توظيف حطام زجاج النوافذ الملون في تزجيج الأشكال الفخارية

حيدر صباح جرد

جامعة بابل/ كلية الفنون الجميلة

الملخص

يهدف البحث الى دراسة توظيف حطام زجاج النوافذ الملون في انتاج سطح زجاجي يتلائم مع سطح الجسم الفخاري ومن طينة محلية حيث تم العمل على طينة محافظة بابل منطقة ابو خستاوي وباستخدام حطام زجاج النوافذ الملون .وتكون اهمية البحث بتخليص البيئ من حطام زجاج المللوث للبيئة وتحويله في مجال الخزف للارتقاء بالذوق الفني والجمالي .وعند حرق النماذج بدرجة حرارة 950C°اضهرت النتائج ارتفاع نسبة المسامية الى 20% وذلك لارتفاع نسبة المواد العضوية في الطينة , واعطت صلادة (66.8 – 71.5 – 74.3) مع ارتفاع درجة الحرارة (950 ــ1000 ــ 1050)على التوالي لحطام زجاج النوافذ الجوزي اما الملون الاخضر فكانت درجة الصلادة (66.3 – 78 – 78.6) حسب ارتفاع درجة الحرارة (950 ــ 1000ــ 1050)اما صلادة زجاج النوافذ الازرق اعطى صلادة (67 – 71 – 75.5) مع زيادة درجة الحرارة (950 ــ 1000 ــ 1050) على التوالي اما نتائج الانصهارية فقد بينت ان لزجاج النوافذ الاخضر ذات انصهار ضعيف مقارنتا بنتائج الحطام الاخرى بدرجة حرارة 1000 .

Abstract

The research aims to study the recruitment of debris stained-glass windows in the production of glass surface with the surface of the body suit and local potter clay where he was working on Babil province clay, the area of Abu Khstawi.

And the importance of research to rid the environment of Glass pollution debris for Environment and converted in the field of ceramics to improve the technical and aesthetic taste .

When burning models in temperature 950C was results high percentage of porosity to 20% because of the high percentage of organic material in the clay , and gave hardness (3, 3.5, 6) with a high temperature (950, 1000, 1050) respectively, to the wreckage of brown windows glass either the green colour was the degree of hardness (45.4 and less than 3) by high-temperature (950,1000, 1050) The hardness Blue windows glass was (45.5 6) with increasing temperature (950 1000 1050) , respectively.

The results of fusion have shown that the of green windows glass was it fusion weak comparison with other debris in temperature 1000.

المقدمة

خواص مواد التزجيج

يتكون الزجاج من مواد أولية طبيعية إما بشكلها الخام أو بعد معاملتها مختبرياً كي تتلائم مع حاجة الخزاف والصناعي وتعتبر عناصر الأوكسجين والسليكون والألمنيوم المنتشرة بالقشرة الأرضية والمعادن المركبة منها أساس لصناعة الخزف والسيراميك فبعض هذه الخامات توجد بشكل مباشر في الطبيعة ومنها ما تخضع لعملية سحق وتنعيم وأخرى قد تتطلب تقنيا بالحرارة ضمن عملية الكلسنة* calcination [1].(البدري 2002 ص75).

*الكلسنة : وهي عملية التخلص من تأثير المواد العضوية والرطوبة بتعرضها إلى حرارة بحدود (700) °م.

وزجاج الخزف عبارة عن طبقة رقيقة (0.1م – 0.3م) من مادة زجاجية تامة الالتصاق بالجسم الفخاري وبفعل الحرارة يتم الالتصاق نتيجة الانصهار وتفاعل بين المواد القاعدية مثل الفلسيار، الرصاص ، الزنك وغيرها مع مواد حامضية مثل السليكا ومواد متعادلة مثل الالومينا: والزجاج يكسب الجسم الفخاري عدة خواص عامة تتمثل في عدم المسامية والمتانة العالية والمقاومة ضد الخدش والخمول الكيميائي والمظهر اللامع كما وتعدد وتتنوع المواد الخام المستخدمة في أعداد الزجاج والتي تتواجد غالبا على شكل اكاسيد أو مركبات يمكن التعبير عنها في صبغ اكاسيد تتميز لها عن العناصر الكيميائية : فالخزاف عادة يتعامل مع الاكاسيد وليس العناصر (الزمزمي 1988 ص 179).

و**مكونات الزجاجهي الاكاسيد الحامضية** والسليكا هي أساس الزجاج وهي لذلك المكون المهم من كيمياء الزجاج كلها ،**الاكاسيد القاعدية** وهي الاكاسيد التي تخفض درجة انصهار السليكا النقية إلى مستوى مناسب بإضافة بعض المواد الصاهرة وأكثر هذه المواد هي البوراكس، الرصاص، التلك وحجر الكلس والليثيوم والبوتاسيوم والفلسبار والصوديوم والمغنيسيوم , و**الاكاسيد المتعادلة** اذ تعد الالومينا المكون المهم في تركيب الزجاج فهي تكون بلورات المولايت (Mulite)* القوية بالاتحاد مع السليكا وتعطي عموما قوة وصلابة للزجاج والطين من أشهر مصادر الالومينا (ديكرسون 1989 ص154).

الجزء العملي

لتحقيق أهداف البحث بصورة علمية،والوصول إلى نتائج يتم حسابها بدقة، تم استخدام المنهج التجريبي الذي يعد أكثر أنواع البحوث العلمية دقة يقوم على أساس التجربة العلمية التي تكشف عن العلاقات السببية بين العوامل المتضمنة والمؤثرة فيها.

المواد المستخدمة في البحث أختيار الطينة المطبق عليها الزجاج اذ تم تم اختيار الطينة المحلية من محافظة بابل (منطقة أبو خستاوي) و**حطام زجاج النوافذ الملون:1**- الأزرق. 2- الأخضر . 3 – الجوزي . **اماالمواد المضافة** الى حطام زجاج النوافذ الملون هي :

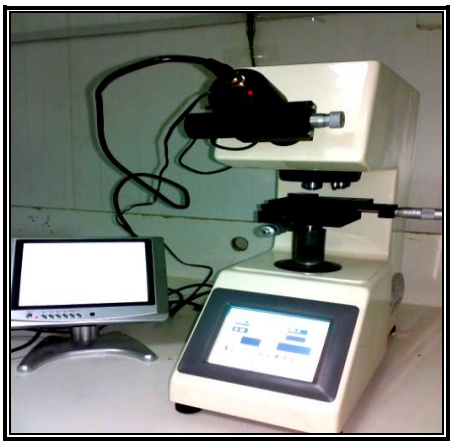
1- الرصاص الأحمر (pb_3O_4).
2- الصوديوم ($NaCO_2$).
3- الزجاج الجاهز (أساس).

