اوكسيد البوتاسيوم (K_2O)** : يشبه تأثيره اوكسيد الصوديوم الا انه اقل منه نشاطاً وفاعلية ويبدأ نشاطه في درجة حرارة (٧٥٠°م)وينتج زجاجاً لماعاً ، ان اضافة اوكسيد البوتاسيوم تؤدي الى تقليل اللزوجة ، ويعد افضل بقليل من أوكسيد الصوديوم في مقاومته للإذابة والتأكل الا إنه لا يستعمل لوحده كاوكسيد قاعدي لان الناتج يكون هشاً وضعيفاً ومتصدعاً فيضاف مع غيره من القواعد. (Edition, 2005, p. 103)

- **اوكسيد المغنسيوم (MgO)** : يعد أوكسيد المغنسيوم من الاكاسيد المنصهرة في درجات الحرارة العالية وتبلغ درجة انصهاره تقريباً (٢٨٠٠°م)، ويعد ذا فعالية في درجة حرارة تقارب (١٢٠٠°م) إذ يقلل كثيراً من معامل التمدد الحراري ، وكما إن اضافة نسبة قليلة منه تؤدي الى تقليل تصدع التزجيج وزيادة مقاومة الاجهادات الميكانيكية ويعمل على زيادة الشد السطحي (Edition, 2005, 109)

– **قاعدة سيگر (seger)** : يمكن وصف زجاج الخزف بكونه صيغة كيميائية قائمة على حسابات دقيقة وتتكون من ثلاثة مركبات وهي المركبات الحامضية (RO_2) والمركبات القاعدية (RO,R_2O) والمركبات المتعادلة (R_2O_3) وقد تطور مفهوم الزجاج على يد العالم الالماني (سيگر (seger) الذي وضع نظاماً لمركبات الزجاج سميت باسم (seger formula) إذ وضع سيگر مخططاً يوضح فيه الحد الأدنى والأعلى بين المجاميع المكونة للزجاج لتحديد درجة الحرارة والشفافية والعتمة حسب قاعدة سيگر.

جدول (٢–١) يبين الحد الأدنى و الأعلى بين المجاميع المكونة للزجاج (الجلبي، ٢٠١٣، ص ٤٠)

أنواع الزجاج	RO_2	R_2O_3	RO,R_2O
زجاج واطئ الحرارة	٢	–	١
زجاج عالي الحرارة	٤	–	١
زجاج شفاف	١٠	١	–
زجاج معتم	٥	١	–

٢–١–٢ الملونات (SeO , CdO)

– **أوكسيد السيلينيوم (Selenium)** : هو عنصر كيميائي رمزه SeO وعدده الذري ٣٤ يقع ضمن عناصر الدورة الرابعة وفي المجموعة السادسة عشر في الجدول الدوري يصنف هذا العنصر كيميائياً ضمن اللافلزات وقد أعلن بيرسيليون اكتشافه للسيلينيوم سنة (١٨١٧م) وأعطاه هذا الاسم اشتقاقاً من الكلمة سيلينه وتعني القمر ، وبما أنه يقع ضمن مجموعة الأوكسجين بالتالي فهو من الكالكوجينات (Corporation,1876,116) ، للسيلينيوم خواص تأتي وسطاً بين خواص العنصرين الواقعين فوقه وتحته وهما الكبريت(S) والتيلوريوم (Ti)، كما انه له تشابه في الخواص مع الزرنيخ ايضاً من النادر العثور على السيلينيوم في حالته العنصرية في الطبيعة لكنه عادةً ما يرافق الكبريت في معادن الكبريتيدات (Levinshtein,

