

تحضير عازل حراري سيراميكي من مخلفات محطات توليد الطاقة الكهربائية ودراسة بعض خصائصه الفيزيائية والكيميائية

رسالة مقدمة إلى
مجلس كلية العلوم - جامعة بابل
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم
في علوم الفيزياء

من قبل
فارس محمد علي الجعيفري



جمادى الأولى ١٤٢٦ هـ

حزيران ٢٠٠٥ م

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ
وَاللّٰهُ اَخْرَجَكُمْ مِّنْ بَطْوٰنٍ اَمْهَاتِكُمْ
لَا تَعْلَمُوْنَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ
وَالْاَبْصَارَ وَالْاَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُوْنَ))

صدق الله أَلِی الْعَظِیْمِ

سورة النحل

الایة (٧٨)

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي إلى ... سيد الكائنات والمرسلين حبيب
الله رب العالمين أبي القاسم محمد (ص) وعترته بيته
الأطهار الميامين (عليهم السلام) .
إلى ... أعلى ما في الوجود إلى من سهر الليالي لراحتنا
والدي الغالي .
إلى ... بحر الحنان وأجنحة السلام واعز ما في الوجود
والدتي الحنونة .
إلى ... حزامي المتين إلى ... من أضاء طريق مستقبلي
أخوتي الأعمام وأختي الوحيدة زهراء
إلى ... رفيقة الدرب الطويل زوجتي العزيزة
وسن
إلى نور عيني وزهور حياتي ومستقبلي أولادي
محمد *علي* *مخلد*

فارس



(الخلاصة)

تم في هذا البحث تحضير نموذج سيراميكي ، يحقق خواص العزلية الحرارية والميكانيكية ، من مواد اولية عراقية مخلفات محطات توليد الطاقة الكهربائية (اسود الكربون) والاطيان العراقية ، ووفقا لمتطلبات البحث تم استخدام المواد الأولية بهدف تشكل مجموعتين المجموعة الأولى (M) ، تتكون من (كاؤولين دويخلة و مخلفات محطات توليد الطاقة الكهربائية اسود الكربون و كاربونات الكالسيوم والجير مع المذيب العضوي تتراكلورواثلين) اذ ان نسب كاربونات الكالسيوم والجير هي ثابتة لجميع الخلطات ونسبها هي (٨٪ ، ١٢٪) على التوالي ، والمجموعة الثانية (N) المواد الأولية لها هي (رمل زجاج ارضمة الالومينا واسود كربون و مخلفات محطة توليد الطاقة الكهربائية و كاربونات الكالسيوم والجير مع المذيب العضوي تتراكلورواثلين) . تم تحضير المجموعتين وفقا لنسب خلط معينة ، وشكلت النماذج بطريقة الكبس الجاف وبضغط مقدارة (٨.١٣) ميكا باسكال ولزمن ثلاث دقائق . حرقت النماذج المشكلة للمجاميع لدرجات حرارية (١٢٥٠ ، ١٣٠٠ ، ١٣٥٠) م° في مركز بحوث البناء والزجاج . تم اجراء الفحوصات الفيزيائية المتيسرة للمجموعتين اعلا . ان النتائج المتحققة للنماذج (K١٨, K١٧, K١٦) والمتكونة من (٧٢.٥ ٪ كاؤولين و ٧.٥ ٪ اسود كربون والجير و كاربونات الكالسيوم بنسبها الثابتة) من المجموعة (M٦) والمليدة بدرجات حرارة ١٣٠٠ م° و ١٣٥٠ م° اعطت افضل قيم بالنسبة لمتانة الانضغاط ومقدارها (٨.٧١ ، ٨.٢٤ ، ٧.٩٣) ميكا باسكال ولمعامل يونك ومقدارها (٢٣٣٢ ، ٢٢٤٠ ، ١٥٣٤) ميكا باسكال على التوالي . كما اعطت النتائج للمجموعة (N) والمليدة بدرجة حرارة (١٢٥٠) م° ان النموذج N٤ والمتكون من (٣٩.٥ ٪ رمل زجاج ارضمة و ٢٥.٥ ٪ الومينا و ١٥ ٪ اسود كربون وكذلك النسب الثابتة للجير و كاربونات الكالسيوم) حقق افضل متانة انضغاط ومقدارها ٧.٧٢ ميكا باسكال

مقارنة مع القيم القياسية المطلوبة . تم اجراء الفحوصات العزلية الكهربائية ومعامل التوصيل الحراري على نماذج المجموعتين (M, N). لقد اعطت النماذج المذكورة ذات الخواص الفيزيائية الجيدة سلوكا يتوافق مع سلوك العزل الحراري والكهربائي للمعايير القياسية , بالمقارنة مع بقية النتائج للنماذج المحضرة . وأجريت الفحوص الكيميائية وذلك بتعريض المجاميع لنمطين من المحاليل (الحامضية وهو حامض HCL والقاعدية وهي القاعدة KOH) وبتركيز (١٠ مولالي) لكلا المحلولين ولفترات زمنية مختلفة وقد أظهرت النماذج مقاومة المجاميع للحوامض ومقاومة اقل للقواعد اعتمادا على التوصيف النوعي للنتائج أي اعتماد المشاهدة المجهرية .

المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
أ	الخلاصة باللغة العربية	
ج	قائمة المحتويات	
و	قائمة الصور	
ط	قائمة المصطلحات	
ك	قائمة الجداول	
الفصل الأول : المقدمة والدراسات السابقة		
١	الحراريات	١-١
١	انواع الحراريات	٢-١
١	الحراريات الحامضية	١-٢-١
٣	الحراريات المتعادلة	٢-٢-١
٤	الحراريات القاعدية	٣-٢-١
٦	تطبيقات الحراريات	٣-١
٩	الدراسات السابقة	٤-١
١٠	هدف البحث	٥-١
الفصل الثاني : الجزء النظري		
١١	التحولات الطورية للحراريات	١-٢
١٣	التوصيلية الحرارية	٢-٢
١٤	متانة الانضغاط	٣-٢

