Preparation of Refractory from local materials

F. A. Rasin , * K. H. Harby , *Moauyad H. S. ,Salam W. S.
College Of Science, University of Babel

*** Department of physics ,College of Education, Ibn AL-Haitham ,University of Baghdad**
Technical Education Department, University of Technology

Abstract

Ceramic body as a refractory was prepared by using shamoot, which is prepared by firing kaolin Duekhla at 1450 ºC at 2hr ,Flint clay ,Asbestos fiber(Anthophylite type)and Sodium silicts,Phosphoric acid solution as a binder .

After miling, siving ,and mixing ,samples were formed, followed that drying, firing at different temperature.

Phyical ,thermal and mechanical properties were measured .The conclusion behind the results that the refractory prepared from; 37.5% shamoote,25% Asbestos ,37.5% Flint clay and Phosforic acid solution fired at 1300 ºC gave a refractory material having melting temperature ;1490 ºC, thermal shock resistance 7 cycle, thermal conductivity 2.1w/m^2.K, apperant porosity 22.69% ,apperant density 2.87gm/Cm^3 ,Linear shrinkage 3.5%, compressive strength 30.43 MPa and Impact strength 81.3J/Cm^2 .

تحضير مواد حرارية من مواد محلية

فاضل عبد رسن ، خالد هلال حربي*، مؤيد حنون سلمان*، سلام والي شنين
قسم الفيزياء، جامعة بابل،كلية العلوم
*قسم الفيزياء، كلية التربية ابن الهيثم، جامعة بغداد
قسم التعليم التكنولوجي، الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

تم تحضير جسم حراري سيراميكي باستعمال الشاموت الذي يحضر من كاؤولين دويخلة العراقي(بعد المعاملة الحرارية له بدرجة 1450°C للحصول على مادة الكروك) وطين الفلنت والياف الاسبستوس الحرارية من نوع الانثوفايلايت (Anthophylite) ومادة رابطة حرارية ،سليكات الصوديوم ومحلول حامض الفسفوريك .

اجريت عمليات الغسل والطحن والغربلة والخلط للمواد الأولية وبعدها شكلت النماذج ومن ثم التجفيف والمعاملة الحرارية(الحرق).قيست الخواص الفيزيائية (التقلص الطولي والكثافة الظاهرية والمسامية والامتصاصية والتوصيلية الكهربائية) والخواص الميكانيكية(قوة الانضغاط ومقاومة الصدمة الميكانيكية) والخواص الحرارية (التوصيلية الحرارية ونقطة التلين ومقاومة الصدمة الحرارية) للنماذج المشكلة والمعاملة حرارياً بدرجات حرارة مختلفة.توصل البحث الى تحضير مادة حرارية من خلطة يكون فيها ؛الشاموت المحضر من الكاؤولين العراقي-بنسبة 37.5% ، والاسبستوس نوع الانثوفايلايت 25% ، وطين الفلنت 37.5% ، وباستعمال محلول حامض الفسفوريك مادة رابطة، بعد المعاملة الحرارية(التلبيد) بدرجة حرارة 1300°C ، بعد الخلط والتشكيل، لها نقطة انصهار 1490°C ، ومقاومة الصدمة الحرارية هي 27 دورة وتوصيلية حرارية 2.1 w/ m^2.K ، ومسامية ظاهرية 22.69%، وكثافة ظاهرية 2.87 gm/Cm^3 ، ومعامل تقلص خطي 3.5% ، وقوة انضغاط 30.43 MPa ، ومقاومة صدمة ميكانيكية 81.3 J/Cm^2 .

المقدمة

توسعت الدراسات والبحوث لصناعة وتشكيل حراريات تعطي خواصا تتلاءم ونوع الحاجة والاستعمال. ومن هذه الخواص مقاومة عالية ضد الصدمة الحرارية، ودرجة تلين عالية، ومقاومة كيميائية عالية ضد المنصهرات والخبث ومقاومة ميكانيكية عالية ،وأن تكون ذا توصيلية حرارية واطئة ومقاومة عالية ضد تأثير فعل الأكسدة والاختزال ،واستقرارية عالية في المحافظة على الشكل والأبعاد الخارجية ذا تمدد حراري واطئ .وقد تركزت هذه البحوث في ملاحظة تغير الصفات والخواص المختلفة تبعاً لتغيير واختلاف نوع المواد الحرارية الاساسية والمواد المضافة لهاواختلاف نسبها وكذلك تقوية المواد الحرارية باضافات من مواد أخرى، وتأثير استعمال مواد بديلة في الخواص ،وكذلك في دراسة العوامل المؤثرة في عمليات انتاج المونات والحشوات الحرارية ،مثل: درجة حرارة الحرق، وزمن الحرق، وظروف التشكيل، وطريقة الكبس، والمواد المخلوطة والرابطة والمقوية وكذلك اختلاف نسب الخلطات على خصائص المنتج الحراري من حيث الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية (9-1) .

اهتمت الدراسة في تحضير جسم ذي تحمل حراري عالٍ من خامات محلية(كاوؤلين،طين الفلنت) ،الياف الاسبستوس والمستعملة في تحشية الأفران الحثية عوازلا حرارية في التطبيقات الصناعية، درست خصائص الانموذج المحضر

الفيزيائية والحرارية والميكانيكية والمعدنية والعوامل المؤثرة في تغير خواصه من اختلاف درجات التلبيد ونوع المادة الرابطة ونسب ومكونات المواد الداخلة في تحضيره .