(1992,77-79، يشـكّل السـيلينيوم مثلما هو الحال مع الكبريت العديد من المتآصـلات (اختلاف الأشـكال الظاهرية مع اختلاف البنية الداخلية لنفس العنصـر)، والتي تتحوّل فيما بينها عند حدوث تغيّرات في درجة الحرارة ، عند استحصال السيلينيوم من تفاعل كيميائي فهو غالباً ما يكون على شكل مسحوق لا بلّوري ذي لون أحمر والذي يؤدّي صَـهرُه السريع عند درجات حرارة تتجاوز ٢٢٠°م إلى تحولّه إلى شكلٍ زجاجيٍ أسود، والذي غالباً ما يباع تجارياً على شـكل حبيبات خَرَزية ؛ يؤدّي اسـتمرار التسـخين إلى الحصـول على بخار أصـفر من السيلينيوم وأن للسيلينيوم الأسود بنية معقّدة وغير منتظمة ، وهي تتألّف من حلقات بوليميرية يصل فيها عدد الذرّات إلى حوالي ١٠٠٠ ذرّة لكلّ حلقة (Corporation, 1876,85). يوجد السيلينيوم الأسود على شكل حبيبات هشّـة ذات مظهرٍ لمّاع ، وهو قابل للانحلال في ثنائي كبريتيد الكربون CS^2 ، يؤدّي تسخين السيلينيوم الأسود إلى تَلَيُّنه عند حوالي الدرجة ٥٠°م ، ومن ثمّ يتحوّل إلى الشـكل الرمادي عند الدرجة ١٨٠°م ؛ ويمكن أن تقلّل عتبة التحوّل الحراري بوجود آثار من الهالوجينات أو الأمينات (Brian, 1998,89).

- **الكادميوم (Cadmium)** : أو الغَرْيَن، رمزه الكيميائي العربي غر، من غَرِيَ به أي لَزِقَ به، ذلك أنه فلزّ يسـتعمل لطلي الفلزات الأخرى لحمايتها من الصـدأ هو عنصـر كيميائي له الرمز Cd والعدد الذري ٤٨ في الجدول الدوري للعناصـر وقد اكُتشـف الكادميوم عام (١٨١٧م) من قبل فريدريك سـترومير في ألمانيا أصـل الاسـم مشـتق من الكلمة اللاتينية cadmia ومعناها كربونات الخارصـين أو مشـتق من الكلمة اليونانية kadmeia ولها نفس المعنى المذكور الكادميوم عنصـر فلزي لين قابل للسـحب لونه أزرق يميل إلى البياض الكادميوم يذوب في الأحماض ولا يذوب في القلويات (موريس18 ,1990 ,) ، الكادميوم المغلي ينتج عنه أبخرة صفراء سامة يمكن للكادميوم أن يسبب مشاكل صحية كثيرة يحصل على الكادميوم كمنتج ثانوي من تنقية الخارصـين ، يسـتخدم الخارصـين في عملة الطلاء الكهربائي لعدد من الفلزات الأخرى وفي صناعة البطاريات كما يدخل في صناعة المفاعلات

النووية ؛ نظرًا لامتصاصه العالي للنيوترونات كما تدخل مركباته في صناعة الأصباغ ، عنصر فلزي طري يوجد مع النحاس والزنك وخامات الذهب ، والبطاريات وحماية المفاعلات الذرية واللحام والعنصر سام وأملاحه كذلك ، وأخطر طريق للتعرض للكادميوم هو استنشاق الدخان المحتوي على الكادميوم قد يؤدي إلى الالتهاب الرئوي، والوذمة الرئوية، ثم الوفاة (العناصر الكيميائية (فكرة تصنيفها الدوري)، ٢٠٠٥، ١٦-٢٥).

٢-١-٣ اختزال أكاسيد العناصر الأنتقالية (Reduction) : لابد من التطرق للجو المؤكسد الذي يؤدي الى تكون الخزف اولاً ثم أجراء عملية الاختزال والتي هي نزع الأوكسجين المتحد كيميائيا مع العنصر المعدني (الفلز) في الزجاج ، وذلك باتحاده مع الكاربون الناتج من حرق المواد العضوية أو غير العضوية وذلك بمعزل عن الهواء إذ يستعمل الخزاف عملية الاختزال من أجل الحصول على ألوان مختلفة من أوكسيد واحد في الطين والزجاج تتم هذه العملية من خلال السيطرة على جو الفرن في مرحلتي الحرق والتبريد، إذ تعلق فتحات الفرن مع دخول المادة المختزلة إليه في حرارة معينة يتحد الأوكسجين مع الكاربون ليكون (CO_2) ، وعندما ينفذ كل الأوكسجين من جو الفرن سوف يتكون (CO) وهو غاز قلق ولكي يتحول إلى (CO_2) مرة أخرى يتطلب سحب الأوكسجين من القطعة الخزفية مما يؤدي إلى اختزالها. (صالح، ١٩٨٢، ٦٤)

