# التأثيرات اللونية والفيزيائية على السطح الخزفي الناتجة من إضافة القواعد الترابية إلى الزجاج القلوي

م . حافظ كاظم جواد  د.م . سامر أحمد حمزة الكرادي

جامعة بابل – كلية الفنون الجميلة

١ – ١ مشكلة البحث

يصنف فن الخزف من حيث درجة الحرارة إلى قسمين رئيسين هما الخزف واطئ الحرارة (Earthen ware) والخزف عالي الحرارة (Stone ware) ومن التصنيف نلاحظ أننا لم نقل زجاج واطئ أو عالي وإنما قلنا خزف أي جسم مزجج أي أن الخزف الواطئ الحرارة هو نتاج جسم طيني واطئ الحرارة وطبقة زجاج تنضج بدرجة حرارة واطئة وكذلك هو الحال مع الخزف العالي الحرارة جسم مع طبقة زجاج ولكل نوع من تلك الخامات مواصفات معينة جعلت منها تصنف ضمن مجموعة محددة .

لذلك نجد أن الصواهر القوية مثل مركبات الرصاص والقلويات (Alkali) وهي( $Li_2O$ . $K_2O$ . $Na_2O$ ) يكون مجال عملها الزجاج الواطئ الحرارة . أما الزجاج العالي الحرارة فينتج باستخدام القلويات الترابية ( Alklian Earth) وهي ( $CaO - MgO - BaO$) مع التأكيد على أن القلويات الترابية لا تعمل لوحدها إذ لابد من وجود نسبة قليلة من القلويات كمادة (محفزة) [*] تعمل على الإسراع في تفاعل مركبات خلطة الزجاج وبذلك فأن استخدام القلويات الواطئة الحرارة مع الزجاج القلوي الترابي شائع لا بل هو ضروري جداً لإنضاج الزجاج . وهنا يثار سؤال ما هو تأثير إضافة القلويات الترابية إلى الخزف الواطئ الحرارة وعليه تحدد عنوان البحث بـ (( دراسة التأثيرات الناتجة من إضافة القلويات الترابية إلى زجاج الخزف واطئ الحرارة ))

١ – ٢ أهمية البحث

١- توفير زجاج ذو متغيرات تقنية وجمالية .

٢- الكشف عن خصائص هذه التقنية وإمكاناتها مما يسهم في دعم المعرفة العلمية في مجال الخزف .

١ – ٣ أهداف البحث

١- يهدف البحث إلى الكشف عن المتغيرات التقنية الناتجة من إضافة القلويات الترابية إلى زجاج الخزف الواطئ الحرارة .

٢- معرفة مدى ملائمة الأطياف الحمراء للزجاج الناتج .

١ – ٤ حدود البحث

١- ٤ – ١ الأطيان : تم استخدام طينة محافظة بابل (المحاويل) لإنتاج جسم فخاري .

١- ٤ - ٢ الزجاج : تم استخدام الزجاج القلوي الجاهز (Frit) .

١ – ٤ – ٣ المواد المضافة : تم استخدام المركبات التالية كمضافات للزجاج الواطئ الحرارة .

