Producing Volcanic Glass Using Welding Wire Residues and Applying Them to Surfaces

Munther Mohammed Suilaman **Maher KathemAbbas**
University of Babylon / Faculty of Fine Arts / Department of Fine Arts / Babel / Iraq
maherk83@yahoo.com munther_alchalaby@yahoo.com

Submission date: 19 /12/2018 **Acceptance date**: 8/1/2019 **Publication date**: 27/2 /2019

Abstract

This research deals with (Production of Volcanic Glaze via welding electrodes waste &applying it to Ceramic Surfaces), which consists of five chapters. The first one includes a presentation of the research problem to find out is it possible to produce a volcanic glaze by using welding electrodes waste and apply it to ceramic surfaces?, while the importance of research in identifying the characteristics of this technique where from the possibility of applying it to the ceramic surfaces which contribute to the demonstration of new techniques in the field of ceramic art, whilst the research aims is possibility to produce the volcanic glaze via welding electrodes waste after that apply it on the ceramic surfaces. The research borderlines include the addition of welding electrodes waste into Alkali-Ready glaze applied onto colored ceramic surfaces at a temperature of (820 °C) to produce of volcanic ceramics. The second chapter contains the theoretical framework, as this chapter reviewed the structure of glass and the color pigments and welding electrodes, through which the color and texture are determined. In addition, the volcanic ceramic from the historical and technical reviewed. The third chapter includes the selection of additives to the glaze mixture based on three color pigments (Red, Yellow, Blue) which are consider the most common color pigments at the potter. Welding electrodes waste was added in three weight ratios (5, 10, 15 %) to the glaze mixture (second layer) with fixing of the weight percentages of whole materials and an incarcerate the variable only in the silicon carbide produced by welding electrodes waste to produce volcanic glaze, whence it has been applied to Italian Alkali-Ready glaze where the number of colored glazed samples are (9). The fourth chapter included the research sample, which has been selected through the variety of silicon carbide ratios which produced from welding electrodes waste and the size of the craters in addition of the surface's texture & color nature. The number of research samples (9) samples representing the research community with achieve the laboratory characteristics. Where the tests of the density and surface tension of the glaze are achieved, and a chromatography analysis has been done by using the system (L.a.b) to find out the numerical values of the color produced, the texture test achieved to understand the nature of the surface. The tests supporting the results of color and texture, the microscopy was achieved onto the research samples, which highlighted the nature of the colored crystals, the phases and the non-molten materials with their effects onto the color results.

Key word : Volcanic Glaze, Welding Electrodes Waste.

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

انتاج زجاج بركاني باستخدام مخلفات أسلاك اللحام وتطبيقها على السطوح الخزفية

منذر محمد سليمان ماهر كاظم عباس
جامعة بابل/كلية الفنون الجميلة/ قسم الفنون التشكيلية/ بابل/العراق

الخلاصة

يعنى هذا البحث بدراسة (انتاج زجاج بركاني باستخدام مخلفات أسلاك اللحام وتطبيقها على السطوح الخزفية)، والذي يتكون من خمسة فصول: تضمن الفصل الأول عرضاً لمشكلة البحث لمعرفة هل من الممكن انتاج زجاج بركاني باستخدام مخلفات أسلاك اللحام وتطبيقها على السطوح الخزفية؟، في حين جاءت أهمية البحث في التعرف على خصائص هذه التقنية من حيث إمكانية تطبيقها على السطوح الخزفية مما تساهم في إظهار تقنيات جديدة في مجال فن الخزف، في حين يهدف البحث إلى إمكانية انتاج زجاج بركاني باستخدام مخلفات أسلاك اللحام وتطبيقها على السطوح الخزفية، أما حدود البحث فتتضمن إضافة مخلفات اسلاك اللحام إلى الزجاج القلوي الجاهز المطبقة على السطوح الخزفية الملونة وبدرجة حرارة (820 °C) لإنتاج خزف بركاني.في حين احتوى الفصل الثاني على الإطار النظري إذ استعرض هذا الفصل بنية الزجاج والصبغات اللونية وقطاب اللحام والتي من خلالها يتحدد اللون والملمس وكذلك استعرض هذا الفصل الخزف البركاني من الناحية التاريخية والتقنية.أما الفصل الثالث فتضمن اختيار المواد المضافة الى خلطة الزجاج بالاعتماد على ثلاث صبغات لونية (الأحمر،الأصفر،الأزرق) والتي تُـعد من أكثر الصبغات اللونية شيوعاً عند الخزاف، وأضيف مخلفات اسلاك اللحام بنسب مختلفة (٥-١٠-١٥%) إلى خلطة الزجاج (الطبقة الثانية)، مع تثبيت النسب الوزنية لجميع المواد وحصر المتغير فقط فـــي كاربيد السيلكون الناتج من مخلفات أسلاك اللحام لإنتاج الخزف البركاني، إذ تم التطبيق على الزجاج القلوي الجاهز الايطالي المنشأ وبلغ عدد النماذج المزججة (٩) نموذج ملون.أما الفصل الرابع فقد تضمن عينة البحث والتي اختيرت من خلال تنوع نسب كاربيد السيليكون الناتج من مخلفات اسلاك اللحام المضافة واختلاف حجم الفوهات البركانية فضلاً عن الملمس واللون، وبلغ عدد العينات (٩) عينة تمثل مجتمع البحث وتم إجراء الفحوصات المختبرية عليها، إذ تم إجراء فحص الكثافة والشد السطحي للزجاج، وتم إجراء فحص التحليل اللوني باستعمال نظام (L.a.b) لمعرفة القيم الرقمية للون الناتج، وأجري فحص الملمس لمعرفة طبيعة السطح، أما الفحوصات الداعمة لنتائج اللون والملمس فهي فحص (المايكروسكوب) والذي من خلاله نتعرف على البلورات الملونة والأطوار والمواد غير المنصهرة وتأثيرها على النتائج اللونية.

الكلمات الدالة: الزجاج البركاني، مخلفات اسلاك اللحام

١. الفصل الأول:

١. ١ مشكلة البحث:

يعد فن الخزف من الفنون الجميلة والذي يتداخل فيه العلم مع الأداء التنفيذي بشكل واسع إذ يمر تقنياً بمراحل عديدة ومعقدة إلا أن عملية أداءه صعبة مقارنة بالفنون التشكيلية الأخرى فهو فن يجمع بين فني النحت والرسم، فضلاً عن المتغيرات الكيمائية وتأثير تفاعلاتها التي تحصل عند الحرق والتزجيج، وان عملية أداء صناعة الخزف لا يمكن أن تكون بشكلها النهائي الا باستعمال المواد ومعالجتها أو تحويلها من حالة إلى حالة أخرى وبأدوات وطرائق مختلفة وهذا ما يعرف بالتقنية في معالجة الخامات من ثم صياغتها وتشكيل عناصرها الفنية لإنتاج الخزف الفني والصناعي. ومهما كان الغرض من إنجاز الخزف سواء كان جماليا ام وظيفيا صار لزاما على الخزاف البحث عن تقنيات خاصة لتعزيز الجانب الوظيفي للإنتاج وكذلك منحه تأثيرات جمالية خاصة. ونتيجة البحث المستمر والتقصي في الخامات والمواد الاولية للخزف وعلى مر السنين أصبحت هناك العديد من الأساليب المستعملة في الانتاج بما يتضمن والحاجة الماسة للطرق

الثلاثة(التشكيل والحرق والتزجيج)، اذ تتم معاملة المواد الاولية وصيرورتها لحالات مختلفة.لذلك نجد أن الخزف البركاني واحداً من التقنيات ذات التأثير الملمسي الواضح كونها تشكل سطحا خزفيا غير متساوي يمكن الإفادة منه في صياغة تأثيرات جمالية للقطعة الفنية الخزفية، لأن هذه التقنية من التقنيات التي تخضع لآلية التجريب والبحث لانها تشكل انحرافا في الرؤية المعتادة للسطح الخزفي، واقتراحا فنيا وتقنيا جديدا، ضرورة التجريب في هكذا نوع من تقنيات الخزف وتطبيقها على السطوح الخزفية فيكون المزج اللوني من جهة والمزج التقني من جهة اخرى، لهذا تتبلور مشكلة البحث في السؤال التالي؛(هل من الممكن انتاج زجاج بركاني باستخدام مخلفات أسلاك اللحام وتطبيقها على السطوح الخزفية؟

١. ٢ أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث الحالي في التعرف على خصائص هذه التقنية من حيث امكانية تطبيقها على السطوح الخزفية مما تساهم في إظهار تقنيات جديدة في مجال فن الخزف، ويفيد البحث طلبة الدراسات الأولية والدراسات العليا وكذلك رفد المكتبة العلمية بمعلومات تقنية على هذا النوع من الخزف.

١. **٣ هدف البحث:** الكشف عن امكانية انتاج زجاج بركاني باستخدام مخلفات أسلاك اللحاموتطبيقها على السطوح الخزفية.

