استخدام طينة الكاؤولين الحمراء لإنتاج خزف واطئ الحرارة

حسام صباح جرد
جامعة بابل / كلية الفنون الجميلة
hussam.babilon@yahoo.com

الملخص

هدفت الدراسة الحالية الى التعرف على إمكانية استخدام طينة الكاؤولين الاحمر لإنتاج زجاج خزفي واطئ الحرارة والذي ينضج بدرجتي حرارة (C1000–C950) وتم تحديد ثلاثة انواع من الزجاج واطئ الحرارة (زجاج الرصاص– زجاج البوراكس–زجاج الالكلاين) وتم تحديد نوع الجسم الفخاري بطينة الكاؤولين الاحمر مع اضافة 20% من مسحوق الفخار (كروك) وذلك لتقليل نسبة التقلص الطولي ولرفع درجة الحرارة.

تم صياغة خلطات الزجاج وفق قاعدة (سيكر) (وحدة الصيغة) وحسب البينات التالية (واطئ الحرارة – شفاف) وقد اظهرت النتائج اختلاف كبير في نسبة المكونات الاساسية للزجاج (سيلكا– الالومينا– القواعد) وهذا الاختلاف هو سبب الاختلاف بين النتائج الانصهارية لخلطات الزجاج.

اجريت الفحوصات التالية على النماذج (التحليل الكيميائي– فحص الحامض– فحص الشفافية– فحص الملمس– فحص الانصهارية– التحليل اللوني) وقد اظهرت النتائج اختلاف بين انواع الزجاج من حيث الانصهارية فكانت نماذج زجاج الرصاص ذات انصهارية شديدة في جميع درجات الحرارة مع انصهار ضعيف لزجاج البوراكس والالكلاين بدرجة حرارة (C 950) وانصهار شديد بدرجة (C° 1000) .وقد بينت النتائج الاولية امكانية انتاج خزف واطئ الحرارة باستخدام الكاؤولين الاحمر.

الكلمات المفتاحية:الخزف، طينة الكاؤولين الأحمر ، قاعدة سيكر ، الاطيان النارية.

Abstract

This study included the possibility of using Alcaúlan red for the production of glass ceramics at low heat simmer two notches Hrartin (C1000-C950) were identified three types of glass at low temperature (Glass Lead - Glass borax - Glass Alalklein) were identified Body type potter mud that Alcaúlan red with the addition of 20% pottery of powder (Crook) in order to reduce the proportion of the longitudinal shrinkage and raise the temperature.

Been formulated blends glass according to the base (Seker) (unit formula) and by evidence of the following (at low temperatures - Transparent) The results showed a significant difference in the proportion of the basic components of glass (silica - alumina - the rules), and this difference is caused by the difference between the results fusion of mixtures of glass.

Underwent the following tests on models (chemical analysis - examining acid - Examination of transparency - Examination of texture - Examination of fusion - Analysis chromatography) has Alzart Results difference between the types of glass in terms of fusion were models of glass lead with fusible severe in all temperatures with melting weak for a glass of borax Alalklein and temperature (C 950) and severe degree of melting (C 1000).

Preliminary results have shown the possibility of the production of ceramics at low temperatures using Alcaúlan red.

Key words: Porcelain, Tine Alcaúlan red, base Seker, MUDs firearms.

الفصل الاول

1-1مشكلة البحث:ظهرت اول بوادر صناعة الفخار في الطبقات الخمس العليا في قرية جرمو*شمال العراق والتي تعود الى العصر الحجري الحديث (المعدني) اذ استفاد منه (أي الفخار) الانسان القديم في حفظ السوائل واستعماله في الطقوس الدينية والاحتفالات.

ان بداية صناعة الفخار كان لأغراض الاستعمال اليومي وبعد تطور هذه الصناعة اخذت الاواني الفخارية تكتسب اشكالاً جمالية وقد ظهر هذا في الفترة التاريخية اللاحقة في حسونة وسامراء وحلف والعبيد والوركاء في عصور ما قبل التاريخ (الدباغ, 1964, ص7-11) حيث اضاف صانع الفخار القديم لمسات جمالية لتزين الانية ولتسجيل افكاره ومعتقداته ثم بحث في كيفية طلاء سطوح الفخاريات لتغطيتها بمواد تساعد على سد مساميه الانية الفخارية وذلك لمنع تسرب السائل وكذلك لاكسائها طابع القوة والمتانة.

فاستخدم لهذا الغرض اصباغ عضوية او معدنية اما المعدنية فتشمل على اكاسيد الحديد والمنغنيز واكاسيد الحديد المائية الذي يحتوي على اوكسيد الحديديك الاحمر بد التسخين؟وكذلك اوكسيد الحديد الاسود (باقر,1974,ص206) اما الباحث على هذه الفترة (عصر الفخار الملون) بعد ذلك عرف الرصاص واستعمل بشكل واسع على صبغة لزجاج يتكون من خمس مواد دينية راسخة وعلى وفق ما تقدم فالخامات هي المصادر الاساسي في صناعة الخزف والتي مصدرها الوحيد الارض اذ استغل الخزاف العراقي القديم هذه المعرفة واخذ يستخرج الكثير من المواد الخام التي تدخل في صناعة الخزف بعد ان يجري عليها عمليات تصنيع مختلفة.

ان ادراك الخزاف لقيمة الخامات التي يستخدمها ومعرفة فائدتها في صناعات عديدة جعله يتفنن بعمله, اذ اوجد العديد من الاطيان التي استخدمها في الخزف عبر العصور حتى الوصول الى يومنا هذا. ان بلادنا من البلدان التي تنعم بخيرات كثيرات والعديد من اصناف الخامات المتنوعة اذ استخدم الخزف العراقي العديد من الاطيان المختلفة.

اكتشف حديثاً في المنطقة العربية من البلاد الكاؤولين الملون باوكسيد الحديد الاحمر الذي اكتشف حديثاً في المنطقة الغربية من البلاد ولم تجري عليه أي محاولة لمعرفة صلاحيته لإنتاج جسم خزفي ودراسة مواصفاته العلمية وتأثيرات الطينة الجمالية حيث يعتبر اوكسيد الحديد بالإضافة إلى كونه صاهراً قوياً للزجاج اذ يسلك سلوك قاعدي فضلاً عن كونه من الاكاسيد المونة ذات العديد من التأثيرات اللونية كأطياف (الاحمر, القهوائي, الاوكر, الاصفر, الازرق) في درجات الحرارة ويتحلل الاوكسيد من ثلاثي التكافؤ الى ثنائي التكافؤ وتكمن مشكلة البحث في معرفة صلاحية او عدم صلاحية طينة الكاؤولين الملون باوكسيد الحديد الاحمر لإنتاج الخزف. وخصائصها الجمالية ومدى قابليتها للتفاعل مع طبقة الزجاج لتكون جسم خزفي.

1-2 اهمية البحث:

1. سد النقص المعرفي في مجال اختصاص الخزف وتطبيقاته العلمية حيث لا توجد دراسة سابقة متخصصة عراقية في هذا المجال ورفد المؤسسات التعليمية بحقائق علمية جيدة .
2. انتاج خزف واطئ الحرارة من طينة الكاؤولين الحمراء العراقية .
3. استفادة الخرافين من ذلك الطين للأغراض الفنية المختلفة .

* جرمو: تقع جرمو قرب جمجمال بنحو (1كم) شرقاً و(35كم) شرق كركوك على الوادي المسمي (جم كوارا) احد روافد نهر العظيم طوق جاوى (باقر, 1974, ص193)

1-3 اهداف البحث:التعرف على إمكانية استخدام طينة الكاؤولين الحمراء لإنتاج خزف واطئ الحرارة .

1-4 حدود البحث:

1. **الطينة :** يقتصر البحث الحالي على دراسة نوع واحد من الاطيان المحلية المكتشفة حديثاً في المنطقة الغربية من البلاد منخفض دويخلة *
2. **الجسم الفخاري**

- طينة الكاؤولين الحمراء.
- المواد الاخرى – مسحوق الفخار(Grog)

3. **درجات حرارة الحرق للفخار (950-1000°C).**
4. **الزجاج** – واطئ الحرارة (الالكلاين, رصاص, بوراكس) بدرجة حرارة (950-1000°C).

1-5 تحديد المصطلحات: 1. طينة الكاؤولين لحمراء 2. الخزف واطئ الحرارة

1. **مسحوق الفخار :** وهو مسحوق الفخار يضاف الى الاطيان لتقليل التقلص الطولي ورفع درجة حرارة الاطيان (Hamer.1975.p155.)
2. **زجاج واطئ الحرارة :** وهو الزجاج الذي ينضج بدرجة حرارة (850-1050°C) وتستخدم فيه الاطيان الحمراء الواطئة الحرارة (Hamer.1975.p112)
3. **الالكلاين*:** وهو الاسم التجاري للزجاج القوي الذي يكون الصوديوم هو القاعدة فيه.

الفصل الثاني

2-1 الاطار النظري

2-1-1 الاطيان: تعد الاطيان من اهم المواد الاساسية لصناعة الفخار والخزف كما انها اول المواد التي تؤخذ بنظر الاعتبار في العمل الفني.

وتتواجد الاطيان على شكل ترسبات على سطح الارض وتتكون اصلا من تحلل الصخور الام (النارية او المتحولة) نتيجة تفاعل العديد من عوامل التجوية* الطبيعية المختلفة (Weathering) وبتعبير علمي هي عبارة عن سيليكات الالمنيوم المائية أي مركب من مادة السيلكا والالمونيا المرتبطة بواسطة جزئيات الماء وصيغتها الكيميائية ($AL_2O_3.2SIO_2.2H_2O$) (ديكرسون. 1986. ص19).

ان للمناخ والتضاريس دوراً هاماً في تحديد طبيعة الرواسب عند مصدرها والترسبات تتأثر بالمصدر وما يحدث عند عملية الترسيب وبعده. فتحلل الصخور الام في الظروف الدافئة والمطيرة (أي غزيرة الامطار) يعطي معادن طينية وهي تتكون في الاساس من سيلكات الالمنيوم المائية مع بعض الاحلال الكلي و الجزئي لعنصر المغنيسيوم (Mg) او الحديد (Fe),مكان عنصر الالمنيوم (Al) في بعض المعادن, مع وجود قلويات او قلويات ارضية في البعض الاخر وهذا بجانب وجود مواد غير طينية بنسب متفاوتة مثل (الكوارتز, المايكا, الفلسبار والبايرايت), بل كثير من الاحيان تحتوي ايضاً على مواد كربونية واملاح ذائبة

* يقع هذا المنخفض في الصحراء الغربية من محافظة الانبار .

* وقد عرف الباحث الالكلاين تعريفا "اجرائيا" لعدم وجود تعريفا له

* التجوية: ان الصخور الموجودة على سطح الارض اياً كان نوعها هي في حالة دائمة للتعرض والهجوم من قبل الماء والهواء والظروف الجوية من حرارة وبرودة وغيرها ويطلق على العميات المؤثرة في الصخور بعمليات التجوية.

وقد تحتوي في بعض هذه الاحيان على معدن طيني واحد والاطيان ناتج ثانوي لعمليات التجوية الكيميائية للمعادن الاساسية وغيرها والتي تتكون في البيئة الرسوبية (الزمزمي والشيباني, 1988, ص11).

2-1-1-1 اصل اطيان الكاؤولين: يعد الطين مادة طبيعية التواجد حيث تتكون من عمليات جيولوجية تحدث على الصخور النارية, والرسوبية والمتحركة, والاطيان عبارة عن خليط من المعادن بنسب عالية من المعادن الطينية مثل الكاؤولينايت (Kaolinite) والمونتموريلينايت (Montmorillonits)

وتتكون الصخور الطينية اساساً من معادن الطين (Clay mimerals) والكوارتز والفلسبار وهي معادن حبيبية والمايكا والكلورايت وهي معادن مشربة اضافة الى وجود معادن ناعمة جداً ناتجة عن عملية التجزئة مثل سيليكات الالمنيوم المائية واوكسيد الحديد والسيلكا كما انها تحتوي على املاح البوتاسيوم .