كاربونات الصوديوم $CaCO_3$

كاربونات المغنيسوم MgC

## الفصل الثاني

### ٢ – ٢ الانصهارية

في زجاج الخزف المادة الأساسية المكونة لشبك الزجاج هي السيلكا ($SiO_2$) . إضافة إلى وجود مكونات زجاج أخرى لها القابلية والخصائص نفسها مثل أوكسيد البوريك ($B_2O_3$) وخامس أوكسيد الفسفور ($P_2O_5$) . وهنالك أيضاً المواد المعدلة للشبك وهي أكاسيد القلويات أوكسيد الصوديوم ($Na_2O$) وأوكسيد البوتاسيوم ($K_2O$) وأوكسيد الليثيوم ($Li_2O$) والقواعد الترابية أوكسيد الكالسيوم ($CaO$) وأوكسيد المغنيسيوم ($MgO$) وأوكسيد الباريوم ($BaO$) فضلاً عن أوكسيد الرصاص ($PbO$) وأوكسيد الزنك ($ZnO$) . وهنالك الأكاسيد المتعادلة مثل الالومنيا ($Al_2O_3$)[١] .وتعتمد طبيعة الزجاج ودرجة حرارة انصهاره على نسبة مجاميع هذه المواد الثلاث ، إذ أن نقطة انصهار الأكاسيد مع بعضها هي عادة أوطأ من نقطة انصهارها وهي في حالتها المنفصلة . ولقد وجد أن هنالك بعض المتغيرات الأساس التي تؤدي إلى تخفيض درجة الانصهار[٢] وهي :

١- استبدال شبك السليكا رباعي الأوجه بشبك أوكسيد البوريك ثلاثي الأوجه وعند إضافته للزجاج مع غياب القواعد فأن الأوكسيد يفك ويحلل زجاج السليكا ويزداد تبعاً لذلك نسبة التمدد ويخفض درجة حرارة الانصهار . أما في حالة وجود القواعد فأن أوكسيد البوريك يكون اتحاداً رباعي الأوجه ويقلل معامل التمدد مع عدم إمكانية السيطرة عليه مدةً طويلة . إضافة إلى التغيرات المطلوبة لكونه مكوناً للشبك وصاهراً [٣].

٢- العلاقة بين الأوكسجين ($O_2$) – السليكون (Si) إذ أن ارتفاع نسبة الأوكسجين تفكك شبك السليكا وتقلل بذلك درجة الانصهار وخاصةً مع وجود الأكاسيد القلوية والقواعد الترابية والأكاسيد المعدنية ونعني الملونة . فضلاً عن أن استبدال السليكا الرباعية التكافؤ ذي تكافؤ أقل من الالومنيا الثلاثي التكافؤ يؤدي إلى تقليل درجة الحرارة[4] .

---

[*] المحفزة : وهي نسبة قليلة جداً من القلويات ( $Li_2O - K_2O - NaO$ ) لا تزيد عن (0.1) جزء جزيئي ضمن قاعدة سيكر مع مجموعة (RO) تعمل على تحفيز تفاعل القلويات الترابية .

[١] (Singer & Singer , 1963, P. 539) .

[٢] Philippe Boch : Ceramic Materials , 2003 , p 102 .

[٣] James. F . Shackelford : Ceramic and Glass Materials , 2007 , p6 .

[4] Philippe Boch : Ceramic Materials , 2003 , p 24 .

٣- إن استبدال السليكا ($SiO_2$) بمواد أخرى مثل الالومنيا ($Al_2O_3$) أو التيتانيوم ($TiO_2$) وهذه الأكاسيد هي غير قادرة على تكوين الزجاج بمفردها . إذ أنها تكون شبكاً ضعيفاً وقليل الصلابة وبذلك تقل درجة الانصهار في حالة كونها مكونات للشبك (عناصر ذات تكافؤات منخفضة) $Al^{+3}$ ، $Ti^{+2}$ . ويمكن ملاحظة أن رباط الايون الموجب وآصرة الأوكسجين السالب ($Al^{+3} - O^{-2}$) هو أضعف من آصرة ($Si^{+4}$ -$O^{-2}$) ولذلك فأن نقطة الانصهار سترتفع[5] .