١. ٤ حدود البحث :

١. ٤. ١ الطين (Clays): تم تحضير الطين باستخدام كل من المواد الكاؤولين ومسحوق الفخار والرمل النهري.

١. ٤. ١ الزجاج (Glazed):

- الزجاج القلوي الجاهز Alkaline- (Frit)

١. ٤. ٣ درجة الحرارة(Temperature)

- درجة حرارة الفخر هي (1000 °C).
- درجة حرارة الزجاج القلوي الجاهز (920 °C).
- درجة حرارة الزجاج البركاني هي (820 °C).

١. ٤. ٤ الصبغات (Pigments)المضافة إلى الزجاج : تم اختيار ثلاث صبغات، تُــعد الاكثر شيوعا استخداما، وكونها تمثل الالوان الأساسية، وهذه الصبغات هي:

- الصبغة الزرقاء $MgAl_2O_4$+Co − Blue Pigment
- الصبغة الصفراء$TiO_2.Sn.V_2O_5$ − Yellow Pigment
- الصبغة الحمراء$CaTiO_3.Al_2O_3$+Cr − Red Pigment

١. ٤. ٥ المواد المضافة إلى الزجاج:

- مخلفات أسلاك اللحام.

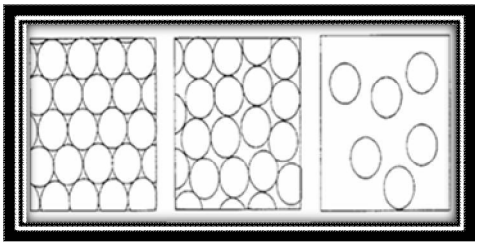
١. ٤. ٦ الفرن(The Killen) :

- استخدام الفرن الكهربائي لمختبر فرع الخزف في جامعة بابل / كلية الفنون الجميلة.

٢. الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة:

٢. ١ بنية الزجاج (Glass Structure)

يصنف الزجاج علمياً على أنه تركيب يقع بين حالتي المادة (الصلبة والسائلة) ويمكن عده حالة رابعة للمادة بالاضافة إلى الحالة الغازية حيث يطلق عليها بالحالة المتزججة وتكون غير متبلورة وعشوائية التوزيع الذري وتمثل تراكيب الزجاج (Glass) وزجاج الخزف (Glaze) لأن التراكيب المتزججة لاتتصف بصيغة جزيئية دقيقة بل هي خليط معقد ينتمي إلى الحالة السائلة كونه عشوائي التوزيع الذري، وللحالة الصلبة كون الناتج تركيباً صلباً ميكانيكياً، فلهذا يسمى أحياناً بالسائل المبرد فجأةً. [١، ص٤١] ويمكن توضيح ذلك في الشكل الاتي :



الشكل (٢-١) يوضح حالات المادة (A) الحالة الغازية (B) الحالة السائلة (C) الحالة الصلبة نقلاً عن [١، ص٤٢]

إن الزجاج السليكي عبارة عن مجموعة غير منظمة من المواد الصاهرة (القلويات والقواعد) موزعة خلال نظام شبك السليكا وهذا النظام يكون مرتبطاً مع ذرات الأوكسجين وبهذا يكون الزجاج شكلاً بنائياً من نفس الوحدات التي تبني أشكال السليكا المتبلورة، [١، ص٤١-٤٢] ففي بلورات السليكا الرباعية التكافؤ ترتبط كل ذرة سليكون ذات إحداثيات أربعة مع أربعة ذرات أوكسجين في زوايا الذرة الرباعية الأوجه، وتعمل كل ذرة أوكسجين كجسر للارتباط مع ذرتين سليكون متجاورة. [2, P.5] أما عندما تضعف هذه الأواصر بإرتفاع درجات الحرارة فإن جانباً واحداً من الثغرة يكون بدون أوكسجين والجانب الثاني فية اوكسجين بتكافؤ آصري غير مشبع، وتكون فرصة الأكاسيد ثنائية التكافؤ بالدخول لتكمل الترابط وتعطي متانة للزجاج وتكون الصيغة (Si-O-O-Si) قد تحولت إلى صيغة أخرى كما في المثال :-Si-O-Ca-O (Si) وهذه الصيغة تبين عملية دخول أيون (Ca^{+2}) في بنية السليكا والتي تعرف بمعدلات الشبك. [3, P.321].

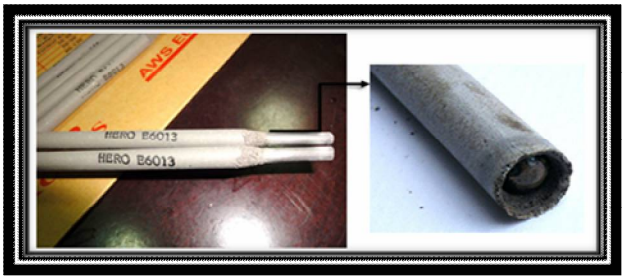
٢. ٢الصبغات اللونية(Stains)

تتألف الصبغات اللونية من بلورات تنتشر بشكل جسيمات دقيقة وعديدة في الزجاج الخزفي، بحيث تُـنتج صبغات لونية صناعية متعددة مغطيةً بذلك ألوان الطيف المرئي بأكمله والمستوحاة من مركبات مصادر التلوين الطبيعية المرتكزة على تفاعلات الحالة الصلبة. تستخدم الصبغات اللونية في تلوين الأطيان فضلاً عن تراكيب التزجيج بالإضافة إلى استعمالها في تقنيات التزين أعلى وأدنى الزجاج الخزفي[١، ص١٥٧] وإن إعداد وإنتاج الصبغات اللونية صناعياً يتم في درجات الحرارة العالية والتي من المحتمل

وصولها إلى ($1700^{\circ}C$) من خلال تفاعل المكونات للصبغة بحالتها الصلبة، عن طريق إضافة الأكاسيد المعدنية، وأحياناً استخدام الاملاح مثل (البورات او الكاربونات) إلى بلورة الخليط وضمن بنيتها الذرية، فتكون مستقبل جيد للّــون محققة ًهدف انتاج الصبغة كبلورة الالومينا مثلاً، وترتبط فيها مع عنصر من الاكاسيد المعدنية .وبهدف إنتاج أصباغ عالية الجودة فلابد من جعل تفاعل المواد الخام مسيطراً عليه، لذلك فمن أجل ضمان نقاء وقوة اللون يتطلب استخدام او إضافة المواد الاصطناعية في بعض هذه الأصباغ. اذ يتم وزن المواد الخام وفقا لصفة معينة ومخلوطة جيدا، ومن ثم يوضع المزيج في الفرن لإجراء عملية الكلسنة (Calcination) عند درجة حرارة معينة ومناسبة لغرض إكتمال عملية التفاعل، وبذلك تُــصنع الصبغات لإعطاء ميزة الثبات اللوني المتسق للّــون المراد الحصول عليه. إذ ان الصبغات لا تتأثر بتغير ظروف الحرق، فمثلاً أن ما يعطيه النحاس من لون يمكن ان يتأثر بجو الفرن وخاصة اذا لم يُــسيطر على ظروف الحرق، أما عند ترحيله إلى وسط الاختزال فسيتغير التأثير اللوني لأوكسيد النحاس، وتجدر الإشارة إلى وجود تأثيرات إيجابية مهمة للصبغات تزيد من المقاومة الميكانيكية كزيادة مقاومة الظروف الجوية والمواد الكيميائية وقيم الصلادة لسطح القطعة الفخارية، لذلك يفضل استخدام الصبغات اللونية لثباتها اللوني في مختلف ظروف الحرق إعتماداً على التداخل الواسع والكبير لبنائها البلوري مع التركيب الكيميائي للزجاج[4,P.175]

٢. ٣ أقطاب اللحام (Welding Electrodes)

قديماً كانت أقطاب اللحام هي عبارة عن سلك اللحام فقط مما يجعل من عملية السيطرة والتحكم في آلية اللحام والقطعة المعدنية المراد لحامها بحيث تمتص منطقة اللحام الأوكسجين والنتروجين في الهواء الجوي مكونة أوكسيد ونتريد المعدن مما يُــضعف منطقة اللحام. حديثاً تم التغلب على هذه المشكلة استخدمت أقطاب لحام مغطاة تساعد على تكوين غازات مغلفة تحمي منطقة اللحام من تأثيرات الهواء الجوي، فضلاً عن أن جزءاً من مادة غطاء الأقطاب سيختلط بالشوائب المتواجدة ضمن مساحة انصهار منطقة القطعة المعدنية ثم تطفو بها على قمة منطقة اللحام وبالتبريد سيتكون بما يدعى بالخبث اذ تساعد بعدم تسرب الحرارة نتيجة تكوينها قناعاً عازلاً والذي بدوره يساهم في التحكم في حجم الحبيبات لسطح القطعة المعدنية. مما تقدم صُــنّــعَــت أقطاب اللحام بتصاميم مختلفة حسب الغرض المنشود منها ولازالت في تطور مستمر حتى يومنا هذا لتناسب مختلف الاستخدامات، ويمكن توضيح ذلك بالشكل الاتي :



الشكل (٢-٢) يوضح صورة أقطاب اللحام المستخلص منها كاربيد السيليكون.