لذلك فالمكونات الكيمياوية المهمة للأطيان هي اكاسيد العناصر الآتية: السيلكا (Sio_2) والالمنيوم (Al_2O_3) والمغنسيوم (MgO), والحديدوز (FeO), البوتاسيوم(K_2O), وبدرجة اقل اكاسيد العناصر التالية: الصوديوم(Na_2O), الكالسيوم (CaO) والتيتانيوم ($TiO2$) (المشايخي,1991, ص29).

تتعرض الصخور الاولية بصورة خاصة النارية منها الى عوامل التجوية فتحرر المعادن الطينية. وتحتوي هذه الصخور على مجموعة من المعادن مثل الكوارتز والفلسبار والمايكا .... الخ.

كما يوجد دور اخر عدا التجوية وهي طبيعة التضاريس فعندما تكون التضاريس واطئة فتعرض الصخور الى تعرية لمدة اطول فتختلف عنها في المنطقة ذات التضاريس العالية وان نواتج عملية تجوية الصخور بفعل الرياح والامطار وغيرها ليس فقط تكسير وتفتيت الصخور الى اجزاء صغيرة بل يحدث ايضاً تحلل هذه الصخور تحللاً كيميائياً معطية معادن جديدة. فمعادن الفلسبار عند تحللها يعطي معادن الطين والتي تكون على شكل دقائق ناعمة صغيرة جداً (جميل واخرون, 1980, ص45). واهم الصخور الاساسية للقشرة الارضية هي من نوع فلسابك (Felespahic). ويحتوي أيضاً على معدن الفلسبار بنسب مختلفة, وان تعرضها لعملية التحلل بعد مرور الزمن تسمى هذه العملية بالكلئنة (Kaolinization). ان معدن الكاؤولين ناتج من تحلل الصخرة وهو المكون الاساسي لمعظم الاطيان, وان تحلل صخور الفلسبار الى الكاؤولين بتأثير الابخرة الصاعدة من تحت القشرة. الارضية واكثر انواع الفلسبار شيوعاً (Rhodes, 1975, p7):

1. الفلسبار البوتاسي (Orthoclase) $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$
2. الفلسبار الصودي (Albite) $Na_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$
3. الفلسبار الكلسي (Anorthite) $CaO,Al_2O_3,2SiO_2$

ويحتوي الفلسبار على الالمونيا (Al_2O_3) والسيلكا (SiO_2) متحدين مع واحد او اكثر من الاكاسيد القوية. وبتحلل الفلسبار بشكل التدريجي الموجود في الغرانيت من الفعل السريع لماء المطر (حامض الكاربونيك المخفف) او ربما في حالة الترسبات بواسطة الفعل الجوفي للغازات الحامضية الحارة من المناطق السفلى لكتلة الغرانيت. فان الاكاسيد القوية تذهب مذابة في الماء وهذا يترك الالمونيا والسيلكا جزء من السيلكا ينصل في التفاعل الكيمياوي.والمتبقية من السيلكا والالمونيا بعد التعرض الطويل للطبيعة تتحد مع الماء نتيجة التفاعلات الكيمائية وفي هذه الحالة يتحطم بناء الفلسبار. والمعادلة التالية توضح التفاعلات والتغيرات الحاصلة لصخور الفلسبار (Green , 1976 , p38).

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2+xHcO_3=Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O+xK_2Co_3+4SiO_2$$

Or x Na2CO3

Or x CaCO3

Felesper + Carbonitacid = Clay+ Carbonates+ Free Silica

اذ ان الصيغة النقية للطينة نادرة التواجد حيث للطبيعة عامل مهم في اضافة العديد من الشوائب على هذه الصيغة على شكل عناصر او معادن لها القابلية على الذوبان لتصل الى الطين وهي المسؤولة على انواع مختلفة من الاجسام الطينية (المشايخي, 1991, ص31).

2-1-1-2 تصنيف وانواع اطيان الكاؤولين

تصنيف الاطيان : تصنف اطيان الكاؤولين على اساس اصلها واستخدامها او الاثنين معاً. وان الجيولوجي يعتمد على الاصل حيث صنفت الى: (المشايخي, 1991, ص495)

1. الاطيان المتبقية (الاولية) primary clay
2. الاطيان المنقولة (الثانوية) الرسوبية Sacandry clay

1.**الاطيان المتبقية (الاولية):**تكونت من تفتت وتحول الصخور القريبة من الصخور الام الى الطين من دون التعرض الى عوامل النقل أي لم يتم تحريكها بواسطة القوى الطبيعية كالرياح والماء لذا تكون احجام حبيباتها متباينة واغلبها كبيرة نسبياً وتتميز بلونها الابيض وقلة لدونتها وهي من اكثر انواع الاطيان نقاوة ومن هذه الانواع الطين الصيني (China clay) والنوع الثاني طين البنتونايت (Bentonite) (Hamer. 1975. P.59) .

2. **الاطيان المنقولة (الثانوية) الرسوبية:**وهي الاطيان التي نقلت من اماكن تواجد الصخور الاصلية التي تكونت فيها بواسطة فعل المياه والرياح. وتتم هذه العملية بنقل الاطيان مع الحصى والرمل والصخور بمختلف انواعها وتسير اسفل مجرى المياه الناقلة للأطيان حاوية على الكثير من الشوائب كالمواد العضوية والمواد المعدنية كالحديد والكواتز والمايكا والفلويات ومادة الكاربونات التي يكون الماء قد جرفها مع التيار والاحتكاك اثناء نقلها وتفاعلها المتبادل مع قوى التعرية تقل معدل حجم حبيباتها كما يتطور تشابه حجمها وشكلها كثيراً وهذا يفسر تعقيد تركيب او مكونات الاطيان الاطيان الثانوية واختلافها عن اطيان الكاؤولين التي تتكون في مواقع الصخرة الام وبدون حركة. وتسمى ايضاً بالطين الثانوي (secondary clay) وتكون واسعة الانتشار في العالم وتتميز هذه الطينة بخاصيتها اللدنة العالية وقابليتها على التشكل (ديكرسون . 1986 . ص22)

1. **انواع اطيان الكاؤولين:**هناك انواع مختلفة من اطيان الكاؤولين وان اصل هذه الاطيان يرجع الى مجموعتين هما الاطيان الرسوبية و الاطيان المتبقية ونتيجة للظروف الجيولوجية المختلفة التي ادت الى تحلل الصخور القريبة من الصخور الام وبفعل قوى طبيعية من مياه الانهار والرياح والامطار والثلوج نتج عن تكوين اطيان ذات تراكيب كيمياوية مختلفة وخواص فيزيائية مختلفة ايضاً (علام . 1976 . ص32) .

أ. **الكاؤولين الصيني (chine clay):**تكونت هذه الاطيان بالقرب من الصخور الام (الفلسبار) وهي اطيان رسوبية وتتكون بالدرجة الاساس من معدن الطين كاؤولينات مخلطوطا مع السيلكا والمايكا والفلسبار ويمتاز بلونة الابيض او المصفر قليلا وذات حبيبات خشنة نسبياً عالي النقاوة خالي من الشوائب,قليل الانكماش ابيض اللون بعد الحرق ولا يستعمل لوحدة لعمل الاجسام الطينية بسبب قلة ليونته. والكاؤولينات ذات خواص حرارية عالية جداً فهي صعبة الانصهار وتبلغ درجة انصهارها تقريباً (1800 °C) (المشايخي,1991, ص33) .

ولهذا يصعب الحصول على جسم متماسك وقوي ضمن درجات الحرارة المتوقعة لدى الخزاف. وعادة ما تستعمل انواع اخرى من الاطيان والتي تزيد درجات لدونتها وتقلل درجة انصهارها او نضجها وهذا

ضروري للحصول على جسم صلب متماسك الاجزاء. وان استعمالات اطيان الكاؤولين عند الخزفي حسب اهميتها كما يأتي:

1. لعمل خزف البورسلين والخزف الابيض والخزف العالي الحرارة .
2. يضاف الى الاجسام الطينية لرفع درجة حرارتها (نضجها) .
3. يضاف كأحد مكونات التزجيج لتثبيت طبقة التزجيج ومنع سيولها من الجسم الخزفي. وتؤمن حماية رفوف الافران من مواد التزجيج التي قد تتساقط عليها اثناء عملية حرق التزجيج .

ب. **الاطيان الكروية (Ball clay):**الطين الكروي ينشا عن صخور نوع الغرانيت وان هذا الطين قد سمي بالكروي بسبب اكتشافها اول مرة على شكل كرات في احد المناجم الانكليزية . والطين الكروي كالكاؤولين يشبه في تركيبه الكيمياوية واصله المشترك وتختلف في خواصه الفيزيائية تماماً من حيث صغر حجم حبيباته وارتفاع محتوى المواد العضوية فيها ولهذا فهي ذات لدونة عالية شديدة اللزوجة عند تشعبه بالماء وذات انكماش عالي اثناء التجفيف والحرق ودرجة حرارة حرق الكاؤولين او رفع درجة حرارة النضج للأنواع الاخرى من الاطيان الى درجة انصهارها عالية . وتزيد من لدونة وقابلية تشغيل انواع الاطيان الاخرى والتي تضاف اليها لهذا الغرض . ونادراً ما تستخدم لوحدها نظراً لقابليتها العالية على الانكماش اثناء عملية الحرق وبسب لدونتها العالية تضاف الى تراكيب الاطيان بنسبة لا تزيد عن (10% – 30%) ويكون لون الاطيان مزرق او بنياً او اخضر بسبب احتوائه على المواد العضوية او الكاربونية (هرمز . 1981 . ص93).

ج. **الاطيان النارية (fire clay):**تكونت هذه الاطيان من الفلسبار ومعدنها الاساسي الكاؤولينايت وقد تكون اولية ولكن معظمها رسوبية اذ اختلطت بالفحم الذي تكوت على شكل طبقات نتيجة نمو النباتات, والذي امتص بدوره المركبات القلوية من الاطيان النارية وبالتالي اكتسبت الاخيرة طبيعتها المقاومة للحرارة لذلك هي اطيان مقاومة للانصهار (Refractory) وتحملها درجات الحرارة العالية وبحدود (1500 C°) دون ان يحدث فيها تشوهات او انصهار (Rayan. 19. P25).

ومنها ما يحتوي على نسبة عالية من المعادن, خشن الحبيبات قليل اللدونة ونوعا اخر لدن ذات حبيبات دقيقة الحجم. الا ان خواصها الحرارية ثابتة, وتحترق بلون برتقالي ولذا تعتبر كمصدر رئيسي لرفع درجة حرارة الاطيان الخزف الحجري وتصل اضافة نسبتها 30% من خلطات الاطيان ولها استخدامات أساسية منها: (المشايخي. 1991 . ص35) :

1. لإنتاج طين الطابوق الناري وبناء الافران والادوات الحرارية .
2. الجسم المنظم لتحسين خواص المقاومة للصدمات الحرارية في بعض لأجسام الطينية.
3. يخلط مع الاطيان لغرض رفع درجة حرارة حرقها .

كما يمكن تقسيم الاطيان حسب تحملها لدرجات الحرارة إلى الاتي:

1. **طين واطئ الحرارة (Earthern ware clay):**ويتواجد طين واطئ الحرارة على عمق قليل من سطح القشرة الارضية وهو اكثر انواع الاطيان شيوعاً وانتشاراً في الطبيعة وتتميز باللدونة العالية وذلك لنعومة حبيباتها لذلك يضاف اليها مواد تعمل على تعديل مواصفات الطين بنسب محددة مثل الرمل او مسحوق الفخار لتقليل اللدونة ويحتوي على نسب مرتفعة من اوكسيد الحديد والذي يكسبه الواناً متعددة منها البني او الاحمر او الرمادي المخضر . وانه يتماسك الى كتلة صلبة وبلون احمر او اصفر او بنياً بعد الحرق بسب ارتفاع

الاكاسيد المساعدة على الصهر فيه وان حدود درجة حرارة نضجها بين (950 °C - 1100 °C) دون ان يحصل عليها تشقق او انتفاخ في الشكل (Hofstep. 1975. P19) .