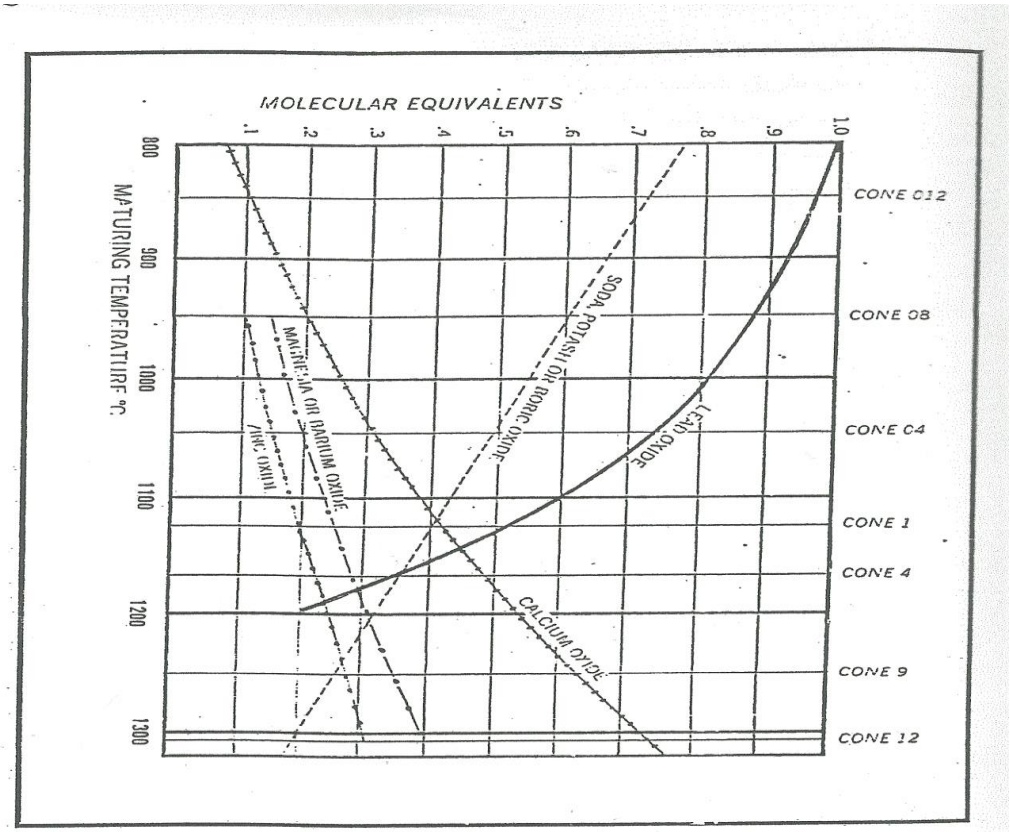
٤- إن خصائص معدلات شبك الزجاج لها تأثير . فكلما صغر حجم الايون الأحادي المعدل للشبك يؤدي ذلك إلى تقليل لزوجة الزجاج وارتفاع السيولة ومن ثم تخفض درجة انصهار الزجاج باستبدال البوتاسيوم ($K^2O$) بالصوديوم ($Na_2O$) والليثيوم ($Li_2O$) وبالعكس . إضافةً إلى ان عملية استبدال أحد المكونات بمكونين أو أكثر من شأنه تقليل درجة الانصهار ويعطي خليطاً يمتلك مدىً واسعاً للانصهار[١] .

إن تركيب الزجاج يجب أن يخضع للسيطرة لدرجة الحرارة المرغوب بها والتي ينصهر عندها الزجاج لسطح كامل النضج ومن الصعوبة معرفة دقة درجة الحرارة لمكونات الزجاج ولهذا تستخدم وحدة الصيغة (Formula Unit) إذ توفر انصهار معتدل للزجاج في حدود معينة للحرق[٢]

ويمكن أيضاً أن تعتمد درجة حرارة انصهار الزجاج على :

١- زيادة كمية الصواهر ذات التأثير الفعال مثل أوكسيد الرصاص (PbO) وأوكسيد الصوديوم (NaO) وأوكسيد البوتايوم ($K_2O$) .

٢- كمية الصواهر غير الفعالة (الضعيفة) مثل أوكسيد المغنيسيوم (MgO) وأوكسيد الباريوم (BaO) وأوكسيد الكالسيوم (CaO) مقارنة بأنواع الصواهر القوية الأخرى ويمكن بيان نشاط الصهر للأكاسيد المختلفة في الشكل أدناه .