أما الاستخدام الأساس للأقطاب يكون في الوصل والقطع أو التكسية أو التصليد السطحي لأسطح المعدات المختلفة (وهو ما تم توظيفه في فكرة هذا البحث على أسطح القطع الخزفية التي عوملت بمادة كاربيد السيليكون المستخلصة من هذه الأقطاب) [٥، ص٦٥-٦٧]. ويتوقف مدى استقرار أقطاب اللحام على نوع

مادة التغليف ولهذا تُــغمر الأقطاب في مركبات مناسبة أو تُــغلف بمواد ماصة كأن يُــلف عليها خيط من مادة الاسبستوس، وبهذا سيكون الدور الأساس لسمك وانتظام توزيع وتركيب مادة التغليف في عملية نجاح واكتمال اللحام بما ويتناسب مع مادة القطعة المعدنية المراد لحامها. تُــصنف أنواع التغطيات إلى التغطية بغبار خفيف (Lightly Dusted) والتغطية النصفية (Semi-Coated) استناداً إلى سمك طبقات التغطية [6,P.81]هذه التغطيات تُــصنع من مواد مختلفة والشائع منها هي كاربيد السيليكون، ثنائي أوكسيد التيتانيوم، السبائك الحديدية المخلوطة بالمنغنيز، التباشير، النشأ، مسحوق الكوارتز وسيليكات الصوديوم التي كثيرا ما تستخدم كمادة رابطة لمواد التغليف الأخرى.

٢. ٤ الكثافة(Density)

وهي صفة فيزيائية للأجسام تعبر عن علاقة وحدة الحجم بوحدة الكتلة لمادة أو جسم ما، فكلما ازدادت الكثافة ازدادت الكتلة لوحدة الأحجام، وعلى هذا فهي كتلة وحدة الحجوم من المادة. [7, p:88]

إن تأثير الكثافة على جزيئات المادة يتضح بالحرارة والضغط، فعندما تتمدد الأجسام بفعل الحرارة تفقد قوتها الجاذبة ما بين جزيئاتها وبذلك تكبر المسافات ما بينها وتكثر حركتها الداخلية الجزيئية فتتمدد وعندما تنضغط وتنكمش الأجسام بفعل الضغط تكسب قوتها الجاذبة ما بين جزيئاتها، فإن كتلتها الحجميّة تزداد، والكثافة تتحكم بطبيعة المادة، فإن كانت كبيرة أصبحت المادة صلبة وإن كانت الكثافة متوسطة أصبحت المادة سائلة وإن كانت الكثافة صغيرة أصبحت غازية، ولكن ممكن أن تكون هناك مادة صلبة وتكون كثافتها أقل من السائل وذلك يعود للحجم والكتلة لجسم هذه المادة. [8, p:142]، كما ان تداخلات وجه السائل (Surface)، أو سطح السائل الزجاجي يُــعد أمراً معقداً جداً، قد تعطينا الرسوم والمخططات تصورات اكثر وضوحاً له، لكن يبقى الأمر أكثر تعقيداً مما هو في تلك الرسوم، من حيث تداخل التأثيرات التفاعلية الكيميائية فيما بينها خلال عملية الحرق أو التزجيج.

٢. ٥ الشد السطحي (Surface Tension)

هي الظاهرة الفيزيائية التي تحدث في الأصل إثر وجود قوة تماسك بين جزئيات المادة السائلة إذ تعطي السوائل صفة الأغشية المتماسكة، ويكون حدوثها نتيجة تعرض الجزئيات الموجودة داخل السائل لقوى الشد من كل الاتجاهات فتحاول كل منها نتيجة لذلك بإلغاء تأثير الأخرى .أما بالنسبة للجزئيات المتواجدة على سطح السائل فإنها تتأثر بتلك القوى التي توجد في الأسفل بالإضافة إلى الجوانب مما يجعل السطح مشدوداً للأسفل فيظهر بهيئة غشاء رقيق جاعلاً الجزيئات داخل المادة السائلة المتجانسة تتأثر بما يعرف بقوى التماسك أو قوى الجذب الجزيئية .[9,p.286]، وبالاعتماد على ما ذكر أعلاه، بالإمكان احتواء كتلة السائل ضمن المركب (بتطبيق هذه الظاهرة على المركبات) نتيجة الجذب لجزيئات المركب بواسطة نفس مجموعة العناصر التي تكون مجموعة المركب، ما يحدث التغير الفجائي في الزجاج ذو الشد السطحي الواطئ بالاتجاهات ناشئة بذلك تصدعات أو تكوّن سطح مسامي، وعند فقدان الشد السطحي في زجاج عالي الحرارة يبدأ الزجاج بالتكتل والاندماج بهيئة كرات مكوّناً ظاهرة الانسحاب (Crawling) وبهذا فالزجاج المنصهر سيكون ذا شد سطحي عالٍ، اما الزجاج السيّــال فيكون ذا شد سطحي خفيف[9,p.287]. يتأثر الزجاج بالقلويات جاعلةً إياه ذا شد سطحي واطئ كونها مواد ذات فعالية صهر عالية وبالتالي سيتصف بالسيولة العالية، إلا أن بعض الاكاسيد تعطي زيادة في السمك كالالومينا مما سيزيد من مقدار اللزوجة. علماً أنه توجد

علاقة طردية بين الشد السطحي واللزوجة، إذ كلما كان مقدار الشد السطحي مرتفعاً فإن مقدار اللزوجة مرتفعاً أيضا والعكس صحيح، وبارتفاع الشد السطحي فان الفقاعات المتكونة نتيجة تفاعلات الزجاج ستنحصر ولا يمكنها النفاذ بسهولة [10,p.534].

٢. ٦ الزجاج البركاني من الناحية التقنية :

هو الزجاج المتصلب ما بين التفقيع والتنعيم الخارجي أو هو عبارة عن انفجارات غازية في التزجيج تؤدي إلى إنتاج أنواع مختلفة من الفوهات البركانية المستوية، ويتحقق هذا من خلال استخدام مواد ذات تدرج حجمي مختلف. ينتج الزجاج البركاني في درجات الحرارة العالية لكن الانتاج الأسهل في معدل درجات الحرارة (1250-1150 °C)لان الغازات التي تنتج الفوهات البركانية تتحرر في هذه الحرارة، أما الحرق بدرجات حرارة أعلى فيلغي فيها الزجاج البركاني إلا إذا كان الزجاج سميك ولزج، وإن الزجاج البركاني العالي الحراري يجب ان يحتوي على نسبة كبيرة من الطين($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)أو الفلسبار الصودي ($Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)، ويمكن انتاج الزجاج البركاني بالطرق التالية:

١. استخدام الاكاسيد والمركبات بشكل خام مما يؤدي إلى تحرر الغازات عند تفاعلها.
٢. فقاعات الهواء المحصورة في السائل الزجاجي إذ ترتفع إلى السطح الزجاجي فتكون فوهات بركانية اما من الافراط عند اضافة العامل المرطب أو من خلال عملية التزجيج للقطع الفخارية[11, P.18].
٣. اضافة نسبة قليلة من كاربيد السيليكون (SiC) إلى خلطة الزجاج.
٤. دورات الحرق والتبريد تكون مهمة والتي تتضمن (مكونات الجسم الفخاري، خلطة الزجاج، ارتفاع الحرارة الذي يخلق الزجاج، انخفاض الحرارة الذي يصلب التأثير) لهذا التجارب مهمة لأنها تحدد التجارب المفضلة والمكونات المفضلة [9, P.92-93].

يحتوي زجاج الخزف البركاني على كميات كبيرة من الفوهات البركانية المتفجرة بسبب الغازات المتحررة من ضمن تكوين السائل الزجاجي، وقد تكون هذه الفوهات البركانية قليلة العدد وصغيرة، وقد تكون بأعداد كبيرة وبقياسات كبيرة إلى حد قد تكون أكبر من معدل سمك الزجاج

أما أسباب نمو الفوهات البركانية فهي :

١. سمك طبقة الزجاج فهناك علاقة مباشرة بين قطر الفوهات البركانية التي تتكون وسمك طبقة الزجاج إذ يزداد القطر بسبب احتجاز الغازات وحسب نوع الزجاج المستخدم ونوع الحرق.
٢. الشد السطحي الواطئ يساعد في نفاذ الغازات المتكونة داخل طبقة الزجاج، أما الشد السطحي العالي فيساعد على احتجاز الغازات داخل هذه الطبقة مما يؤدي إلى تجمعها ونموها إلى فوهات بركانية كبيرة.[12, P.130]
٣. لزوجة الزجاج العالية تعمل على صعوبة اندماج الفوهات البركانية ونموها فعند نضوج طبقة الزجاج تتكون الفوهات البركانية بإعداد كبيرة وبقياسات صغيرة في الزجاج ذو اللزوجة العالية، أما الزجاج ذو السيولة العالية القليل اللزوجة فالحالة فيه عكسية إذإن الفوهات البركانية تكون قليلة العدد ولكنها كبيرة.