الجهزة المستخدمة في البحث هي **تهيئة الفرن الكهربائي** حيث تم استخدام فرن كهربائي بقياس (37×30×47) سم مع (ثرموكبل) ومقياس رقمي لغرض التجفيف والحرق الشكل (5) .

* المولايت : مادة مقاومة للانصهار رمزها الكيمياوي إما(Al6si2o13) أو (3Al2o3. 2sio2).

الشكل رقم (5)

ومقياس **فحص الصلادة فقــد** تم فحص الصلادة بواسطة جهاز (Micro hardness), كما موضح في شكل (6)



وجهاز قياس فحص الملمس انتم قياس الملمس بواســطة جهــاز)(TR200)(Roughness tester لإعطاء درجات دقيقة بالملي مايكرون, كما في الشكل (7)

ولمعرفة البنية المجهرية للزجاج فقد استخدم المايكرســكوب الالكترونـــي (1000X)(Microscope electron) و كانحجم التكبير (10* 60) كما مبين في الشكل(8).

شكل (8)

تهيئة الموادتم تحضير (40)كيلو غرام من الطين, و تحضير حطام زجاج النوافذ (ازرق ، اخضر ، جوزي) من خلال طحن كل نوععلى حدة بواسطة (هاون البورسلين) وتم غربلة المسحوق من خلال منخل قياس (mash 100) (*).

شكل (9) يبين(هاون البورسلين)

تهيئة النماذج:تم تهيئة الطينة بشكل لدن،حيث تم تسويتها على أرضية خشبية (bord) وبسمك (1) سم وطول (10)سم وعرض (6)سم وعلى شكل بلاطات .

و **تجفيف النماذج اذ** تركت النماذج إلى اليوم التالي وهي مغطاة بقطعة قماش وبعيدا عن أي تيار هوائي وبعدها جمعت هذه القطع بعضها فوق بعضها وهي مغطاة بقطعة من القماش وتركت لتجف بشكل كامل.

وبعد الجفاف تم حرق النماذج بدرجة حرارة (1050) مْ وتم التأكد من كونها خالية من أي آثار للانصهار والاعوجاج.

تهيئة خلطات الزجاج: أعتمد الباحث على تطبيق حطام الزجاج الملون (النوافذ) بدون أي إضافة على سطح الجسم الفخاري ومن ثم إعادة العملية بإضافة أوكسيد الرصاص الأحمر (Pb_3O_4) مرة،وأوكسيد

* وحدة قياس تستخدم لتجزئة السنتمتر المربع إلى ملم^2 .

الصوديوم (NaO) مرة أخرى ومن ثم تم تطبيق حطام الزجاج الملون على طبقة الزجاج الأبـــيض الجـــاهز (الأساس) حسب ما أجراه الباحث من تجارب استطلاعية.

	زجاج النوافذ الملون (الأزرق)	نسبة المواد المضافة	اسم المادة المضافة والصيغة الكيميائية
	% 100	–	–
	% 80	% 20	أوكسيد الرصاص الأحمر pb_3o_4
	% 80	% 20	كاربونات الصوديوم na_2co_3
	% 100	على طبقة الأساس	الزجاج الأبيض الجاهز

جدول رقم (1) يبين خلطة الزجاج الملون (الجوزي)

:2-6-3

	زجاج النوافذ الملون (الأخضر)	نسبة المواد المضافة	اسم المادة المضافة والصيغة الكيميائية
.1	% 100	–	–
.2	% 80	% 20	أوكسيد الرصاص الأحمر pb_3o_4
.3	% 80	% 20	كاربونات الصوديوم Na_2co_3
.4	% 100	على طبقة الأساس	الزجاج الأبيض الجاهز

جدول رقم (2) يبين خلطة الزجاج الملون (الأخضر)

:3-6-3

	زجاج النوافذ الملون (الجوزي)	نسبة المواد المضافة	اسم المادة المضافة والصيغة الكيميائية
.1	% 100	–	–
.2	% 80	% 20	أوكسيد الرصاص الأحمر pb3o4
.3	% 80	% 20	كاربونات الصوديوم na2co3
.4	% 100	على طبقة الازاس	الزجاج الجاهز الأبيض

جدول رقم (3) يبين خلطة الزجاج الملون (الأزرق)

تهيئة مستحلب الزجاج: تم وزن (50) غرام لكل خلطة وفق النسب المئوية لجدول تحضير الخلطات وكـــل على حدة . بعدها تم إضافة الماء كوسط ناقل وبمعدل (35) غرام ماء لكل (50) غرام خليط جاف.

تطبيق مستحلب الزجـــاج:تم تطبيق مستحلب الزجاج على بلاطة الطين المفخورة بواسطة الفرشاة وكان سمك طبقة الزجاج تتراوح من (1 – 1.5) مليمتر

برنامج الحرق:

1- تم وضع النماذج في الفرن وبمعدل (12) نموذج في الحرقة الواحدة .

2- تسخين الفرن إلى (150) م° ولمدة ساعة واحدة للتأكد من عدم وجود رطوبة في الجسم الفخاري ، وبعدها يتم اعتماد أسلوب الحرق السريع وصولاً إلى درجة الحرارة (950) م° وبمعدل (100) م° لكل (10) دقائق . ومن ثم تعاد العملية مجدداً وبنفس الخطوات وصولاً إلى درجة حرارة(1000) م° وبعدها كذلك بدرجة حرارة (1050) م° .

3- ترك الفرن على تلك الدرجة المثبتة في المقياس الحرارة لمدة ساعة واحدة (Soking time) فترة نضج بعدها يتم أخراج النماذج بعد مضي (24) ساعة لغرض التبريد وكذلك تعاد العملية في درجة الحرارة (950 و 1000) م° وبنفس الطريقة .