الصفحة	الموضوع	التسلسل
١٥	الخواص العزلية الكهربائية	٤-٢
١٦	مقاومة الحوامض والقواعد (التاكل)	٥-٢
	الفصل الثالث : الجزء العملي والقياسات	
١٨	المواد الاولية	١-٣
١٨	الكأولين	١-١-٣
١٩	رمل زجاج ارضمة	٢-١-٣
١٩	الالومينا	٣-١-٣
٢٠	اسود الكربون	٤-١-٣
٢٣	الجير	٥-١-٣
٢٥	المذيب العضوي (تتراكلورواثلين)	٦-١-٣
٢٥	كاربونات الكالسيوم	٧-١-٣
٢٦	الجزء العملي	٢-٣
٢٦	مفاهيم التشكل	١-٢-٣
٢٦	عملية تدرج المقاس الحبيبي (عملية النخل)	١-١-٢-٣
٢٦	عملية الخلط	٢-١-٢-٣
٢٦	المادة الرابطة	٣-١-٢-٣
٢٧	عملية الكبس	٤-١-٢-٣
٢٧	عملية التجفيف	٥-١-٢-٣

المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
٢٨	عملية الحرق والتلبيد	٦-١-٢-٣
٣١	تحضير النماذج	٣-٣
٣٤	الفحوصات الفيزيائية	٤-٣
٣٤	الفحوصات الميكانيكية	١-٤-٣
٣٦	قياسات التوصيلية الحرارية	٢-٤-٣
٣٧	قياسات العزلية الكهربائي وعاملي فقدان والقدرة	٣-٤-٣
٣٨	الفحوصات الكيمياءوية	٥-٣
الفصل الرابع : مناقشة النتائج والاستنتاجات		
٣٩	الخواص الفيزيائية	١-٤
٣٩	متانة الانضغاط	١-١-٤
٤١	معامل يونك	٢-١-٤
٤٤	التوصيلية الحرارية	٣-١-٤
٤٧	الخواص العزلية الكهربائية	٤-١-٤
٧٠	الفحوصات الكيمياءوية	٢-٤
٨٥	الاستنتاجات	٣-٤
٨٦	الدراسات المستقبلية	٤-٤
٨٧	المصادر	٥-٤
A	الخلاصة باللغة الإنكليزية	

قائمة الصور

الصفحة	عنوان الصورة	رقم الصورة
٧٢	النموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ °م القياسية (بدون معاملة)	١
٧٢	النموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	٢
٧٣	النموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	٣
٧٣	النموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	٤
٧٤	النموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	٥
٧٤	النموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ °م القياسية (بدون معاملة)	٦
٧٥	النموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	٧
٧٥	النموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	٨
٧٦	النموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	٩
٧٦	النموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	١٠

قائمة الصور

الصفحة	عنوان الصورة	رقم الصورة
٧٧	النموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ °م القياسية (بدون معاملة)	١١
٧٧	النموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	١٢
٧٨	النموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	١٣
٧٨	النموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	١٤
٧٩	النموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	١٥
٧٩	النموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ °م القياسية (بدون معاملة)	١٦
٨٠	النموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	١٧
٨٠	النموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	١٨
٨١	النموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	١٩
٨١	النموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	٢٠

قائمة الصور

الصفحة	عنوان الصورة	رقم الصورة
٨٢	النموذج (A٥) بدرجة ١٢٥٠ °م القياسية (بدون معاملة)	٢١
٨٢	النموذج (A٥) بدرجة ١٢٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	٢٢
٨٣	النموذج (A٥) بدرجة ١٢٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl (١٠ مولالي)	٢٣
٨٣	النموذج (A٥) بدرجة ١٢٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	٢٤
٨٤	النموذج (A٤) بدرجة ١٢٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH (١٠ مولالي)	٢٥

قائمة المصطلحات

Alumina	الومينا
Casting	صب
Cements	سمنت
Clay	طين
Cold Pressing	كبس بارد
Composition	تركيب
Compression Strength	متانة الانضغاط
Linear Shrinkage	تقلص خطي
Destructive Distillation	تقطير هدام
Composite Material	مواد مترابطة
Calcium Carbonate	كاربونات الكالسيوم
Density	كثافة
Drying	تجفيف
Drying Pressing	كبس جاف
Firing Process	عملية الحرق
Formation Process	عملية التشكيل
Yong Modules	معامل يونك
Corrosion	تآكل

قائمة المصطلحات

Grain	حببية
Grain Growth	النمو الحبيبي
Heat Treatment	معاملة حرارية
Mechanical Properties	خواص ميكانيكية
Melting Point	نقطة الانصهار
Mixing	خلط
Open Pores	مسامات مفتوحة
Particle Size Distribution	توزيع حجمي للحبيبات
Phase	طور
Physical Properties	خواص فيزيائية
Porosity	مسامية
Refractories	حراريات
Sintering	تليبيد
Sintering Time	زمن التليبيد
Strength	متانة
Tetrachloroethylene	تتراكلورواثلين
Vitreous	مزجج
Pyrogenic Decomposition	التحلل الحراري

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
٨	ملخص لبعض استعمالات الحرارية في الصناعات التكريرية والنفطية	١-١
٣٢	النسب المئوية لخلطات المجموعة (M)	١-٣
٣٣	النسب المئوية لخلطات المجموعة (N)	٢-٣
٣٨	القيم القياسية لبعض والمركبات العناصر	٣-٣
٥٦	نتائج فحص التوصيلية الحرارية ومعامل يونك ومتانة الانضغاط للمجموعة (M)	١-٤
٥٧	نتائج فحص التوصيلية الحرارية ومعامل يونك ومتانة الانضغاط للمجموعة (N)	٢-٤
٥٨	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	٣-٤
٥٩	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	٤-٤
٦٠	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	٥-٤
٦١	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	٦-٤

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
٦٢	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	٧-٤
٦٣	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	٨-٧
٦٤	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	٩-٤
٦٥	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	١٠-٤
٦٦	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (M)	١١-٤
٦٧	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (N)	١٢-٤
٦٨	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (N)	١٣-٤
٦٩	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان للمجموعة (N)	١٤-٤
٧١	تأثير الحامض مع درجة حرارة التلييد للنماذج ومع زمن التعرض للحامض	١٥-٤

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
٧١	تأثير الحامض مع درجة حرارة التلييد للنماذج ومع زمن التعرض للقاعدة	١٦-٤

Preparation of Ceramic Isolated Refractory from the Residual Generator Electric Power, and Study some Physical and Chemical Properties

**A Thesis
Submitted to the Council of Science
University of Babylon
In Partial Fulfillment of the Requirement for The
Degree of Master of Science in Physical**

**By
Faris Mohammed Ali Al-jouafry**



June ٢٠٠٥

ABSTRACT

The preparation of ceramic samples has been achieved in this research , to satisfy the mechanical & thermal dielectric properties from the Iraqi raw materials (residual of electric generated power ((Carbon Black)) & Iraqi clays) .