٣. الفصل الثالث : اجراءات البحث

٣. ١. المنهج المستخدم :

اعتمد الباحث المنهج التجريبي كونه منهجاً دقيقاً يقوم أساساً على التجربة العلمية التي تكشف عن العلاقات السببية بين العوامل المنتظمة والمؤثرة فيها، فضلاً عن المنهج التحليلي الوصفي لتحقيق هدف هذا البحث.

٣. ٢ المواد الداخلة في تركيب الطينة واختيار العينات

٣. ٢. ١ الطين:

أُجري عدداً من التجارب الاولية على مكونات الجسم الفخاري إذ تم اختيار طينة الكاؤولين على اساس تحملها لدرجات الحرارة العالية لعمل نماذج التجارب المطبق عليها خلطات الزجاج، والتي سيتم التطرق اليها لاحقاً. وأدناه الجدول (٣-١) الذي يبين التحليل الكيميائي لطينة الكاؤولين.

جدول (٣-١) يوضح التحليل الكيميائي لطينة الكاؤولين، نقلاً عن [13, P.33]

Composition	L.o.i	CO_2	K_2O	TiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
Kaolin %	0.36	0.10	2.44	0.27	0.27	24.30	69.30

٢,٢,٣. مسحوق الفخار :

تم تحضير مسحوق الفخار (Grog) بحرق الكاؤولين المطحون والمغربل بمنخل قياس (150 mesh) وبدرجة حرارة (1200 °C) وبأسلوب الحرق السريع وفترة نضج مقدارها ساعة واحدة.

٣,٢,٣. الرمل الزجاجي:

تم استخدام الرمل الزجاجي المحلي (Sand Glaze) ضمن خلطة الجسم الفخاري بسبب انخفاض قيمة الانقلاب الحراري لسيليكا الزجاج ضمن اطوار انقلاب السيليكا وبذلك نحصل على جسم صلب.

٣. ٣.الزجاج:

تم استخدام الزجاج القلوي الجاهز (Frit) إيطالي الصنع والمجَــهّــز من قبل شركة (COLOROBBIA)، وتم إجراء التحليل الكيميائي له في هيئة المسح الجيولوجي بواسطة جهاز (XRF)وكانت نتائج التحليل كما مبينة في الجدول الاتي :

جدول (٣-٢) يوضح التحليل الكيميائي للزجاج القلوي الجاهز

SiO_2 %	FeO %	Al_2O_3 %	TiO_2 %	CaO %	MgO %	Na_2O%	K_2O %
٦٤,٢٨	٠,٣٩	٧,٩٦	٠,٢٨	١٣,٣٩	٠,٠٧	١١,٢٥	٢,١٨

١,٣,٣. المواد المضافة للزجاج:

١,١,٣,٣. الصبغات الملونة: تم الاعتماد على ثلاثة ألوان من الصبغات الملونة المضافة إلى خلطة الزجاج (الأحمر، الأصفر، الأزرق) والتي تُــعد الأكثر شيوعاً وإستخداماً، وكونها تمثل الالوان الأساسية، علماً أن التركيب الكيميائي لها كالتالي:

- **الصبغة الحمراء** $(Al\text{-}y\text{-}Cr)\ CaTiO_3.Al_2O_3+Cr$ **/(Red Pigment)**.
- **الصبغة الصفراء** $(Sn\text{-}V)\ :\ TiO_2.Sn.V_2O_5$ **/(Yellow Pigment)**.
- **الصبغة الزرقاء** $:\ (Co\text{-}Al)\ Mg.Al_2O_4+Co$ **/(Blue Pigment)**.

٢,١,٣,٣. مخلفات اسلاك اللحام:

تمت إضافة مخلفات أقطاب اللحام (Welding Electrodes) والتي تحتوي علي مادة كاربيد السليكون (SiC) إلى الزجاج الجاهز من النوع (E-6013)ذات التركيب الكيميائي التالي:

جدول (٣-٣) يوضح مكونات أقطاب اللحام للنوع (E-6013)،نقلا عن [14,P.13]

Total	C	Si	Mn
1	0.38	0.6	0.02

٤,٣. تشكيل النماذج: تم تحضير الطين بشكل لدن مع إضافة (15%) من الرمل الأسود و(15%) من مسحوق الفخار المحروق لكل (70%) من طينة الكاؤولين وذلك لتقليل نسبة الانكماش وزيادة مقاومته للحرارة مع مراعاة الحفاظ على نصاعة اللون المتأتية من انعدام الشوائب في الطينة، وتم تشكيل النماذج باستخدام القولبة بلوح خشبي محدد بإطار خشبي سمكه (1.5 cm) وتم التقطيع بقياس (١٠×٦,٥ cm).

٥,٣. تجفيف النماذج: تركت النماذج على الواح خشبية معدة لهذا الغرض وبدون تحريك لكي تحافظ على شكلها وتكون مغطاة بقطعة قماش جافة، وبعيدة عن اي تيار هوائي وذلك لمنع عملية جفاف النماذج بشكل سريع لحين إتمام عملية التجفيف التام خلال فترة (٥-٧) أيـــام، بعدها يتم التأكد من خروج الماء الفيزيائي منها بوضعها تحت أشعة الشمس لمدة يوم كامل.

٦,٣. تهيئة الفرن: تم استخدم الفرن الكهربائي في (جامعة بابل/ مختبر كلية الفنون الجميلة/ فرع الخزف) ذو القياس (٤٧×٣٠×٣٧ cm) من الداخل مع لوحة سيطرة الكترونية (Thermocouple) لقياس درجة الحرارة لإنجاز مرحلتي الفخر بدرجة حرارة مقدارها (1000 °C) وتزجيج سطح الجسم الفخاري (820 °C). ويمكن توضيح ما تقدم في الشكل الاتي:

الشكل (٣-١) يوضح الفرن الكهربائي

٧,٣. حرق النماذج: تم حرق النماذج بمعدل (١٠٠) نموذجاً (Test) وبدرجة حرارة (1000 °C) داخل الفرن الكهربائي كما في الشكل السابق (٣-١)، مع تثبيت درجة الحرارة لمدة ساعة (Soaking Time) لزيادة تماسك الجسم الفخاري وحسب برنامج الحرق التالي:

جدول (٣-٤) يبين برنامج الحرق

من حرارة الغرفة ← 150°C ساعتان	
150°C°C ← 500ثلاثة ساعات	
1000°C ← 500°C ساعتان	
1000°C ← 1000°C ساعة (وقت إضافي)	

٨,٣. تهيئة مخلفات اسلاك اللحام: إن التدرج الحجمي الحبيبي للمواد الداخلة في تركيب الزجاج لهُ تأثير مباشر على نتائج الانصهارية وبالنتائج اللونية من حيث الدقة والسرعة وخاصة عند تباين الحجم الحبيبي بشكل طفيف ضمن الخلطة الواحدة والذي بدوره سيرتبط بظروف الحرق. فقد قام الباحث بتعرية أقطاب اللحام (Welding Electrodes) للحصول على مادة التغليف (طبقات التغطية) الحاوية على مادة كاربيد السيليكون (SiC) المعتمدة كمادة مضافة إلى خلطات البحث عن طريق الحك والطرق الخفيفين بالمطرقة بحيث تنتج كتلاً صغيرة متباينة الشكل والحجم، ويمكن توضيح ما تقدم في الشكل الاتي:

الشكل (٣-٢) يوضح أقطاب اللحام والكتل المستحصلة نتيجة عملية التعرية

بعدها تمت عملية الطحن للكتل المستحصلة من عملية تعرية أقطاب اللحام وتكسيرها إلى قطع صغيرة باستخدام الطاحونة الكهربائية (المحورية) والموضحة صورتها بالشكل (٣-٤) ولمدة ٧٢ ساعة للوصول إلى درجة حبيبات دقيقة تتناسب والتجربة التي يقوم بها الباحث.

الشكل (٣-٣) يوضح الطاحونة الكهربائية المحورية

بعدها أجري فحص التدرج الحجمي الحبيبي للمادة المطحونة ليعطي دقة أكثر في الوصول للنسب الأصغر حجماً (مسحوق) والتي أعتمدت ضمن النتائج التقنية واللونية للبحث الحالي، وتم إجراء هذا الفحص في (كلـــــية الفنون الجميلـــــة/قسم الفنون التشكيلية/مختبر فرع الخزف) باستخدام جهاز التدرج الحجمي الحبيبي للحصول على درجة مقدارهـــا(125 mech)، ويمكن توضيح ما تقدم في الشكل الاتي :

الشكل (٣-٤) يوضح جهاز التدرج الحجمي الحبيبي

٩,٣. تهيئة خلطات الزجاج :تم مسبقاً تزجيج النماذج بالألوان الأساسية (ألأحمر، الأصفر، الأزرق)، بعدها تم تطبيق خلطة الزجاج الجاهز المضاف لها مادة مخلفات اسلاك اللحام(الطبقة الثانية) وبنسب وزنية مختلفة

مقدارها (15, 10, 5 gm) على النسب الوزنية للمواد المضافة له إذ أُخذت نسبة وزنية ثابتة بواقع(100 gm) لكل خلطة من مجموع خلطات البحث الكلية البالغ عددها (٩) خلطة.

