Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences Volume (8), Issue (4) October(2025)

ISSN: 2957-3874 (Print)
Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences (JFHS)
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/95
مجلة الفارابي للعلوم الإنسانية تصدرها جامعة الفارابي

انتاج زجاج ملون بإضافة اوكسيد القصدير واوكسيد النيكل ضمن خلطة الزجاج

م . د محمد حمدان شمخي
وزارة التربية / تربية النجف

ملخص البحث :

في هذا البحث يتم صياغة خلطة زجاج من مجموعة من المركبات الحامضية و القاعدية و المتعادلة وحسب نسب وزنية محددة لانتاج زجاج ينضج بدرجة حرارة واطئة ليتم التطبيق على سطح الجسم الفخاري , يلون زجاج الخزف باستخدام اوكسيد النيكل الاسود (NiO) بنسبة ثابتة هي (٤ %) مع اضافة اوكسيد القصدير بنسب وزنية مختلفة من (١ – ٨ %) مع خلطة الزجاج و ضمن التركيب لدراسة تاثير هذا الاوكسيد المعتم في طبيعة النتائج السطحية و اللونية و الملمسية للجسم الخزفي , يتم الحرق باستخدام الفرن الكهربائي و بدرجة حرارة (٩٢٠ م) وزمن نضج (ساعة واحدة) حيث يعمل اوكسيد النيكل على تلوين كتلة الزجاج ليكون قاعدة ملونة يظهر من خلالها تاثير الاوكسيد المعتم (SnO_2) واستثمار الفرق في معامل الكثافة و الشد السطحي و درجة الانصهار بين اوكسيد الكوبلت و اوكسيد القصدير لخلق عتمة سائلة داخل طبقة الزجاج من خلال خاصية (طور – طور) وتم التدرجة في نسب الاضافة لدراسة تاثير هذه الخاصية بشكل واضح من خلال اختلاف النسب .

وكانت اهم النتائج :

١– ان نسبة (١–٢ %) لم تعطي نتائج واضحة بسبب الفعل الصاهر لاوكسيد النيكل

٢– نسبة (٣– ٤ %) اللون اصبح اقل شدة مع ظهور بقع لونية صغيرة على السطح

٣– نسبة (٥– ٦ %) ظهور بقع لونية على السطح بأحجام كبيرة

٤– نسبة (٧ – ٨ %) انتشار واضح للبقع اللونية بتأثير اختلاف الكثافة و الشد السطحي مع انخفاض تأثير الاوكسيد الملون

الجزء النظري

١– **نظرية النسق الذري لزجاج الخزف (الصيغة البنائية)** :يصنف زجاج الخزف (Glaze) علمياً، على انه تركيب يقع بين حالتي المادة السائلة والصلبة، لذلك يمكن اعتباره حالة رابعة للمادة، هذا طبعاً بالإضافة الى الحالة الغازية، لذلك يطلق عليها بـ (الحالة المتزججة – Vitreous State)، وهي حالة غير متبلورة وعشوائية، او تلقائية التوزيع الذري، وبتعبير اكثر دقة (فاقدة للدورية – Amorphous)، وتمثل هذه المجموعة تراكيب الزجاج (Glass) والتزجيج (Glaze).(البدري، 2002، ص41)ان التراكيب المتزججة لا تتصف بصيغة جزيئية دقيقة وحتمية، بل هي خليط معقد ينتمي للحالة السائلة كونه عشوائي التوزيع الذري، وللحالة الصلبة كون الناتج النهائي هو تركيب صلب ميكانيكياً، ولهذا يسمى احياناً بالسائل المُبرد سريعاً (Super Cool Liquid)، وتتكون خلطة التزجيج من مجموعة مركبات طبيعية تتصف ذرات عناصرها بتآصر مستقل، لتشكيل جزيئات او شبك بلوري معين، تعتمد على كيفية الخلط بأوزان ونسب محددة ومعلومة، وبعد تعرضها لدرجة حرارة تتوافق مع خواص تلك المركبات تبدأ عملية التفكك والإنصهار (Fusion)، وتصبح الذرات سابحة في محيط واحد غير معزولة عن بعضها، ومع رفع الحرارة وبداية تشكل الوجه السائل (Surface of Liquid)، تعيد كل ذرة ترتيب موقعها وتآصرها من جديد وفق قانون التكافؤ، وعند تبريدها سريعاً يلاحظ تشكل سلاسل عشوائية متواصلة، يتصف بعضها فيزيائيا بخواص بحسب خواص الاكاسيد والمركبات المكونة له اصلاً، وأخرى بحسب خواص السلاسل الجديدة.(البدري، 2002، ص42–41) تعتبر نظرية (زكارسن* –Zachariasen) عام 1938 اول نظرية أوضحت البناء الذري للزجاج، وقد تعززت بدراسة لاحقة من قبل (وارن* – Warren)،وأيضا في العام 1938، باستثمار فحوصات (X.RD) التي قدمت تصوراً واضحاً عن بنية زجاج الخزف، والتي وضعت السليكا (أوكسيد السليكون SiO_2) وحدة البناء الرئيسية، وقد سميت هذه النظرية بـ (نظرية الشبك العشوائي– Random network theory)، وقد اعتبرت وسيلة علمية أساسية في إيضاح وتفسير التركيب البنيوي الذري للزجاج والتزجيج،