2. **طين عالي الحرارة (stoneware clay):**وهي اطيان رسوبية تتميز باللدونة العالية ويمكن استخدام بعض انواعها الطبيعية دون اي تعديل عليها, والبعض الاخر تعدل مواصفاته بإضافة مواد صاهرة كالفلسبار, مواد غير لدنة كالسيلكا, ومسحوق الفخار. كما انها تختلف في درجات اللون ومعامل اللدونة ومعدلات درجة الحرارة الحرق . وان حدود درجة حرارة نضجها بين (1200 - 1300 °C) ولهذا تتميز بالصلابة والمتانة وتماسك اجزائها ومقاومتها للحفر بالسكين. وان معدلات اللون بعد الحرق ابيض الى رمادي او اصفر برتقالي او بني فاتح او غامقا وحسب النسبة المتواجدة لاوكسيد الحديد فيه (Hameer. 1975. P278)

2-1-3 **الطبيعة الفيزياوية للطينة:**ان طبيعة الطين اللدنة وامكانية تشكيلها بطرق متعددة جعلت من الحرفي او الخزاف والنحات ايصال طبيعته الخلاقة, والنحات قادراً على ايصال طبيعته الخلاقة وفي بعض الاحيان نجده بصورة جاهزة في التكوينات الطبيعية الصلبة وبعض الخزافين يعيرون اهتماماً كبيراً للتركيب الكيمياوي والفيزياوي للطين وخصائصه التكوينية والجمع بين المتعة في تشكيلها وطواعيتها والخزاف المتمرس يميز الاطيان وصلاحيتها نتيجة الخبرة المتراكمة في مجال اختصاصه ويحدد نوعية الاطيان وطرق تشكيلها وطبيعة الاطيان الفيزياوية والكيمياوية التي امتازت بها جعلتها مادة مفيدة للإنسان وملائمة في عمل وتشكيل الاجسام الفخارية مع مراعات كونها متجانسة ونظيفة وخالية من المواد الغريبة ومن خواص الاطيان التي تهم الخزاف (المشايخي. 1991. ص41) هي كما يلي :

1. **اللدونة (Plasticity):**هي خاصية الطين في التفاعل مع القوى الخارجية المؤثرة عليها . وهي الخاصية التي تسمح للمادة بان تتشكل بدون تشقق او تكسر ويحتفظ بشكله الاخير عند زوال المؤثر عنه, ومن المواد التي تعطي الطين صفاته اللدنة هي سيليكات الالمنيوم والتي تنزلق الواحدة فوق الاخرى عند ترطيبها بالماء بينما في نفس الوقت تكون ملتصقة الواحدة بالأخرى كما تفعل بطبقتين من الزجاج المبللتين بالماء بفعل التوتر السطحي للماء وتأثير الجذب الجزيئي لسطح الطين وهو القوة التي تربط بين جزيئات المواد بعضها بالبعض والتي تؤدي تماسكاً بين اجزاء كتلة الطين. (علام. 1976. ص303)

2. **المسامية (Porosity):** تعد المسامية من الخواص المهمة للجسم الفخاري والتي تسمح بخروج الماء على شكل بخار من الجسم الفخاري اثناء عملية التجفيف والحرق والمسامية هي نسبة حجم الفراغات التي تشغله الحجم الكلي للجسم الفخاري فالأطيان اللدنة تكون قليلة المسامية فأثناء عملية التجفيف والحرق تسبب جفافً غير منتظماً ينتج عنه تشوه في الشكل ولهذا فالأطيان التي تضاف اليها نسبا من المواد الغير لدنة كالرمل ومسحوق الفخار والفلسبار وكاربونات الكالسيوم تزيد من مساميتها وتعطي فرصة لتحرر الغازات الناتجة من احتراق المواد العضوية ولهذا اغلب الاجسام في الفخار تحرق بفارق درجة حرارة 10% عن التزجيج, والمسامية لها علاقة بالمواد الداخلية في تركيب الاطيان وكذلك بدرجة حرارة الحرق فعند درجات الحرارة العالية تقل المسامية بسبب تكوين الطور الزجاجي في الجسم اما طريقة فحص مسامية الاجسام المفخورة وذلك توزن وهي جافة وتغمر في الماء لمدة اربعة وعشرين ساعة ويزال الماء الزائد بقطعة قماش مرطبة وتوزن مرة ثانية والنسبة المئوية بين الوزنين تكون المسامية كما في المعادلة التالية : (Norton. 1973. P177)

$$\frac{\text{وزن الجسم وهو مشبع بالماء} - \text{وزن الجسم وهو جاف}}{\text{وزن الجسم وهو مشبع بالماء}} \times 100$$

3. **الانكماش (Shrinkage):**الانكماش او التقلص وهو التناقص التدريجي لحجم وطول الجسم الفخاري من خلال عملية الجفاف والحرق. ان التقلص العالي تعتبر خاصية غير مرغوبة في الاجسام الطينية لما تسببه من اجهادات وكلما كان الطين لدن لي حج حبيباته اصغر حجما كلما ارتفعت نسبة التقلص فيه, لأنه يحتاج الى كمية كبيرة من الماء عند العمل للحصول على قابلية التشغيل المطلوبة وهذا يعني بالنتيجة تعرض الجسم الطيني الى التقلص (الكرادي . 2006 . ص38):

$$\frac{\text{الطول الطردي}-\text{الطول الجاف}}{\text{الطول الجاف}} \times 100 \quad = \quad \frac{B-A}{B} \times 100\%$$

A= الطول الطردي B= الطول الجاف

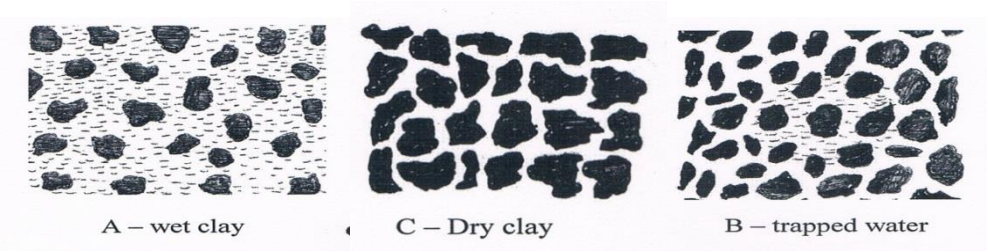
4. **التزجيج (Vitrification):**وهي معالجة الاجسام الفخارية ضعيفة البنية بالحرق لتحويلها الى اجسام قوية صلبة متماسكة وهذه الخاصية من العوامل المهمة لطينة الخزف ويقصد بالتزجيج هو التصلب من خلال تكوين الطور الزجاجي الذي يتجمد بعد عملية التبريد فيؤدي الى ترابط جزيئات الجسم ويعتمد ذلك على تركيب ومكونات الجسم (المشايخي . 1991 . ص44) .

4-1-1-2**ميكانيكية تجفيف الطين:**ان أي عمل بالاطيان يتم بوجود الماء وهذا الماء كما ذكرنا سابقاً يتواجد بشكلين الأول: الماء الكيميائي وهو الداخل في التركيب الجزيئي اصلا ($Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$) والثاني الماء الحر الذي يتواجد بين حبيبات الطين والثاني: الشكل الفيزياوي يسمى بماء اللدونة وهو الماء المضاف الى الطين لغرض كسب اللدونة والذي يتراوح بـــ25% من حجمة تقريباً واذا ترك الطين معرضاً للهواء في درجة حرارة الغرفة يزداد تصلباً وتقل درجة لدونته حيث ان الهواء يتبخر من الطين ولذا يحفظ الطين في اماكن رطبة لتقليل تبخر الماء من سطحه (المشايخي . 1991 . ص43).

ان كتلة الطين مكونة من حبيبات صفائحية والتي تقع الواحدة جنب الاخرى وفوقها مع وجود انفاق يمر منها الهواء داخل الكتلة الطينية وهذه الانفاق تكون مملؤة بالماء في حالة ترطيب الطين . وان تجفيف الطين يعني تبخر هذا الماء وبالرغم من ان الكتلة الطينية المجففة التي قد تبدو جافة وصلبة ولكنها تحتوي على نسبة من هذا الماء في اماكن بعيدة داخل الكتلة (كويش . 1993 . ص23) .

ان عمليات التجفيف السريع يصاحبها تشققاً في الجسم الطيني في الهواء المدة يوم او يومين كي يجف ويجب ان يكون تيار الهواء او المصدر موجها على كل الجسم من كل الاتجاهات والا يتعرض الجسم الطيني الى التشققات بسبب سرعة جفاف السطح الخارجي عن الداخل وانكماشه بسرعة. فالطين اللدن عبارة عن تجمع جزيئات من الطين الصلب المحاط والمتصل بواسطة اقلام من الماء حيث تعمل القوة الكهربائية على سطح الجزيئات تجعل مواقعها تبتعد الواحدة عن الاخرى قدر الامكان ويكون الفراغ الداخلي مملوءة بالماء وهذه الحالة موضحة في الشكل (2-1). وعندما تجف المادة اللدنة يزال الماء من السطح وكلما قل محتوى الماء تقاربت الدقائق مع بعضها ويؤدي الى ان يحل محله الماء النازح من اسفل السطح ويحدث تقلص الاجسام الفخارية كما في الشكل (ب) ويلاحظ اقتراب الجزيئات الى حد التماس الا ان هذه الظاهرة لا يصحبها تكسر اغلفة سطوح الجزيئات الاقلام . واما في الشكل (ج) يحدث فقدان غلاف السطح اما الفراغات بين الجزيئات فتكون مملية جزئياً بالهواء وفي هذه الحالة يكون الطين قد تحول الى مادة صلبة, ان استمرار عملية التجفيف يكون عن طريق الانسياب الشعري وعن طريق التبخر من الفراغات المسامية وعند الوصول الى النقطة الحرجة (المحتوى المائي الحرج) يمكن ان يتم التجفيف بسرعة من دون ان نخشى على المادة من

الكسر وعندما يكون المحتوى المائي اعلى من محتوى الماء الحرج ويبقى معدل فقدان الماء ثابتاً تحت الظروف الثابتة حيث ان عملية التجفيف تعني ببساطة تبخر الماء من السطح والذي يعوض بالماء النازح من الداخل نحو السطح فتعرف هذه الفقرة بفترة المعدل الثابت, وتعرف الفترة الكائنة بين المحتوى المائي الحرج والجاف التام بفترة المعدل المتناقص (Harders. 1960.p363).



الشكل 2–1 : يبين مراحل عملية تجفيف الاطيان
Harders & Kinor. 1960. P364

2–1–1–5 **التفاعلات خلال الحرق:**من الخطوات المهمة التي يمر بها الجسم الطيني هي مرحلة الحرق وقبل هذه المرحلة لابد من التأكد من تجفيف الجسم الطيني وذلك بفقدانه الماء الفيزياوي في درجة 150 °C, وان عملية الحرق من اهم الخطوات المؤثرة في خواص النتائج للجسم الطيني بعد الحرق لذا يجب التعرف على طبيعة التفاعلات والتغيرات الكيميائية التي تحدث للأجسام الطينية في اثناء عملية الحرق فعند درجة حرارة الفرن (350-450 °C) يبدا الجسم الطيني بفقدان الماء الكيميائي اذ يحتوي مركب الطين جزيئيتي من الماء فيفقدها نتيجة التبخر ويستمر الى ان يتكامل التبخر وبدرجة حرارة (550 °C) لا يحصل خلال هذه المرحلة أي تقلص في حجم الجسم الفخاري وانما يحصل تغيير كيميائي على الطين المحروق وبذلك يفقد قابليته في ان يكون لدنا عند خلطه بالماء أي ان التركيب المعدني لأطيان الكاؤولينات تحطم بنائه عند هذه الدرجة متحولا الى ميتا كأولين Mete Kaoline (Hamer . 1975 . p38).