النتائج ومناقشتها

ألأنكماش (ألتقلص ألطولي)

أ- **ألجفاف:**بعد تشكيل ألنماذج وهي رطبة يتم قياسها بوساطة ألقدمة ألفكية لآنها بعد أن تجف يتناقص طول ألأجسام ألطينية بسبب خروج ألماء ألفيزيائي . ومحاولة ألجسم سد هذه ألفراغات ويتم قياس طول ألنماذج بعد ألجفاف وألعلاقة ألأتية توضح ذلك .

$$\frac{\text{ألطول ألطري} - \text{ألطول ألجاف}}{\text{ألطول الجاف}} \times 100\%$$

$$100 \times \frac{B - A}{B}$$

A= ألطول ألطري

B = ألطول ألجاف

ب -الانكماش بعد ألفخر : أما بعد عملية فخر ألنماذج تم قياسها بوساطة ألقدمة ألفكية نلاحظ حدوث تناقص في طول ألنماذج بسبب أنصهار وأحتراق ألمواد ألعضوية وكذلك حدوث حالة من أنصهار بعض ألمواد في ألطينة ويتم حساب ذلك ألتقلص من خلال ألعلاقة ألأتية .

$$\frac{\text{ألطول ألجاف} - \text{ألطول بعد ألفخر}}{\text{الطول الجاف}} \times 100\%$$

$$100 \times \frac{C - B}{B}$$

B- ألطول ألجاف

C- ألطول بعد ألحرق

النموذج	التقلص الطولي بعد الجفاف	التقلص الطولي بعد الحرق	النسبة المئوية للتقلص
	%7.05	%3.7	%10.75

جدول رقم (4) يبين نتائج التقلص الطولي للنماذج الطينية والفخارية

فحص المسامية: وهي الفراغات المتكونة نتيجة حرق الأجسام الطينية ومن الممكن حساب المسامية من خلال العلاقة الآتية

المسامية = $\frac{A^w - B^w}{A^w - C^w} \times 100$

A^w = وزن النموذج المحروق مشبع بالماء

B^w = وزن النموذج المحروق وهو جاف

C^w = وزن النموذج المحروق وهو مغمور بالماء [2]

4-1-3 : فحص امتصاص الماء

وهو نسبة الماء الممتص من قبل الجسم الفخاري الذي يشغل المسامات الناتجة عن عمليـــة الحـــرق ويتم حسابها من خلال المعادلة التالية :

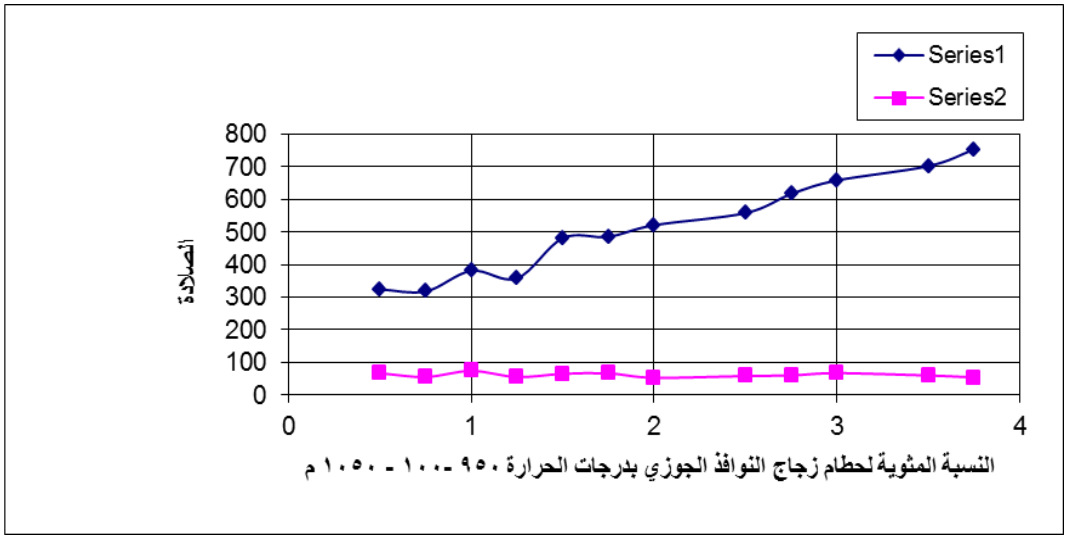
امتصاص الماء = $\frac{C^w - B^w}{C^w}$

نوع الجسم	المسامية	امتصاص الماء
جسم فخاري	20.2	21.6

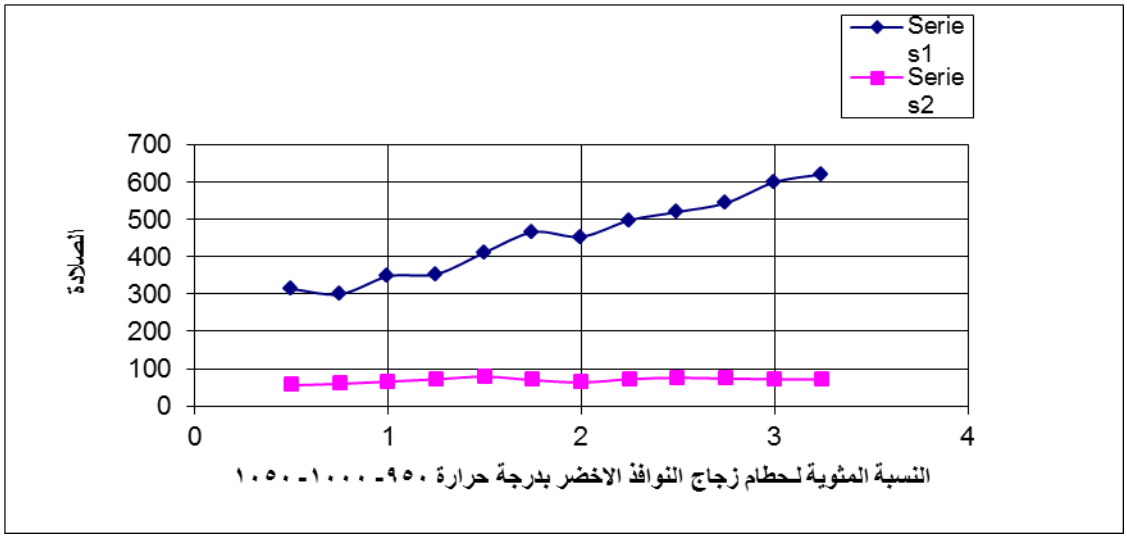
جدول رقم (5) يبين نتائج المسامية وامتصاص الما