وترجع أهمية استعمالنا لالياف الاسبستوس في كونه مادة حرارية تستعمل في عديدة تطبيقات وأغلبها في مجال العوازل الحرارية بسبب صفاته العديدة والمميزة التي من أهمها استقراريته ومقاومته للحرارة التي تصل إلى اكثر من1000°C،وهو عديم التوصيل للحرارة والكهربائية،وله القابلية على الشد والتحمل الميكانيكي ويملك منطقة سطحية واسعة للتلامس، وقابلية بعض الأنواع على النسج والغزل،ويمتلك أيضاً اللدونة الجيدة لأليافه والدقة في سمكه وله القابلية على الصمود أمام دراجات الحرارة من دون انهيار أو انصهار ولكن عندما يسخن الى اكثر من 450°C فانه يفقد ماءه ويصبح هشا،و له خاصية مقاومة الحوامض الضعيفة ومقاومة التعرض المستمر للماء المالح(10) ايضاً.

الجزء العلمي

تم تحضير مادة كروك من كاؤولين دوبخله الابيض وذلك بحرق الكاؤولين الى درجة 1450°C مدة ساعتين بعد ذلك تم كسر وطحن كل من الكروك و الفلنت ومن ثم غربلتهما بوساطة جهاز النخل بحجم حبيبي اقل من 75µm .اماليف الاسبستوس نوع الانثوفايلايت (Anthophylite) فقد تم غربلته بوساطة غربال خشن على مقاس حبيبي بحدود 2mm . شخصت المواد الاولية باستخدام تقنية XRD اذ توضح الأشكال(4,3,2,1) الخصائص الطورية لمادة الكاؤولين الابيض الخام والكروك وطين الفلنت وليف الاسبستوس نوع الانثوفايلايت (Anthophylite) على التوالي . وتم بعد ذلك تهيئة عشرة خلطات وبوضح الجدول رقم (1) نسب المواد ونوع المادة الرابطة لكل خلطة من الخلطات العشرة ونتيجة الحرق لها . شكلت النماذج تحت ضغط 10MPa ولثبات مدته خمسة دقائق، على شكل قرص بقطر 3cm وسمك مختلف يتراوح بين[4 -0.4 cm] وباستعمال قالب فولاذي لإغراض فحوص التوصيلة الحرارية وقوة الانضغاط والامتصاصية والمسامية الظاهرية والكثافة الظاهرية ومقاومة الصدمة الحرارية. وانموذج اخر بشكل متوازي مستطيلات بإبعاد(طول 10cm، عرض10mm) وسمك متغير بحدود[1-0.5 cm] الذي يستخدم لفحوصات مقاومة الصدمة الميكانيكية والانكماش الطولي ونقطة النلين . بعد عملية التجفيف وعملية وزن النماذج واخذ ابعاد كل أنموذج حرقت النماذج وبدرجات حرارة [1300°C، 1200°C، 1100°C] بمعدل ارتفاع في درجة حرارة الفرن 4°C/min وبزمن انضاج ساعتين يتم بعدها اطفاء الفرن تدريجياً والنماذج بداخله الى حين الوصول ال درجة 100°C ومن ثم اخراجها.وبعد اكمال عملية حرق النماذج وللدرجات الثلاث فشلت خلطات عديدة في الصمود أمام تلك الدرجات كما يبينها الجدول(1) وهذه الخلطات هي(A, B ,G, H, E) اذ عانت هذه الخلطات من انتفاخات وتشوهات وانصهرت عند التسخين اما الخلطات الباقية فقد عدت ناجحة وهي (I , K, F, D, C) .

مقدار التقلص الطولي المحسوب للعينات حسب المواصفة الأمريكية(ASTM,C 326 –76)(11)، وباستعمال العلاقة :-

% l .sh= [ho - h / ho] X 100 % ---------- [1]

اذ (l . sh) يمثل التقلص الطولي %

ho: طول الأنموذج قبل الحرق (mm) ، h :طول الأنموذج بعد الحرق(mm)

وجد ان مقدار التقلص الطولي يزداد بزيادة درجةحرارة الحرق بسبب حدوث عملية التزجيج(12)، والمتمثلة من عمليات تقارب الحبيبات وحصول التكاثف بمساعدة سائل لزج (سائل السليكا) حيث يعمل على ربط الحبيبات بعضها ببعض فتقل المسامات الموجودة بينهما وبزداد مقدار الشد السطحي مما يؤدي الى زيادة مقدار التقلص الطولي. كما اعطت النتائج ان التقلص الطولي يقل بزيادة نسبة الشاموت المستعمل ، وسبب ذلك ان الشاموت يمثل الجزء غير

اللدن وغير القابل للتقلص في المنتج الحراري، ان قيم التقلص الطولي للعينات المحضرة تراوحت بين [2.1- 4%] وهي نتائج تطابقت مع حدود المواصفات (11) . ان جميع العينات تزداد فيها قيم التقلص الطولي بزيادة درجة حرارة الحرق وتكون الزيادة اكبر عند درجة حرارة 1300°C ،اذ تعكس زيادة عملية التلبيد التي تعمل على زيادة تقارب الحبيبات مع بعضها مما يؤدي الى زيادة نسبة التقلص الطولي . يبين الشكل(5) التغير بقيم التقلص الطولي تبعاً لتغير قيم درجة حرارة الحرق للنماذج.