وفي درجة (100-200 °C) تحترق المواد العضوية وتتطاير وفي حالة وجودها في الجسم الفخاري, ويعتمد ذلك على نوعية هذه المواد لان بعض انواع المواد العضوية لا تتطاير سهولة وخصوصاً المواد الكاربونية بطيئة التطاير فتبقى داخل الجسم الفخاري لذلك لابد من جعل الفرن مؤكسداً لكي يساعد على اكسدة جميع المواد الكاربونية الى ثنائي اوكسيد الكاربون وتطايره بالكامل قبل وصول الجسم مرحلة التزجيج الفخاري غير المحروق لان بلوغ هذه المرحلة سوف يمنع وصول الاوكسجين الى الكاربون الموجود داخل الجسم فيبقى الكاربون غير محروق حتى درجات الحرارة العالية فتؤدي الى حدوث تشققات تسمى بالبقع السوداء (Black Care) نتيجة لاختزال الكاربون المتبقي لاوكسيد الحديديك (Fe^{+3}) الموجود في تركيب الطينة الى اوكسيد الحديدوز (Fe^{+2}) وهذه الظاهرة تسبب تلوث الاواني الخزفية المنزلية ولكي يتم التخلص من المواد الكاربونية نطيل من الفترة الزمنية للحرق ما بين درجتين (200-700 °C) لكي تسمح بخروج الكاربون مع بقاء جو الفرن مؤكسداً (Green.1963.p66)

كما تتاكسد الكبريتات على شكل ثنائي اوكسيد الكبريت عند درجة حرق (400-500 °C) وفي درجة ما بين (570-870 °C) يتحول معدن بيتا كوارتز الى معدن بيتاتريديمايت, ويرافق هذا التحول تمدد في الجسم نتيجة لإعادة بلورة المعدن الجديد للكوارتز وفي هذه المرحلة يجب التقليل من سرعة الحرق كي لا يحصل حدوث تشقق في الجسم الفخاري نتيجة الاجهادات في درجة حرارة الحرق (600-900 °C), ويتحول الميتاكاؤولين الى اوكسيد السيلكون (SiO_2) الفعال واوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) الفعال وعند درجة (900 °C) لتبدأ مرحلة الطور الزجاجي حيث تتفاعل المواد المساعدة على الصهر مع المكونات الاخرى كأوكسيد الحديد والسيلكا الحرة ويتكون السائل الزجاجي الذي تزداد كميته مع ارتفاع درجة الحرق فينساب بين حبيبات الطين ليشدها ويركزها ويرافق هذه المرحلة تقلص في الجسم البخاري نتيجة لتكوين الطور الزجاجي وتقل المسامية وكذلك تتم اعادة التبلور وتكوين معدن المولايت (Mulite) $3Al_2O_3\ 2SiO_2$ نتيجة لتهشم التركيب البلوري الجزيئي للطين, اما السيلكا الفائضة فتتبلور مكونة معدن الكرستوبولايت في درجة حرارة (1200- 1100 °C). ان تكون الطور الزجاجي في الجسم الخزفي يكون بمقام المادة الاسمنتية التي تربط حبيبات الطين بعضها ببعض عند التبريد ان السماح للتزجيج بان يزداد اكثر من اللازم يؤدي الى ان يفقد الجسم شكله ويمكن توضيح هذه التغيرات التي تطرأ على معادن الكاؤولينات نتيجة تأثير عملية الحرق وفقاً للمعادن التالية :

$$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O \xrightarrow{550\,^{\circ}C} Al_2O_3.2SiO_2 \xrightarrow{870\,^{\circ}C} Al_2O_3+2SiO_2$$

$$\downarrow$$

$$3Al_2O_3.\ 2SiO_2+\ 4SiO_2 \xrightarrow{1470\,^{\circ}C} 3Al_2O_3.\ 2SiO_2+\ 4SiO_2$$

$$\downarrow {}^{\circ}C1590$$

$$3Al_2O_3.\ 2SiO_2$$

وهناك عوامل تؤثر في درجة النضج المنتوج منها نسبة المواد المساعدة على الصهر الداخلة في تكوين الجسم الطيني كمادة الفلسبار التي تخفض درجة نضج المنتوج كما لا يعتمد الجسم الخزفي على درجة الحرق فقط للوصول الى درجة نضج المنتوج, وانما على الفترة الزمنية للحرق أي ان الجسم الذي يحرق بسرعة في درجة حرارة عالية تكون معالجته الحرارية اقل من الجسم الذي يحرق ببطيء من درجة حرارة اقل (المشايخي. 1991 . ص51).

2-1-2-4 وحدة الصيغة (قاعدة سيكر) Segar Formula:تعرف قاعدة سيكر(Segar Formula) او الصيغة التجريبية بانها النسبة بين جزيئات ($RO.R_2O - R_2O_3 - RO_2$) ولتكوين وحدة صيغة للاكاسيد الداخلة في تركيب الزجاج تستخدم الاكاسيد بحسب تصنيفها القاعدي والمتعادل والحامضي وحسب مواصفات هذه الاكاسيد وحسب درجات الحرارة المطلوبة وفق مسبب تحددها قاعدة (سيكر) وذلك لأحداث توازن بين هذه المجاميع بشكل نظري على الرغم من ان التركيب قد يكون معقداً وهذا يساعد على المقارنة بين تركيب واخر لغرض معرفة التأثيرات الناتجة للاكاسيد من خلال المركبات المستخدمة واعادة تنظيمها اذا لزم الحال. تستخدم وحدة الصيغة لهذه المجاميع من خلال المجموع الجزئي لمجموعة واحدة من المجاميع وتحول الى وحدة واحدة وهذه المجموعة عادة ما تكون القاعدية وتسب اليها علاقة المجموعتين الاخريتين.اما المجاميع المكونة لوحدة الصيغة فهي:

المجموعة الاولى: الاكاسيد الاحادية الاوكسجين (RO) او الاكاسيد التي تحتوي على نصف ذرة اوكسجين R_2O ($RO_{0.5}$) وتضم القواعد والقلويات الصاهرة (Fluxes).

المجموعة الثانية: تضم الاكاسيد المتعادلة (.Amphotteric ox) R_2O_3 والتي تتصرف اما قاعدية او حامضية وتسمى احياناً الاكاسيد الوسطية (.Intermidate ox) واهم اكاسيد هذه المجموعة الالومينا (Al_2O_3) .

المجموعة الثالثة: مجموعة الاكاسيد الثنائية الاوكسجين (RO_2) او الاكاسيد الحامضية واهم اكاسيد هذه المجموعة السيلكا (SiO_2) المكون الرئيسي لشبك الزجاج . ان العلاقة بين المجموعتين R_2O . RO تحدد درجة الحرارة والعلاقة بين $RO_2 - R_2O_3$ تحدد نوعية العتمة وملمس السطح (Hamer. 1975. P336) . وبشكل عام فان مكافئات تحديد درجة الحرارة العتمة هي :

	RO_2	R_2O_3	$RO.R_2O$
واطيء الحرارة	2		1
عالي الحرارة	4		1
شفاف	10	1	
معتم	5	1	

جدول (2–1) يبين مكافئات تحديد درجة الحرارة والعتمة

ان تحديد كمية المكافئات الجزئية لمجموعة (RO) القاعدية وتتأثر بدرجات الحرارة اذ ان الاكاسيد القلوية تقل نسبتها بارتفاع درجات الحرارة اما الاكاسيد الترابية ترتفع نسبتها بارتفاع درجة الحرارة (الهنداوي. 1997. ص19)

2–1–3 **تصنيفات الزجاج:**للزجاج تصانيف عدة حسب وجود او فقدان المركبات الداخلة في تكوينه كزجاج الرصاص والزجاج القلوي او حسب نوعية الطين المطبق عليها كزجاج البردورسلين, كما يمكن ان يصنف حسب النتيجة النهائية على الجسم الخزفي, كالزجاج الخشن او الناعم او البلوري او المعتم او الشفاف (علام , 1967 . ص146).

أولاً: من حيث درجة النضج: يصنف حسب طريقة تحضيره الكيمياوية كالزجاج الصناعي (fritt) والتصنيف الاكثر استخداماً لدى الخزافين هو حسب درجة حرارة النضج والذي يقسم الى :

1. **الزجاج الواطئ الحرارة (Earthen ware):** وهو الزجاج الذي ينضج في درجة اقل من درجة (°C 1100) ويحتوي على كمية عالية من الصواهر (Fluxs) كالقلويات والرصاص, وهو الزجاج الذي يلائم الاجسام الخزفية الواطئة الحرارة (Earthen ware) والذي يحتوي على كمية قليلة من السليكا والالومين. (الطاهر . 2002 . ص14)

2. **الزجاج العالي الحرارة (stone ware) :** وهو الزجاج الذي تبلغ درجة نضجه (1200 °C -1300 °C) يخلو من الرصاص غالباً ويحتوي في تركيبه على كمية عالية من السيلكا والالومينا تستبدل به الاكاسيد القلوية بالقلويات التربوية كالكالسيوم والمغنسيوم والباريوم, وباختصار فان الزجاج العالي الحرارة زجاج ذو مواصفات جيدة من حيث الصلادة والمقاومة للظروف الطبيعية والكيميائية كونه ذا مقاومة عالية للحوامض وخالياً من السمية ويستعمل للأغراض الصناعية الفنية الخزفية (Worrall . 1964. P86) .

1. **زجاج البورسلين (porcelain):**جاءت تسمية الزجاج من الجسم المطابق حيث يصنع جسم البورسلين من خليط خاص من الاطيان وغالباً ما يحتوي على الكاؤولين او الطين الصيني او حجر الكورنولي مع

الفلدسبار والفلنت ويكون لون الجسم ابيض وذا صلابة وشفاف او شبه شفاف وذلك لان مرحلة التصلب والتزجيج تحصل بشكل كبير لجسم البورسلين (العبيدي . 1992 . ص46)

ثانياً: من حيث الخواص الضوئية : (زجاج شفاف Transparent , زجاج ذو شفافية جزئية semi transparent, زجاج مطفأ Matt Glaze , زجاج معتم opaque Glaze , زجاج براق Luster Glaze)

1. **من حيث اللون:-** زجاج شفاف ملون (Colored Trasparent Glaze) , زجاج معتم ملون (Clored Opaque or Matt Glaze) , زجاج مختزل (Reduced Glaze).
2. **من حيث المظهر:-** زجاج متبلور (Crystalline Glaze), زجاج خفي التبلور (Crptocrystalline Glaze) , زجاج ذو تبلور عارض (Aventurine Glaze), زجاج مجعد (Wavy Glaze), زجاج الفقاعات (Bubbles Glaze) .
3. **من حيث التركيب الكيميائي:-** زجاج البوراكس (Borax Glaze), زجاج الرصاص (Lead Glaze) , زجاج القلويات (Alkaline Glaze)

2-1-2 اوكسيد الحديد: توجد خامات الحديد الطبيعية على شكل صخور صلبة او تربة مرنة وقلما يكون الحديد منفصلاً او وحد بصور طبيعية,وتوجد خامات الحديد عادة متحدة مع مواد مختلفة مثل الاوكسجين والكاربون والكبريت والهيدروجين, ويتكون الحديد من خامات لها مواصفات خاصة ومن هذه الخامات (كويش . 1942. ص26) :

1. الهيماتايت: ويعرف بخام الحديد الاحمر ويتكون من اوكسيد الحديديك (Fe_2O_3)
2. الماكنتايت: وهو خام اسود اللون يتكون من اوكسيد الحديد والمغناطيسي (Fe_3O_4)
3. البايرايت: ويعرف بالحجر الناري ويتكون منكبريتيد الحديد وهو ذو لون اصفر ذهبي مائل للاسود (FeS_2)
4. الليمونايت: ويتكون من اكاسيد الحديد المائية ($Fe_2O_3.3H_2O$) وهو ذو لون بني غتمق مائل للاصفرار .

يوجد اوكسيد الحديد في الطين وهو في الحالة الصلبة, والطينة الطبيعية تحتوي على 6% من اوكسيد الحديد وهذه تعطي لوناً برتقالياً بعد الحرق بدرجة(900 °C) والحرق الى درجة (1100 °C) يعطي لوناً تقليدياً احمر يتغير الى جوزي وتتحمل بعض هذه الاطيان ومنها العراقية درجة حرق تصل الى(1200 °C) لتصبح صخور حمراء واوكسيد الحديد ممكن أن يضاف الى أي نوع من الاطيان ليعطي نتيجة مشابهة ولكي نحصل على الوان منتظمة يتم اكسدة الحديد والاطيان التي تحتوي على اوكسيد الحديد تختلف في اللون من الاصفر الى البرتقالي والجوزي والرصاصي الى الاسود وان هذه الالوان هي اوكسيد الحديد وبأشكال ومركبات مختلفة وادناه ثلاثة امثلة لتغير الالوان في الاطيان باستخدام اوكسيد الحديد . (Hamer.1975.p159)

1. بعض الاطيان تحتوي على حديد بشكل كاربونات والتي تعطي لوناً رصاصياً يميل الى الاحمر وبالحرق يحصل ما يأتي وفق المعادلة التالية :-

$$4FeCO_3+O_3 \xrightarrow[\text{°C 900}]{\text{°C 450}} 2Fe_2O_3+4CO_2$$

2. الهيدروكسين (الذي يحتوي الهيدروجين) من اوكسيد الحديد عادة يعطي الاحمر القاني عندما يسخن تحت (1000 °C) ومحتويات اوكسيد الحديد عادة تتأكسد تأكسداً تاماً ولذلك يعطي اوكسيد الحديد الاحمر (Fe_2O_3) عندما يستخلص المحتوى المائي, وفي بعض انواع الاطيان يخرج اوكسيد الحديد المهدرج على شكل احتياطي

في طبقة الجبس, مثل هذا اوكسيد الحديد يمتلك حماية اكثر من الحوادث الموضعية للانكماش لذلك يعطي انواع طينية انظف:-

$$2Fe_2O_3.\ 3H_2O \xrightarrow{500^\circ C} 2Fe_2O_3+3H_2O$$

واوكسيد حديد الهيدروكسيد يعطي لون اصفر في الطين الحاوي على كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$) وهذا يتجول الى البرتقالي الفاتح والاحمر في درجات الحرارة اعلى من 1500 °C والطين الحاوي على نسبة عالية من ($CaSo_4$) يبقى اصفر او يرجع اصفر بعد الحرق من (1050°-1150 °C) (كويش. 1994. ص27) .