According to the requirements of the research which use raw materials , to obtain the formation of two groups :- first group (M) , consist of kaolin doakhlah , residual of electric generated power carbon black , calcium carbonate , tar and organic solvent tetrachloroethylene , in which the ratio of calcium carbonate and tar is constant for all groups. the value for it are 8% , 12 % by respectively. The second groups (N) the raw materials are ardoma sand class , alumina , carbon black , calcium carbonate , tar and organic solvent tetrachloroethylene . The preparation of these two groups were done by mixing ratio of this materials . The samples were made using dry press and pressed with pressuring equal to (8.13) MPa. the samples that created in these step, were Fired to the thermal degrees (1350, 1300, 1250) °C at (the center of search Class and Building) for all groups . The available physical examination were applied on all groups of samples (M,N). These results were Proved the samples(K¹⁸,K¹⁷ and K¹⁶) Which were consist of (72.5% Kaolin , 7.5%Carbon Black , 12% Tar & 8%

calcium carbonate) from group (M¹) which was sintered at 1300 °C and 1300 °C were the best value for the compression strength and young modules which are value(8.71 , 8.24, 7.93) MPa and (2332, 2240 , 1534) by respectively . The group (N) which is sintering at 1200 °C gives that the sample (N⁴) Which was consist of(39.9% ardoma sand class, 20.0% alumina, 10% carbon black, 12% Tar & 8% calcium carbonate) is satisfy the best compression strength that value is (13.4) MPa and (2199,9) MPa , when compared with the standard value . The dielectric properties & modules of thermal conductivity tested were done on the samples of groups (M,N) . The identical samples which have the good mechanical properties behavior give such a behavior corresponding with the behavior of dielectric & modules of thermal conductivity for the quantity standard . which were done the chemical examinations were done by Immersing the groups (M , N) in tow types of solution (acid is represented by HCL , and alkali was represented by KOH) which have the same molal concentration (10 M) for different times , The samples were showed resistant for the acid & less than for alkali , and these were occurred according to the specific diagnosis of results , (according to the microscopic view)

شكر وتقدير

الحمد لله مستحق الحمد حتى الانقطاع وموجب الشكر بأقصى ما يستطيع
وصلى الله على محمد خير من افتتحت بذكره الدعوات واستنجدت به الطالبات
وعلى اله الذين هم سفينة النجاة والقادة الهداة .

أما بعد فان الشكر قيد النعمة ومفتاح المزيد وقد وجب علي وأنا أشارف على
إتمام رسالتي أن أتقدم بخالص شكري وامتناني إلى أستاذي الفاضلين الدكتور
فاضل عبد رسن المحترم و الدكتور غالب عبد الوهاب المحترم لما قدماه من
أشراف وتوجيهات قيمة لإنجاز هذا البحث .

وأتقدم بشكري إلى رئاسة جامعة بابل لإتاحتها لي الفرصة لإكمال دراستي
ومساعدتي . كما واتقدم بشكري الجزيل الى عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم
الفيزياء و اخص بالذكر الدكتور طالب هادي قدوري رئيس القسم .

وأتقدم بالشكر إلى جامعة النهرين كلية العلوم قسم الفيزياء لما قدموه من
مساعدة في سبيل إنجاز بحثي . وكذلك مركز بحوث البناء والزجاج / دائرة
بحوث المواد /وزارة العلوم والتكنولوجيا .

كما أود أن أتقدم بالشكر إلى طلبة الدراسات العليا كافة في جامعة بابل /
قسم الفيزياء .

كما أعرب عن خالص شكري وامتناني إلى الأخ كفاح عبد الهادي لمساعدته في
طباعة الرسالة

الباحث

بسم الله الرحمن الرحيم

إقرار المشرفين على الرسالة

نشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة بـ " تحضير غازل حراري سيراميكي من مخلفات محطات توليد الطاقة الكهربائية ودراسة بعض خصائصه الفيزيائية والكيميائية " قد جرى تحت إشرافنا في قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة بابل ، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم المواد .

التوقيع :

المشرف : د. غالب عبد الوهاب الدهش

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : كلية العلوم للبنات / جامعة بابل

التاريخ / / ٢٠٠٥

التوقيع :

المشرف : د. فاضل عبد رسن الربيعي

المرتبة العلمية : مدرس

العنوان : كلية العلوم / جامعة بابل

التاريخ / / ٢٠٠٥

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءً على التوصيات المتوفرة أشرح هذه الرسالة للمناقشة

التوقيع

الاسم : د. طالب هادي قدوري

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ / / ٢٠٠٥

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة اطلعنا على الرسالة الموسومة بـ (تحضير عازل حراري سيراميكي من مخلفات محطات توليد الطاقة الكهربائية ودراسة بعض خصائصه الفيزيائية والكيميائية) وقد ناقشنا الطالب (فارس محمد علي الجعفري) في محتوياتها ووجدنا أنها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء .

رئيس اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. مهدي حسن سهيل

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ : / / ٢٠٠٥ م

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. عبد العزيز عبيد موسى

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ : / / ٢٠٠٥ م

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. عادل حبيب عمران

المرتبة العلمية : مدرس

التاريخ : / / ٢٠٠٥ م

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم : د. فاضل عبد رسن الربيعي

المرتبة العلمية : مدرس

التاريخ : / / ٢٠٠٥ م

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم : د. غالب عبد الوهاب الدهش

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ : / / ٢٠٠٥ م

مصادقة عمادة كلية العلوم

التوقيع :