حسبت الكثافة الظاهريةوالمسامية الظاهرية والامتصاصية حسب المواصفة الامريكية [ASTMC-373-72] (13) ،اذ وزنت النماذج بعد الحرق وهي جافة [wd] ثم غمرت في الماء وسخنت لدرجة 100°C لمدة نصف ساعة، تركت حتى يبرد الماء بعد ذلك اخرجت وبعد المسح بقطعة قماش قطني وزنت ثانية لتسجيل وزن العينة وهي مشبعة [ws] بعد ذلك تم قياس الوزن والعينة مغمورة بالماء [wn] بوساطة منظومة صممت لهذا الغرض وعلى وفق مبادىء قاعدة ارخميدس، وحسب العلاقات الاتية :-

$[Wd / (Ws - Wn)] = (DA)\ (gm/Cm^3)$ الكثافة الظاهرية--------- [2]

$100\ X\ [Ws - Wd / Ws - Wn\ ] = (PA)$ المسامية الظاهرية % ---------- [3]

$100\ X\ [(Ws - Wd) / Wd = (AW)$ امتصاصية الماء % ---------- [4]

إن زيادة نسبة الكروك وزيادة نسبة الاسبستوس ادت الى نقصان في قيم الكثافة وسبب ذلك هو زيادة عدد المسامات بين الحبيبات اذ تكون عملية الرص في مثل هذه الظروف غير متكاملة مما يقلل الكثافة وهذه النتيجة ملاحظة لكل من نماذج الخلطات (C,D) بالمقارنة مع نماذج الخلطات (K,I)،كذلك وجد ان قيم الكثافة الظاهرية للخلطات المستعمل فيها حامض الفسفوريك (خلطة K,D,F) كانت أعلى من الخلطات التي احتوت على سليكات الصوديوم (خلطة C,I) ويعزى سبب ذلك الى اندماج الاربطة الفوسفاتية في المنتوجات الحرارية الحاوية على هذا الحامض بوصفها مادة رابطة ومن ثم فان المركبات الناتجة تكون اكبر كثافة واقل مسامية Rothenborg (14) .

إن المسامية الظاهرية للعينات تقل بزيادة درجة حرارة الحرق الشكل(6)، وسبب ذلك يعود الى ملء الفراغات الموجودة بين حبيبات المادة الحرارية نتيجة الانصهار بعض المواد المصهرة والشوائب التي يحويها المنتج ضمن تركيبه الكيميائي والتي بدورها تساب لتملأ الفراغات الموجودة بين الحبيبات فتقل المسامية(1).

إن خاصية المسامية تعتمد على عاملين مهمين الأول هو تأثير عملية التلبيد ،والاخر تكون القنوات (المسامات المفتوحة) والفجوات داخل الجسم بسبب تحرر الغازات ،ويكون تأثير تلك العوامل متعاكساً لان نواتج التفاعلات الحاصلة في أثناء الحرق تكون الطور الزجاجي الذي يعمل على ملء المسامات الموجودة داخل الجسم الحراري مما يخفض من نسبتها (5). وكذلك وجد ان قيم المسامية تزداد بزيادة نسبة الكروك لدرجة حرارة نفسها الحرق للمادة نفسها الرابطة وهذا يعكس دور الكروك في عملية التلبيد، اذ يعمل على زيادة نسبة المسامية للمنتج الحراري نتيجة لمساميته العالية بعد تكونه من حرق الكاؤولينات ،كما ان زيادة نسبة الاسبستوس في الخلطات بنسبة 12.5%-25 يؤدي الى زيادة المسامية (مجموعة نماذج الخلطةF) ويرجع سبب ذلك الى ان مادة الاسبستوس ذات مسامية عالية مقارنة مع الأطيان(10,15) ، اذ يصعب تخلخل الأطيان داخل ألياف الاسبستوس فتؤثر مسامية الاسبستوس في مسامية الخلطة كاملة.

ان استعمال سليكات الصوديوم أعطى مسامية عالية تراوحت بين % 22.77- 32.74 مقارنة مع النماذج التي استعمل فيها محلول حامض الفسفوريك والتي تراوحت بين% 23.80- 28.68 ويعزى ذلك الى ان سليكات الصوديوم تعمل على خفض عملية التلبيد التي تحدث للمادة عند الحرق مقارنة مع حامض الفسفوريك الذي نلاحظ انه أدى إلى زيادة عملية التلبيد والتي بدورها أدت إلى انخفاض قيم المسامية .

إن اختبار خاصية مقاومة الصدمة الحرارية تم لعشرة نماذج تضمنت على خمس خلطات هي (C,D,F,I,K) والمحروقة عند درجتي حرارة هي 1100,1300°C باعتماد المواصفة الألمانية(DIN, 51068, Part1) (25) الجدول رقم[2]؛ الذي يبين رموز هذه النماذج وعدد الدورات التي بلغتها كل عينة. قد بين ان جميع النماذج تخطت حدود المواصفة المطلوبة والبالغة (15) دورة(12). وجد ان مقاومة الصدمة تزداد بزيادة المسامية ولجميع النماذج ،اذ تؤدي زيادة المسامية الى زيادة قابلية الجسم على تثبيت الاجهادات الحرارية التي يتعرض لها الجسم بسبب قابلية تلك المسامات على استيعاب التمدد والتقلص الحاصل.