4-1-4 : نتائج فحص الصلادة

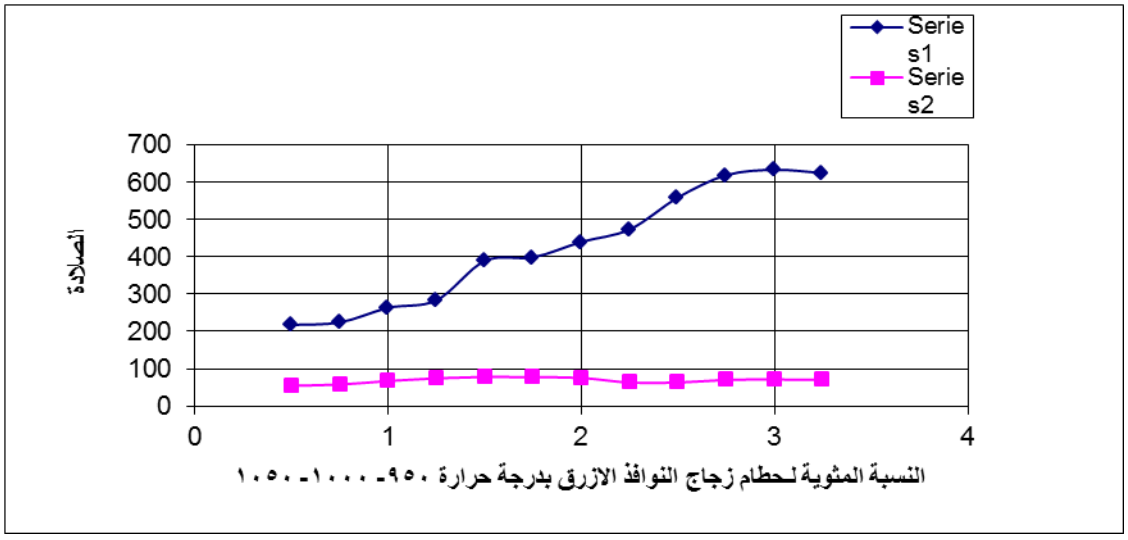
حطام زجاج النوافذ الملون الجوزي 950							
1		2		3		4	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
324.2	66.8	317.8	55.3	381.3	73.9	358.1	55.1
حطام زجاج النوافذ الملون الجوزي 1000							
5		6		7		8	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
481.5	65.1	485.8	66.3	521.3	52.9	558.6	58
حطام زجاج النوافذ الملون الجوزي 1050							
9		10		11		12	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
617.2	60	658.9	67	702.8	59.6	753.5	53.8



حطام زجاج النوافذ الملون الاخضر 950							
13		14		15		16	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
314.3	55.4	300.2	59.2	348.2	65.2	354.2	71.5
حطام زجاج النوافذ الملون الاخضر 1000							
17		18		19		20	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
412.6	78.6	466.81	69.4	454.61	63.1	498.9	71.9
حطام زجاج النوافذ الملون الاخضر 1050							
21		22		23		24	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
521.3	75.5	545.52	73.1	601.2	72	622.7	70.7



حطام زجاج النوافذ الملون الازرق 950							
25		26		27		28	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
217.4	54.2	224.6	57.4	263.8	67.2	284.1	74.3
حطام زجاج النوافذ الملون الازرق 1000							
29		30		31		32	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
389.8	78	399.5	77	440.8	75.24	474.54	62.7
حطام زجاج النوافذ الملون الازرق 1050							
33		34		35		36	
HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
560.4	62.9	620.14	70	634.3	71	625.9	69.9



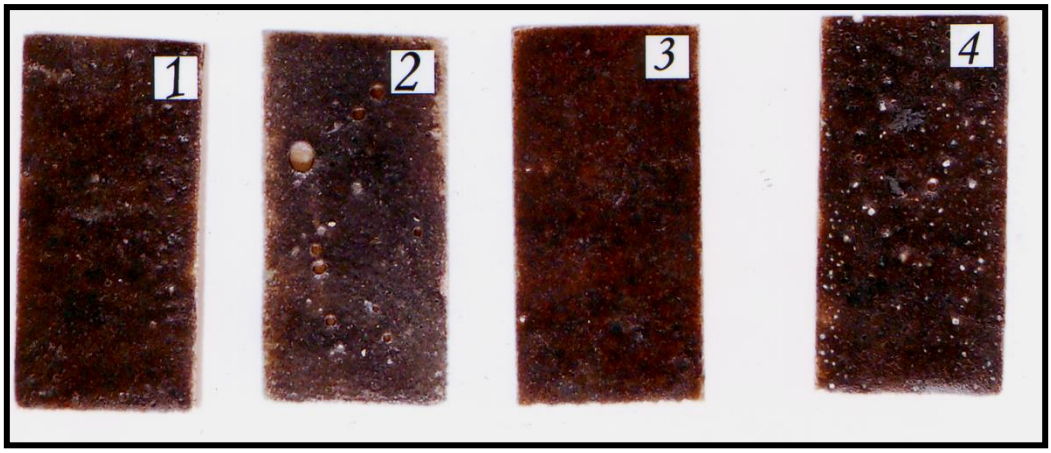
5-1-4 : نتائج الملمس

تم وضع مقياس من ثلاثة درجات لمعرفة درجة الخشونة للنماذج وكما يلي :

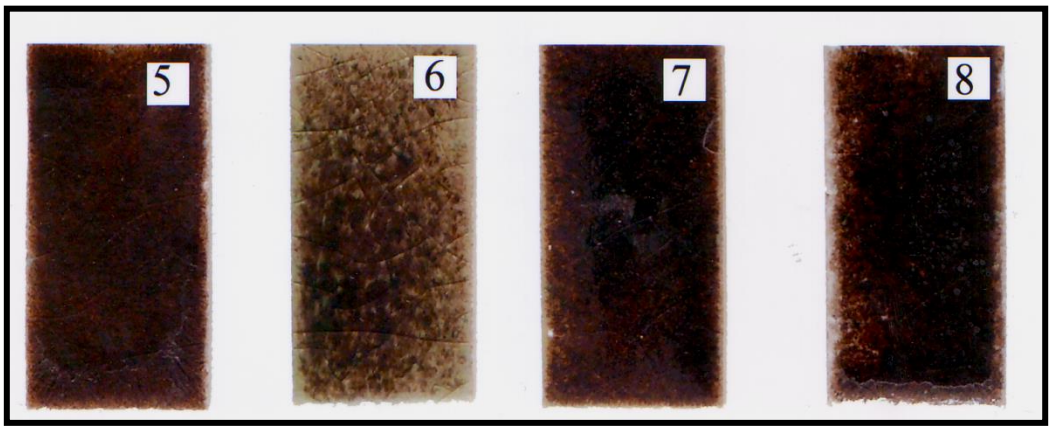
ت	خشن	متوسط	ناعم	ت	خشن	متوسط	ناعم
	*					*	
	*					*	
		*					*
	*						*
			*				*
			*				*
			*		*		
			*			*	
			*			*	
			*		*		
			*				*
			*				*
		*					*
		*					*
		*					*
	*						*
		*					*
		*					*