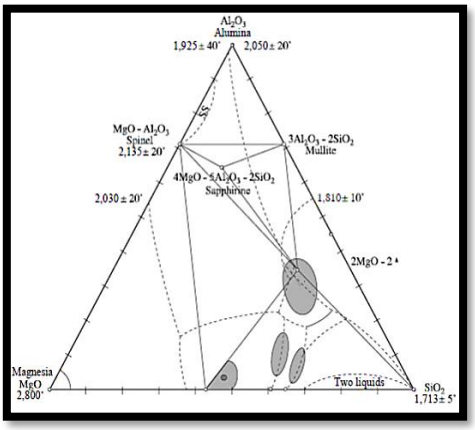
ومازالت.(Naseef, 1983, p:8) الحقيقة ان فهم التركيب البنيوي لزجاج الخزف بالنسبة للخزاف هو "مدخلا في فهم طبيعة التزجيج وخواصه الأساسية من بنية نسيجية سطحية ولونية، ومواصفات ومقاومة ميكانيكية ، وعلاقتها بدرجة الحرارة". (Naseef, 1983, p:8)

٢- التأثير التفاعلي لمكونات زجاج الخزف :من اوليات كيمياء الزجاج، ان زجاج الخزف قائم على تركيب ثلاثة مجاميع أوكسيدية، هي اولاً مجموعة الأكاسيد الحامضية (Acidic Oxides)، والتي تعتبر المكون الرئيسي للشبك الذري لزجاج الخزف (Glaze)، وهناك الأكاسيد القاعدية (Basic Oxides)،التي يعتبر وجودها كصاهر للأكاسيد الحامضية، ومعدل للخواص الفيزيائية والكيميائية في شبك زجاج الخزف، واخيراً الأكاسيد المتعادلة ذات السلوكين، الحامضي والقاعدي في تفاعلها (Amphoteric Oxides)، وتتصف بتفاعلها كموازنة ووسطية.(Henrik&James, 1993, p:17)، (البدري، 2002، ص45-44).يتم الاعتماد على معايير علمية للتمييز بين تلك المجاميع الأوكسيدية، من حيث حجم ايوناتها الموجبة وطبيعة شحناتها والقوة الآصرية الرابطة بين تلك الايونات الموجبة وايون الأوكسجين، إضافة الى طبيعة المجاميع الالكترونية المحيطة والمؤثرة بها، فالأكاسيد الحامضية تتصف بقوة آصرية ما بين الأيون المفرد الموجب والآخر السالب، تقدر بحدود (1-440 KJ mol)،أي (كيلو جول/مول)، وللأكاسيد القاعدية بحدود (1- 150 KJ mol)، وما دون ذلك، اما ذات التفاعلين (المتعادلة) فتقع ما بين (-450 KJ mol-440 1).(Naseef, 1983, p:8)ان العوامل التي تساهم في تحديد طبيعة تفاعل وحالة كل ايون ضمن شبك الزجاج والتزجيج، هي حجم الأيون (Ionic Radius)، والجهد الكامن (Ionic Potential)، والتوزيع الإلكتروني حول نواته الموجبة، فعندما يكون عنصر معين ذا حجم ايوني صغير، وجهد كامن مرتفع، فأنه يتصف بقابليته على جذب الأوكسجين (O2) بقوة اكبر من غيره،(Henrik& James, 1993, p:19)، وهذه الصفة توضح طبيعة المنافسة بين الأيونات الموجبة للحصول على محيط سالب معين عند انصهار التزجيج وتفاعل مركباته، وهذا يعني بالتحديد ان ازدياد حجم الأيون يضعف من قوة وسرعة دخوله التفاعل وجذب الأوكسجين وبالتالي تشكيل شبك زجاج الخزف، فإذا كبر حجم الأيون فأن ذلك يعني ازدياد عدد ايوناته السالبة وكبر حجمه بالتالي، فمثلاً، نجد ان ايون السليكون (Si) ذا حجم (0.4) فهو محاط بأربعة (4) ايونات اوكسجين، كما ان البورون (B) ذو حجم (0.2)، ويحاط بثلاثة (3) ايونات اوكسجين، اما الكالسيوم (Ca) والصوديوم (Na) فهما بحجم (0.99)، ونجدهما محاطان بستة (6) ايونات اوكسجين.(البدري، 2003، ص45)هناك بعض الأيونات ذات قابلية على التواجد بالحالتين الرباعية والسداسية، وهذا ما يحصل مع بنية التزجيج الذي لا تتطلب وحداتها الآصرية التناسق او التماثل، بل تؤسس مراكز تلقائية غير منتظمة (Amorphous)،والجدول (٢-١)، يوضح القوة الآصرية وطاقة التفكك، وخصائص أخرى لبعض مكونات الشبك الزجاجي الخزفي، تبين ان القوة الآصرية ترتفع بالنسبة لأيون الأكاسيد الحامضية والمتعادلة، بينما هي أكثر انخفاض بالنسبة للأكاسيد القاعدية.(Naseef, 1983, p:14)