الاسم : د. عودة مزعل ياسر

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ : / / ٢٠٠٥ م

جدول رقم (٤ - ٣) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان القدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										التردد (Hz)	التموج	المجموعة
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	K١	M١
٠.٧٦	٠.٨٧	٠.٩١	٠.٩٥	١.٠٤	١.٢٦	١.٤٦	٢.٠٨	٢.٤٨	٤.٣٢		عامل القدرة tanδ	
٥.٢٠	٥.٠٣٤	٥.٠٣١	٤.٩٦	٤.٦١	٣.٩٥	٣.٨٢	٢.٦٩	٢.٤٤	١.٥٣		عامل الفقدان ε''	
٣.٩٥٣	٤.٣٨	٤.٥٨	٤.٧١٨	٤.٨٠٢	٤.٩٨	٥.٥٨	٥.٦٠	٦.٠٧	٦.٦١		ثابت العزل الكهربائي ε'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٠٠	K٢	M١
٠.٧٣٦	٠.٨٥	٠.٨٨	٠.٩٢٥	١.٠٤	١.١١	١.٢٥	١.٣٣	١.٣٦	١.٤٣		عامل القدرة tanδ	
٦.٢٤	٥.٦٤	٥.٧٢	٥.٧٤	٥.١١	٥.١٨	٥.١٨	٥.٤١	٧.٨٦	١٢.٥		عامل الفقدان ε''	
٤.٥٦	٤.٨٠	٥.٠٤	٥.٢٨	٥.٣٢	٥.٧٦	٦.٤٨	٧.٢٠	١٠.٧	١٨		ثابت العزل الكهربائي ε'	

جدول رقم (٤ - ٤) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										التردد (C)	اسم التوزيع	اسم المجموعة
١	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٥٠	K٣	M١
٠.٣٢٣	٠.٣٤٧	٠.٤٢٣	٠.٤٦٢	٠.٥٨١	٠.٥٦٣	٠.٦٠٠ ١	١.٠٠١	١.١٥	١.٩١		عامل القدرة tanδ	
٣.٢٥	١٠.١٤	٩.١٤	٧.٨٤	٦.٦٨	٧.٣٣	٧.٠٥	٤.٣٤	٤.٤٠	٣.٢٥		عامل الفقدان ε"	
٣.٢٥	٣.٤٥	٣.٨٤	٣.٦١	٣.٨٨	٤.١١	٤.٢٣	٤.٣٤	٥.٠٦	٦.٢١		ثابت العزل الكهربائي ε	
١	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	K٤	M٢
٠.٩٣٠	٠.٩٣٨	١.٠٧	١.٠٠١	١.٠٢	١.١٨	١.١٩	١.٢٢	١.٢٧	١.٣٦		عامل القدرة tanδ	
٦.٨٢	٧.٠٦	٦.٦٠	٧.٥١	٧.٧٤	٧.٣٤	٨.٣٣	١٠	١٢.٥١	١١.٩٣		عامل الفقدان ε"	
٦.٣٥	٦.٥٧	٧.٠٧	٧.٥١	٧.٩٠	٨.٦٧	٩.٩٢	١٢.٢٠	١٥.٩٠	١٦.٢٣		ثابت العزل الكهربائي ε	

جدول رقم (٤ - ٥) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) $\times 10^3$										التأثير الترجيح (%)	التأثير الاسم	المجموعة الاسم
١٠	٩	٨	٧	٦ ^٣	٥	٤	٣	٢	١	١٣٠٠	K٥	M٢
٠.٦٤	٠.٧١	٠.٧٩	٠.٧٤	٠.٧٦	٠.٨١	٠.٨٢	٠.٨٤	٠.٨٨	٠.٩١		عامل القدرة tan δ	
١٠.٤٢	١٠.٧٠	٩.٩٧	١١.٥١	١١.٧٨	١٢.١٩	١٤.٣٩	١٦.٠٧	١٩.٧٧	٢٠.٣٥		عامل الفقدان E''	
٧.١٩	٧.٦٠	٧.٨٨	٨.٥٢	٨.٩٦	٩.٨٨	١١.٨٢	١٣.٥١	١٧.٤٠	١٨.٣٢		ثابت العزل الكهربائي E'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤ ^٣	٣	٢	١	١٣٥٠	K٦	M٢
٠.٤٧	٠.٥٧	٠.٦٨	٠.٧٥	٠.٨١	٠.٨٤	٠.٨٦	٠.٨٩	٠.٩٠	٠.٩٢		عامل القدرة tan δ	
٢٩.٣٦	٢٥.٠٦	٢٤.٢٦	٢٣.٦	٢٣.٠٨	٢٦.٣٣	٢٥.١٣	٢٥.٦٩	٢٦.٢٦	٢٦.٦٤		عامل الفقدان E''	
١٣.٨٠	١٤.٨٢	١٦.٥٠	١٧.٧١	١٨.٧٠	٢٢.١٢	٢٢.٤٨	٢٢.٨٧	٢٣.٦٤	٢٤.٥١		ثابت العزل الكهربائي E'	

جدول رقم (٤ - ٦) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										الترجيح التأيد (%)	اسم النموذج	اسم المجموعة
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	K٧	M٣
٠.١٧٠	٠.١٧٤	٠.١٦	٠.١٨	٠.٢٧	٠.٣٣	٠.٣٦	٠.٣٨	٠.٤٩	٠.٥٥		عامل القدرة tan ϕ	
١٩.٩٤	٢٠.٨٠	٢٤.٥٠	٢٣.١	١٣.٧٤	١١.٣٠	١١.٠٢	١١.١٥	١٢.٦	١٠.٤١		عامل الفقدان E''	
٣.٣٩	٣.٥٥	٣.٦٢	٣.٧١	٣.٧٣	٣.٩٧	٤.١٦	٤.٢٤	٥.٥٦	٥.٨٣		ثابت العزل الكهربائي E'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٠٠	K٨	M٣
٠.٤٩	٠.٥٨	٠.٥٧	٠.٦٥	٠.٦٠	٠.٦٦	٠.٦٣	٠.٧٥	٠.٧٧	٠.٨٢		عامل القدرة tan ϕ	
٩.٥٧	٨.٥١	٨.٧٦	٨.٨٧	٩.٨٠	١٠.١٥	٩.٤٣	٩.٥٤	١٢.٥	١٥.٢٤		عامل الفقدان E''	
٤.٦٩	٤.٩٤	٥.١١	٥.٦٨	٥.٩٢	٦.١٧	٦.٩١	٧.١٦	٩.٦٣	١٢.٥		ثابت العزل الكهربائي E'	