الشكل (2-17 )
يبين تأثير الأكاسيد الصاهرة في تغيير درجة الحرارة
نقلا عن (Rhodes ,1975 ,P. 166)

(5) Robert .B.Heimann : Calssic and Advanced Ceramics , 2007 , p 73

(١) James. F . Shackelford : Ceramic and Glass Materials , 2007,p105

(٢) (Rhodes , 1975 , p. 163)

**- إجراءات البحث**

٣ – ١ نوع الطينة :

تم اعتماد طينة محافظة بابل (المحاويل) وذلك بسبب :

١- الزجاج المستخدم هو زجاج واطئ الحرارة .

٢- تعتبر هذه الطينة هي الشائعة الاستخدام لدى الخزاف المحلي .

٣-

٣ – ٢ تحضير الطين : تم تحضير الطينة وحسب النسب التالية :

طين أحمر 80 %

رمل أسود 20 %

٣ – ٣ تهيئة النماذج :

تم تهيئة الطينة بشكل لدن وبعد أن أصبحت جاهزة تم تشكيل النماذج على شكل بلاطات صغيرة بقياس ( ٦ × ٨ × ١.٥ ) سم .

٣ – ٤ تجفيف النماذج :

تركت النماذج وهي مغطاة بقطعة قماش لمدة سبعة أيام لكي تجف بشكل تدريجي بعهدها وضعت في فرن كهربائي بدرجة حرارة (150) مْ لمدة خمسة ساعات للتأكد من خروج ماء التشكيل .

٣ – ٥ حرق النماذج :

تم حرق النماذج بفرن كهربائي بقياس ( ٤٨ × ٣٠ × ٣٠ ) سم بدرجة حرارة ( 1000 مْ ) وحسب الجدول التالي :

من حرارة الغرفة ← 400 مْ خلال أربعة ساعات

من 400 مْ ← 1000 مْ خلال ثلاث ساعات

٣ – ٦ تحضير الزجاج القلوي :

تم تحضير خلطة الزجاج القلوي باستخدام قاعدة سيكر وحسب البيانات التالية واطئ الحرارة شفاف باستخدام كاربونات الصوديوم والبوراكس .

واطئ المتوسط 1 ⟶ 2

شفاف 1 ⟶ 10

مكافئ الألومينا = $\frac{2}{10}$ = 0.2

| $Na_2O$ | $B_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | N | F | M . P | M . W | P . W | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.2 | 0.4 | | | Borax | $Na_2 2LP_3$ | 0.2 | 381 | 76.1 | 26.7 |
| 0.8 | | | | Soda Ash | $Na_2CO_3$ | 0.8 | 106 | 84.8 | 29.8 |
| | | 0.2 | 0.4 | C . C | $Al_2O_3 2SiO_2$ | 0.2 | 258 | 51.6 | 18.1 |
| | | | 1.2 | Flint | $SiO_2$ | 1.2 | 60 | 72 | 25.3 |
| | | | | | | | | 284.5 | 99.9 |

٣ – ٧ إضافة القلويات الترابية :

تم لإضافة القلويات الترابية فوق النسبة المئوية كما هو الحال مع الأكاسيد المعدنية الملونة وحب النسب التالية :

١٠ غم لكل ١٠٠ غم زجاج قلوي

٢٠ غم لكل ١٠٠ غم زجاج قلوي

٣٠ غم لكل ١٠٠ غم زجاج قلوي

٣ – ٨ تطبيق الزجاج : تم تطبيق الزجاج على الأجسام الفخارية باستخدام مسدس الرش (Spray Gun) .