ت	الأوكسيد The Oxide	العنصر Ionic	نصفقطر الأيون Ionic Radius	شدة المجال Field Strength	الكهربائية السالبة Electro Negativity	طاقة التفكك Dissociation Energy	القوة الآصرية Single Bond KJ/mole
1.	Si_2O	$Si^{+٤}$	0.42	22.67	1.8	1774.01	443.50
2.	B_2O_3	B^{+3}	0.23	56.71	2.0	1464.4	497.89
3.	Al_2O_3	Al^{+3}	0.51	11.53	1.5	1681.9	442.58
4.	V_2O_5	V^{+5}	0.59	14.36	1.6	١٨٧٨.٦	٣٧٦.٤٦٨
5.	CaO	Ca^{+2}	٠.٩٩	٢.٠٤	١.٠	١٠٧٥.٢	١٣٣.٨٨
6.	MgO	Mg^{+2}	٠.٦٦	٤.٥٩	١.٢	٩٢٨.٨٤	١٥٤.٨٤
7.	BaO	Ba^{+2}	١.٣٤	١.١١	٠.٩	١٠٨٧.٨٤	١٣٨.٠٧
8.	Na_2O	Na^{+1}	٠.٩٧	١.٠٦	٠.٩	٥٠٢.٠٨	٨٣.٦٨
9.	Li_2O	Li^{+1}	٠.٦٨	٢.١٦	١.٠	٦٠٢.٤٩	١٥٠.٦٢
10.	K_2O	Ka^{+1}	١.٣٣	٠.٥٦	٠.٨	٤٨١.١٦	٥٤.٣٩

جدول (٢-١)، خصائص بعض مكونات الشبك الزجاجي (Naseef, 1983, p:14)