3. الحديد الذي يحتوي على مواد عضوية عادة يتأثر بالأوكسجين وبعض الاوكسجين المطلوب في هذه العملية يؤخذ من الاوكسيد الذي يقع على شكل اوكسيد الحديدوز وهذا الطين يبدو اسود قبل التسخين ثم يتحول الى احمر وفق المعادلة التالية :-

$$4FeO+O_2 \xrightarrow{900^\circ C} 2Fe_2O_3$$

في هذا النوع من الاوكسيد يعطي لوناً احمر برتقالي واصفر في حالة الاكسدة وفي حالة الاختزال يعطي لوناً "رصاصياً" عندما يحرق في ضغط منخفض (Hamer.1975.p161) .

ان اكاسيد الحديد من اكثر اكاسيد التلوين شيوعاً " في الاستعمال العام للخزف لكثرة انتشارها واهم نوعين من انواع اوكسيد الحديد هما :

2-1-4-1 اوكسيد الحديد الاحمر (Fe_2O_3):ويسمى اوكسيد الحديديك والصيغة العامة المكونة له (Fe_2O_3), وان صيغة اوكسيد الحديد في كافة المركبات واحدة (الاملاح) مثال ذلك (كبريتات الحديد), وهذه الاخيرة تقسم الحالة وتمكنها لتنفصل بصورة غير منتظمة خلال الزجاج,او الطين الرائب (Slip) كالألوان في الزجاج بنسبة 2% تعطي لوناً اصفر, وفي 8% تعطي لوناً جوزياً, ان اوكسيد الحديد الاحمر يكون كصيغة ثابتة لاكاسيد الحديد, ويحصل وفق المعادلات التالية:

$$FeSO_4.\ 7H_2O \xrightarrow{400^\circ C} FeSO_4 + 7H_2O\uparrow$$

$$2FeSO_4 \xrightarrow{1200^\circ C} Fe_2O_3+SO_3+SO_2\uparrow$$

$$Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{1200^\circ C} Fe_2O_3+3SO_3\uparrow$$

$$2Fe(OH)_3 \xrightarrow{500^\circ C} Fe_2O_3+3H_2O\uparrow$$

2-1-4-2 اوكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4) (Ferro Ferric Oxide):ان الحديد المغناطيسي (Fe_2O_3) عبارة عن بلورات منفصلة تتكون من اوكسيد الحديد والذي يكون مختلف من اتحاد اوكسيدين مختلفين والبلورة تكون سوداء ومعدنية قوية وذات مقاومة لأي تأثير كيميائي ويكون عمله في الاجسام الفخارية والزجاجية معروفاً حتى يأخذ عدم الترابط موقعه وهذا يحدث في درجة حرارة اقل من (1100 °C) وبالترابط من انصهار مواد الخزف وفقاً للمعادلة التالية (كويش . 1949 . ص[29]):

$$\text{انصهار مواد الخزف } Fe_3O_4 \xrightarrow{1100^\circ C} \text{انصهار المواد الخزف } FeO+ Fe_2O_3$$

ان الفائدة من اوكسيد الحديد المغناطيسي هي قدرته على بقاء البلورة كبقعة على الجسم الخزفي, ولكنها لا تصبح مسحوق جيد مثل اوكسيد الحديد الاحمر لذلك لا تستطيع ان تنفصل بصورة غير منتظمة ان المسحوق الجيد الذي يظهر ككرافيت رصاصي ليعطي نقطة فعالة عكس نقطة اللون ومن الممكن ان يتحول

اوكسيد الحديد المغناطيسي الى صيغ اخرى عن طريق الاكسدة والاختزال وبالتحويل ينتج اللون البرتقالي عن طريق الحرق بالاكسدة والاختزال, وعن طريق الضغط وفقاً للمعادلات التالية (Hamer . 1975 . p165):

$$4Fe_3O_4+O_2 \xrightarrow{\text{الاكسدة}} 6Fe_2O_3$$

$$Fe_2O_4+CO \xrightarrow{\text{اختزال}} 3FeO+CO_2$$

ان التحويل في الخزف ممكن في درجة حرارة اعلى من (1100 °C) قبل الزجاج كمعدن يأخذ محلة, وربما يكون التحول ذا فائدة لإنتاج طينة ملونة ولا توجد فائدة لاستخدامه كاحتياطي لاوكسيد الحديد الاحمر والاسود واوكسيد الحديد المغناطيسي مجهز بشكل حديد خام, يضاف الى انه يظهر بصورة غير منتظمة بالاختزال الجزئي والذي يعطي الصيغة (Fe_3O_4) (علام. 1964 . ص14)

الفصل الثالث

3–1 **المنهج المستخدم:**لتحقيق هدف البحث استخدم الباحث المنهج التجريبي كونه أكثر أنواع البحث العلمي دقة ولكونه يقوم اساساً على اسلوب التجربة العلمية التي تكشف عن العلاقات السببية بين العوامل المتضمنة والمؤثرة فيها(الزوبعي والغنام,1981,ص87).

3–2 تهيئة المواد:

3–2–1 الطينة : تم اختيار عينة البحث من طينة الكاؤولين الملون باوكسيد الحديد الاحمر حيث تم الحصول على (25كغم) من هذه الطينة التي جلبت من منطقة دويخلة ومنخفض كعرة بواسطة المديرية العامة للمسح الجيولوجي والتعري المعدني .

3–2–2 مسحوق الفخار(Grog) : تم اخذ كمية (1كغم) طينة الكاؤولين الملون باوكسيد الحديد الاحمر وهي مطحونة ووضعت في اناء فخاري وادخلت الى الفرن وحرقت بدرجة حرارة (1200 °C) ولمدة اربع وعشرين ساعة بعدها ترك الفرن ليبرد حيث اخرجت الكمية وتم اضافتها الى الطينة حيث كانت الخلطة كالاتي:(20% كروك (GROG) + 80% طينة الكاؤولين الملون باوكسيد الحديد الاحمر)

3–2–3 تشكيل النماذج : بعد ان عجنت الطينة جيداً تم تسويتها على ارضية خشبية (Board) محددة باطارات خشبية ذات سمك (1.5 cm) وتركت مغطاة بطبقة قماش الى اليوم التالي. حيث قطعت الى بلاطات وبأبعاد8.5×4.5×1.5 cm.

3–2–4 تجفيف النماذج:تركت النماذج بعد تقطيعها الى اليوم التالي حيث وضعت بعضها فوق بعض, وتركت وهي مغطاة وبعيدة عن التيار الهوائي الى ان جفت بصورة تامة.

3–2–5 حرق النماذج:تم اختيار الخلطة السابقة بحرقها بفرن كهربائي بقياس(10×12.5×19 cm) بدرجة حرارة ما بين (1000 °C, 9050 °C) كلا على حدة وقد تم التأكد من انها صالحة للاستخدام دون مشاكل مثل الانصهار والاعوجاج.

3–3 الخواص الفيزيائية للنماذج الفخارية

3–3–1 الانكماش (التقلص الطولي):الذي يحصل من جراء عملية الجفاف والفخر وهو تناقص حجم الجسم الفخاري لسد المسامات التي تشغلها الماء والمواد العضوية بعد احراقها في درجات الحرارة العالية وقد قيست اطوال النماذج بالقدمة الفكية النماذج وهي رطبة بعد التشكيل ثم قيست بعد التجفيف والعلاقة الاتية تمثل حساب التقلص الطولي بعد الجفاف بالنسبة الى الحالة الرطبة

Percent linear of dry shrink age $\frac{P_{L-D_L}}{P_L}$ **×100**

حيث: P_L = الطول الطرفي , D_L= الطول الجاف

وبعد الفخر بدرجة 1000 م حيث خروج الماء الفيزياوي والكيمياوي وتكون الطور الزجاجي بعد التفاعل بين مكونات الطينة والمواد الصاهرة حسب العلاقة الاتية (Rhodes, 1975, p311).

Percent linear of dry shrink age $\frac{P_{L-D_L}}{P_L}$ **×100**

حيث : P_L= الطول الجاف , D_L= الطول بعد الحرق

3-3-2 الامتصاص: هو كمية الماء الذي يمتصه الجسم الفخاري والذي يشغل (المسامات) الناتجة من عملية الفخر, حيث/ يدخل الماء مكان المواد العضوية والماء والتبخر, وعند استمرار الحرق الى درجات الحرارة العالية وبتفاعل المواد الصاهرة (FLUXES) تقل عملية الامتصاص وبتغير كمية امتصاص الماء حسب نوع الطينة ودرجة الحرارة الفخر والمواد المضافة لها وحسب حجم الفراغ وكميتها وتوزيعها في الجسم الفخاري والمسامية هي من الخواص المهمة في الطينة بعد الفخر وبواسطتها يتم تطبيق الزجاج على الجسم الفخاري (Clews, 1977, p27) وقد حسبت نسبة الامتصاص للنماذج بعد تجفيفها في فرن حساس بعد التبريد ثم غطست النماذج ف الماء لمدة اربع وعشرين ساعة بعد اخراجها وهي مشبعة وازيل عنها الماء الزائد والعلاقة الاتية تبين نسبة الامتصاص وحسب المواصفة: (ASTM, C373-72, 1985)

Water absorption= $\frac{W_W - D_W}{D_W}$

حيث ان: W_W= وزن النموذج المحروق وهو جاف , D_W= وزن النموذج المشبع في الماء

3-3-3 المسامية الظاهرية:تؤثر درجة حرارة الحرق للاجسام الفخارية بشكل كبير على مساميتها حيث تقل نسبة امتصاص الماء وتزيد مقاومة التشققات والاجهادات الميكانيكية كقوة للتحمل والمقاومة ضد التغيرات الحرارية المفاجئة وتكون مادة متصلة عبر قنوات شعرية هذه المسامات تسمح بدخول الماء الى الجسم الفخاري بسهولة (BOCH, 1989, P37). حسب المسامية. حسب المواصفات التالية (ASTM, C373-72, 1985).

Apparent Parosity= $\frac{W_b\, W_a}{W_b\, W_c}$ **×100**

حيث ان: W_a= وزن النموذج المحروق الجاف , W_b= وزن النموذج المحروق مشبع

3-3-4 الكثافة الحجمية:تعتمد نسبة الكثافة الحجمية للأجسام الفخارية على درجة الحرارة الحرق وفترة الانضاج وكمية المواد الصاهرة في تكوين الخلطة وتحدد الكثافة الحجمية التحملات الميكانيكية والحرارية للأجسام الفخارية وبزيادتها تزيد المتانة والصلادة للجسم الفخاري ثم حساب الكثافة الحجمية وفق العلاقة الاتية وحسب المواصفة:- (ASTM, 1985, P75)

Bulk Density= $\frac{W_a}{W_b - W_c}$**×100**

حيث ان : W_a= وزن النموذج المحروق الجاف, W_b= وزن النموذج المحروق مشبع بالماء

W_c= وزن النموذج المحروق وهو مغمور بالماء

وقد تم اجراء هذه الفحوصات الثلاثة السابقة الذكر في جامعة بابل بكلية العلوم قسم الكيمياء.