جدول رقم (7) يبين نتائج الملمس

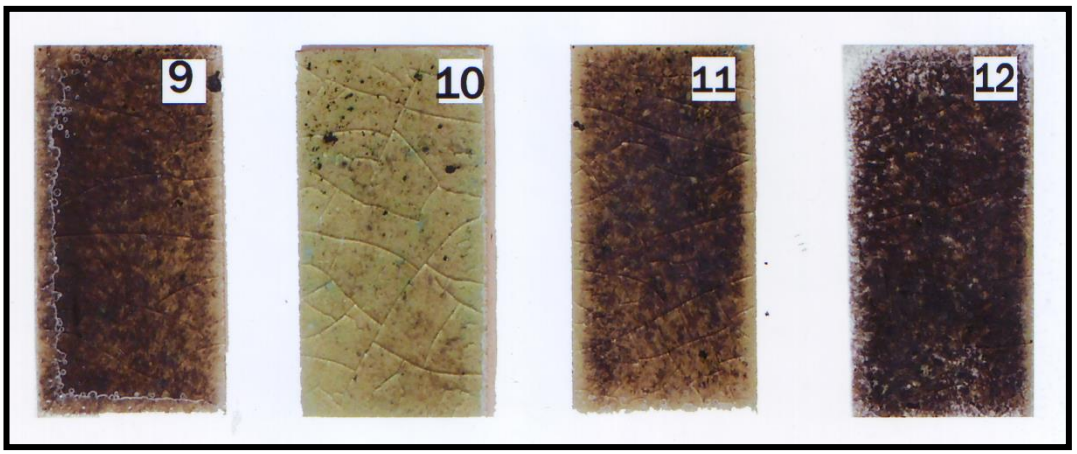
6-1-4 : نتائج حطام زجاج النوافذ الملون (جوزي)



نموذج رقم (1) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (جوزي)بدرجة حرارة 950 C°

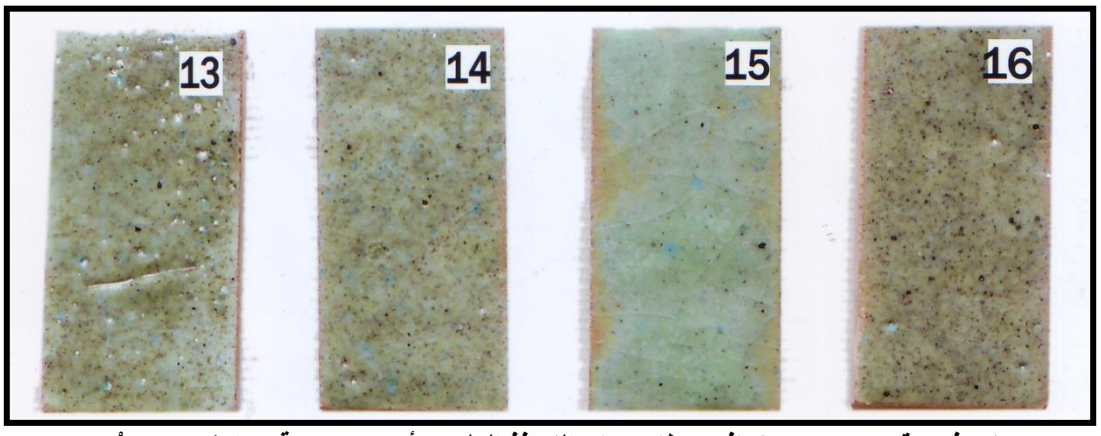


نموذج رقم (2) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (جوزي)بدرجة حرارة 1000 C°

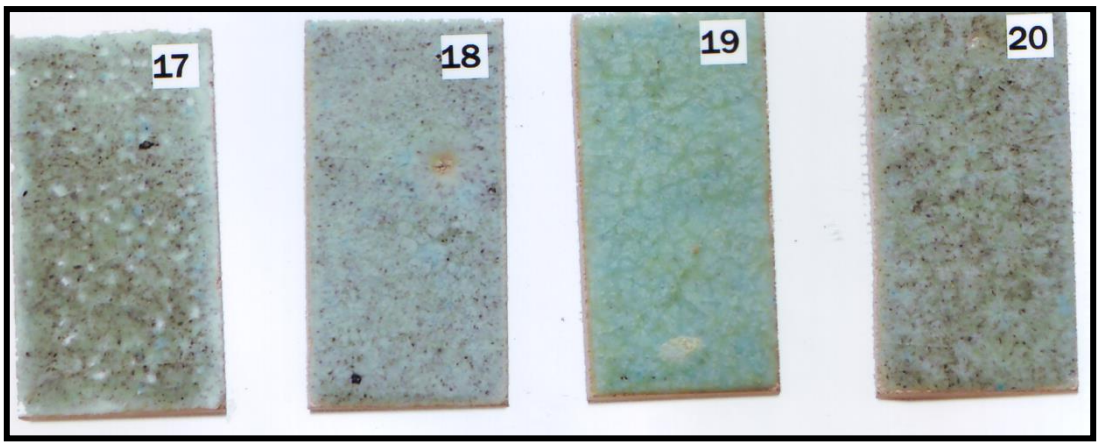


نموذج رقم (3) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (جوزي) بدرجة حرارة 1050 C°