يؤثر الجو المختزل في بعض مكونات الأطيان ، إذ أن الألومينا والسليكا لا تتأثر بالاختزال بل تبقى ثابتة في حين يقع تأثير الاختزال في مظهر الطين ، إذ يسبب ظهور اللون الأسود أو الرمادي الناتج من ترسب الكاربون في مسامات القطعة الفخارية وأن التأثير الرئيس للاختزال في الأطيان يأتي من التغير الحاصل في أوكسيد الحديد الداخل ضمن تركيب بعض الأطيان والذي يعطي بعد الاختزال ألوان البني أو البني الفاتح المتدرج إلى الرصاصي أو الأسود. (البدري، ٢٠٠٢، ٣٠)

أن حالة الاختزال (Reduction) قد لا تؤثر على بعض مكونات الأطيان إذ أن الألومينا (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 أوكسيد 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 . (ريان، ١٩٨٦، ٧١)

– **تأثير الاختزال على ملونات الزجاج :** أن المواد المكونة للزجاج تكون بهيأة اكاسيد او بصيغ اخرى كالنترات أو الكاربونات وغيرها ولكن عند الحرق جميعها تتحول إلى اكاسيد على شكل معادن مرتبطة بالأوكسجين ولكن بأعداد تأكسدية مختلفة كأوكسيد الرصاص (Pbo) والالومينا (Al_20_3) والسليكا (SiO_2) في عملية الاختزال يحدث سحب للأوكسجين من الاكاسيد المكونة للزجاج وهذه الاكاسيد تكون ذات ارتباط ضعيف عند درجات الحرارة المناسبة لذا للاختزال تأثيرات مختلفة على الزجاج منها تغيير النتائج اللونية لبعض الاكاسيد والتي يكون ضبابياً أو لمعاناً و احياناً بريقاً ، ان معظم اكاسيد الزجاج لا تتأثر بالاختزال بسهولة كالالومينا والسليكا واكاسيد الكالسيوم والبوتاسيوم والباريوم لكونها مستقرة ولا يمكن اختزالها الى حالتها المعدنية بسهوله ولكن البعض من المواد المكونة للزجاج تتاثر بالاختزال كاوكسيد الرصاص مثلا ولكن تأثير اوكسيد الرصاص بالاختزال سلبي إذ يفقد الأوكسجين اوكسجينه الضروري لتكوين الزجاج . (Britt, 2007, 46)

– **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 الألوان التي يمكن الحصول عليها في الزجاج من عملية الاختزال هي اقل مما تنتج عنه في الأكسدة . (القيسي، ٢٠٠٣، ٤٨)

٢-١-٤ 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: **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) أو أوكسيد الحديد (Fe_2O_3) أو أوكسيد 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 (SiO_2) في الشبك مكون الشبك محيط رباعي ليعطي لونا بنيا عميقا 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 فينتج عنها لون أعمق وأقوى مما لو كان بحالة واحدة . (الجلبي، ٢٠١٣، ٤٨)

٢-٢ الدراسات السابقة

١- دراسة جرد

استعمل الباحث في هذه الدراسة طينة دويخلة البيضاء ومسحوق الفخار والكوارتز لتكوين خلطة طينية نماوذجية ، كما استعمل زجاج ستون وير (Stoneware) العالي الحرارة فضلا عن استعمال اكاسيد لونية هي اوكسيد الحديد الأحمر وكاربونات النحاس و اوكسيد القصدير، كما تمت عملية الحرق باستعمال الفرن الغازي الحرق الزجاج بدرجة حرارة 1250°م أهم النتائج اللونية التي توصل اليها الباحث في هذه الدراسة هي

كالاتي : ١- زيادة التقلص وقلة مسامية الجسم الفخاري المختزل مقارنة بالمؤكسد في العالي الحرارة ويعود ذلك الى ازدياد حالة التزجج Vitification نتيجة تحول اوكسيد الحديد الأحمر إلى الأسود ذي التصرف القاعدي وفقدان بعض من أوكسجين ترابط بنية الزجاج .