ان لزيادة نسبة المولايت دوراً أساسيا في تحسين مقاومة الصدمة الحرارية، اذ نلاحظ من النتائج ان عدد الدورات يزداد بزيادة كمية مادة الكروك ذي المحتوى العالي للمولايت، وسبب ذلك إن الشكل الابري للمولايت يساعد على زيادة ترابط الحبيبات وتماسكها خلال زيادة التداخل والتشابك ، فضلا عما يتميز به من استقرارية حرارية عالية وقابلية للتمدد الحراري(6). اظهرت نتائج اختبار مخاريط زيكر لتحديد نقاط التليين لنماذج الخلطات الخمس (C,D,F,I,K) تبايناً في استجابتها لارتفاع درجات الحرارة ،ويعزى الى ان هذه النماذج تركبت من نسب مختلفة من المواد الاولية (كروك وفلنت واسبستوس) وفي نوع المادة الرابطة

ان قيم معامل التوصيلية الحرارية المحسوب للعينات ، باستعمال طريقة قرص لي للحرارة Lee's Disc Method (17)، قد تراوحت قيم معامل التوصيلية الحرارية بين2.4- 0.6W/m^2.K . ان عامل التوصيلة الحرارية (K) قد تأثر بعوامل عديدة سواء كانت في اثناء التشكيل(المواد الاولية ،ونسب الخلط للمواد ودرجة حرارة التلبيد ونوع المادة الرابطة والضغط المسلط) والخواص النهائية للمنتج (الكثافة والمسامية ونوع المركبات المتكونة) ،إذ يقل مع زيادة المسامية(18) وكذلك يتأثر بحجم المسامات ، اذ يقل مع زيادة حجم المسامات(1,2) .وعملياً وجد ان التوصيلية الحرارية تزداد بزيادة درجة حرارة الحرق، الشكل (7) وكذلك كلما زادت نسبة الكروك المستخدم في العينة للحجم الحبيبي المحدد زادت قيم التوصيلية الحرارية ،وسبب ذلك يعود الى ان زيادة مادة الكروك تؤدي الى زيادة المتكون من المولايت ذي التوصيل الحراري الجيد ومن ثم يؤدي الى زيادة قيم التوصيل الحراري بزيادة محتواه في العينات السيراميكية (12).

حسبت مقاومة الانضغاط (C.S) بوحدات MPa للعينات القرصية من معرفة كل من القوة المسلطة(F) من المكبس والمقاسة بالنيوتن وبقياس قطر العينه D والسمك d_s وحسب القانون الاتي (19):-

$$C.S = 2F / \pi D d_s \quad ----------[5]$$

تراوحت قيم قوة الانضغاط بين MPa[30.43-23.85] وتبين النتائج ان قيم قوة الانضغاط لجميع العينات تزداد مع زيادة درجة حرارة الحرق ،ويعزى ذلك الى حدوث عملية التلبيد بوجود الطور السائل وبشكل اكبر في درجات الحرارة العالية التي تعمل على زيادة الكثافة وتقليل المسامية وزيادة نسبة المولايت ،الذي يمتاز بمقاومته العالية للانضغاط وطبيعة تركيبه البلوري ،مما يؤدي الى زيادة ترابط الحبيبات مع بعضها، اذ تتشابك الاشكال الابرية للمولايت التي تعطي قوة للجسم ومن ثم تزداد قيم قوة الانضغاط يبين الشكل (8) تغير قيم قوة الانضغاط تبعاً لتغير درجة حرارة الحرق ،اظهرت النتائج ان مقدار قوة التحمل للنماذج تزداد بزيادة نسبة الاسبستوس والفلنت وهذا يدل على ان الياف الاسبستوس تعمل على تقوية ودعم المنتج الحراري بشكل ملحوظ وهذا ملاحظ في الخلطتين (C,I) اذ نلاحظ ان قيم مقاومة الانضغاط لخلطة I (اسبستوس 25% ،فلنت37.5%) كانت اكبر منها في C(اسبستوس12.5%،و فلنت12.5%) مع وجود المادة الرابطة نفسها للخلطتين ودرجات حرارة الحرق نفسها.

ان خاصية تحمل الضغط تزداد بوجود حامض الفسفوريك مادة رابطة في البطانات الحرارية للافران وسبب هذا السلوك يعود الى طبيعة الاصرة التي يساهم في تكوينها حامض الفسفوريك (مادة رابطة) المستعملة في هذه المركبات اذ يدخل جذر الفوسفات مع الالومنيا المتوافرة ضمن معدن الكاؤولينات الطيني والناتجة عن تحلل الكاؤولينات عند

حدود 550°C في تكوين مركب فوسفات الالمنيوم ذي قابلية الربط السيراميكي الجيدة التي تتزايد مع ارتفاع درجات الحرارة نتيجة لتزايد المتكون منه . اجري اختبار طريقة ايزود(Izod)(20) لاختبار مقاومة الصدمة الميكانيكية،ومن معرفة مساحة المقطع العرضي للأنموذج والطاقة اللازمة للكسر ثم حساب مقاومة الصدمة وحسب العلاقة:

$$\text{مقاومة الصدمة}(I) = \frac{\text{الطاقة اللازمة للكسر (J)}}{\text{مساحة المقطع العرضي (} Cm^2 \text{)}} \quad \text{----------[6]}$$