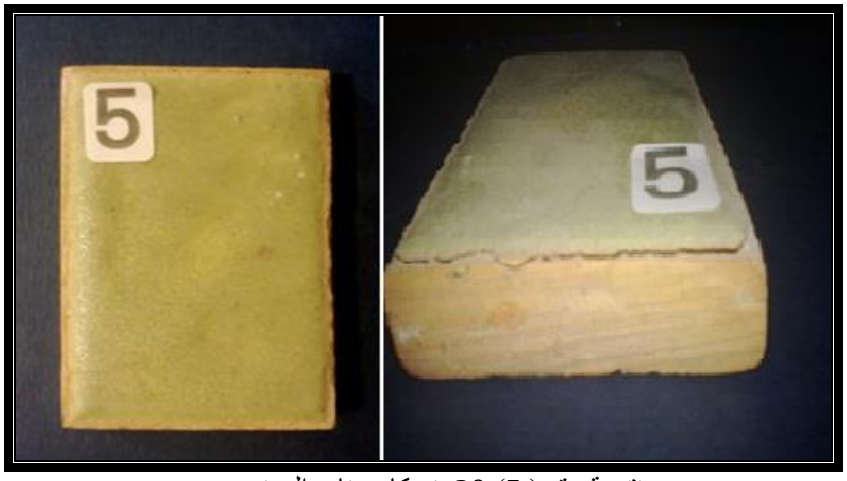
٣ – ٩ برنامج الحرق : تم وضع النماذج داخل الفرن لإجراء عملية الحرق ولغرض التأكد من تبخر الماء النقل للزجاج يتم تسخين

الفرن لمدة ساعة واحدة بدرجة 150مْ بعدها يتم رفع درجة الحرارة بشكل تدريجي وصولاً إلى 950مْ .
٣ – ١٠ تبريد النماذج : بعد الوصول إلى درجة حرارة النضج يترك الفرن لكي يبرد مع ترك فتحة المراقبة وفتحة التهوية مغلقتان وذلك لإعطاء طبقة الزجاج وقت إضافي للاستقرار بشكل أفضل . في اليوم التالي يتم إخراج النماذج .

نتيجة رقم ( 1 ) 10 غم كاربونات الكالسيوم

نتيجة رقم ( 2 ) 20 غم كاربونات الكالسيوم
نتيجة رقم ( 3 ) 30 غم كاربونات الكالسيوم