١٠,٣. تطبيق الزجاج على النماذج الفخارية: طُبّق سائل الزجاج المحضر من قبل الباحث على النماذج الفخارية بطريقة الرش بواسطة المسدس (Spray Gun) مع ضاغطة والمعتمد على الهواء المضغوط على مرحلتين، الأولى منها تمثل رش الزجاج الممزوج بالصبغة اللونية الجاهزة ولثلاث صبغات (الأحمر،الأصفر،الأزرق) على سطوح النماذج الفخارية (Tests). والمرحلة الثانية تتمثل بتطبيق خلطة زجاج الخزف البركاني على سطوح النماذج التي تم رشها بالزجاج الممزوج بالصبغة اللونية في المرحلة الأولى، وبعد الانتهاء من عملية التطبيق تترك النماذج حتى تجف وذلك لتلافي انفصال طبقتي الزجاج عن النموذج الفخاري.

١١,٣. خلطات عينات البحث:

جدول (٣-٥) يبين خلطات عينات البحث

رقم العينة	لون جسم العينة + لون الخلطة الخارجي	النسبة الوزنية للون المضاف 3 gm	النسبة الوزنية لِـ (SiC)		
			5 gm	10 gm	15 gm
١	أحمر	*	*		
٢	أحمر	*		*	
٣	أحمر	*			*
٤	أصفر	*	*		
٥	أصفر	*		*	
٦	أصفر	*			*
٧	أزرق	*	*		
٨	أزرق	*		*	
٩	أزرق	*			*

١٢,٣. حرق النماذج المطبق عليها الزجاج :

وضعت النماذج المطبق عليها الزجاج داخل الفرن، وبالاعتماد على الجدول (٣-٦) من برنامج الحرق وصولاً إلى درجة حرارة (٨٢٠ °C)، ثُم يتم إخراج النماذج بعد مرور (٢٤ ساعة) من فصل التيار الكهربائي عن الفرن.

جدول (٣-٦) يبين برنامج الحرق

من حرارة الغرفة ← **150°C** ساعتان
150°C ← **300°Cساعة واحدة**
300°C ← **700°C** ساعتان

700°C ⟵ **820°C** ساعة واحدة

١٣,٣. الفحوصات التي أجريت على النماذج

١,١٣,٣. التحليل اللوني

استخدم جهاز التحليل اللوني (Precise Color Reader) لمعرفة التمثيل الرياضي للون ذو الطراز (HP-C210) كما في الشكل (٣-٧)، وتحديد قيمة الثلاثة (L.A.B)، حيث اجري الفحص في (جامعة بابل/ مختبر كلية الفنون الجميلة / فرع الخزف).

شكل (٣-٥) يوضح جهاز فحص القيم اللونية.

٢,١٣,٣. فحص المجهر الضوئي: تم استخدام المجهر الضوئي (Optical Microscope) والموضح بالشكل (٣-٨) ذو النوع (Digital Microscope)-(Color Cmos Sensor ضمن الطراز (S04) وبقوة تكبير (600X)، لفحص عينات البحث، بهدف التعرف على محتوى طبقة الزجاج من حيث الفقاعات الهوائية و بلورات التراكيب غير الذائبة. أجري هذا الفحص في (جامعة بابل/ مختبر كلية الفنون الجميلة/ فرع الخزف).

شكل (٣-٦) يوضح جهاز المجهر الضوئي.

٣,١٣,٣. الملمس: تم اجراء فحص الملمس باستخدام حاسة اللمس بدلاً من جهاز فحص الملمس وذلك لعدم قدرة الجهاز على قراءة اسطح جميع النماذج الخاصة بالبحث الحالي بسبب خشونتها وتموج سطحها، لهذا قام الباحث باستخدام حاسة اللمس لتحديد درجة خشونة السطح الزجاجي لكل نموذج من خلال الاعتماد على الدرجات الاتية:

متوسط الخشونة.٢.خشن. ٣.عالي الخشونة. ٤.عالي الخشونة جداً.

٤,١٣,٣. حساب معامل الكثافة للزجاج:تكمن أهمية الكثافة في تحديد درجة الانعكاس وقيمة معامل الانكسار، وان كثافة الزجاج هي مجموع كثافة الاكاسيد المكونة لها،وتتراوح كثافة زجاج الخزف بين ($8.120\text{-}2.125\ gm/cm^3$)، وحُـسِبت الكثافة إعتماداً على الجدول (٣-٨) والذي يعطي ثوابت الكثافة للأكاسيد والمواد الداخلة في تركيب الزجاج وفق المعادلة التالية:-

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{النسبة المئوية للأوكسيد}}{100} \times \text{ثابت كثافة الأوكسيد}$$

جدول (٣-٧) يوضح ثوابت الكثافة ودرجة الانصهار المواد الداخلة في تركيب الزجاج، نقلا عن [١، ص١٩٢-١٩٧].

المادة	ثابت الكثافة	درجة الانصهار ^{o}C
SiO_2	2.7	1710
Al_2O_3	3.8	2050
Na_2O	2.5	860
CaO	3.3	700
K_2O	2.3	700
FeO	5.7	1420
TiO_2	4.2	1830
MgO	3.4	2800
SiC	٣,٢	٢٧٠٠

٥,١٤,٣.حساب معامل الشد السطحي للزجاج: إن لحساب معامل الشد السطحي للزجاج أهمية بالغة نتيجةً لتأثيره الواضح على نتاجات الانصهارية والتجانس بالنسبة للسطح، فضلاً عن معرفة تأثير المواد الداخلة في تركيب الزجاج على نسب معاملات الشد السطحي، لهذا يتم الاعتماد على الجدول(٣-٩) والذي يمثل معاملات الشد السطحي بدرجة حرارة 900(^{o}C) مقاسةً بوحدات (dyne/cm) للمواد الداخلة في تركيب الزجاج **[10,P.5391]**.وفق المعادلة التالية:- النسبة المئوية للأوكسيد×ثابت الشد السطحي = **X**

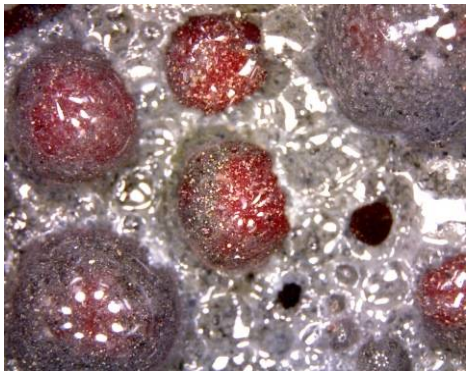
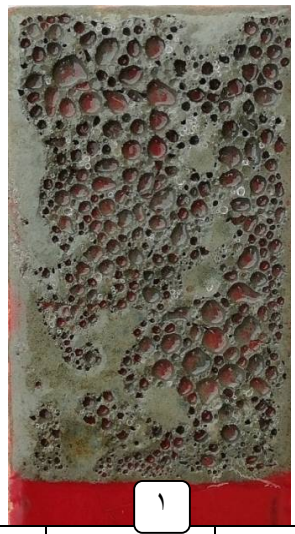
جدول (٣-٨) يوضح معاملات الشد السطحي بدرجة حرارة 900 (^{o}C) مقاسة بوحدات (dyne/cm) للمواد الداخلة في تركيب الزجاج، نقلا عن [10,P.539].