3-4 **تحضير خلطات الزجاج :** تم وزن (100 غم) من زجاج الالكلاين الجاهز Frit وبد اضافة كمية قليلة من الماء بحيث اصبح الخليط على شكل سائل غليظ القوام تم وضعه بهاون خزفي وسحق جيداً "حيث تجانس

الخليط واصبح جاهز للاستعمال, كما حضرت كمية (100غم) من زجاج البوراكس بنفس الطريقة وتم حساب (100غم) زجاج الرصاص الشفاف قاعدة سيكر وكانت النتائج كالاتي: 1. اوكسيد الرصاص 75% 2. فلنت 15% 3. طين صيني 10% .

3-5 **تطبيق الزجاج:**تم تطبيق الزجاج على النماذج الفخارية بواسطة الرش باستعمال ضاغطة هواء (كمبريسر) والمسدس ولوجود مواد تتطاير في اثناء الحرق تم مضاعفة طبقة الزجاج عند الرش ليصبح سمك الطبقة حوالي 2 ملم وتركت حتى تجف بشكل جيد ثم ادخلت الى الفرن.

3-6 **الخواص الفيزياوية للزجاج:**يعطي الزجاج معامل انكسار موحد أي عند سقوط الضوء على السطح البيني للهواء- زجاج فأنه ينفذ من خلال الزجاج قبل ان ينعكس او يتشتت او يمتص اذ انه لا يحتوي على بلورات معلقة او تبلور او اطور غير متجانسة مع السائل الزجاجي(الهنداوي, 1997, ص28).

ومن اهم الخواص الفيزيائية للزجاج هي الانعكاس والانكسار والاستقطاب حيث يصطدم الضوء المار في الهواء بشكل مائل بسطح مادة صلبة غير معتمة فان جزء من الضوء ينعكس راجعاً "الى الهواء ويسمى الاشعة المنعكسة) وجزء منه ينفذ الى المادة الصلبة ويسمى (الاشعة المنكسرة) ان اتجاه الاشعة المنعكسة حدد بقانون الانعكاس اذ ان زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط وهنا يكون الانكسار والسقوط في مستوى واحد ويمكن المسار الضوئي في حالة انحناء او انكسار عن مسار سقوط الاشعة (الطاهر. 2002. ص62).

اما الاستقطاب حسب نظرية الكهرومغناطيسية ان الضوء عن حركة موجية مستعرضة تنتشر نتيجة تغيرات دورية لمجالين احدهما كهربائي والثاني مغناطيسي يتذبذب كل منها باتجاه عامودي على الاخر وعلى اتجاه انتشار الموجة المتجه الكهربائي يبلغ اكبر قيمة له في نفس الوقت الذي يبلغ فيه المتجه المغناطيسي اكبر قيمة له ايضاً "فاذا كان اتجاه المجال الكهربائي او تذبذبه مقتصراً" على اتجاه واحد او مستوى واحد قيل عن الضوء انه مستقطب خطياً" او استوائياً" اذ ان الاستقطاب هو عميلة يتحدد فيها الشكل الذي يتذبذب فيه المتجه واذا تحدد اتجاه المجال الكهربائي فقد تعدد في نفس الوقت اتجاه تذبذب المجال المغناطيسي (الكرادي. 2006. ص24)

3-7 **برنامج حرق النماذج:**تم وضع البرنامج الذي اعتمد اسلوب الحرق السريع (FAST FIRING) الذي يبدأ بتسخين الفرن الى 200C° مدة ساعتين وبعدها يتم رفع درجة الحرارة بأقصى طاقة للفرن وكما يأتي في الجدول(3-1):-

جدول (3-1) جدول الحرق

درجة الحرارة	عدد الساعات
200 C°	2
950 C°	5.5
1000 C°	6

3-8 **الفحوصات التي اجريت على الزجاج:**تم فحص مقاومة الزجاج للمواد الكيمياوية حيث يعد من الفحوصات المهمة لمعرفة مقاومة الزجاج تجاه المواد الكيمياوية منها الحوامض والقواعد وحسب المواصفة (B.S.Part19: 1984):-

1. حامض الهيدروكلوريك بتركيز 3% HCL
2. هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز 3% KOH

بعد ان عزلت نصف النماذج بشمع البرافين الى نصف لمدة (7 ايام) مع مراعاة تحريك السائل لضمان ثبات التركيز ولمعرفة درجة التأثير اعتمد المقياس الاتي:

التأثير	القيمة
لم يتأثر	0
تأثير ضعيف على اجزاء ضعيف من السطح	1
تأثير ضعيف على كل اجزاء السطح	2
تأثير واضح على كل اجزاء السطح	3
تأثير واضح على كل السطح	4
تأكل اجزاء من السطح	5
تأكل في كل اجزاء السطح	6
تأكل شديد	7
تأكل الى حد ظهور بقع من جسم الفخار	8
تاكل الى حد ظهور مساحات من الجسم الفخاري	9

الجدول (3–2) يبين مقياس تأكل الزجاج بواسطة المواد الكيمياوية . (Taylar, 1986, p181)

3–9 تقييم نتائج الزجاج

- قيمة الشفافية حسب المقياس الاتي: (شفاف, نصف شفاف, معتم)
- قيمت الانصهارية حسب المقياس الاتي:(بداية الانصهار, انصهار قليل,انصهار,انصهار كامل, انصهار شديد , انصهار شديد جداً)

1. **قيم اللون**:قيمت الدرجات اللونية بواسطة تحليل اللون بواسطة الكمبيوتر وباستخدام برنامج المايكروسوفت اكسل وبرنامج الفوتوشوب حيث اخذت ثمان نقاط من كل نموذج وحللت قيم الالوان الاساسية فيها وهي اللون الاحمر والاصفر والازرق وذلك لإعطاء اللون قيمة حيث يقدم لنا هذا الفحص بيانات واضحة عن قيمة اللون ودرجته وتركيبه ليصبح كل لون عبارة عن مجموعة من قيم الالوان الاساسية الذي يحتويها وذلك لعدم الوقوع في اشكالات تسمية الالوان وتم تطبيق الخطوات التالية في التحليل
1. تجمع القراءات لثمان نقاط للنموذج الواحد
2. تجمع النتائج للألوان الثلاثة (الاحمر, الاصفر, الازرق) فنحصل على المجموع (X)
3. $\frac{\text{الجزء}}{X}\times 100$ = معدل اللون المشتق من تحليل ثمان نقاط مختلفة من سطح النموذج

الفصل الرابع

4–1 نتائج التحليل الكيميائي:هناك العديد من الدراسات التي تناولت الكاؤولين الابيض بالدراسة والتحليل واجراء الفحوصات وقد اتفقت اغلب الدراسات على مكونات هذه الأنواع من الاطيان والخواص العامة لها. اما الاختلاف بين الطينة المستخدمة في هذا البحث وانواع الكاؤولين الاخرى هو في احتوائها على نسبة عالية من اوكسيد الحديد (Fe_2O_3) ادت الى اعطائها هذا اللون(الاحمر) لذلك تم اجراء التحليل الكيميائي لأوكسيد الحديد (Fe_2O_3) في عينة البحث لمعرفة نسبة هذا الاوكسيد المئوية ومقارنتها مع الاطيان الحمراء الواطئة الحرارة . اظهرت نتائج التحليل الكيميائي ان نسبة اوكسيد الحديد 10% .

4–2 نتائج فحص الحامض:تم حرق النماذج بدرجة حرارة (1000 °C) لأنها الدرجة المثلى لنضج الزجاج

رقم النموذج	نوع الزجاج	درجة تأثير الحامض
7	خلطة الرصاص	9
8	خلطة البوراكس	6
9	خلطة الالكلاين	5

جدول (4–1) : يبين نتائج فحص الحامض

4–3 نتائج الخواص الفيزيائية :

4–3–1 التقلص الطولي للجسم الفخاري

النموذج	التقلص الطولي بعد الجفاف	التقلص الطولي بعد الحرق	النسبة المئوية للتقلص
	%5.6	%2.1	%7.7

جدول (4–2) : يبين نسبة التقلص بعد الجفاف والحرق

فحوصات الامتصاص والمسامية

نوع الجسم	امتصاص الماء	المسامية
الجسم الطيني	%15.9	%20.8
الجسم الفخاري	%19.4	%50.6

جدول (4–3) :يبين نتائج الفحوصات الفيزياوية للجسم الطيني والفخاري

4–4 نتائج القانون النسبي (وحدة الصيغة)

خلطة الرصاص

1-2

$RO.R_2O$ R_2O_3 RO_2 1-10

Pbo	Al_2O_3	SiO2	F.	N.	M.P	M.W	P.b_8W	%
1	-	1	$pbO.SiO_2$	Lead meno silicate	1	283	1×283=283	76.36
-	0.2	0.4	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	Kaolin	0.2	258	0.2×258=51.8	3.923
-		0.6	SiO_2	Flint	0.6	60	0.6×60=35	9.73
1	0.2	2	مخطط وحدة الصيغة لخلطة الرصاص				370.6	99.9

جدول (٤–٤)

مخطط وحدة الصيغة لخلط الزجاج

$RO._{R2O}$	R_2O_3	RO_2
pbO 1	Al_2O 0.2	SiO_2 2

جدول (٤–٥)

نتائج القانون النسبي لخلطة الرصاص

خلطة البوراكس

$RO.R_2O$ R_2O_3 RO_2 1-2

1-10

Na_2O	B_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	F.	N.	M.P	M.W	P.b_8W	%
0.025	0.05	-	-	$Na2O3.2B_2O_310H_2O$	BOROXS	0.025	281.5	7.0	2.8
0.975	-	-	-	$Na_2O.CO_3$---- Na_2O+CO	SODIOM CARBONIT	0.975	106	103.3	41.1
-	-	0.15	0.3	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	Ball Clay	0.15	258	38.7	15.4
-	-	-	1.7	SiO_2	Flint	1.7	102	102	40.6
1	0.05	0.05	2	مخطط وحدة الصيغة لخلطة البوراكس				251.05	99.9

جدول (٤–٦)

مخطط وحدة الصيغة لخلط البوراكس

$RO.R_2O$	R_2O_3	RO_2
Na_2O 0.1	B_2O_3 0.2	SiO_2 2
Na_2CO_3 0.9		

جدول (٤–٧)

نتائج القانون النسبي لخلطة البوراكس

خلطة الالكلاين

$RO.R_2O$ R_2O_3 RO_2 1-2

1-10

Na2O3	Al2O3	SiO2	F.	N.	M.P	M.W	P.b8W.	%
١	-	-	$Na_2O.CO_3$	SODIOM CARBONIT	1	106	106	41.7
-	0.2	0.4	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	Kaolin	0.2	258	51.8	20
-		1.6	SiO2	Flint	1.6	60	٩٦	37.8
1	0.2	2	مخطط وحدة الصيغة لخلطة الالكلاين				253.8	99.5

جدول (٤–٨)

مخطط وحدة الصيغة لخلطة الالكلاين

$RO.R_2O$	R_2O_3	RO_2
Na_2O	Al_2O 0.2	SiO_2 2

جدول (٤–٩)

نتائج القانون النسبي لخلطة الالكلاين

4-5 نتائج الشفافية والعتمة:لغرض التعرف على نتائج الشفافية والعتمة لنماذج الزجاج المحروقة بالدرجتين الحراريتين (950 °C-1000°C) تم التقييم بثلاث درجات وكما موضح ادناه:

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
1	*		
2			*
3			*

جدول (4-10) : قيمة الشفافية للنماذج المحروقة بدرجة(950 °C)

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
4	*		
5		*	
6		*	

جدول (4-11) : قيمة الشفافية للنماذج المحروقة بدرجة (1000 °C)

4-6 نتائج الملمس:لمعرفة قيم خشونة الملمس تم تقييم الملمس وحددت ثلاث قيم لنتائج الزجاج المعروف بالدرجتين الحراريتين (950 °C-1000 °C)

رقم النموذج	خشن	متوسط	ناعم
1			*
2	*		
3	*		

جدول (4-12) : قيم الملمس للنماذج المحروقة بدرجة حرارة (950 °C)

رقم النموذج	خشن	متوسط	ناعم
4			*
5			*
6			*

جدول (4-13) : قيم الملمس للنماذج المحروقة بدرجة حرارة (1000 °C)