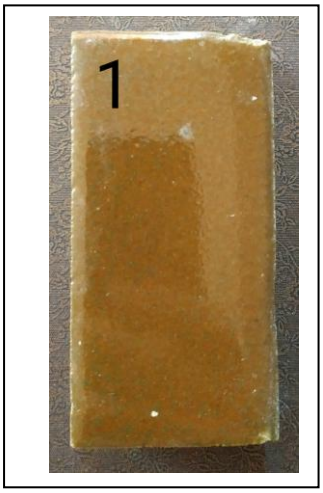
٣ – **نقطة الأيوتكتيك (Eutectic Point)** :عَرفت المصادر العلمية نقطة الأيوتكتيك على انها "مزيج من القدر المناسب من المكونات الفعالة في صنع بنية الشبك الزجاجي، وفي درجة الحرارة المناسبة، تدخل جميعها التفاعل لتكوين السائل الزجاجي بعد ذوبانها"، (Auther, 1994, p:111).عند تعرض هذه المواد، لدرجة الحرارة المناسبة سوف تبدأ عملية التفكك والانصهار، وتصبح ذرات المُركب سابحة في وسط واحد وغير معزولة عن بعضها البعض، علماً ان نصف حجم الأيون (Ionic Radius) والجهد الكامن (Ionic Potential) او (الطاقة الكامنة للجذب V.A) والتوزيع الإلكتروني حول نواته الموجبة، هي العوامل التي تحدد طبيعة تفاعل وحالة كل ايون ضمن شبك الزجاج، حيث ان قابلية الأكاسيد التي تكون زجاج الخزف للدخول بسهولة في التفاعل، تعتمد على القوة الداخلية للذرة (Inter Atom Force).(الكرادي، 2012، ص٣٠)،(الهنداوي، ١٩٩٧، ص12)،وتحتاج المركبات المكونة لخلطة زجاج الخزف ان تتخطى درجة حرارتها، أي طاقة التفكك (Dissociation Energy)، لتكون جاهزة في دخول التفاعل، من خلال تغلبها على الطاقة الكامنة الجاذبة في ذراتها، فتتحرر وتدخل التفاعل (تأسيس شبك الزجاج)، وصولا الى التفاعل التام وهي ما عرفت بنقطة الأيوتكتيك.(Rahaman, 2012, p:191) .ان ارتفاع درجة الحرارة سيؤدي الى انصهار مركبات الزجاج بصورة تدريجية، وحسب سلوك كل أوكسيد ودرجة انصهاره، لكن ذلك السلوك يختلف من حيث ان تكون المركبات بصورة منفردة، منها عندما تكون مجتمعة، (Athur, 1994, p:112)، حيث ان الأيوتكتيك هو حالة انسجام المواد وتقاربها في ظروف حرق واحدة وجو تفاعل كيميائي واحد، وعمد العلماء الى فحصها باقتراح تفاعل ثلاثي وهو (ترناري–Ternary)، وتفاعل ثنائي وهو (بناري–Binary)، (Budworth, 1970, p:95)، ومثال التفاعل الثلاثي هو: ان السليكا (SiO_2) درجة حرارة انصهارها تقع في حدود (1710^{o}م)، في حين ان الألومينا (Al_2O_3) تنصهر في حدود درجة حرارة (2050^{o}م)، اما بالنسبة للقواعد، فعلى سبيل المثال، نجد ان أوكسيد المغنيسيوم (MgO) ينصهر بحدود درجة حرارة (2800^{o}م)، لكن كل ذلك سيتغير في صيغة يفرضها التفاعل الجديد لتلك المركبات بعد اجتماعها، وبشكل يختلف عن التوقعات النظرية، بحسب المعلومات المأخوذة من طبيعة كل مادة داخلة في تحضير خلطة الزجاج، فبالرغم من اختلاف درجات حرارتها وتفاوت صفاتها الكيميائية والفيزيائية، تأتي النتائج بشكل مختلف، وهو ما تمثل بإيجاد درجة حرارة مناسبة لها جميعاً ودخولها التفاعل، وهذا بالتحديد ما صار يعرف في تكنلوجيا الخزف (نقطة الأيوتكتيك–Eutectic Point)،نقطة دخول المواد في التفاعل الحراري، لتكوين السائل الزجاجي كنظام معقد، متشابك ومتداخل، وكما مبين في الشكل (٢–١)، اما التفاعل الثنائي (بناري–Binary)، فهو صيغة مقترحة من مادتين، لفحص تفاعلهما معاً، ومعرفة درجة الحرارة الحرجة للأيوتكتيك لكلاهما.(Henrik& James, 1993, p:22)،(Philippe& Jean, 2007, p:14) .