الاوكسيد	ثابت الشد السطحي
SiO_2	**3.4**
Al_2O_3	**6.2**
Na_2O	**1.5**
CaO	**4.8**
K_2O	**0.1**
FeO	**4.5**
TiO_2	**3.0**
MgO	**4.8**
SiC	**٣,٢**

٤. الفصل الرابع: النتائج ومناقشتها

٤. ١.عرض النتائج

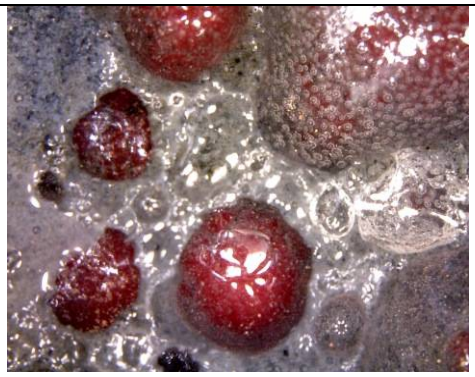
جدول (٤-١) يبين نتائج العينة (١) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي		لون الصبغة للطبقة الاولى	لون الصبغة للطبقة الثانية	نسبة SiC	الملمس	الكثافة (gm/cm3)	الشد السطحي (dyne/cm3)
		احمر	شفاف	٥%	خشن	٢,٩٩	٣٦٨,١٧

One time test report

Standard Sample					
L	A	b	L	C	H
٣٨,٨٩	٠,٢٢-	٧,٣٦	٣٨,٨٩	٧,٣٧	٩١,٧٢

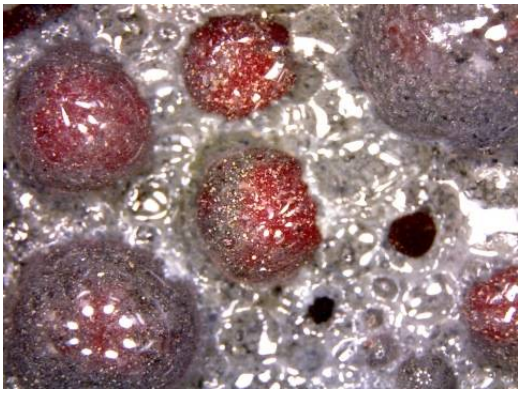
جدول (٤-٢) يبين نتائج العينة (٢) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي		لون الصبغة للطبقة الاولى	لون الصبغة للطبقة الثانية	نسبة SiC	الملمس	الكثافة (gm/cm3)	الشد السطحي (dyne/cm3)
		احمر	شفاف	١٠%	عالي الخشونة	٣,١٥	٣٨٤,١٧

One time test report

Standard Sample					
H	C	L	B	A	L
١٠٠,٧٥	٤,٥٢	٣٦,٦٣	٤,٤٤	-٠,٨٤	٣٦,٦٣

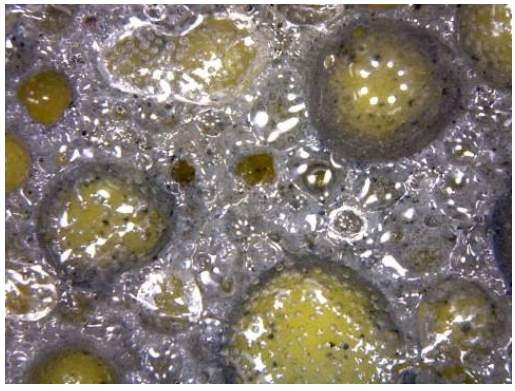
جدول (٤-٣) يبين نتائج العينة (٣) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي					
			٣		
الشد السطحي (dyne/cm3)	الكثافة (gm/cm3)	الملمس	نسبة SiC	لون الصبغة للطبقة الثانية	لون الصبغة للطبقة الاولى
٤٠٠,١٧	٣,٣١	عالي الخشونة جداً	١٥%	شفاف	احمر

One time test report

Standard Sample					
H	C	L	b	A	L
٧٢,١٧	٣,٩١	٣٥,٥٢	٣,٧٢	١,٢	٣٥,٥٢

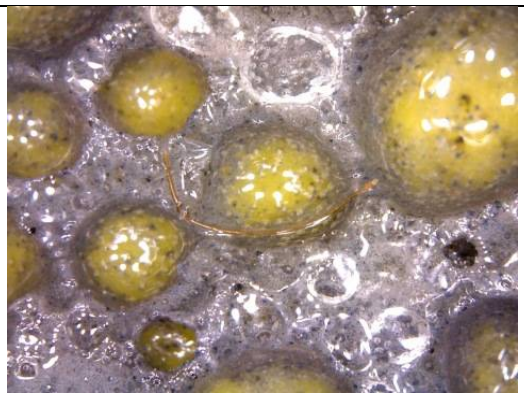
جدول (٤-٤) يبين نتائج العينة (٤) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي					
			٤		
الشد السطحي (dyne/cm3)	الكثافة (gm/cm3)	الملمس	نسبة SiC	لون الصبغة للطبقة الثانية	لون الصبغة للطبقة الاولى
٣٦٨,١٧	٢,٩٩	خشن	٥%	شفاف	اصفر

One time test report

Standard Sample					
H	C	L	B	A	L
١١١,٥٩	٥,٨٩	٥٠,٦١	٥,٤٧	-٢,١٧	٥٠,٦١

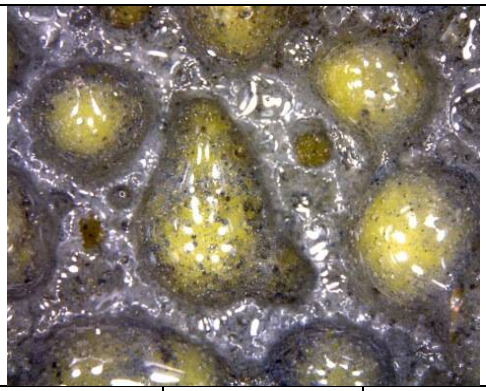
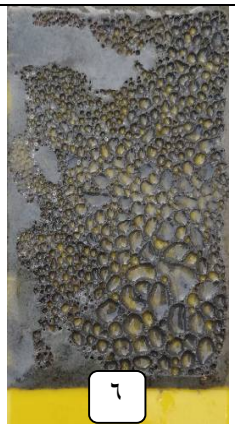
جدول (٤-٥) يبين نتائج العينة (٥) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي					
					
الشد السطحي (dyne/cm3)	الكثافة (gm/cm3)	الملمس	نسبة SiC	لون الصبغة للطبقة الثانية	لون الصبغة للطبقة الاولى
٣٨٤,١٧	٣,١٥	عالي الخشونة	%١٠	شفاف	اصفر

One time test report

Standard Sample					
H	C	L	b	A	L
١٠٤,٨	٥,٨٣	٤٤,٢٨	٥,٦٤	-١,٤٩	٤٤,٢٨

جدول (٤-٦) يبين نتائج العينة (٦) والفحوصات التي اجريت عليها

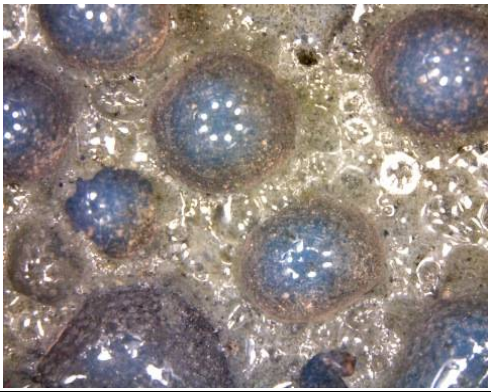
المجهر الضوئي					
					
الشد السطحي (dyne/cm3)	الكثافة (gm/cm3)	الملمس	نسبة SiC	لون الصبغة للطبقة الثانية	لون الصبغة للطبقة الاولى
٤٠٠,١٧	٣,٣١	عالي الخشونة	%١٥	شفاف	اصفر

		جداً				

One time test report

Standard Sample					
H	C	L	b	A	L
١٠٠,٩٣	٨,٧٣	٤٣,٧٣	٨,٥٧	- ١,٦٦	٤٣,٧٣

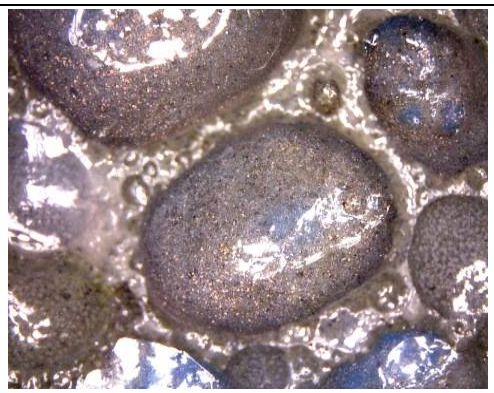
جدول (٤-٧) يبين نتائج العينة (٧) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي					
			٧		
الشد السطحي (dyne/cm3)	الكثافة (gm/cm3)	الملمس	نسبة SiC	لون الصبغة للطبقة الثانية	لون الصبغة للطبقة الاولى
٣٦٨,١٧	٢,٩٩	خشن	%٥	شفاف	ازرق

One time test report

Standard Sample					
H	C	L	b	A	L
١٢٠,٣	٤,٦٣	٤١,٠٦	٤	-٢,٣٤	٤١,٠٦

جدول (٤-٨) يبين نتائج العينة (٨) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي					
			٨		
الشد السطحي (dyne/cm3)	الكثافة (gm/cm3)	الملمس	نسبة SiC	لون الصبغة للطبقة الثانية	ون الصبغة للطبقة الاولى