جدول رقم (٤ - ٧) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										الترجيح التليد (C°)	اسم النموذج	اسم النموذج
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٥٠	K٩	M٣
٠.١٠٨	٠.١٢٧	٠.١٢٩	٠.١٦٤	٠.١٠٨	٠.٢١	٠.٣٠٣	٠.٣٩	٠.٤٤	٠.٤٧		عامل القدرة tanδ	
٣٣.٠٠١	٢٨.٤١	٢٦.٧٠	٢٠.٥	٢٨.٧٥	١٦.٩	١٢.٠٦	١٠.٨٥	١٠.٨٦	١١.٧٤		عامل الفقدان ε''	
٣.٣٠	٣.٤١	٣.٢١	٣.٢٨	٣.١١	٣.٥٦	٣.٦٢	٣.٦٩	٤.٧٧	٥.٥٢		ثابت العزل الكهربائي ε'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	K١٠	M٤
٠.٧٥	٠.٧٧	٠.٧٩	٠.٨١	٠.٨٣١	٠.٩٠	٠.٩٢	٠.٩٣	١.٤٥	١.٦٣		عامل القدرة tanδ	
٩.٢١	٩.٥٤	٩.٥٨	٩.٥٩	١٠.٤٦	١١.٢٠	١١.٦٣	١٣.٤١	١١.٦٨	١٠.٧٣		عامل الفقدان ε''	
٦.٦١	٧.٣٥	٧.٥٨	٨.٢٥	٨.٦٩	١٠	١٠.٧	١٢.٤٨	١٦.٩٤	١٧.٥٠		ثابت العزل الكهربائي ε'	

جدول رقم (٤ - ٨) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										التردد (Hz)	التمونج الاسم	التمونج الاسم
١٠	٩	٨	٧	٦	٥ ^٣	٤	٣	٢	١	١٣٠٠	K١١	M٤
٠.٨٦	٠.٨٧	٠.٨٨٠	٠.٨٨٥	٠.٨٧	٠.٩٥	١.٠٠١	١.٠١	١.٠١	١.٠٥		عامل القدرة tan ϕ	
١١.٩٧	١٢.١٢	١٢.٧٧	١٤.٠٤	١٥.١٦	١٥.٣٦	١٦.٨٠	١٨.٠١	٢٥.٢٤	٢٨.٩٥		عامل الفقدان ϵ''	
١٠.٣٠	١٠.٦	١١.٢٤	١٢.٣٦	١٣.٧٦	١٤.٦٠ ١	١٦.٨٠	١٨.٢	٢٥.٥٠	٣٠.٤		ثابت العزل الكهربائي ϵ'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٥٠	K١٢	M٤
٠.٦٣	٠.٧٢	٠.٨٥	٠.٨٦	٠.٨٨	٠.٨٩	٠.٩٢	٠.٩٨	١.٨٧	٢.٤		عامل القدرة tan ϕ	
١٢.٤٤	١٢.٩٦	١٣.٥٠	١٣.٩٧	١٥.٣٤	١٦.٣٥	١٨.٤٧	١٩.٣٨	١٢.٠٣	٩.٧٥		عامل الفقدان ϵ''	
١٠.٢٢	١٠.٨٥	١١.٤٨	١٢.٠٢	١٣.٥	١٤.٥٦	١٧	١٩.١٠١	٢٢.٥١	٢٣.٤٠		ثابت العزل الكهربائي ϵ'	

جدول رقم (٤ - ٩) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) $\times 10^3$										التبديل الترجيح (%)	التبديل اسم	المجموعة اسم
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	K١٣	M٥
٠.٥٠	٠.٥٦	٠.٥٩	٠.٧٤	٠.٧٨	٠.٨٢	٠.٩٨	١.١	١.٢	١.٧		عامل القدرة tan δ	
٧.٧٠	٧	٦.٥٥	٥.٣٥	٥.٢٥	٥.١٩	٤.٤٣	٤.٦	٤.٥٧	٣.٤٢		عامل الفقدان ϵ''	
٣.٨٥	٣.٩٢	٣.٨٧	٣.٩٦	٤.١٠	٤.٢٦	٤.٣٥	٥.٠٦	٥.٤٩	٥.٨٣		ثابت العزل الكهربائي ϵ'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٠٠	K١٤	M٥
٠.١٩	٠.٢٠	٠.٣٢	٠.٣٤	٠.٣٩	٠.٤٨	٠.٥١	٠.٥٠	٠.٤٦	٠.٥٥٧		عامل القدرة tan δ	
١٩.٨	١٩.٦	١٢.٥	١٢.١	٥.٦٤	٨.٨٥	٨.٩٤	٩.٩٦	١٣.٦٣	١٣.٧٤		عامل الفقدان ϵ''	
٣.٧٨	٣.٩٢	٤.٠٣	٤.١٤	٢.٢٠	٤.٢٥	٤.٥٦	٤.٩٨	٦.٤١	٧.٥٦		ثابت العزل الكهربائي ϵ'	

جدول رقم (٤ - ١٠) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										التردد (Co)	اسم النموذج	اسم النموذج
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٥٠	K١٥	M٥
٠.٤٠	٠.٤٥	٠.٥٥	٠.٥٢	٠.٤٧	٠.٥١	٠.٥٣	٠.٤٧	٠.٥٣	٠.٦٦		عامل القدرة tanδ	
١٣.١٢	١٢.١٠	١٠.٤٣	١١.٢١	١٣.٠٩	١٣.١١	١٣.٥	١٧.٤	١٧.٦	١٨.٩٠		عامل الفقدان ε"	
٥.٢٥	٥.٤٨	٥.٧٤	٥.٨٣	٦.٥٤	٦.٦٩	٧.١٦	٨.٤٤	٩.٣٧	١٢.٥٠		ثابت العزل الكهربائي ε'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	K١٦	M٦
٠.١٤	٠.١٦١	٠.١٨٢	٠.٢٢٢	٠.٢٣	٠.٣٥٢	٠.٣٥٨	٠.٤٣	٠.٤٦	٠.١٥٢		عامل القدرة tanδ	
٢٨.٨٥	٢٥.٥	٢٣.٣	٢٠.٥٩	١٩.٨٦	١٣.٢	١٣.٧	١٢.١٣	١٤.٠٢	٥١.٤		عامل الفقدان ε"	
٤.٠٤	٤.٠٩	٤.٢١	٤.٥٣	٤.٥٧	٤.٦٢	٤.٨٢	٥.٢٢	٦.٤٥	٧.٧١		ثابت العزل الكهربائي ε'	