نتيجة رقم ( 4) 10 غم كاربونات المغنيسيوم




نتيجة رقم ( 5) 20 غم كاربونات المغنيسيوم

نتيجة رقم ( 6 ) 30 غم كاربونات المغنيسيوم

نتائج الانصهارية :نلاحظ من خلال انصهار طبقة الزجاج على سطح الجسم الفخاري تكون طبقة مناسبة في جميع النماذج لكن الاختلاف في انصهار مركبات الخلطة بشكل كامل أو جزئي وهذا الاختلاف لا يرجع إلى أصل خلطة الزجاج الشفاف التي صيغت حسب قاعدة سيكر وإنما إلى نسبة المضافات ( $CaCO_3$ - $MgCO_3$ ) إذ غيرت من خواص طبقة الزجاج بشكل كبير . ورفعت من درجة انصهارها على اعتبار أنها مواد مقاومة للانصهار في درجات الحرارة الواطئة وبذلك جاءت النماذج باختلافات كبيرة من حيث انصهار طبقة الزجاج وما رافقه من اختلاف في ملمس السطح . نلاحظ من خلال العينة رقم (1) أن إضافة كاربونات الكالسيوم بمقدار 10غم لكل 100غم زجاج قلوي شفاف تحول طبقة الزجاج من الشفافية إلى لون ضبابي مبيض وذلك بسبب العتمة الناتجة من عدم انصهار القلويات الترابية ضمن خلطة الزجاج مع اختلاف واضح في درجة لمعان الزجاج وتحوله بصورة ملحوظة إلى زجاج مطفاء ومع ارتفاع نسبة كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) إلى 20غم لكل 100غم زجاج قلوي نلاحظ انخفاض الانصهارية من خلال عدم انصهار المركبات وتحول طبقة الزجاج إلى طبقة معتمة مع زيادة خشونة السطح واختلاف ملحوظ في الدرجة اللونية بسبب زيادة المواد العالقة في طبقة الزجاج وما رافقه من تشتت للأشعة الضوئية مع اختلاف في درجة نعومة السطح وما له تأثير مباشر في النتائج اللونية . أما النموذج رقم (3) بزيادة نسبة كاربونات الكالسيوم إلى 30غم لكل 100غم زجاج قلوي فأن النتائج جاءت بتدرج منطقي أي زيادة العتمة وخشونة السطح ولون أكثر عمقاً . إن نتائج إضافة كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) إلى الزجاج القلوي من حيث اللون والسطح والملمس هي نتائج تخدم الجانب الجمالي الذي تحقق من خلال طرح فكرة معينة أو إظهار رؤية جمالية في مادة ما من السطح الخزفي . لذا فقد نلاحظ جمال اللون في الخزف وهو يتحقق ببناء أنظمة لونية على السطح الخزفي من خلال ظهور اتجاهات الفن الحديث التي تعد اللون وتقنية إظهاره من أهم القيم الجمالية في المنجز التشكيلي . فقيمة اللون لا تعتمد على خصائص وعلاقات العناصر التي تكونها فحسب بل أنها تعتمد كذلك على الطريقة التي وضعت فيها . أما نتائج كاربونات المغنيسيوم ($MgCO_3$) المضاف إلى الزجاج القلوي ومع النموذج رقم (4) بإضافة مقدارها 10غم كاربونات المغنيسيوم لكل 100غم زجاج قلوي وبمقارنة مع النموذج رقم (1) بنفس مقدار نسبة الإضافة نجد اختلاف واضح في درجة انصهار مكونات الزجاج إذا كان النموذج رقم (4) أقل انصهاراً من النموذج رقم (1) أي أن كاربونات الكالسيوم كانت أكثر نشاطاً من حيث الانصهارية بهذه النسبة من كاربونات المغنيسيوم . إن لكل من النموذج رقم ( 1 – 4) قد أنتج سطح منصهر وملمس متقارب . لكن الاختلاف في القيمة اللونية الناتجة من اختلاف بنسبة الزجاج في كل من النموذجين إذ نلاحظ أن النموذج رقم (4) أكثر عتمة من النموذج رقم (1) وسبب ذلك هو اختلاف تأثير اللزوجة والشد السطحي لكل من كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم . إن الشد السطحي للمغنيسيوم أكثر من الشد السطحي للكالسيوم وكذلك لزوجة الزجاج وذلك يؤثر بشكل طردي مع درجة الحرارة والكثافة وذلك ما أثر بشكل كبير على نتائج كاربونات المغنيسيوم . أما الاختلاف في اللون فهو ناتج من اختلاف نوع الأشعة الممتصة من قبل السطح الخزفي وحسب قانون الأجسام التي لها قابلية على امتصاص أشعة ضوئية منتقاة واقعة ضمن طاقة الطيف الشمسي المرئي تظهر أجسام ملونة وهذا هو سبب اختلاف النتائج اللونية . ومع ارتفاع نسبة كاربونات المغنيسيوم إلى 20غم لكل 100غم زجاج قلوي . إن طبقة الزجاج قد أصبحت أكثر كثافة مما هي عليه في العينة رقم (4) . والعينة رقم (5) نلاحظ فيها سطح غير لماع وملمس غير ناعم وسطح متيبس وبارتفاع نسبة