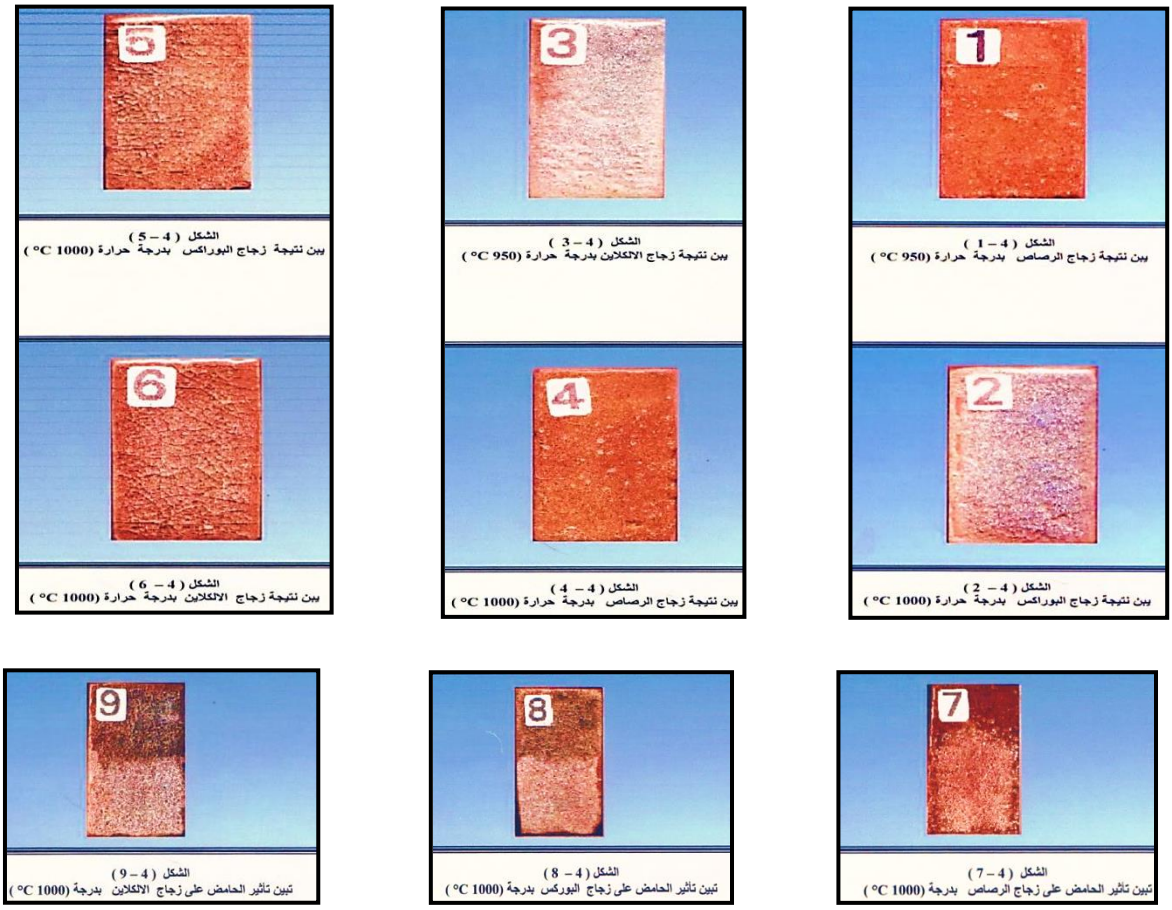
4-7 نتائج الانصهارية

رقم النموذج	1	2	3
درجة الحرارة			
950 °C	6	3	3

جدول (4-14) : نتائج قيم الانصهارية بدرجة حرارة (950 °C)

رقم النموذج	4	5	6
درجة الحرارة			
1000 °C	6	5	5

جدول (4–15): نتائج قيم الانصهارية بدرجة حرارة (1000 °C)



الشكل (4 – 1)
يبين نتيجة زجاج الرصاص بدرجة حرارة (950 °C)

الشكل (4 – 2)
يبين نتيجة زجاج البوراكس بدرجة حرارة (1000 °C)

الشكل (4 – 3)
يبين نتيجة زجاج الالكلاين بدرجة حرارة (950 °C)

الشكل (4 – 4)
يبين نتيجة زجاج الرصاص بدرجة حرارة (1000 °C)

الشكل (4 – 5)
يبين نتيجة زجاج البوراكس بدرجة حرارة (1000 °C)

الشكل (4 – 6)
يبين نتيجة زجاج الالكلاين بدرجة حرارة (1000 °C)

الشكل (4 – 7)
تبين تأثير الحامض على زجاج الرصاص بدرجة (1000 °C)

الشكل (4 – 8)
تبين تأثير الحامض على زجاج البوركس بدرجة (1000 °C)

الشكل (4 – 9)
تبين تأثير الحامض على زجاج الالكلاين بدرجة (1000 °C)

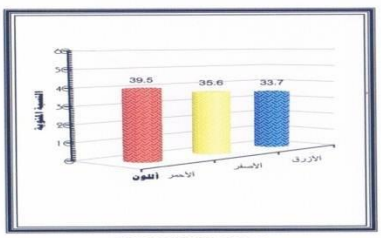
4–8 نتائج التحليل اللوني بدرجة (950-1000 °C)

الجدول (4 – 16)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (1) بدرجة (950 ° C)

عدد النقاط	احمر	اصفر	ازرق
1	178	90	50
2	150	56	20
3	135	55	22
4	125	60	23
5	148	71	52
6	147	66	23
7	141	54	11
8	167	83	55
total	1191	535	256

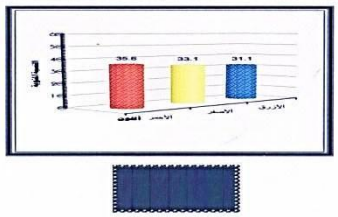
الجدول (4 – 17)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (2) بدرجة (950 ° C)

عدد النقاط	احمر	اصفر	ازرق
1	137	122	115
2	77	68	71
3	81	75	77
4	92	86	86
5	131	127	118
6	73	71	58
7	131	127	126
8	160	119	101
total	882	795	752



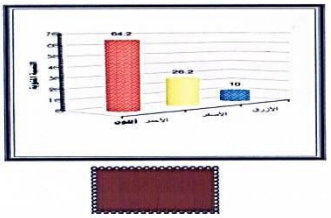
الجدول (4 – 18)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (3) بدرجة (950°C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	124	123	121
2	151	141	129
3	142	113	109
4	177	174	169
5	123	122	118
6	152	146	134
7	170	146	122
8	166	155	151
total	1205	1120	1053



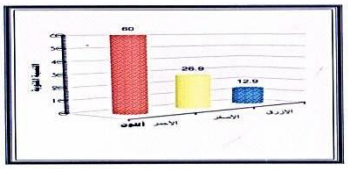
الجدول (4 – 19)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (4) بدرجة (1000°C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	156	64	23
2	172	84	48
3	161	74	44
4	144	64	29
5	118	40	4
6	150	62	26
7	142	49	8
8	130	42	2
total	1173	479	184



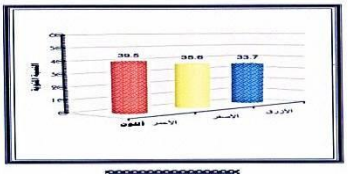
الجدول (4 – 16)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (1) بدرجة (950 ° C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	178	90	50
2	150	56	20
3	135	55	22
4	125	60	23
5	148	71	52
6	147	66	23
7	141	54	11
8	167	83	55
total	1191	535	256



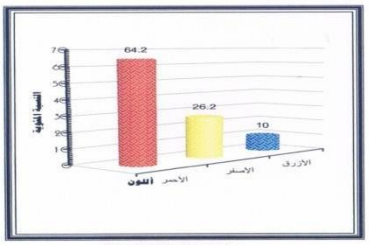
الجدول (4 – 17)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (2) بدرجة (950 ° C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	137	122	115
2	77	68	71
3	81	75	77
4	92	86	86
5	131	127	118
6	73	71	58
7	131	127	126
8	160	119	101
total	882	795	752



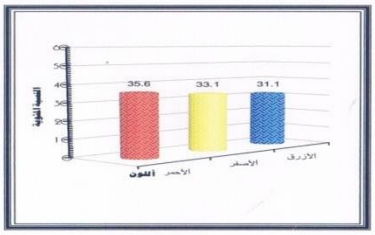
الجدول (4 – 19)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (4) بدرجة (1000°C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	156	64	23
2	172	84	48
3	161	74	44
4	144	64	29
5	118	40	4
6	150	62	26
7	142	49	8
8	130	42	2
total	1173	479	184



الجدول (4 – 18)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (3) بدرجة (950°C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	124	123	121
2	151	141	129
3	142	113	109
4	177	174	169
5	123	122	118
6	152	146	134
7	170	146	122
8	166	155	151
total	1205	1120	1053

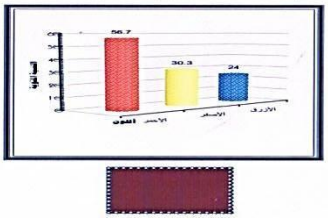


الجدول (4 – 21)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (6) بدرجة (1000°C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	116	39	21
2	128	65	50
3	88	29	15
4	144	91	75
5	145	86	72
6	126	79	63
7	120	39	22
8	108	52	39
total	975	480	357

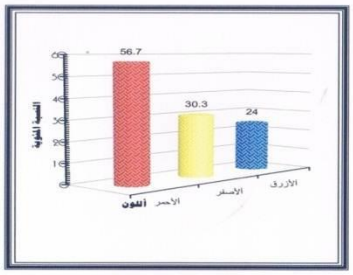
الجدول (4 – 20)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (5) بدرجة (1000°C)

عدد النقاط	أحمر	اصفر	ازرق
1	133	75	55
2	114	62	49
3	122	45	27
4	126	65	47
5	117	66	63
6	160	110	103
7	112	53	37
8	129	66	48
total	1013	542	429



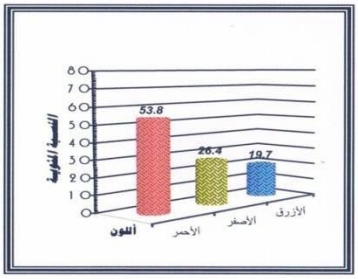
الجدول (4 – 20)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (5) بدرجة (1000°C)

عدد النقاط	احمر	اصفر	أزرق
1	133	75	55
2	114	62	49
3	122	45	27
4	126	65	47
5	117	66	63
6	160	110	103
7	112	53	37
8	129	66	48
total	1013	542	429



الجدول (4 – 21)
يبين نتائج التحليل اللوني للنموذج رقم (6) بدرجة (1000°C)

عدد النقاط	احمر	اصفر	أزرق
1	116	39	21
2	128	65	50
3	88	29	15
4	144	91	75
5	145	86	72
6	126	79	63
7	120	39	22
8	108	52	39
total	975	480	357



4–9 مناقشة نتائج الخواص الفيزيائية

4–9–1 مناقشة نتائج التقلص الطولي

نلاحظ من خلال نتائج التقلص الطولي للطينة بعد الجفاف ان نسبة التقلص كانت (5.6%) وذلك بسبب الماء الفيزيائي (ماء التشكيل) وتعتبر هذه النسبة ملائمة لعمل الخزاف وتعتبر نسبة التقلص بعد الجفاف للنماذج خطرة اذا تجاوزت 7% .

اما تقلص الجسم بعد عملية الحرق فكان 2.1% اذ تعتبر هذه النسبة ضمن مدى عمل الخزاف كما ان اضافة مسحوق الفخار (GROOG) ساعد على تقليص نسبة التقلص الطولي وجاءت نسبة التقلص الطولي الكلية 7.7% وهو تقلص ملائم لعمل الخزاف ويعتبر التقلص الطولي خطراً اذ تجاوز 12% .

4–9–2 مناقشة نتائج فحص الامتصاص والمسامية

هنالك علاقة بين الامتصاص والمسامية وهي علاقة طردية اذ كلما ازدادت المسامية زداد امتصاص الجسم للسوائل والمسامية ناتجة عن الفراغات التي كان يشغلها الماء الكيميائي والشوائب العضوية داخل الجسم الطيني وبعد الحرق سوف يتبخر الماء وتحترق الشوائب مغلفا المسامات . والتي بدورها تساعد على امتصاص الماء كما ان هذه المسامات مهمة جداً في عملية تطبيق السائل الزجاجي. اذ تعمل على تكوين طبقة من الزجاج تسمى طبقة (جسم–زجاج) وهي التي تعمل التصاق الزجاج بالجسم الفخاري.