ان مقاومة الصدمة (J/Cm^2)للنماذج الحرارية تزداد بشكل ملحوظ بازدياد درجة حرارة الحرق (التلبيد) وكما ملاحظ في الشكل(9) الذي يبين تغير قيم مقاومة الصدمة تبعاً لتغير درجة حرارة الحرق،اذ تكتسب الحراريات ذو الكثافة العالية متانة ميكانيكية عالية مقارنة بالنماذج الاقل كثافة ولوحظ ايضاً إن المواد التي احتوت على حامض الفسفوريك(D,K) أظهرت قيم لمقاومة الصدمة أعلى من الخلطات التي احتوت على مادة سليكات الصوديوم (C,I) . كما ان زيادة نسبة الباف الاسبستوس تؤدي الى زيادة ملحوظة في قيم مقاومة الصدمة وهو من اسباب استعمال الباف الاسبستوس الحرارية موادا مقوية للمنتوجات الحرارية، يلاحظ ان افضل نتيجة تم الحصول عليها هي للخلطة K في درجة الحرق 1300°C وهي $81.3J/Cm^2$ والسبب يرجع الى درجة حرارة التلبيد والى نسبة الاسبستوس العالية والى المادة الرابطة المستعملة .

الاستنتاج

يمكن تحضير مادة حرارية من الكروك المحضر من الكاؤولين العراقي وبنسبة37.5% والاسبستوس نوع الانثوفايلايت 25% وطين الفلنت 37.5% وباستعمال محلول حامض الفسفوريك بوصفها مادة رابطة بعد معاملة الانموذج المشكل بدرجة حرارة 1300°C ،اذ كانت ذا نقطة انصهار 1490°C ومقاومة الصدمة الحرارية هي 27 دورة وذا قيمة التوصيلية الحرارية 2.1 w/ m^2.K ومسامية ظاهرية 22.69% وكثافة ظاهرية $2.87gm/Cm^3$ ومعامل تقلص خطي 3.5% اما الخواص الميكانيكية فكانت قوة الانضغاط 30.43 MPa ومقاومة الصدمة الميكانيكية هي$81.3J/Cm^2$ وهي قيم تقع ضمن المدى الصناعي المطلوب .

المصادر

1 . kenneth , Shaw "Refractories and their uses" 1972 1st ed , Applid Science Publishers ,London,.

2..P.H.Hasselman, 1970 ,Am.Ceram.Soc.Bull.,VoL49.No12.

3. F.H. Norton ,1968" Refractories " 4th ed.

4.V.G.Flyagin.et.al, 1971 Refractories,Vol.12,No.3 –4.

5 . K . W. Lea , 1972 Amer . Ceram . Soci , Vol. 55. No. 3.

6 . J . H . Chesters 1973 Refractories production and properties ",published by the Iron and steel Institute , 5th ed Housepress / london .

7.رائد قيس النفس ، خبرية الرمضاني ، ((تأثير الحرارة معملياً على خواص الطابوق الناري)) نشرة علمية(84/91) مركز بحوث البناء والزجاج ، مجلس البحث العلمي،بغداد1982

8.رسن، فاضل عبد "تحضير بطانة الافران الحثية من مواد محلية وتعين الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية " المجلة العراقية للعلوم والتكنولوجية المجلد 2 العدد 2،(2005)

9.فارس، محمد علي،" استخدام مخلفات الطاقة الكهربائية كمواد اولية في صناعة مواد عازلة حرارية " ،اطروحة ماجستير،جامعة بابل،كلية العلوم،(2005).

10.Delaine john"1988 Asbestos Removal mangment and control"gowev tecmical.

11-ASTM C-326-76.

12-Abdul Kareem, I.A. "The Technological proportion of Mullite Prepared from Iraqi Raw Materials Unpubl"MSc. Thesis, Univ. of Technology-Baghdad,(1996).

13-ASTM C-373-72.

14 .G.B Rothenborg 1976.Refractory materials" 1st ed, park Ridge ,New Jersy ,USA

15.L.Joseph Giuson 1971. Industirail Minerals and Rocks"3rd ed,competely revised reprinteal ,Am.Inst.of Mining,Metallurgical and Petroleum Engineers.

16. DIN, 51068 , Part 1 .

17. Grimsehi, E., 1944: Atext book of Physics. Vol.2, 2nd eddition. Blockishness Ltd., London. 180-185.

18, R.W.Grimshaw 1971The Chemistry and Physics of Clay and Allied Ceramic Materials" 4th ed , Ernest Benn Limited, London.

19.W.D.J.Callister "Materials Science and Engineering;An Introduction. 3rd ed.Dep.Of Materials Science and Engineering, Univ. of Utah,(1994).

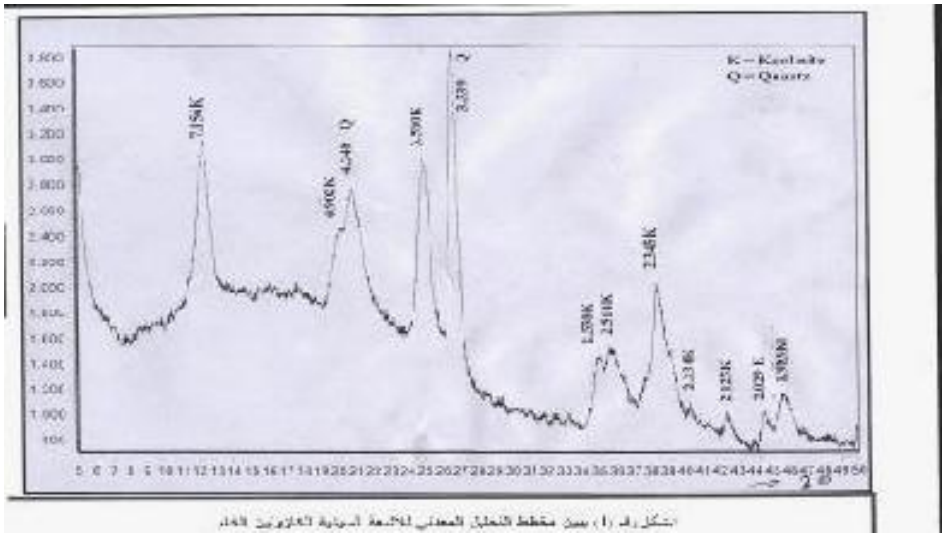
20.ASTM ,D256-56,[1961].