جدول رقم (٤ - ١١) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (M)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										التبديل الترجيح (%)	التبديل اسم	المجموعة اسم
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٠٠	K١٧	M٦
٠.٥٥	٠.٥٩	٠.٩١	٠.٩٧	٠.٩٩	٠.٨٥	٠.٧٤	٠.٦٩	٠.٨٧	٠.٩٢		عامل القدرة tanδ	
٢٢.٥	٢٢.١٥	١٥.٥٦	١٦.٤٨	١٨.٢٨	٢٠.٤١	٢٥.٩٤	٣٣.٠٧	٢٧.١٧	٢٦.٦		عامل الفقدان ε"	
١٢.٣٨	١٣.٠٧	١٤.١٦	١٥.٩٩	١٨.١٠	٢٢.٠٥	٢٢.٤٣	٢٢.٨٢	٢٣.٦٤	٢٤.٤٨		ثابت العزل الكهربائي ε'	
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٣٥٠	K١٨	M٦
٠.٦٢	٠.٦٥	٠.٦٧	٠.٧٢	٠.٧٦	٠.٧٨	٠.٧٧	٠.٨٣	٠.٨٩	٠.٩٤		عامل القدرة tanδ	
١٢.٠٠١	١١.٨٤	١١.٧٧	١١.٨	١٢.١	١٢.٢٣	١٥.٢٣	١٤.٧٣	١٨.٤٤	٢٢.٦٣		عامل الفقدان ε"	
٧.٤٤	٧.٧	٧.٨٩	٨.٥	٩.٢٠	٩.٥٤	١١.٧٣	١٢.٢٣	١٦.٤٢	٢١.٢٨		ثابت العزل الكهربائي ε'	

جدول رقم (٤ - ١٢) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (N)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										التموين (%)	الدرجة
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	N١
٠.٧٠	٠.٧٤	٠.٧٥١	٠.٧٧	٠.٧٦	٠.٧٩	٠.٨٠	٠.٨١	٠.٨٢	٠.٨٦		عامل القدرة tan δ
١٣.٧٠	١٣.٩٨	١٤.٨	١٥.٠٥	١٦.٠٣	١٧.٠٨	١٨.٨١	٢٠.٨٧	٢٥.٤٦	٢٦.٢٥		عامل الفقدان ϵ''
٩.٦٥	١٠.٣٥	١١.١	١١.٥٩	١٢.١٩	١٣.٥٠	١٥.٤٣	١٦.٩١	٢٠.٨٨	٢٢.٥٨		ثابت العزل الكهربائي ϵ'
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	١٢٥٠	N٢
١.٠٧	١.١٢	١.١٤	١.١٣	١.١٦	١.٠٩	١.١	١.٠٩	١.٠٧	١.٢١		عامل القدرة tan δ
١٠.٥٢	١٠.٨٢	١١.٢٦	١٢.٢٥	١٢.٩٩	١٥.٨٧	١٨.٤٥	٢٠.١٧	٢١.٤٥	١٩.٦		عامل الفقدان ϵ''
١١.٢٦	١٢.١٢	١٢.٨٤	١٣.٨٥	١٥.٠٧	١٧.٣	٢٠.٣٠	٢٢.٥٨	٢٢.٩٥	٢٣.٧٨		ثابت العزل الكهربائي ϵ'

جدول رقم (٤ - ١٣) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (N)

الترددات المستعملة (Hz) $\times 10^3$										التردد (Hz)	التموج اسم
١*١٠ ^٤	٩*١٠ ^٣	٨*١٠ ^٣	٧*١٠ ^٣	٦*١٠ ^٣	٥*١٠ ^٣	٤*١٠ ^٣	٣*١٠ ^٣	٢*١٠ ^٣	١*١٠ ^٣	١٢٥٠	N٣
٠.٩١	٠.٩٤	٠.٩٥	٠.٩٩	١	٠.٩٨	١.٠١	٠.٩٧	٠.٩٩	١.٢		عامل القدرة tan δ
١٨.٧٩	١٩.١٤	١٩.٤٧	٢٠.٤٢	٢١.٩٦	٢٢.٤	٢١.٨٠	٢٣.٨٧	٢٤.٢٥	٢١.١٢		عامل الفقدان ϵ''
١٧.١	١٨	١٨.٥٠	٢٠.٢٢	٢١.٩٦	٢٢.٠٢	٢٢.٦٩	٢٣.١٦	٢٤.٠١	٢٥.٣٥		ثابت العزل الكهربائي ϵ'
١*١٠ ^٤	٩*١٠ ^٣	٨*١٠ ^٣	٧*١٠ ^٣	٦*١٠ ^٣	٥*١٠ ^٣	٤*١٠ ^٣	٣*١٠ ^٣	٢*١٠ ^٣	١*١٠ ^٣	١٢٥٠	N٤
٠.٨٣	٠.٨٥	٠.٨٤	٠.٨٦٠	٠.٨٦٥	٠.٨٦٧	٠.٨٥	٠.٨٣	٠.٨١	٠.٨٩		عامل القدرة tan δ
٢.٨٩	٢.٩٤	٣.٠٨	٣.٣٢	٣.٤٨	٣.٨٦	٤.٣٧	٥.٠٩	٦.٥٥	٧.٥٩		عامل الفقدان ϵ''
٢.٤٠	٢.٥٠	٢.٥٩	٢.٨٦	٣.٠٠١	٣.٣٢	٣.٧٢	٤.٢٣	٥.٣١	٦.٧٦		ثابت العزل الكهربائي ϵ'

جدول رقم (٤ - ١٤) نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي وعاملي الفقدان والقدرة للمجموعة (N)

الترددات المستعملة (Hz) x ١٠ ^٣										التردد (Hz)	التموج الاسم
١*١٠ ^٤	٩*١٠ ^٣	٨*١٠ ^٣	٧*١٠ ^٣	٦*١٠ ^٣	٥*١٠ ^٣	٤*١٠ ^٣	٣*١٠ ^٣	٢*١٠ ^٣	١*١٠ ^٣		N٥
٠.٨٨	٠.٨٩	٠.٩٤	٠.٩٥	١.٠٢	١.٠٨	١.١٥	١.٢	١.٣	١.٧		عامل القدرة tanδ
٢٣.٧	٢٣.٨٢	٢٣.٨٧	٢٥.١١	٢.٤٥	٢.٥	٢.٦٠	٢.٧	٣.٠٢	٣.٠٩		عامل الفقدان ε''
٢.٣٢	٢.٤	٢.٦٤	٢.٧	٢.٨	٢.٨٥	٢.٩٨	٣.٢٤	٣.٩٣	٥.٠٩		ثابت العزل الكهربائي ε'
١*١٠ ^٤	٩*١٠ ^٣	٨*١٠ ^٣	٧*١٠ ^٣	٦*١٠ ^٣	٥*١٠ ^٣	٤*١٠ ^٣	٣*١٠ ^٣	٢*١٠ ^٣	١*١٠ ^٣	١٢٥٠	N٦
١.٢	١.٠٥	١.١٢	١.١٢	١.١٤	١.١٤	١.١٥	١.١٦	١.١٦	١.١٨		عامل القدرة tanδ
١٠.١٦	٦.٩٨	٤.٣٣	٢.٣٤	٢.٤٥	٤.٨٧	٣.٥٧	٢.٦٨	٢.٨٩	٣.٠٧		عامل الفقدان ε''
٢.٦٣	٢.٨٠	٣.١٢	٣.٣٦	٣.٦٣	٤.١١	٤.٨٦	٥.٥٦	٧.٣٣	١٠.١٦		ثابت العزل الكهربائي ε'