٢ – حقق الاختزال افضـــل نتائج في الزجاج العالي الحرارة من خلال ازدياد فعالية المواد وانصهارها العالي.

تشـترك دراسـة زيد لقمان الهلالي مع الدراسـة الحالية في عملية الأختزال وكذلك تشـترك في اسـتعمال أكاسـيد ملونة لكن الاختلاف هو أن دراسـة زيد لقمان الهلالي تم اسـتعملت ثلاث خلطات تزجيج بالإضـافة إلى اسـتعمال نسـب متعددة من أكاسـيد التلوين بينما في الدراسـة الحالية اسـتعملت خلطة تزجيج واحدة ونسـب اكاسـيد تلوين ثابتة والاعتماد على برنامجين للحرق المختزل للحصول على نتائج لونية مختلفة لكل برنامج حرق .

٢– **دراسة جرد** (٢٠١٨)

اسـتخدم الباحث في هذه الدراسـة الكاؤولين المحلي والطين الناري والرمل الزجاجي ومسـحوق الفخار لتكوين خلطة طينية نموذجية ، كما استخدم الزجاج القلوي الشفاف فضلاً عن استخدام ملونات (صـبغة صـفراء ، صـبغة حمراء ، صـبغة زرقاء بالإضـافة إلى أوكسـيد النحاس المسـتخدم في الاختزال ، تمت عملية الحرق بواسـطة فرن كهربائي وفرن يعمل بالوقود الغاز المسال) بدرجة حرارة ١١٥٠ للفخر و ٩٠٠–١١٠٠ للزجاج و ٥٠٠ للاختزال.

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

١– يمكن انتاج خزف مختزل باستخدام الميثانول .

٢ ثم الحصول على سطح مختزل باستخدام محلول اوكسيد النحاس بدون زجاج وعلى السطح الفخاري .

٣ ارتفاع نسـبة الاضـافة إلى (٣٩–٤٠–٥٠) ادى الى تبلور جزئيات اوكسـيد النحاس على السطح وظهور لون المعدن بشكل واضح .

تشترك دراسة حيدر صباح جرد مع الدراسة الحالية في اختزال أوكسيد لكن الاختلاف هو أن دراسـة حيدر صـباح جرد تم حرق الزجاج بدرجة حرارة ٩٠٠–١١٠٠ وتمت عملية الاختزال خارج الفرن و تم استخدام نسب مختلفة من أوكسيد النحاس بينما في الدراسة الحالية تم حرق

الزجاج بدرجة حرارة (٩٥٠م ، ٨٥٠م) وتم استخدام الاختزال داخل الفرن وتم استخدم نسبة ثابتة من الأكاسيد .

الفصل الثالث: اجراءات البحث

٣-١ منهج البحث : تم اعتماد المنهج التجريبي كونه الأكثر ملاءمة لتحقيق اهداف البحث.

٣-٢ المواد المستخدمة في البحث:

١- خلط الأطيان : اختيرت المواد الأولية لتحضير الطينة في درجة حرارة (١٠٠٠م) إذ اختيرت طينة الكاؤولين البيضاء وذلك لتوفرها محليا ولكونها ذات نسبة منخفضة الاوكسيد الحديد Fe_2O_3 .

وقد عدلت الطينة باضافة مواد غير لدنة اليها كالآتي: (رمل مطحون)

لتصبح الخلطة النهائية كالآتي :

الكاؤولين	رمل مطحون
٧٠٪	٢٠٪

٢- تحضير الخلطة الطينية وتشكيل النماذج : تم وزن المواد الأولية (كاولين و رمل مطحون) وخلطها بماء و بعدها تم التخلص من الماء الفائض بعد ترسب المواد للتخلص من الاملاح الذائبة والمواد العضوية الطافية أن وجدت ثم بعدها تم تمرير الخليط بمنخل ذي نفاذية (Mesh٤٠) بعدها وضع في احواض مسطحة ذات أرضية من القماش السميك لترشيح وتبخير الماء الزائد حتى تحولت الخلطة الطينية إلى عجينة ذات الدونة مناسبة للتشكيل .

نفذت النماذج على شكل اقراص بقطر ١٠ سم وسمك ١ سم .

٣- حرق النماذج الطينية : حرقت النماذج في فرن كهربائي وفق برنامج حرق بطيء لغاية درجة حرارة ١٠٠٠م .