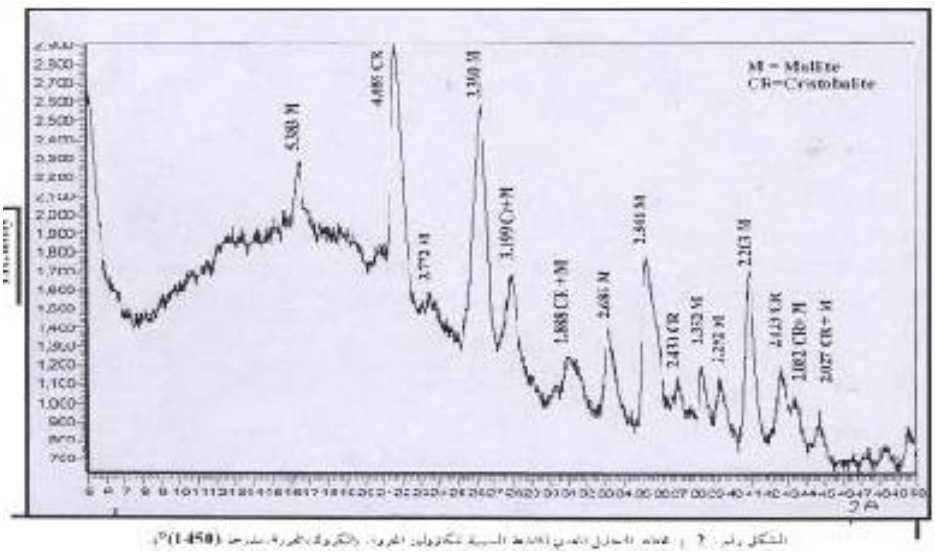
جدول رقم (1) يبين نسب المواد ونوع المادة الرابطة لكل خلطة من الخلطات العشر المعتمدة في البحث ونتيجة للحرق للخلطات (T =الناجحة و F =الفاشلة).

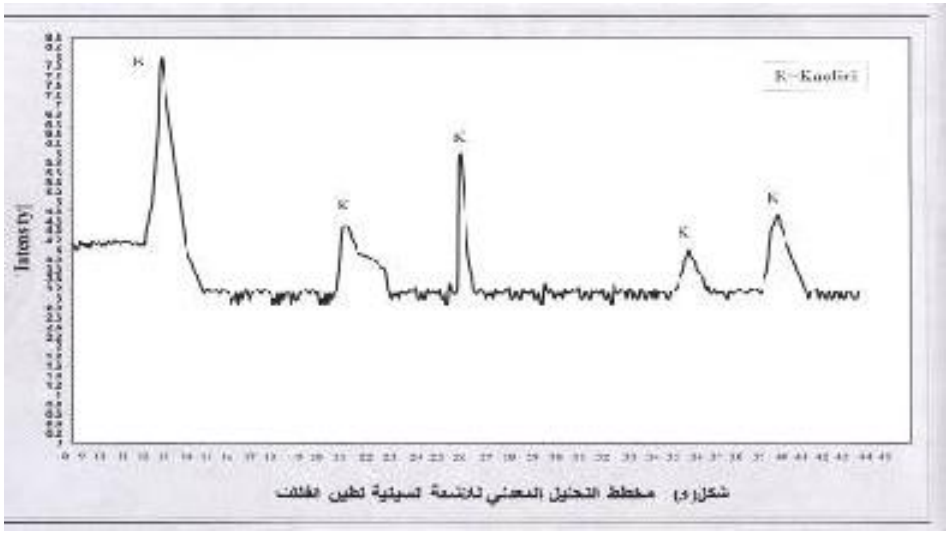
اسم الخلطة	كروك %	فلنت %	اسبستوس %	المدة الرابطة %		نتيجة الحرق
				سليكات الصوديوم	حامض الفسفوريك	
A	12.5	12.5	75	5	.....	F
B	12.5	12.5	75	.....	5	F
C	75	12.5	12.5	5	.....	T
D	75	12.5	12.5	.....	5	T
E	50	25	25	5	.....	F
F	50	25	25	.....	5	T
G	12.5	37.5	50	5	.....	F
H	12.5	37.5	50	.....	5	F
I	37.5	37.5	25	5	.....	T
K	37.5	37.5	25	.....	5	T

الجدول رقم (2) يبين النماذج العشرة الواقعة تحت اختبار مقاومة الصدمة الحرارية وعدد الدورات لكل أنموذج وقيم المسامية المقابلة لكل انموذج .