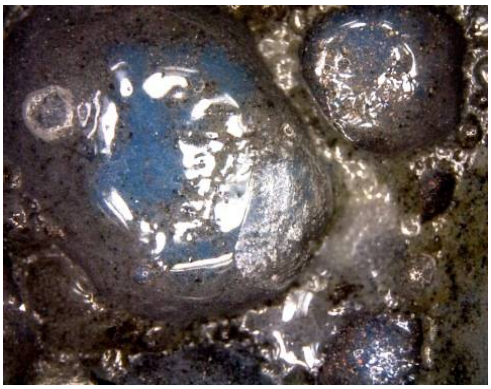
ازرق	شفاف	١٠%		عالي الخشونة	٣,١٥	٣٨٤,١٧

One time test report

Standard Sample					
L	A	b	L	C	H
٤٧,٢٣	-٠,٩٤	٥,٣٩	٤٧,٢٣	٥,٤٨	٩٩,٨٤

جدول (٤-٩) يبين نتائج العينة (٩) والفحوصات التي اجريت عليها

المجهر الضوئي



لون الصبغة للطبقة الاولى	لون الصبغة للطبقة الثانية	نسبة SiC	الملمس	الكثافة (gm/cm3)	الشد السطحي (dyne/cm3)
ازرق	شفاف	١٥%	عالي الخشونة جداً	٣,٣١	٤٠٠,١٧

One time test report

Standard Sample					
L	A	B	L	C	H
٣٣	-٣,٠٢	٢,٢٦	٣٣	٣,٧٧	١٤٣,٢١

٤. ٢ .مناقشة النتائج

٢,٤,١ مناقشة كثافة الزجاج ودرجة الانصهاره :

في البحث الحالي تم استخدام الزجاج القلوي الجاهز واحتساب قيمة الكثافة له من خلال نتائج التحليل الكيميائي للاكاسيد وجاءت القيمة(٢,٨٣) غم/سم^{٣}، بعدها تم إضافة الصبغات الملونة إلى خلطة الزجاج(الطبقة الاول) فهي لا تؤثر على النتائج اللونية فقط وإنما على الانصهارية والكثافة والشد السطحي والملمس وذلك بسبب اختلاف القيم الفيزيائية لهذه الصبغات ولكونها مواد مضافة فوق خلطة الزجاج، اي تعتبر من الشوائب التي تؤثر على كثافة السائل الزجاجي المتوازن ويزداد تأثير هذه الصبغات بزيادة نسبة الاضافة.إن الزجاج الناتج في (الطبقة الثانية) هو ليس زجاج ملون وانما تم إضافة مخلفات اسلاك اللحام الحاوية(SiC) مع خلطة الزجاج وبنسب اضافة (٥-١٠-١٥%) وإن اختلاف هذه النسب أدى إلى تدرج قيمة كثافة مخلفات اسلاك اللحام من (٠,١٦-٠,٤٨) غم/سم^{٣}، ومن خلال عينات البحث الحالي ومع المجموعة الأولى المتمثلة بالنماذج (١-٤-٧) إذ تكونت هذه العينات من طبقتين، في الطبقة الأولى تم استخدام الزجاج القلوي الجاهز بإضافة (٣%) من الصبغات اللونية ومن ثم استخدمت ثلاث صبغات في البحث الحالي هي (الأحمر،الأصفر،الأزرق)

وتم تطبيقها على السطح الفخاري. أما الطبقة الثانية فمتكونة من الزجاج القلوي مع (٥%) من مخلفات اسلاك اللحام وبنتيجة كثافة مقدارها (٢,٩٩) غم/سم^{٣} وهذه النتيجة ضمن مدى نتائج الكثافة لزجاج الخزف والذي يتراوح ما بين (٢,١٢٥-٨,١٢٠) غم/سم^{٣}.

إن الزجاج القلوي هو زجاج متوازن وذو انصهار مسبق (جاهز) لذلك فانه من إذ الانصهارية يكون ذي ذوبان أسرع وسطح متجانس، ولكن نجد أن سطح النموذج (١) ذات فوهات بركانية منتشرة وباحجام مختلفة وهو بطبيعة الحال عكس ما هو متوقع من الزجاج القلوي الواطيء الحرارة وسبب هذا التحول في السطح ناتج من اضافة مخلفات اسلاك اللحام الحاوية على(SiC) والذي يعتبر من المركبات التي تمتص الاوكسجين (O) وتحرر ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) وهذه الخاصية تستثمر في الاختزال وفي انتاج سطوح خزفية ذات تضاريس قاسية وهو ما يطلق عليه بالخزف البركاني، وجاءت العينة ذات نتائج متوافقة مع هدف البحث، أما المجموعة الثانية والمتكونة من (٢-٥-٨) والمتكونة من الزجاج القلوي الجاهز والمضاف له (١٠%) من مخلفات اسلاك اللحام وهذه الزيادة في النسبة ادت إلى زيادة في نسبة الكثافة لتصل إلى (٣,١٥) غم/سم^{٣} لهذا كانت النتائج ذات سطح بركاني وذات فوهات أكبر من المجموعة الأولى ن عينة البحث الحالي.

إن انخفاض قيمة الكثافة في زجاج الخزف يؤدي إلى مشاكل اقل في السطح الزجاجي إذ أن زيادة الكثافة تؤدي إلى انحباس وإعاقة حركة الغازات داخل طبقة الزجاج، لذلك فإن انخفاض قيمة الكثافة يؤدي إلى سطح أكثر تجانس، أما نماذج المجموعة الثالثة والتي هي (٣-٦-٩) والمتمثلة بالزجاج القلوي مع زيادة نسبة مخلفات اسلاك اللحام إلى (١٥%) وهذه الزيادة ادت إلى زيادة في قيم الكثافة لتصل إلى (٣,٣١) غم/سم^{٣} وهذه الزيادة تؤدي إلى زيادة في لزوجة طبقة الزجاج اذ ان العلاقة بين الكثافة واللزوجة هي علاقة طردية وزيادة اللزوجة يؤدي إلى اعاقة حركة السائل الزجاجي مما يعيق من حركة (CO_2) المتحررة من الجسم الفخاري ومن (C) المتحرر من (SiC)) الموجود في مخلفات اسلاك اللحام خاصة واذا علمنا ان نسبة هي (١٥%) مما يضاعف كمية الكاربون المتحرر على نماذج المجموعة الاولى وعليه فان زيادة الكثافة تؤدي إلى زيادة طبقة الزجاج البركاني من إذ حجم الفوهات البركانية وعددها وارتفاع طبقة الزجاج على سطح الجسم الفخاري، اذ ان زيادة الارتفاع هو نتيجة لزيادة كمية (CO_2) المحبوسة داخل طبقة الزجاج، وإن انصهارية الزجاج تكون اقل وسبب ذلك ناتج من ارتفاع درجة حرارة انصهار (SiC) إذ تبلغ (٢٧٣٠ ^{o}C) مما اثر بشكل واضح على طبيعة السائل الزجاجي المتوازن ونلاحظه بشكل واضح في نماذج المجموعة الثالثة. وان هذه الزيادة في نسبة مخلفات اسلاك اللحام نجدها قد اثرت على طبقة الزجاج بشكل واضح إلى حد ان السطح اصبح ذا هيكل اسفنجي مليء بالفوهات البركانية.

٢,٤. ٢. مناقشة نتائج الشد السطحي للزجاج :

تختلف نتائج الشد السطحي للسائل الزجاجي باختلاف نوع المركبات الداخلة في خلطة الزجاج، ففي المجموعة الأولى من نماذج عينة البحث الحالي والمتكونة من (١-٤-٧) مع الزجاج القلوي وبنسبة (٥%) من مخلفات اسلاك اللحام وبقيمة شد سطحي مقداره (٣٦٨,١٧) داين/سم^{٣}، وهي ضمن مدى قيم الشد السطحي لزجاج الخزف والتي تتراوح ما بين (١٥٠-٥٠٠) داين/سم^{٣}، وإن اهمية الشد السطحي في زجاج الخزف يمكن ان يحدد في مدى انتشار السائل الزجاجي على سطح الجسم الفخاري والمحافظة على هذا الانتشار والتغطية بعد التبريد فإنخفاض قيم الشد السطحي يؤدي إلى مائعية السائل الزجاجي وزيادة الشد السطحي تؤدي إلى تكتل الزجاج او ما يطلق علية بالانسحاب، ومع المجموعة الاولى من نماذج عينة البحث

نجدها ذات فوهات بركانية منتشرة على اغلب السطح وهي ناتجة من اضافة (SiC) مخلفات اسلاك اللحام إلى خلطة الزجاج مما رفع من درجة حرارة النضج، ودرجة الحرارة تتناسب عكسياً مع قيم الشد السطحي، فان اضافة مخلفات اسلاك اللحام في خلطة الزجاج يؤدي إلى رفع درجة الحرارة لكن حدود البحث الحالي تشترط تثبيت درجة حرارة النضج ولذلك فان زيادة نسبة المواد المقاومة للانصهار مع ثبات درجة حرارة النضج للسائل المتوازن يؤدي إلى خلل في نتائج السطح من إذ الشد السطحي وهذه النظرية نجدها متحققة في نماذج المجموعة الاولى ولتأكيد هذه الظاهرة تم رفع نسبة مخلفات اسلاك اللحام إلى (١٠%) في نماذج المجموعة الثانية والمتكونة من (٢-٥-٨) مع ثبات باقي خلطة الزجاج في محاولة من الباحث لزيادة الفرق بين درجة النضج ومتطلبات زيادة مخلفات اسلاك اللحام المقاوم للحرارة وقد نجح الباحث في تطبيق هذه الفكرة من خلال نتائج السطح التي زادت فيها كمية وحجم الفوهات البركانية لأن هدف البحث هو انتاج خزف بركاني وللوصول في دراسة تأثير مخافات اسلاك اللحام إلى أقصى حد ممكن لانتاج سطح خزفي ولمعرفة مدى التسلسل المنطقي في تطبيق هذه النظرية لسلوك هذه المخلفات على قيم الشد السطحي لهذا تم رفع نسبة الاضافة إلى (١٥%) منه في نماذج المجموعة الثالثة والمتكونة من (٣-٦-٩) مما ادت إلى زيادة في قيم الشد السطحي لتصل إلى (٤٠٠,١٧) داين/سم^{٣} وهذه الزيادة في قيم الشد السطحي هي في حقيقتها زيادة في تكتل السائل الزجاجي على سطح الطبقة الأولى من الزجاج وهذا واضح في نماذج المجموعة الثالثة من مجتمع البحث.