٥- مركبات تلوين الزجاج : أوكسيد السيلينيوم وأوكسيد الكادميوم

٧- تهيئة وتطبيق الزجاج :

جدول تحضير خلطات الزجاج

زجاج رصاص	زجاج قلوي
٧٠٪ رصاص	جاهز
٢٠٪ رمل سليكي	جاهز
١٠٪ ch cly	جاهز

تم وزن ١٠٠ غم من الزجاج مضافا لها وزن الملونات فوق النسبة المئوية ، ثم اضيف الماء بكمية مناسبة من اجل تحقيق مزيج قابل للتطبيق بوساطة السكب .

٣-٣ برنامج الحرق

١- **حرق الزجاج** : أجري الحرق بدرجة حرارة ٩٥٠ °م في الفرن الكهربائي وتم الاختزال بأستخدام مادة النفثالين بعد أتمام عملية الحرق تم أطفاء الفرن ونزول درجة الحرارة الى ٧٠٠°م ومن ثم تم الاختزال .

٢- كان بدرجة حرارة ٨٥٠°م في الفرن الكهربائي وتم الاختزال بواسطة الغاز بعد اتمام عملية الحرق كاملة والقيام بتبريد الفرن الى ٧٠٠°م ومن ثم ضخ الغاز عبر فوهة الفرن الكهربائي لتتم عملية الاختزال .

الفصل الرابع / النتائج ومناقشتها

٤-١ النتائج :

- ظهر اللون الرصاصي لنموذج الكادميوم و اللون الأصفر المائل الى الاخضر في نموذج السيلينيوم وذلك في تجربة الاختزال بالنفثالين وبدرجة حرارة ٩٥٠م°، أما الملمس فأمتازت النتائج بملمس ناعم مع وجود تكسرات شعرية في الزجاج ، وظهور عتمة في نموذج الكادميوم المزجج بالزجاج القلوي أما السيلينيوم المزجج بالرصاص فكان نصف معتم .

نتائج الاختزال بالنفثالين بدرجة حرارة

نتائج الاختزال بالغاز بدرجة حرارة ٨٠٠

– ظهور تدرجات لونية مختلفة في هذا التجربة التي تم الحرق بدرجة حرارة ٨٥٠م° وتم الاختزال بواسطة الغاز حيث ظهر اللون الاحمر والازرق المائل الى رصاصي والاصفر والرصاصي والكستنائي في مجموع النماذج وكانت بملمس ناعم ولماع ، وهناك وجود أخطاء فيها حيث ظهور فقاعات متفجرة منتشرة على السطح الخارجي للنموذج وأخرى ظهور تكسرات شعرية ناعمة في شكل الزجاج الخارجي .

٤-٢ مناقشة النتائج:

١- خضعت الخلطة الى برنامجين حرق مختلفة اذ ان كانت النسب ثابتة لكن بتغير درجات الحرارة وتغير في عملية الاختزال وشدة الاختزال اذ تم حرق النماذج بدرجة حرارة ٩٥٠ °م باستخدام زجاج الرصاص والزجاج القلوي وبإضافة نسبة ٢٠ % لكل من أوكسيد السيلينيوم و أوكسيد الكادميوم وتم الحرق بواسطة الفرن الكهربائي وبعد الوصول الى الدرجة المطلوبة تم أطفاء الفرن وتبريده للنزول الى درجة ٧٠٠°م ومن ثم وضعت كمية من مادة النفتالين الى داخل الفرن مع غلق فوهات الفرن بأحكام حيث كانت النتيجة ظهور اللون الأصفر المائل الى الاخضر في النموذج المزجج بالرصاص ومضاف له أوكسيد الكادميوم بنسبة ٢٠ % مع ظهور تكسرات شعرية داخل الزجاج ، اما النموذج المزجج بالزجاج القلوي مضاف له أوكسيد

السيلينيوم بنسبة ٢٠ % ظهر اللون البني الفاتح مائل الى الرصاصي مع وجود لون احمر حول اطراف النموذج .