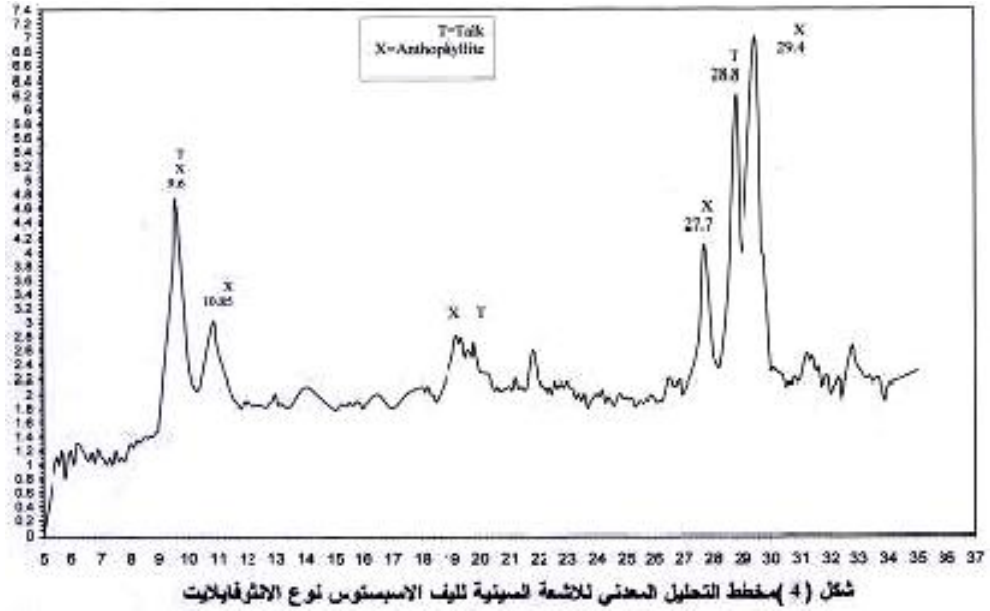
	Firing Temp °C					
	1100°C			1300°C		
	Group No	Porosity%	No.C	Group No	Porosity%	No. C
	C1	32.74	27	C2	22.77	22
	D1	28.68	27	D2	23.80	20
	F1	34.33	27	F2	30.63	22
	I1	17.44	20	I2	14.29	17
	K1	30.85	20	K2	22.69	17



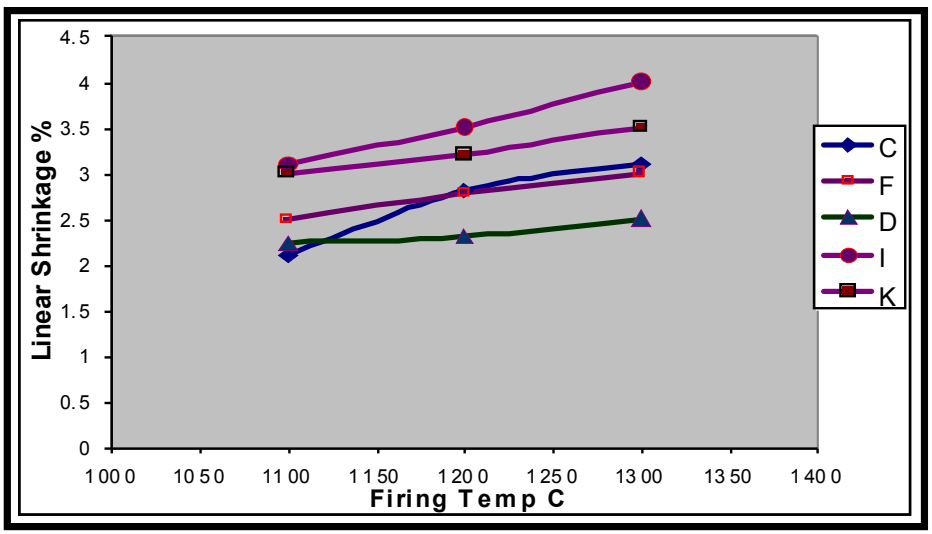




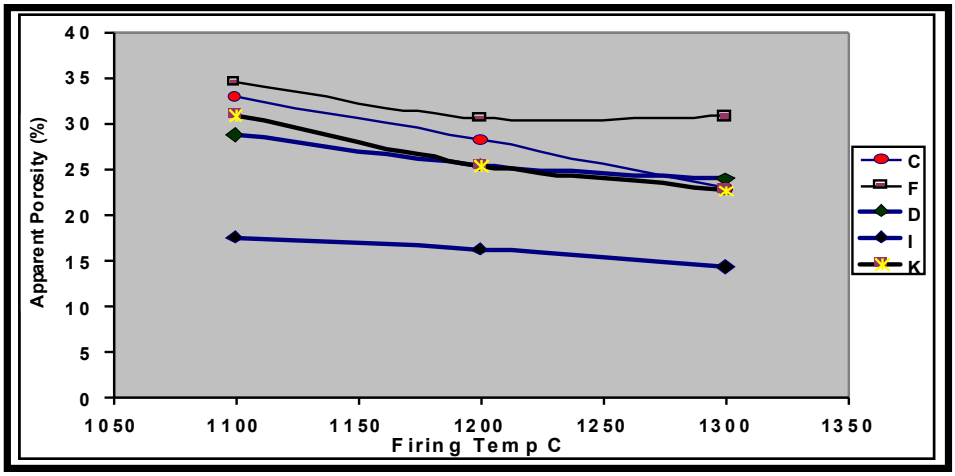
شكل (3) مخطط التحليل المعدني لاثنتا عشرة نوعية طين مختلفة