شكل (٢–١)، نظام الأيوتكتيك، (Philippe& Jean, 2007, p:14)تمثل رؤوس زوايا المثلث المواد الرئيسية المكونة لبنية الشبك في زجاج الخزف، وهي تدعى (القمم الرئيسية)، وهي المكونات الداخلة في تشكيل خلطة الزجاج المقترحة من قبل الخزاف، إلا ان كشف كافة تفاصيل التفاعل امر معقد الى حد بعيد، قلل من تعقيده الكشف الذي أُجري بأشعة الحيود (X.RD)، كتقنية تحليلية، تعطي معلومات حول البنية، والتركيب الكيميائي، والخواص الفيزيائية للمواد، وتعتمد هذه التقنيات علىمراقبة حيود شدة حزمة من الأشعة السينية الساقطة على العينة كتابع لزاوية السقوط والتبعثر، والاستقطاب، وطول الموجة أو القدرة، والأشعة السينية هي أشعة كهرومغناطيسية ذات طاقة، في مجال من100) (eVإلى (K eV100)، وصولاً إلى عملية التعرف على نقطة الأيوتكتيك (Eutectic Point).(Robert, 2010, p:102)الجزء العمليفي هذا البحث يتم صياغة خلطة زجاج من مجموعة من المركبات الحامضية و القاعدية و المتعادلة وحسب نسب وزنية محددة لانتاج زجاج ينضج بدرجة حرارة واطئة ليتم التطبيق على سطح الجسم الفخاري , يلون زجاج الخزف باستخدام الكوبلت (NiO) بنسبة ثابتة هي (4 %) مع اضافة اوكسيد القصدير بنسب وزنية متغيرة

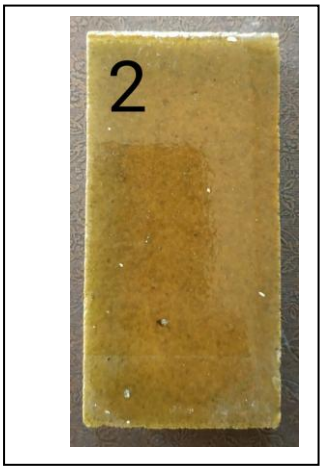
(١ – ٨ %) مع خلطة الزجاج و ضمن التركيب لدراسة تأثير هذا الاوكسيد المعتم وتأثير اختلاف قيمة الكثافة بين هذه الاكاسيد في طبيعة النتائج السطحية و اللونية والملمسية للجسم الخزفي

خلطة الزجاج رقم (١)



Name	Formula	%
Feldspar Potash	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	٣٨
Dolomite	$CaCO_3.MgCO_3$	١٠
Sodium Carbonate	Na_2CO_3	١٠
Lead Oxide red	Pb_3O_4	٢٠
C.C	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	١٠
Flint	SiO_2	١٠
Nickel Oxide	NiO	٤
Tin Oxide	SnO_2	١

خلطة الزجاج رقم (٢)



Name	Formula	%
Feldspar Potash	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	٣٧
Dolomite	$CaCO_3.MgCO_3$	٩
Sodium Carbonate	Na_2CO_3	١٠
Lead Oxide red	Pb_3O_4	٢٢
C.C	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	١٠
Flint	SiO_2	٨
Nickel Oxide	NiO	٤
Tin Oxide	SnO_2	٢

خلطة الزجاج رقم (٣)

Name	Formula	%
Feldspar Potash	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	٣٥
Dolomite	$CaCO_3.MgCO_3$	٨
Sodium Carbonate	Na_2CO_3	١٠
Lead Oxide red	Pb_3O_4	٢٣
C.C	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	١٠
Flint	SiO_2	١٠
Nickel Oxide	NiO	٤
Tin Oxide	SnO_2	٣

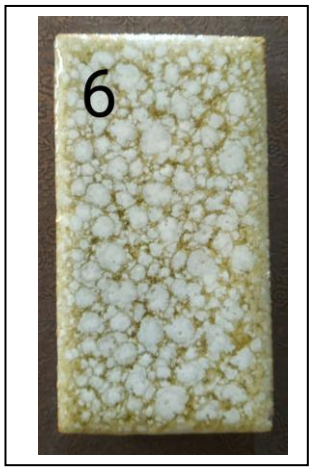
Name	Formula	%
Feldspar Potash	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	٣٣
Dolomite	$CaCO_3.MgCO_3$	٨
Sodium Carbonate	Na_2CO_3	٩
Lead Oxide red	Pb_3O_4	٢٥
C.C	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	١٠

١٠	SiO_2	Flint
٤	NiO	Nickel Oxide
٤	SnO_2	Tin Oxide

خلطة الزجاج رقم (٥)