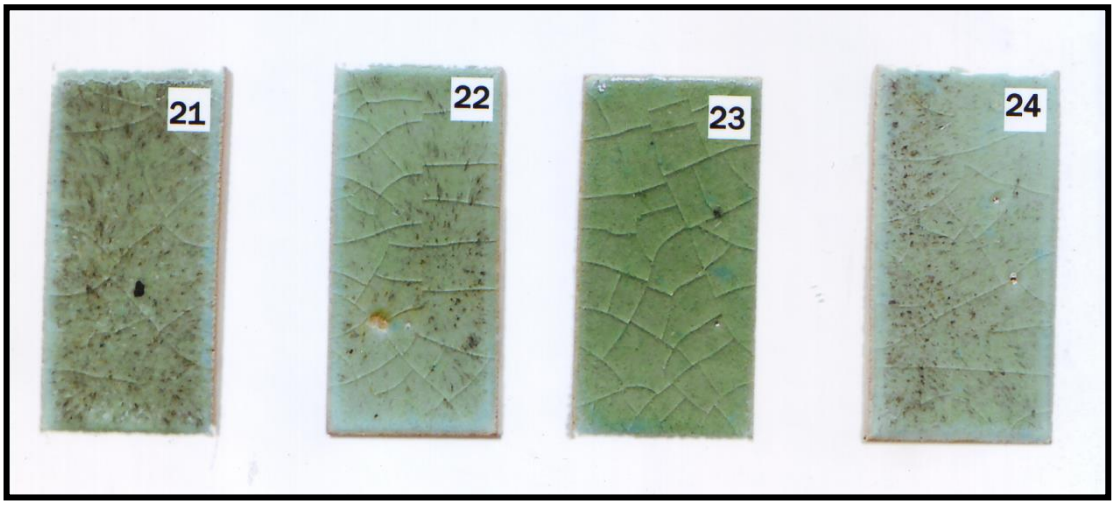
4-1-7 : نتائج حطام زجاج النوافذ الملون (الأخضر)



نموذج رقم (4) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (أخضر)بدرجة حرارة C950ْ

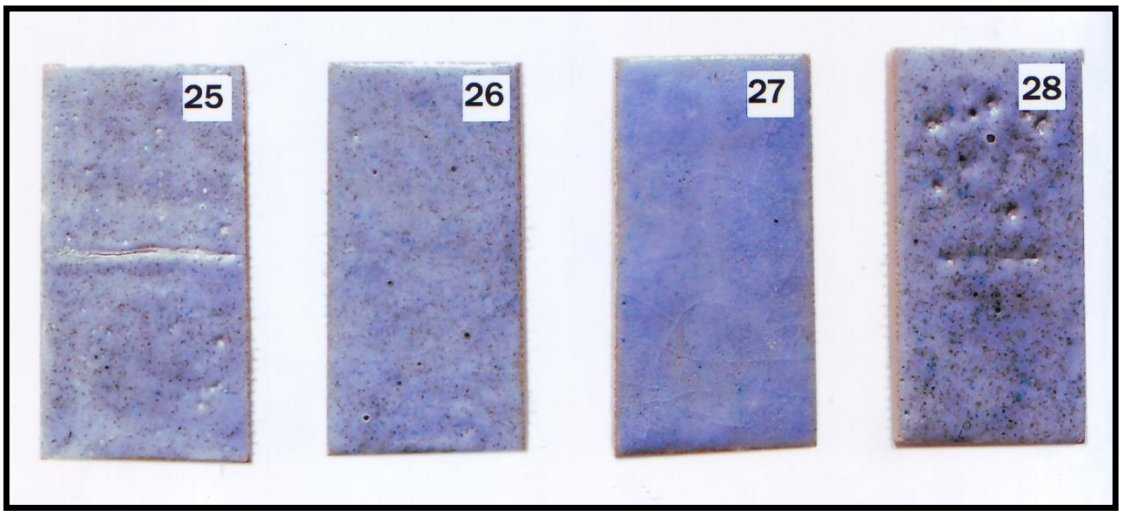


نموذج رقم (5) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (أخضر)بدرجة حرارة C 1000ْ

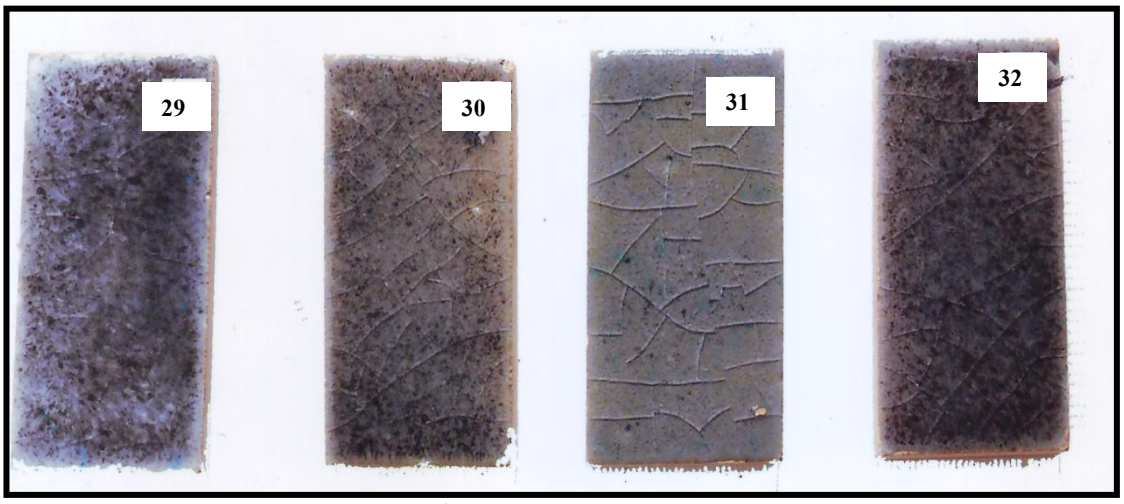


نموذج رقم (6) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (أخضر) بدرجة حرارة C 1050ْ

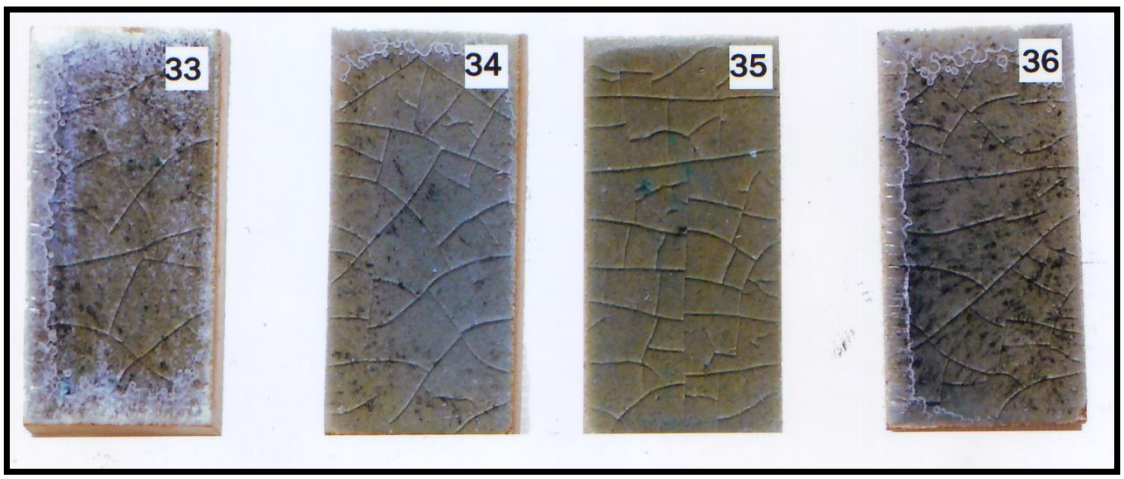
4-1-8 : نتائج حطام زجاج النوافذ الملون (ازرق)