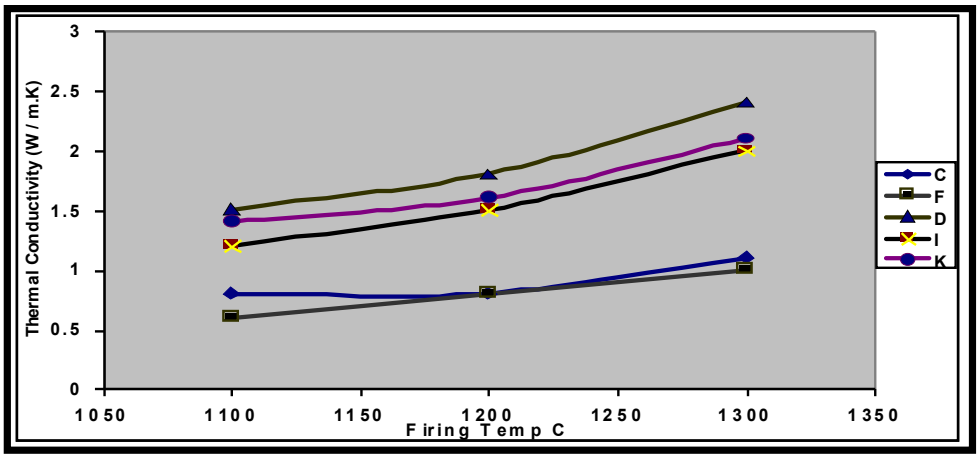
شكل (4) مخطط التحليل المعدني للاشعة السينية لليف الاسبستوس نوع الانثرفايلايت



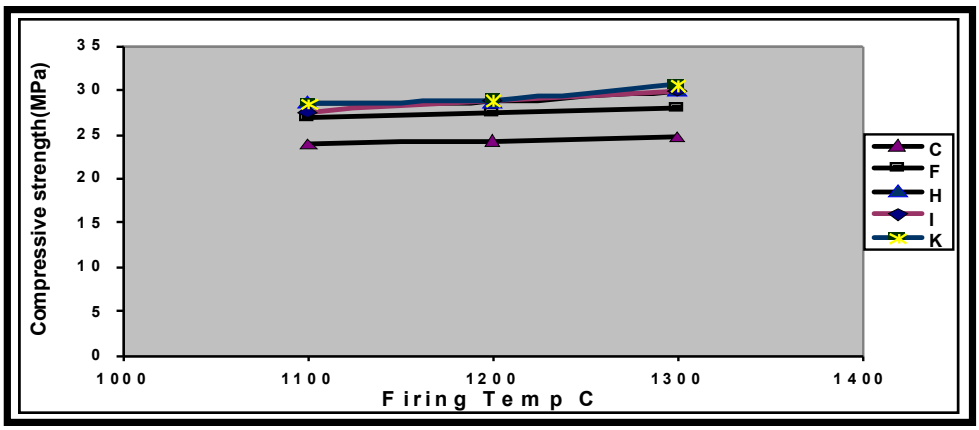
شكل (5) يبين تغير قيم التقلص الطولي % تبعا لتغير درجات حرارة الحرق



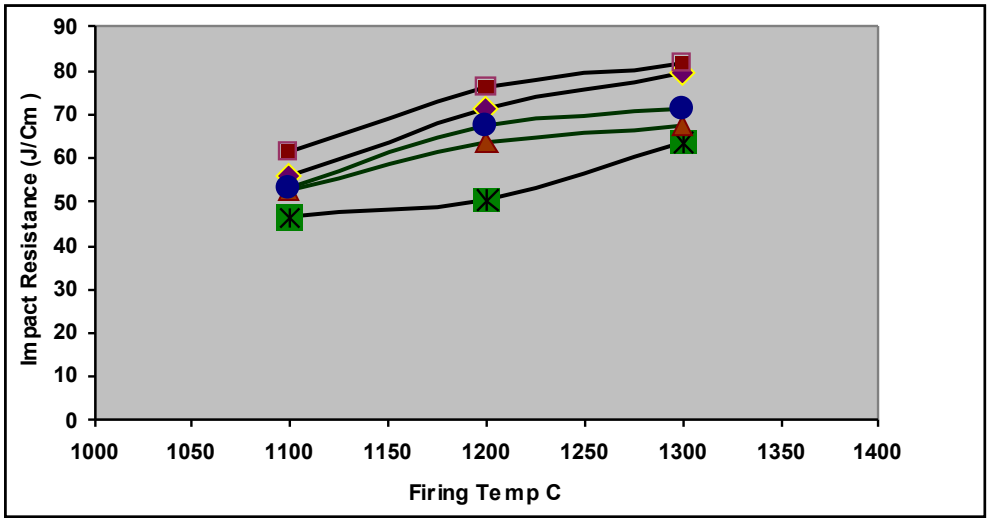
الشكل (6) يبين تغير قيم المسامية الظاهرية تبعاً لتغير درجة حرارة الحرق.



الشكل [7] يبين تغير عامل التوصيلية الحرارية K تبعاً لتغير درجة حرارة الحرق



الشكل رقم [8] يبين تغير قيم قوة الانضغاط (MPa) تبعاً لتغيردرجة حرارة الحرق



الشكل [9]

الشكل(9) يبين تغير قيم مقاومة الصدمة الميكانيكية (J/Cm^2)تبعا لتغير درجة حرارة الحرق