٢- أما برنامج الحرق الثاني تم بدرجة حرارة ٨٥٠°م مع تكرار نفس النسب السابقة وتمت عملية الاختزال بواسطة الغاز داخل الفرن الكهربائي حيثم بعد اتمام عملية الحرق وأطفاء الفرن وتبريده للنزول الى ٧٠٠°م يضخ الغاز من خلال فوهة الفرن مع غلق الفتحات بصورة محكمة لمنع دخول الاوكسجين الى داخل الفرن حيث كانت النتيجة باختزال الغاز هي النموذج المزجج بالرصاص ومضاف له أوكسيد الكادميوم لون بني فاتح مع ظهور اللون الرصاصي في اطراف النموذج وظهور بلورات زجاجية في وسط النموذج ، والنموذج المزجج بالرصاص مضاف له اوكسيد السيلينيوم ظهر لون بني كستنائي مع وجود لون احمر في اطراف النموذج وظهور بلورات زجاجية وتكسرات شعرية في وسط النموذج ، اما النموذج المزجج بالزجاج القلوي واطئ الحرارة (Soft) مضاف له نسبة ٢٠ % من السيلينيوم ظهرت تدرجات من اللون البني المصفر والرصاصي المائل للأزرق واللون الاحمر ، والزجاج القلوي لنوذج الكادميوم بنفس النسبة ظهور لون رصاصي في اطراف النموذج مع وجود فقاعات في وسط النموذج .

٤-٣ الاستنتاجات :

١- تأثير الجو المختزل يؤدي الى تغير لون الاكاسيد (SeO) و (CdO) الى الوان ذات قيمة جمالية .

٢-أوكسيد الكادميوم كلما زادت شدة الاختزال ظهر تدرجات اللون الرصاصي بشكل واضح.

المصادر والمراجع

١- البدري، على حيدر : التقنيات العلمية لفن الخزف (الطين)، ج ١، ط١، جامعة اليرموك، عمان – الأردن ٢٠٠٠ .

٢ الهلالي، زيد لقمان محمد تأثير الاختزال على زجاج الخزف المؤكسد العالي الحرارة (Stoneware) رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد، ٢٠١٤

٤- دراسة حيدر صباح جرد (أنتاج خزف مختزل باستخدام الميثانول) ، أطروحة دكتوراه ، جامعة بابل – كلية الفنون الجميلة ، ٢٠١٨ .

٥- القيسي، فوزي عبد العزيز تقنيات الخزف والتزجيج، ط١، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان

٦- قاسم حسين صالح: سايكلوجيا ادراك اللون والشكل، بغداد، دار الرشيد ١٩٨٢

٧- البدري علي حيدر التقنيات العلمية لفن الخزف التزجيج)، ج ٢، ط١، جامعة اليرموك ، عمان – الأردن .٢٠٠٢

٨- ريان خواص المواد الخام السيراميكية، ترجمة: فاضل بندر المكتبة الوطنية، بغداد ١٩٨٦.

٩- الجلبي منذر محمد سليمان انتاج خزف بركاني وتطبيقه على الاطيان العراقية اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة بابل ٢٠١٣

١٠- Edited, Philippe Boch, Jean-Claude Niepce Ceramic Materials- Properties and Applications, 2007,Processes

١١- Rhodes, Daniel: Clay and Glazes, London 1975.

١٢- Britt, john, the, complete guide to high Fire Glazes: Glazing- Firing firing at cone 10, Alarkcaramies. Book, New york, 2007.

١٣- Tichane, Robert, Copper Red Glazes, Krause, Publications, 1998.

١٤- Kenny, Jhon B. The complete book of POTTERY MAKING, Chilton, 1958.

١٥- Green, D, Understanding pottery Glazes. Printed and dound in Great Britian. 1975.

١٦- James F. Shackelford, Robert H. Doremus Editors: Ceramic and Glass Materials Structure, Properties and Processing, USA, New York, 2006 .

١٧- Second Edition: Chemical Processing of Ceramics, Francis Group, 2005.

١٨- Bonnier Corporation , Action of light on Selenium , 1876 .

١٩- Simin G. S & M.E. Levinshtein , Semiconductor device Earliest , 1992 .

٢٠- بيتر روبن , History of the World Semiconductor Industry, 1990 .

- المجلات الدورية (مجلة الفيصل العلمية , العدد ١ , شهر مايو/ يوليو ٢٠٠٥) .