نموذج رقم (7) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (أزرق) بدرجة حرارة C 950ْ



نموذج رقم (8) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (أزرق) بدرجة حرارة C1000ْ



نموذج رقم (9) : يبين نماذج حطام زجاج النوافذ الملون (أزرق) بدرجة حرارة C1050ْ

4-2 : مناقشة النتائج

4-2-1 : مناقشة نتائج المسامية وامتصاص الماء

أظهرت نتيجة فحص المسامية للنماذج التي خضعت للتجربة ، ارتفاع نسبة المسامية فيها إذ وصلت إلى (20) وذلك لارتفاع نسبة المواد العضوية في طينة الحلة (أبو خستاوي) مما أدى إلى احتراق هذه المواد أثناء عملية الفخر مما احدث نقصا في كتله الطين تولد في مكانا فراغات (المسامات) وذلك يتناسب مع طرديا امتصاص الماء، حيث كلما ازدادت المسامية ازداد امتصاص الماء الساكن في المسامات.

4-2-2 : مناقشة نتائج الصلادة لحطام الزجاج (جوزي)

تعتمد نتائج الصلادة على انصهار مكونات خلط الزجاج والتجانس بين المكونات ، ومن خلال إجراء فحص الصلادة لنماذج حطام زجاج النوافذ الملون (جوزي) وبدرجة حرارة (950 C°) وجد أن (1-2-3) ذو صلادة (55.3 -73.9) وذلك بسبب عدم انصهار مكونات خلط الزجاج مما أعطى سطح هش.

إما النموذج (3) فكان ذو صلادة أعلى (73.9) وذلك بسبب الفعل الصاهر لاوكسيد الرصاص وبارتفاع درجة الحرارة إلى (1000 C°) حيث أن ارتفاع درجة الحرارة أدى إلى انصهار جزئي في مكونات الزجاج مما أدى إلى ارتفاع قيمة الصلادة إلى (52.9 - 66.3) في النماذج (5-6-7-8).

4-2-3 : مناقشة نتائج الصلادة لحطام زجاج النوافذ الملون(الأخضر)

نلاحظ أن النماذج (13-14-15-16) في درجة حرارة (950 C°) كان ذو صلادة (55.4 - 71.5) بسبب الانصهار الضعيف في خلط الزجاج وبرفع درجة الحرارة (1000 C°) حدث انصهار بشكل قليل مقارنة بنماذج حطام الزجاج (الجوزي) ، وفي النماذج (5-6-7-8) حيث كانت درجة مناقشة نتائج الصلادة لحطام الزجاج (جوزي) هي (66.3) ، ونستنتج من ذلك أن سبب انخفاض درجة الانصهار في نفس درجة الحرارة ونفس مكونات الزجاج هو اختلاف الاوكسيد الملون للزجاج الأخضر حيث أن هنالك احتمالين لإنتاج الزجاج الأخضر من خلال اوكسيد النحاس أو اوكسيد الكروم يتميز اوكسيد النحاس بأنه ذو انصهار عالية وسلوك قاعدي لذلك وجوده ضمن خلطة الزجاج يعطي زجاج ذو انصهارية عالية لذلك نستبعد وجود اوكسيد النحاس ، والاوكسيد المستخدم في الحطام الأخضر هو اوكسيد الكروم الذي يعد اوكسيد خامل وضمن مجموعة الاكاسيد المتعادلة لذلك جاءت نتائج الزجاج الأخضر بدرجة حرارة (1000 C°) اقل من باقي أنواع الحطام (الجوزي،الأزرق).

وبارتفاع درجة الحرارة إلى (1050 C°)انصهرت جميع مكونات خلط الزجاج مما أدى سطح أملس وزجاج لماع .

4-2-4 : مناقشة نتائج الصلادة لحطام زجاج النوافذ الملون(الأزرق)

جاءت صلادة النماذج (25-26-27-28) والتي تتراوح بين (54.2 - 74.3) وذلك بسبب عدم انصهار مكونات الخلطة بدرجة حرارة (950 C°) وبارتفاع درجة حرارة الى (1000 C°) حدث انصهار ملحوظ في طبقة الزجاج ويرافق ذلك وجود بعض الأجسام الغير منصهرة ويرافق درجة الحرارة إلى (1050 C°) نجد أن النماذج (33 - 34 - 35 - 36) قد ارتفعت نسبة الصلادة إلى (62.9 - 71) بسبب حدوث انصهار شديد جدا في طبقة الزجاج.

4-2-5 : مناقشة نتائج حطام زجاج النوافذ (الجوزي) من حيث الانصهارية

من خلال نتائج النماذج بدرجة حرارة (c°950) في جميع أنواع الحطام ، نجد أن زجاج النوافذ المستخدم في العينة قيد الدراسة هو زجاج متوسط الحرارة والصاهر المستخدم هو احد القلويات ($Li_2O - K_2O - Na_2O$) وليس الرصاص لكونه ذو معامل تمدد عالي مما يعطي زجاج متكسر .

وفي النماذج (5-6-7-8) بدرجة حرارة (c°1000) نلاحظ حدوث انصهار في خلطات الزجاج . ونجد في النموذجين مما يؤكد فرضية استخدام القلويات .

إما في نموذج رقم (6) والمضاف إليه الرصاص نلاحظ حدوث انصهار شديد بفعل القوة الصاهرة لاوكسيد الرصاص ، ونرى الفعل الصاهر للرصاص من خلال انصهار الاوكسيد الملون مما أدى إلى انخفاض شدة اللون.

إما في النموذج رقم (8) فنلاحظ الانصهار حدث بسبب انصهار زجاج البطانة واللون اقل تركيزا بسبب اختلاطه مع الزجاج الأبيض .