%	Formula	Name
٣٤	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Feldspar Potash
٨	$CaCO_3.MgCO_3$	Dolomite
١٠	Na_2CO_3	Sodium Carbonate
٢٥	Pb_3O_4	Lead Oxide red
١٠	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	C.C
٨	SiO_2	Flint
٤	NiO	Nickel Oxide
٥	SnO_2	Tin Oxide

خلطة رقم (٦)



%	Formula	Name
٣٣	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Feldspar Potash
٨	$CaCO_3.MgCO_3$	Dolomite
٩	Na_2CO_3	Sodium Carbonate
٢٣	Pb_3O_4	Lead Oxide red
١٠	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	C.C
١٠	SiO_2	Flint
٤	NiO	Nickel Oxide
٦	SnO_2	Tin Oxide

خلطة الزجاج رقم (٧)

% ا	Formula	Name
٣٩	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Feldspar Potash
٤	$CaCO_3.MgCO_3$	Dolomite
١٠	Na_2CO_3	Sodium Carbonate
٢٩	Pb_3O_4	Lead Oxide red
١٠	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	C.C
١٠	SiO_2	Flint
٤	NiO	Nickel Oxide
٧	SnO_2	Tin Oxide

خلطة الزجاج رقم (٨)

%	Formula	Name
٣٣	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Feldspar Potash
٥	$CaCO_3.MgCO_3$	Dolomite
١٠	Na_2CO_3	Sodium Carbonate
٢٣	Pb_3O_4	Lead Oxide red

١٠	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	C.C
١٠	SiO_2	Flint
٤	NiO	Nickel Oxide
٨	SnO_2	Tin Oxide

تم الحرق بدرجة حرارة (١١٠٠ C^o) وبزمن قدره ١٥ ساعة وبدون فترة نضج او وقت اضافي (sooging Tim) تم اجراء عدد من الفحوصات على النماذج الخزفية .

٤- جهاز فحص القيم اللونية :

فحص القيم اللونية

تم استخدم جهاز التحليل اللوني(Precise Color Reader) .

لمعرفة التمثيل الرياضي للون، وتحديد قيمه الثلاثة - .(L.A.B) .

اسم الجهاز – Precise Color Reader .

الموديل HP-C210 .

تم اجراء هذا الفحص في مختبر فرع الخزف، جامعة بابل/ كلية الفنون الجميلة.

جهاز فحص الملمس أ –

تم استخدم جهاز فحص الملمس (Texture testing)،

لفحص عينات البحث، بهدف التعرف على درجات ملمس طبقة الزجاج.

اسم الجهاز: Texture testing

الموديل: B13J

القراءة الصفرية: (0mm.000)

تم إجراء الفحص في مختبر فرع الخزف– كلية الفنون الجميلة – جامعة بابل

فحص المجهر الرقمي ب–

تم استخدم جهاز المجهر الرقمي (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: (X١٠٠٠)

تم إجراء الفحص في مختبر فرع الخزف– كلية الفنون الجميلة – جامعة بابل.

٥–

٥- **حساب معامل الكثافة** : للكثافة أهمية في تحدي ددرجة الانعكاس والانكسار ،وكثافة الزجاج هو مجموع كثافة الاكاسيد المكونة له ، وتتراوح كثافة زجاج الخزف بين (٨.١٢٠ – ٢.١٢٥ غم/سم٣) ،وقد تم حساب الكثافة حسب جدول ثوابت الكثافة للاكاسيد وفق المعادلة التالية:النسبة المئوية للاوكسيدالكثافة = ---------- × ثابت كثافة الاوكسيد