٢,٤. ٣.مناقشة نتائج ملمس الزجاج :

في البحث الحالي تم استخدام الزجاج القلوي الجاهز ذي الانصهار والتفاعل المسبق وهذا النوع من الزجاج يمتاز بذوبان سريع والتساق جيد وسطح ناعم لماع، إن إضافة الصبغات الملونة لهذه الخلطات (الطبقة الأولى- الطبقة الثانية) يؤدي إلى إنتاج زجاج ملون حسب نوع الصبغة وكميته مع تغير طفيف جداً في درجة الانصهار، وعليه فان الزجاج الناتج حسب المواصفات المذكورة اعلاه هو زجاج ملون وصقيل ولماع وان التحول في السطح الخزفي لعينات البحث الحالي قد حدث بسبب إضافة مخلفات اسلاك اللحام إلى خلطة الزجاج المتوازن (الطبقة الثانية) وهذا أدى إلى تحول السطح من الصقيل الناعم إلى درجات السطح الخشن مع المتغيرات اللونية للسطح لإنتاج تقنية الخزف البركاني. ان اضافة مخلفات اسلاك اللحام بنسب مختلفة على طبقة الزجاج الثانية وحسب جدول المواد المضافة (٣-٥) قد أنتج سطوحاً خزفية متنوعة من إذ الملمس لذلك تطلب وضع مقياس لتصنيف هذه الخشونة ليسهل على القاريء والخزاف الاستفادة القصوى من عينات البحث الحالي في إنتاج أعماله الخزفية، إذ إن اضافة مخلفات اسلاك اللحام بنسبة (٥%) مع الزجاج القلوي ادت إلى تحول السطح الخزفي من الناعم التقليدي إلى خشن في النماذج (١-٤-٧) اذ ارتفعت قيمة الخشونة للنماذج (٢-٥-٨) إلى عالي الخشونة وذلك بسبب زيادة في نسبة مخلفات اسلاك اللحام المضاف على الزجاج القلوي الجاهز والمضاف له الصبغات اللونية وبنسبة مقدارها (١٠%)، وإن زيادة نسبة مخلفات اسلاك اللحام إلى (١٥%) في النماذج (٣-٦-٩) قد رفعت قيم الخشونة فيها إلى عالي الخشونة وهي اعلى نسبة اضافة على خلطة زجاج الطبقة الثانية. إن خشونة السطح في طبقة الزجاج ناتجة من الفوهات البركانية وهي التي تحدد قيم الملمس لذلك تبين أقطار هذه الفوهات وعلاقتها بخلطة الزجاج في النماذج (١-٤-٧) ذات فوهات بركانية أقل من (٤ ملم) منتشرة في أغلب السطح أما النماذج (٢-٥-٨) فذات فوهات بركانية يصل قطرها أقل من (٥ ملم) وهذه الزيادة في احجام الفوهات البركانية ناتجة من زيادة نسبة مخلفات اسلاك اللحام وبسبب ارتفاع درجة انصهاره فان السائل الناتج يكون ذي لزوجة اعلى مما يساعد على تكون

الفوهات البركانية مع ما يحرره من (CO_2) اثناء التفاعل، أما النماذج (٣-٦-٩) فجاءت بنتائج ذات فوهات بركانية بقطر أقل من (٨ ملم) مع انتشار غير متساوٍ على السطح بسبب زيادة قطر الفوهات البركانية والذي يعمل على تجمع السائل الزجاجي حول هذه الفوهات.

٢,٤,٤. مناقشة نتائج الفحص اللوني بنظام (CIE L.a.b) وفحوصات المجهر الضوئي:

تتمثل أهمية نظام فحص اللون (L.a.b)، من خلال اسهام هذا النظام القارئ للألوان، في تحويلها إلى إحداثيات رقمية، وهذا ما قدم قراءة رقمية دقيقة في تحديد اللون، واستقصائه على ثلاثة محاور هي (L.a.b)، من إذ أن المحور (L) يمثل قراءة رقمية لشدة الإضاءة بين اقصى طرفيه (+، -)، وتتدرج القراءة لشدة الإضاءة ما بينهما، وإن محور (a) هو قراءة رقمية للونين (الأحمر – الأخضر)، إذ أن (+a) هي اقصى قراءة موجبة، وهي تمثل أعلى قراءة ممكنة للون الأحمر، اما (-a) فهي اقصى قراءة سالبة، تمثل اعلى قراءة ممكنة للون الأخضر، والمحور (b) هو قراءة رقمية للونين (الأصفر – الأزرق)، إذ أن (+b) هي اقصى قراءة موجبة، وتمثل اعلى قراءة ممكنة للون الأصفر، في حين ان (-b) هي أقصى قراءة سالبة، وتمثل أعلى قراءة ممكنة للون الأزرق، علماً أن ما بين أقصى القراءتين لهذه المحاور، تتراوح تدرجات الألوان.لذانضع النموذج المفحوص (١)، على محور (a) وبقراءة سالبة بمقدار (-٠,٢٢)، في فضاء اللون الأخضر، أما محور (b) فكان بقراءة موجبة، مقدارها (٧,٣٦)، وهي قراءة جيدة، تضع النموذج (١) على محور (b) ومقتربة من فضاء اللون الأصفر، وإن هذه القراءة الجيدة، هي تمثيل للتأثير البقعي للصبغة الصفراء، أما إحداثيات محور (L)، كانت بقراءة رقمية محددة (٣٨,٨٩)، وهي قراءة منخفضة نوعاً ما، امتازت هذه القراءات لألوان تمتاز بقيمتها اللونية الغامقة، هذا بالإضافة إلى طبيعة المكونات المستخدمة لخلطات الزجاج، إذ من الممكن أن تضيف مزيداً من العتمة عند زيادة نسبة مخلفات اسلاك اللحام، وهذا ما نجده أيضاً في النماذج (٢-٣-٤-٥-٦-٧-٨-٩) مع إختلاف النتائج اللونية، بحسب اختلاف نسبة إضافة مخلفات اسلاك اللحام، إذ أتت متشابهة من حيث طبيعة ظهور المُلون، وهي البقع اللونية، والتي تثبت فاعلية نظام التراكب في عينات هذه المجموعة، وبما ينسجم مع هدف البحث الحالي.

٥. المصادر

١. علي حيدر صالح البدري : "التقنيات العلمية لفن الخزف"، ج ٢-٣، ط١، كلية الفنون الجميلة، جامعة اليرموك، الأردن، ٢٠٠٢.

2. Shaw, K. :"Ceramic Colours and Pottery Decoration", Mclaren and Sons, London, 1986.
3. Nelson and Blonder, 1974.
4. Eppler ,Richard and Mimi Obstler : "Understanding Glazed", The American Ceramic society, 2005.

٥. الخزرجي، قحطان خلف : "تكنولوجيا اللحام"، المكتبة الوطنية، بغداد، ١٩٨٨.

6. S. H. Arner :"Introduction to Physical Metallurgy", McGraw-Hill Co., 1974
7. Dodd Arthur and David Murtin: "Dictionary Of Ceramics", Third Edition, The Institute Of Minerals, 1994.
8. M. N. Rahaman :"Ceramic Processing", New York, Second Edition, 2003.
9. Hamer, Frank :"The potters , Dictionary of materials and stechniques" , New York,2004.
10. Singer, F. and Singer. S. S. :"Industrial ceramics", Chemical Publishing Co., Inc., New York,1963.

11. Koening, C.J.R.L :"Water vapor In High Temperature Ceramic Processes", U.S.A., 1972
12. Shartsis, L. Smock A.W. :"Surface Tensions of Optical Glasses", 1974.
13. Hassan &Jamo. 2014.
14. ESAB Company Guide :"Welding Handbook-ESAB®", Göteborg, Sweden, 2005.