4–10 مناقشة نتائج القانون النسبي (وحدة الصيغة): لقد تم تحضير خلطات الزجاج حسب قاعدة سيكر وفق العلاقة بين المادة القاعدية (الصواهر) والمادة الحامضية (SiO_2) لتحديد درجة الحرارة والعلاقة بين المادة الحامضية (SiO_2) والمادة المتعادلة (Al_2O_3) لتحديد العتمة وتم صياغة خلطات الزجاج حسب بيانات ثابتة وهي شفاف واطئ الحرارة لمعرفة مدى تأثير درجات الحرارة ونوع الجسم وطبيعة المواد المستخدمة في كل خلطة في نتائج الانصهارية .

4–11 مناقشة نتائج الشفافية والعتمة: ان سبب العتمة او عدم النضج هو القواعد الترابية والالومينا ودرجات الحرارة الغير ملائمة لذلك نلاحظ ان النماذج (1) و(4) كانت ذات شفافية بسبب عدم احتوائها على

القواعد الترابية والصاهر المستخدم هو اوكسيد الرصاص (pbo) لذلك كانت النتائج ذات شفافية بسبب الانصهار الكامل اما النموذج (2) و(3) فكانت النتائج معتم بسبب عدم النضج لعدم ملائمة درجة الحرارة كذلك لاحتوائها على الصواهر ذات درجات حرارة اعلى من اوكسيد الرصاص وهي اوكسيد الصوديوم (Na_2O) ونلاحظ انه بارتفاع درجة الحرارة الى (1000 °C) في النماذج (5) و(6) حدوث انصهار وذوبان اكثر مما ساعد على تحول قيمة الشفافية من المعتم الى النصف الشفاف .

4-12 مناقشة نتائج التحليل الكيميائي: لقد اظهر التحليل الكيميائي لطينة الكاؤولين الاحمر ارتفاع نسبة اوكسيد الحديد اذا بلغت (10%) وتعتبر هذه النسبة عالية جداً مقارنة مع بقية الاطيان الحمراء والتي لا تتجاوز فيها نسبة اوكسيد الحديد (7.5%) (الكرادي. 2006, ص37). لذلك نجد ان الجسم الفخاري قد اكتسب متانة بدرجة حرارة (1000 °C) على عكس انواع الكاؤولين الاخرى وذلك بسبب السلوك القاعدي لاوكسيد الحديد ضمن مكونات طينة الكاؤولين الاحمر. اما تأثير الاوكسيد (Fe_2O_3) على النتائج اللونية فكان واضح جداً في نماذج زجاج الرصاص بسبب التأثير اللوني لاوكسيد الحديد حيث يعطي هذا الاوكسيد تأثيرات من الاطياف اللونية فكانت ذات الوان عسلية غامقة .

4-13 مناقشة نتائج تأثير الحامض: لوحظ من خلال فحص تأثر حامض الهيدروكلوريك (HCl) ذات تركيز 3% ان تأثيره كان شديداً على نموذج (7) زجاج الرصاص الى حد التأكل سطح الزجاج وظهور الجسم الفخاري وذلك بسبب انخفاض نسبة السيلكا (SiO_2) اذ بلغت (25%) مع ارتفاع نسبة القواعد اما نماذج زجاج البوراكس والالكلاين(8-9) فكان اقل تأثير بسبب ارتفاع نسبة السيلكا اذ تراوحت بين (37-40%) ويرافق هذا الارتفاع انخفاض نسبة القواعد مما ادى الى مقاومة الزجاج للمادة الحامضية (HCl).

4-14 مناقشة تأثير القاعدة:من خلال نتائج التأثير بالحامض نلاحظ تأكل طبقات الزجاج ومن ذلك نستنتج ان الزجاج كان قاعدياً .

4-15 **مناقشة نتائج الملمس:**اظهرت نتائج الملمس ان النماذج (2) (3) خشن وذلك بسبب عدم النضج لاحتوائها على اوكسيد الصوديوم الذي لا يعمل بدرجات الحرارة الواطئة جداً ونلاحظ النماذج (5) (6) بارتفاع درجات الحرارة الى (1000 °C)

قد تحولت من خشن الى ناعم بسبب انصهار مكونات خلطة الزجاج اما النماذج (1)(4) فكانت ذات ملمس ناعم بدرجة حرارة (950 °C-1000 °C) لكون الاوكسيد الرصاص يعمل بدرجة حرارة الواطئة جداً . ومن ذلك نستنتج لدرجة الحرارة الاثر الكبير في نتائج الملمس .

4-16 مناقشة نتائج الانصهارية: ان الاختلاف في نتائج الانصهارية للنماذج يأتي من خلال اختلاف المكونات لكل خلطة من خلطات الزجاج ودرجة الحرارة الملائمة لكل منها ومن ذلك نرى ان النماذج بدرجة حرارة (950 °C) كانت ذات نتائج مختلفة اذ ان النموذج رقم (1) كان ذو انصهار شديد جداً وذلك بسبب ملائمة الزجاج (اوكسيد الرصاص) لدرجة الحرارة وهي (950 °C) اما النماذج (2)(3) فكانت ذات انصهارية قليلة واعطيت القيمة (3) (ذوبان) لكون المواد المستخدمة هي مواد ذات درجة حرارة عالية اعلى من (950 °C) وبارتفاع درجات الحرارة الى (1000 °C) نلاحظ ان النموذج رقم (4) (زجاج اوكسيد الرصاص) يعمل بدرجة حرارة تتراوح ما بين (900 °C-1050 °C) اما النماذج (5)(6) فان ارتفاع درجات الحرارة ادى الى انصهار اكثر في مكونات الخلطة مما اعطاها القيمة رقم (5).

4-17 مناقشة نتائج التحليل اللوني

من خلال التحليل الكيميائي لطينة الكاؤولين الاحمر وجدنا ان نسبة اوكسيد الحديد 10% وهذه النسبة ادت الى انتاج جسم فخاري ذو لون (احمر زنجاري) مما اثر على النتائج اللونية للزجاج بشكل كبير ونلاحظ ذلك التأثير بشكل واضح في النماذج (1)(4) بسبب انصهار خلطة الزجاج بشكل كامل وتحوله الى زجاج شفاف مما ادى الى ظهور لون عسلي غامق. اما النماذج (5)(6) فكان التأثير اقل بسبب عدم الانصهار لخلطة زجاج الالكلاين والبوراكس بدرجة حرارة (1000 °C) مما ادى الى ظهور العتمة في الزجاج وكان اللون عسلي فاتح .

اما النماذج (2)(3) بدرجة (950 °C) فكانت ذات عتمة عالية بسبب عدم انصهار مكونات الخلطة مما ادى الى ظهور اطياف من عدة الوان .

الفصل الخامس

5-1 الاستنتاجات

1. تعتبر درجة الحرارة 1000 °C هي الدرجة المثلى لانتاج جسم خزفي من طينة الكاؤولين الاحمر
2. ملائمة انواع الزجاج الواطئ الحرارة لتطبيقها على السطح الفخاري.
3. ظهرت النتائج ان نسبة اوكسيد الحديد (Fe_2O_3) قد وصلت الى 10% وهو ما ساعده على تماسك الجسم بدرجات الحرارة الواطئة .
4. ظهر التأثير اللوني لأوكسيد الحديد(Fe_2O_3) على طبقة الزجاج واضحاً جداً في زجاج الرصاص بسبب الشفافية العالية له .

5-2 التوصيات

1. يوصى الباحث بحرق العينة بدرجة حرارة اعلى من 1000 °C .
2. يوصي الباحث باستخدام خلطات زجاج متوسط وعالي الحرارة .

5-3 المقترحات

1. استخدام طينة الكاؤولين الاحمر لانتاج زجاج عالي الحرارة .
2. استخدام الكاؤولين الاحمر لانتاج خزف ذات التأثيرات الخاصة (زجاج الملح).

المصادر

1. المصادر العربية

- الدباغ, تقي, الفخار القديم, مجلة سومر, المجلة العشرون, ج1, مديرية الاثار العامة, بغداد, 1964.
- الزمزمي, معتصم عبد الله والشيباني, مفتاح علي, تكنولوجيا السيراميك (المواد الخام), مكتبة طرابلس العلمية العالمية, ليبيا, 1988.
- الزوبعي, عبد الجليل ابراهيم والغنام, محمد احمد, مناهج البحث في التربية, ج1, مكتبة طرابلس العلمية العالمية.
- الطاهر, حيدر رؤوف, انتاج زجاج الرماد وتطبيقاته على الاطيان العراقية, رسالة ماجستير غير منشورة, جامعة بابل, 2002.

- العبيدي, خالد عبد القادر, امكانية تكوين جسم بورسلين من مواد محلية لغرض الانتاجين الفني والصناعي, رسالة ماجستير غير منشورة, جامعة بغداد, 1992م.
- الكرادي, سامر احمد حمزة, انتاج زجاج الرماد واطئ الحرارة وتطبيقاته على الاطيان الحمراء, رسالة ماجستير غير منشورة, بابل, 2006م.
- المشايخي, حافظ جواد كاظم, استخدام الخامات العراقية لانتاج خزف عالي الحرارة, رسالة غير منشورة, جامعة بغداد, 1991.
- الهنداوي, احمد هاشم, امكانية استخدام خامات محلية لانتاج زجاج خزف معتم, اطروحة دكتوراه غير منشورة, جامعة بغداد, 1997.
- باقر طه, مقدمة في تاريخ الحضارات القديمة, ج1, دار الشؤون الثقافية العامة, بغداد, 1986.
- جميل, عادل كمال, كيمياء المعادن والخامات, وزارة التعليم العالي والبحث العلمي, بغداد, 1980.
- ديكرسون, جون, صناعة الخزف, تر, هاشم هنداوي, ط1, وزارة الثقافة والاعلام, دار الشؤون الثقافية العالية, بغداد, 1986.
- علام, محمد علام, علم الخزف, ج1, مؤسسة سجل العرب, 1967.
- كويش, عباس عبد الحسين, التأثيرات اللونية لاوكسيد الحديد المضاف في الجسم الخزفي, رسالة ماجستير غير منشورة, جامعة بغداد, 1994.
- هرمز, مازن يوسف وجميل عادل كامل, علم الصخور, وزارة التعليم العالي والبحث العلمي, الجمهورية العراقية, 1981.

2. المصادر الاجنبية

- Cooper, E, and Derck, R Glaze for the Studio Potter's .B.T bastford, lted, London, 1978.
- Green, d, (pottry materials and techniques), Faber and Faber, London, 1967.
- Hamer, frank, The Potter's Dicitonary of Materials and Teachniques
- Harden , D.B, Glass and Glazes : History of Teachnology, Voll, II, London, 1956.
- Hofsted, Jolyon(Potty), London, 1976.
- Norto,F.H, control of crystalline Glaze.J,Amer.Ceramic50c, No.20, 1973.
- Rayan, W , Properties of ceramic Raw Materialr, Second edilion, Program Program Press, London, 1978.
- Rhodes, Deniel, Clay, and Glaze for the Potter, Pitman Pub. Greet Britain, London, 1975.
- Taylor, J.R, A.C.Bull, Ceramic Glaze Technology, Pergamon Press, Greet Britain, London, 1986.
- Worrall, W.E, Institute of Ceramic Text book Series, Part I, Raw Materials, Maclaren and Sons Ltd, London, 1964.
- Clews, F.H. Heary, The Ptter's Comlete Boo; of Clay and Glaze, Gaptill Pub, New York, 1977.
- Astm, C373-72, Standard Test Method For Water Absorption, Bulk density, Apparent Porosity, and Apparent Specific, and Apparent Specific Gravity of fired White mave Products , Section 15, Vol. 1502, 1985.

- Boch, J.e. Clandeus, Porosity Effects of Mechanical Properties of Ceramic: International Ceramic Reviw No.3, June, 1989.
- B.S, 6431, Part 19, Ceramic Foor and Wall Tiles, Method for Determination of Chemical Resistance, Glazed Tiles, 1984.