100

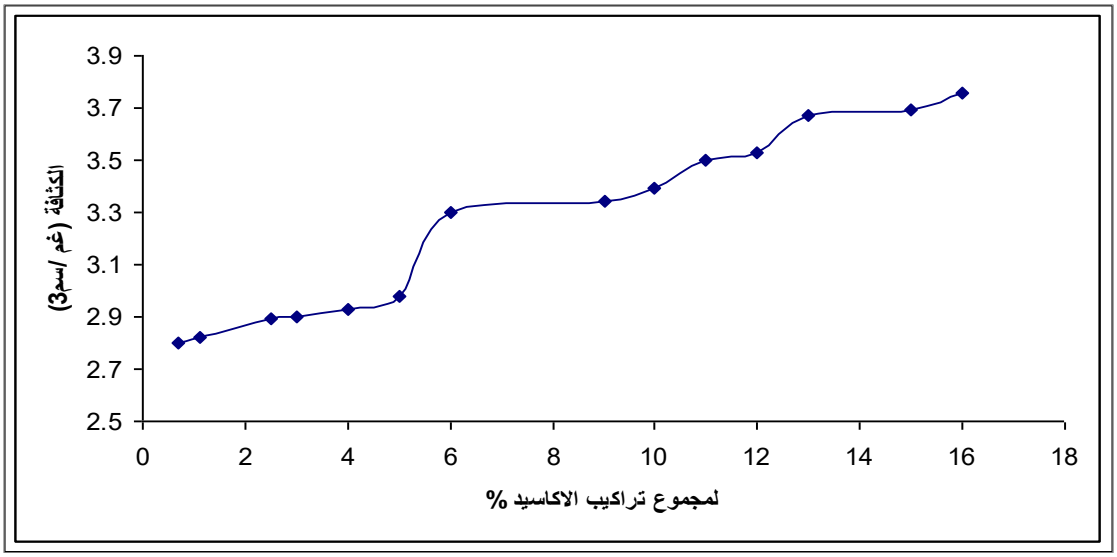
الاوكسيد	ثابت الكثافة
SiO_2	2.7
Al_2O_3	3.8
Na_2O	2.5
Pb_3O_4	9.1
$CaCO_3.MgCO_3$	2.8
$K_2O.Al_2O_3.6SIO_2$	2.5
B_2O_3	1.8
FeO	5.7
CuO	6.4
CoO	5.7
Cr_2O_3	5.2
NiO	6.7
MnO	5.3

جدول (٣-٥) يبين ثابت الكثافة للاكاسيد نقلا عن (البدري ،٢٠٠٠،ص٢٠١)

٦- **مناقشة جدول تراكيب الأكسيد** : إن إضافة تراكيب الأكسيد الملونة إلى خلطة الزجاج الشفاف تتم من خلال نسب وزنية مئوية، إي إن (٤%) من اوكسيد النيكل تعني (٤غم لكل 100غم) زجاج قلوي شفاف، وان ما يحدد نسبة إضافة الاكاسيد هو القوة التلوينية لهذه الاكاسيد من خلال المعلومات المتوافرة عنها والخبرة السابقة في استخدام هذه الاكاسيد الملونة .

٧- **مناقشة نتائج الكثافة و درجة الانصهار** :ان للكثافة علاقة بالظواهر الفيزيائية للضوء والتي من خلالها تحدث الاضطرابات الضوئية من حيث الانكسار والإنعكاس، وزيادة الكثافة يؤدي الى زيادة نسبة انعكاس الضوء وهذا يتناسب طرديا مع معامل الانكسار، لذلك يكون الزجاج لمّاع، اما الاكاسيد التلوينية فإن اختلاف كثافتها يؤثر على حركة انتشارها داخل المنصهر الزجاجي، واختلاف الكثافة قد يؤدي الى حدوث اطوار مختلفة داخل طبقة الزجاج، مما يؤدي الى حدوث احد انواع العتمة وهي العتمة السائلة او ما يطلق عليها عتمة (سائل – سائل) ان كثافة زجاج الخزف تتراوح ما بين (8.120-2.125) غم/سم^3، ومن خلال ثابت الكثافة والنسبة المؤية للأوكسيد، وبحسب المعادلة الخاصة بإيجاد كثافة الاكاسيد، تبين ان كثافة الزجاج القلوي الشفاف هي (2.76)، ان اضافة الاكاسيد الملونة الى الزجاج الشفاف يؤدي الى تحوله لزجاج لمّاع ملون مع الأخذ بنظر الاعتبار ان اضافة الاكاسيد الملونة يؤدي الى زيادة كثافة الزجاج مما يرفع من قيمة معامل الانكسار وانعكاس الضوء من السطح. في البحث الحالي يتم اضافة نوعين من الاكاسيد في خلطة الزجاج وذلك يتطلب دراسة سلوك هذه الاكاسيد من حيث الكثافة في طبقة الزجاج ومن خلال جدول ثوابت كثافة الاكاسيد نجد ان اغلب اكاسيد التلوين المُلونة، وهي (CuO, FeO, MnO, Cr_2O_3, CoO, NiO)، تتراوح كثافتها ما بين (6.7 – 5.2)، اما الاوكاسيد المعتم وهو (SnO_2)، فكانت كثافته (6.8)، وبذلك يكون اوكسيد القصدير هو الأعلى بين جميع الاكاسيد الملونة والمعتمة)، ان إضافة اوكسيد القصدير (SnO_2) بنسب وزنية تراوحت ما بين (1-3%)، مع اكاسيد التلوين، لم يغير من اصل الألوان لهذه الاكاسيد مع الزجاج القلوي وإنما ساعد على اعطاء استقرار لوني على السطح مع زيادة النسبة سوف يطفو في منصهر الزجاج الملون والأقل درجة انصهار والأعلى كثافة مع بقاء اوكسيد القصدير على شكل حبيبات او شوائب عالقة في طبقة الزجاج لأحداث العتمة، فإن هذه الحبيبات