وبرفع درجة الحرارة إلى (c°1050) نرى انصهار كامل للنموذجين (9-10) مع الاحتفاظ بلون الزجاج الجوزي إما في النموذج (10) المضاف إليه الرصاص نلاحظ أن الرصاص قد قام بصهر الزجاج مع الاوكسيد الملون بشكل كامل .

إما النموذج رقم (12) فقد أعطى زجاج مبقع بسبب الفارق بين درجة حرارة الزجاج والبطانة وهي الطريقة المعتمدة في إنتاج الزجاج المبقع .

أن اللون في حطام الزجاج الجوزي هو ناتج من استخدام اوكسيد الحديد أو اوكسيد المنغنيز ونستبعد هنا استخدام اوكسيد المنغنيز بسبب انصهار الاوكسيد الملون في درجة حرارة (c°1050) علماً أن اوكسيد المنغنيز يعمل في أنواع الخزف الحجري ودرجة حرارته (c°1300) ومن ذلك نستنتج أن الاوكسيد الملون هو اوكسيد الحديد .

4-2-6 : مناقشة نتائج حطام زجاج النوافذ الملون (الأخضر) من حيث الانصهارية

نجد أن النماذج (17-18-19-20) أنها ذات انصهارية ضعيفة مقارنة بأنواع الحطام الأخرى بدرجة حرارة (c°1000) وذلك بسبب عدم انصهار خلطة الزجاج لوجود مادة ضمن تركيب هذا النوع من الحطام أدت إلى ارتفاع درجة الحرارة ، كما أنرفع درجة الحرارة يزيد من انصهارية جميع أنواع الزجاج، والاكاسيد الملونة لذلك نجد أن في النماذج (21-22-23-24) حدوث انصهار شديد .

إن الاختلاف بين أنواع الحطام هو نوع الاوكسيد الملون علما إن هناك اكاسيد تسلك سلوكا قاعديا أي صاهر تعمل على خفض درجة حرارة ، وهناك اكاسيد تسلك سلوكا حامضياً أو متعادلاً وتعمل على رفع درجة الحرارة ومن خلال ملاحظة نماذج الحطام الأخضر نجد أن اللون الأخضر ينتج في الخزف من خلال استخدام اوكسيد النحاس أو اوكسيد الكروم ونستبعد هنا اوكسيد النحاس لان اوكسيد النحاس من الاكاسيد التي تسلك سلوكا قاعديا أي صاهر للزجاج.

إما اوكسيد الكروم فهو اوكسيد خامل في درجات الحرارة الواطئ لذلك جاءت النماذج (17-18-19-20) ذات انصهارية ضعيفة لكون الاوكسيد المستخدم هو اوكسيد الكروم .

4-2-7 : مناقشة نتائج حطام زجاج النوافذ الأزرق من حيث درجة الانصهارية

أن اللون الأزرق في الخزف ينتج من خلال استخدام اوكسيد الكوبلت وهو الاوكسيد الوحيد المنتج للون الأزرق وهو من الاكاسيد ذات السلوك القاعدي الصاهر وذلك نلاحظه في النماذج (29-30-31-32) أنها

ذات انصهارية ملحوظة في درجة حرارة (c°1000) مقارنة بنماذج الحطام الأخرى بدرجة حرارة (c°1000) كما نلاحظ انخفاض تركيز اللون في النموذجين (30–31) بسبب إضافة اكاسيد صاهرة (رصاص – صوديوم) مما قلل تركيز نسبة الاوكسيد في الخلطتين وبرفع درجة الحرارة إلى (c°1050) أعطى زجاج ذو انصهارية عالية جدا وسطح أملس لماع .

5-1: الاستنتاجات:

1- من الممكن إنتاج زجاج يلائم السطوح الخزفية من خلال استخدام حطام زجاج النوافذ الملون .

2- أن الزجاج المنتج غير صالح للتطبيق من حيث أنتاج سطح أملس ولماع بدرجة حرارة (c°950).

3- أن نماذج حطام الزجاج الأخضر أعطى زجاج أملس ولماع بدرجة حرارة (c°1050) فقط .

4- أن إضافة المواد الصاهرة (الرصاص – صوديوم) ساعد على انخفاض درجة انصهار النماذج .

5- أن استخدام البطانة أعطت نماذج لونية أجمل .

6- أن درجة حرارة (c°1050) أدت إلى تشوه بسيط في الجسم الفخاري .

7- أن حطام الزجاج بجميع أنواعه وفي جميع درجات الحرارة التصق على سطح الجسم الفخاري وبشكل جيد .

8- من خلال نماذج البحث قيد الدراسة نجد أن هناك جدوى اقتصادية في أنتاج هذا النوع من الزجاج نظرا لتوفر حطام زجاج النوافذ الملون وبكميات كبيرة كمخلفات صناعية .

1- المصادر باللغة العربية .

- البدري، علي حيدر صالح: التقنيات التعليمية لفن الخزف، ح2، ج3، ط1، كلية الفنون الجميلة، جامعة اليرموك، العراق، 2002.
- المشيباني، مفتاح وآخرون: تكنولوجيا السيراميك (مواد خام)، مكتبة طرابلس العلمية العالمية، طرابلس، ليبيا، 1988.
- ديكرسون، جون: صناعة الخزف، ترجمة: هاشم الهنداوي، ط1، دار الشؤون الثقافية العامة، 1989.
- الهنداوي، أحمد هاشم: إمكانية استخدام خامات محلية لإنتاج زجاج خزف معتم، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الفنون الجميلة، جامعة بغداد، 1977.
- فوزي عبد العزيز القيسي: تقنيات الخزف والزجاج، دار الشروق للطباعة، 2003.
- ابن منظور:أبي الفضل جمال الدين ، لسان العرب ، ج1 ، بيروت تحت (جمل) ، ص385 .
- ابن منظور، المنجد في اللغة والأعلام ، ط 20 ، المطبعة الكاثوليكية ، بيروت، 1969 ، ص 907.

2- المصادر باللغة الانكليزية

1- Hamer, Frank: The potters, Dictionary of materials and stechnig use, New York, 1975.

2- Shaw, K: Ceramic Colors and Pottery Decoration, mclaren and sons, London , 1968.

3- Cooper, E: and Derck: glaze for the sludio potters, B.T. past ford, ited, London, 1978.

4- Green, D: Pottery Materials and Echniquse, Faber.,London, 1967.

5- Talyar, G. R., A. C. Bull: Ceramic Glaze Technology, program on