الفصل الأول المقدمة Introduction

(١-١) الحراريات (Refractory) :

هي مواد تستخدم في مختلف أنواع الأفران المصنعة . إذ تكون لها قابلية للعزل الحراري بدرجات حرارية مرتفعة , ولها القابلية على المحافظة على خواصها تحت تأثير الظروف التشغيلية . إذ تعمل أجهزة الحراريات فوق ١٠٠٠ م° (١) .

والحراريات هي مواد تقاوم تأثير حرارة المحيط باحتوائها طاقة حرارية للمعادن , وأنواع الحراريات المستخدمة في التطبيقات العملية يعتمد على المستلزمات الحرجة للاستخدام (٢) .

(٢-١) أنواع الحراريات (Types of Refractory) :

يمكن تقسيم الحراريات إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي

(١-٢-١) الحراريات الحامضية (Acid Refractories) :

وهي الحراريات التي تكون ثابتة اتجاه الحوامض ولكنها تتفاعل مع القواعد . وتشمل الأنواع الآتية (٤,٣)

(١-١-٢-١) طابوق السيلكا العالي الجودة (High - Quality Silica) :

إن المادة الأساسية لتصنيع هذا النوع من الطابوق يجب أن يحتوي على الأقل ٩٧ ٪ من SiO_2 ومحتويات أخرى وكذلك Al_2O_3 التي يجب أن تكون على الأقل ١٪ وتحتوي على نسبة قليلة جدا من الفلزات القلوية بنسبة ٠.٣ ٪ ومن جانب آخر فالمواد التي تصنع هذا الطابوق تتألف بصورة أساسية من الكوارتز ونسب قليلة من السيليكات الحاملة للقلويات مثل الفلدسبار وغيره (٥) .

(٢-١-٢-١) حراريات سيليكات الالومينا (Alumino-Silicate Refractory) :

تصنع هذه الحراريات من الطين الناري الذي أساسه $(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$ والذي هو المادة الخام التي تقاوم درجات الحرارة العالية من دون أن تنصهر الاطيان النارية التي تختلف فيما بينها في نسبة الكاؤولين ومن نسبة قليلة من الأكاسيد مثل أكسيد الحديد والبيوتاسيوم (٤, ٦) .

(٣-١-٢-١) الطابوق السيليكوني (Silicon Bricks) :

يصنع هذا الطابوق عادة من حجر كوارتيزي حبيبي تسحق مادته الخام وتطحن ثم تصنف الى اجزاء خشنة ومتوسطة وناعمة بالنخل ويصنع الخليط الناتج باخذ نسب معينة من هذه الاجزاء ليعطي الكثافة الاكتضائية المثالية ويضاف الماء ليعطي طينا ذا قوام لزج . ويضاف ١.٥ ٪ تقريبا من الجير المطفى وكمية من محلول الكبريتيد القلوي وينتج الكلس . بعد ذلك يجفف ويحرق وتعد عملية الحرق عملية طويلة بالنظر الى خطورة تعرض المادة الى الكسر عند المرور بدرجة الحرارة الانقلابية الطورية (٦) .

(٤-١-٢-١) طابوق السيلكا (Silica Bricks) :

يحتوي طابوق السيلكا الاعتيادي على حوالي (٩٥ - ٩٦) ٪ من SiO_2 وكذلك كميات ضئيلة من الالومينا وشوائب اخرى من اطيان مصاحبه وتزداد مقاومته للحراره عند ازالة الشوائب , حيث تغسل الصخور المستعملة لازالة الطين العالق مما يؤدي الى الحصول على طابوق السيلكا بقدره وكفاءة اداء اعلى (٦) .

(٥-١-٢-١) حراريات الطين النارية (Fireclay Refractories)

تتراوح نسبة الالومينا في هذا النوع من الحراريات بين (٣٠-٤٥) ٪ اما الباقي فهو سيليكاساساسا مع كمية ضئيلة من اوكسيد الحديد الكلس والمنغنيسيا والقلويات (٧) . وتزداد مقاومتها للحراره كلما زادت نسبة الالومينا ولكن بشكل عام في حدود (١٦٠٠ - ١٧٠٠) م° وحيث تعود متانة الحرق في حراريات الطين الناري الى الاصره الزجاجية فانها تتحمل الثقل بصورة جيدة في درجات الحرارة العاليه واقصى درجة حرارة تشغيل لها اقل من درجة مقاومتها للحرارة (٥ ، ٦) .

(٦-١-٢-١) حراريات السليمينات (Silimantic Refractories) :

وهذه تصنع من سليمينات واندالوست (silimantie , andalusate) وكلها لها صيغة $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ واذا كانت نقيه فتحتوي على ٦١ ٪ الومينا ودرجة انصهارها ١٨٥٠ م° ويمكن ان تستعمل كمواد مقاومة للحرارة الى حد حوالي ١٧٠٠ م° (٦ ، ٨) .

(٧-١-٢-١) حراريات الميولايت (Mullie Refractories) :

ان صيغة الميولايت هي $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ يحتوي على ٧٢ ٪ من Al_2O_3 ودرجة مقاومته للحراره هي (٨١٠ - ١٨٥٠) م° . ان الحراريات المشكله من هذه المواد تكون لا

مقاومة جيدة للصدمة الحرارية (٣ , ٦) . يصنع طابوق المولاييت بصهر المادة الغنية بالالومينا مثل البوكسايت مع الطين او رمل السيليكا بنسب تعطي تركيب الميولاييت وتستعمل حراريات الميولاييت كثيرا في معامل الزجاج (٦) .