سوف تُلوّن بمنصهر الزجاج المُلون، هنالك عامل آخر وهو درجة انصهار الاكاسيد المضافة، وبالرجوع الى جدول انصهار الاكاسيد نجد ان اوكسيد القصدير (SnO_2)، هو الأوطأ من بين جميع الأكاسيد الملونة والمعتمة إذ تبلغ درجة انصهاره (1150 م°)، وهذا يجعل من اوكسيد القصدير هو الأقرب للإنصهار والتفاعل مع مكونات الزجاج مما يولد كتلة زجاج ملونة ذات كثافة اعلى داخل طبقة الزجاج محاطة بوسط ملون بتراكيب الأكاسيد، وهذا يؤدي الى محيط ملون حسب تركيب الأكاسيد مع بقع بيضاء ذات كثافة ودرجة انصهار مختلفة، والمخطط البياني يوضح تأثير زيادة النسب المئوية لأكاسيد التلوين على قيم الكثافة .



مخطط بياني رقم (4-1) يوضح تأثير نسب إضافة الاكاسيد المئوية على قيم الكثافة

المصادر والمراجع

المصادر العربية :

١. البدري ,علي حيدر: التقنيات العلمية لفن الخزف (الطين)، ج١، ط١, جامعة اليرموك, عمان – الأردن، ٢٠٠٠.

٢. البدري ,علي حيدر: التقنيات العلمية لفن الخزف (التزجيج), ج٢، ط١, جامعة اليرموك, عمان – الأردن، ٢٠٠٢.

٣. الصائغ، عبد الهادي يحيى وخالد محمود نبات: علم المعادن، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، ب.ت.

٤. المعموري، محمد حمزة: الفحوصات اللاإتلافية للمواد الهندسية، ط١، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بابل، ٢٠١٢.

٥. سامر إبراهيم: البصريات الفيزيائية، دار الصفا، عمان، ٢٠٠٩.

٦. الهنداوي, احمد هاشم: امكانية استخدام خامات محلية لإنتاج خزف معتم, اطروحة دكتوراه غير منشورة, جامعة بغداد, ١٩٩٦.

المصادر الانكليزية :

1. Athur Dodd: Dictionary of Ceramics, Third Edition, The Institute of Materials, London, 1994.
2. H. Smith: High Performance Pigments, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, 2002.
3. Naseef. J. Ali: The Chemistry of Ceramic Glazes, Thesis of Doctor of Philosophy, University of Aston in Birmingham, UK, 1983.
4. Philippe Blanchart: Simulation for Ceramic Glaze Formulation, GEMH CO., France, 2015.
5. Robert. B. Heimann, Classic and Advanced Ceramics From Fundamentals to Applications, GmbH & Co, Weinheim-Germany, 2010.
6. S. Marfunin: Physics of Minerals and Inorganic Materials, New York, USA, 2000.
7. Stephen Westland, Computational Colour Science, University of Pennsylvania, USA, 2004.
8. W.D Callister, Materials Science & Engineering an Introduction, John Weley, USA, 2000.

البحوث العلمية المنشورة:

9. Biswas SK, & Others: Chemical synthesis of environment-friendly nanosized yellow titanate pigments, Materials Research Bulletin, No: 43, 2008.
10. C. Sonnichsen& Others: Drastic Reduction of Plasmon Damping in Gold, Physical Review Letters, No: 88, 2002.
11. Roque J.& Others: Copper and silver Nano crystals in luster leadglazes: development and optical properties, Journal of the European Ceramic Society, No: 26, 2006.
12.

مواقع الانترنت :

7. http://en.wikipedia.org/wiki/Pyrometric_device