الإضافة في العينة رقم (6) إلى 30غم لكل 100غم زجاج قلوي نلاحظ زيادة التيبس وعدم انصهار واضح بسبب ارتفاع نسبة كاربونات المغنيسيوم المقاومة للانصهار في درجات الحرارة الواطئة . إن ما يميز الخزف الواطئ الحرارة عن الخزف العالي الحرارة من حيث الألوان وطبيعة السطح هي أن الألوان في الخزف واطئ الحرارة تكون أكثر إشراقاً وسطح أكثر لمعاناً . أما جمالية الخزف العالي الحرارة تكمن في الألوان الهادئة والقوية وطبيعة السطح والملمس والعتمة المميزة في الخزف العالي الحرارة ومن خلال البحث الحالي تم إنتاج سطوح تحاكي الخزف العالي الحرارة إلى حد كبير جداً باستخدام خامات الخزف الواطئ الحرارة من حيث الجسم الفخاري وخلطة الزجاج الشفاف وبذلك نكون قد وفرنا الوقت والجهد للخزاف من حي صعوبة إنتاج الخزف العالي الحرارة في الوصول بالأفران إلى درجات حرارة عالية تصل إلى أكثر من 1200مْ . لكن هنالك مشكلة كبير جداً قد ظهرت في النماذج ( 3 – 4 – 5 – 6 ) وهي تتعلق بحدوث انفصال طبقة الزجاج مع طبقة (جسم – زجاج)[*] عن سطح الجسم الفخاري لذلك يجب معالجة تلك الحالة من خلال تعديل خلطة الزجاج بإضافة مواد مساعدة على الانصهار مثل أوكسيد الرصاص (PbO) أو تطبيق الخلطات على جسم فخاري من طينة الكاؤولين .

**الفصل الخامس**

**٥ – ١ النتائج والاستنتاجات :**

١- من الممكن تكوين سطح فخاري مزجج بإضافة قلويات ترابية إلى وصفة زجاج واطئ الحرارة .
٢- هنالك فرق في نتائج مظهر السطح والملمس والانصهارية بين نماذج كاربونات الكالسيوم وكاربونات المغنيسيوم .
٣- النماذج ( 1 – 4 ) كانت هي الأفضل من حيث الانصهارية وتماسك طبقة الزجاج مع الجسم الفخاري .
٤- ارتفاع نسبة القلويات الترابية ساعدت على إعطاء مظهر قريب جداً من الخزف العالي للحرارة .
٥- زيادة نسبة القلويات الترابية في النماذج ( 2 – 3 – 5 – 6 ) أدى إلى زيادة الكثافة والشد السطحي واللزوجة مما ساعد على حدوث تشقق في الحد الفاصل بين طبقة الزجاج والجسم الفخاري .

**٥ – ٢ التوصيات :**

١- تطبيق الزجاج بسمك أقل قد يساعد على تقليل الشد السطحي .
٢- رفع درجة الحرارة مما يساعد على زيادة الانصهارية وبما يؤثر على اللزوجة والشد السطحي بشكل كبير .

**٥ – ٣ المقترحات :**

١- دراسة إمكانية استخدام خلطة زجاج تنضج بدرجة حرارة أعلى أي بحدود الواطئ المتوسط .
٢- دراسة إمكانية استخدام زجاج الرصاص الواطئ الحرارة بدل الزجاج القلوي الواطئ الحرارة .
٣- دراسة إمكانية استبدال الجسم الفخاري بطينة الكاؤولين بدل طينة المحاويل الحمراء الواطئة الحرارة .

**المصادر**


١ . Singer, F., Singer : Industrial Ceramic, New York, 1963,
٢- Philippe Boch : Ceramic Materials , 2003
٣- James. F . Shackelford : Ceramic and Glass Materials , 2007
٤- Rhodes, Daniel : Clay and Glazes, London 1975 .
٥- Robert .B.Heimann : Calssic and Advanced Ceramics , 2007


[*] ( جسم – زجاج ) : وهي المنطقة الواقعة بين طبقة الزجاج والجسم الفخاري والتي تكونت بفعل تداخل مكونات خلطة الزجاج مع مسامات السطح الفخاري .