(١-٢-٨) حراريات الالومينا (Alumina Refractories) :

تحتوي هذه الحراريات على (٩٠-١٠٠) من مادة الالومينا Al_2O_3 وتصل درجة انصهارها الى حد $2050^{\circ}C$ وتتراوح درجة حرارة التشغيل القصوى لها بين (١٧٠٠ - ١٩٠٠) $^{\circ}C$ التي تعتمد على نسبة الالومينا في المحتوى (٦) . ويمكن الحصول على محتوى الالومينا في هذا المدى الحراري باضافة الالومينا الى المواد الغنية بالالومينا اصلا مثل الكابينايت . ان هذه الحراريات تكون ذا مقاومة شديدة للحرارة وصلابة ومتانة ميكانيكية عالية ومقاومة للصدمات الحرارية ومقاومة للتفاعلات الكيميائية (٥ ، ٦) .

(١-٢-٢) الحراريات المتعادلة Natural Refractories - :

وهي الحراريات التي تكون ثابتة كيميائيا اتجاة الحوامض والقواعد وتشمل الانواع الاتية (٣)

(١-٢-٢-١) حراريات الكروماتية (Chromatic Refractories) :

هو المعدن المؤلف من اوكسيد الحديد والكروم ويمكن استعماله كحاجز بين الحراريات الحامضية والقاعدية لمنع التفاعل المتبادل بينهما وتصنع هذه الحراريات من كروميت الحديدوز الذي يتواجد في الطبيعة ($FeO.Cr_2O_3$) يحتوي على ٣٢ ٪ من اوكسيد الحديدوز و ٦٨ ٪ من اوكسيد الكروم ولكن غالبا ما يحل المغنسيوم محل الحديد والالمنيوم ، والحديدك محل الكروم للحصول على الكروميت كما تستعمل هذه الحراريات في تبطين افران صهر الفلزات (٧ ، ٨) .

(١-٢-٢-١) حراريات الكروم - مغناسايت (Chrome-Magnesite Refractories) :

عند اضافة كاربونات المغنسيوم الى خام الكروم ينتج مادة تمتاز بقابلية تحملها للانتقال افضل من كاربونات المغنسيوم وتكون نوعية الطابوق معتمدة على كمية الكروم المضافة ، أي انة (كروم - مغناسايت نسبة الكروم اكثر من ٥٠ ٪) تركيبها الكيميائي ($Cr_2O_3.MgCO_3$) ، (مغناسايت - كروم نسبة الكروم اقل من ٥٠ ٪) تركيبها الكيميائي ($MgCO_3.Cr_2O_3$) (٦ ، ٩) .

(٣-٢-٢-١) حراريات اوكسيد الزركونيوم (Zirconia Refractories) :

يوجد هذا الاوكسيد (ZrO_2) في الطبيعة على نطاق ضيق ولكن يمكن الحصول عليه عادة من مادة سيلكات الزركونيوم (Zircon) (١٠) . ولهذا الاوكسيد درجة انصهار (٢٧٠٠) °م وهو رديء التوصيل للحرارة ويستعمل كمادة مقاومة لدرجات الحرارة العالية , وحيث انه لا يبتل بالعديد من المعادن المنصهرة فانه يستعمل لصنع البوادر المقاومة للحرارة ويطلق الفرن عادة بطبقة دقيقة من اوكسيد الزركونيوم ويكون هذا الاوكسيد مستقرا عند اضافة الجير الذي ينتج بلورات لاتعاني تحولا (٦) .

(٤-٢-٢-١) كاربيد السيلكون Silicon Carbide Refractories :

يصنع كاربيد السيلكون او الكاربوندم بتسخين رمل السيلكا وفحم الكروك معا وهو مادة حرارية صلبة جدا ذو قدرة تحمل ميكانيكية جيدة في درجات الحرارة العالية ومستقره كيميائيا ونظرا لصلابته العالية فانه يستعمل لاغراض التنعيم ولكونه مادة جيدة التوصيل للحرارة فقد اصبح مناسباً في الافران والقضبان الحرارية . كما يستعمل كمادة لاقطاب التسخين للافران الكهربائية (٣) .

(٥-٢-٢-١) حراريات الكرافيت Carphite Refractories :

يتواجد الكرافيت طبيعياً على شكل كاربون رخو ولكنه مقاوم جيد للحرارة ويقاوم بشدة التفاعلات الكيميائية كما يبدي ميلا للتأكسد في درجات الحرارة العالية الى ثنائي اوكسيد الكاربون (٦) . وهو موصل جيد للكهربائية وتمده الحراري منخفض كما ان مقاومته للصدمة الحرارية جيدة ومتانة عالية وتزداد بزيادة درجة الحرارة (١٠) . ولتعدد الصفات غير الاعتيادية فيه اصبح الكرافيت مؤهلاً للعديد من الاستعمالات منها في صنع البوادر والقوالب , كما ان خصائصه الكهربائية تجعله ملائماً لانتاج الاقطاب والفرشاة المستعملة في المحركات الكهربائية (٦) .

(٣-٢-١) الحراريات القاعدية Base Refractories :

هي الحراريات التي تكون ثابتة اتجاة المواد القاعدية ولكنها تتفاعل مع الحوامض وتشمل الانواع الاتية

(١١,٦,٣)

(١-٣-٢-١) حراريات المغنيسيت (كاربون المغنسيوم) (Magnesite Refractories) :

المغنيسيت هو الاسم الشائع لكاربونات المغنسيوم التي تتكون كخليط من كاربونات الدولمايت ($MgCO_3 - CaCO_3$) وكاربونات المغنسيوم والكالسيوم التي تتحلل بالتسخين بدرجة حرارة اعلى من ٨٠٠ درجة مئوية الى اوكسيد المغنسيوم (٦) . يعد اوكسيد المغنسيوم المكون الرئيسي لكاربونات المغنسيوم الحرارية كما يمكن الحصول عليه من مصادر اخرى غير الكاربونات مثلا من معدن البروكيت (هيدروكسيد

المغنسيوم ($Mg(OH)_2$) او من املاح المغنسيوم (الكلوريدات والكبريتات) التي يمكن الحصول عليها من ماء البحر وتتم هذه العملية بتفاعل ماء البحر الذي يحتوي على ٢ باون (MgO) لكل ١٠٠ غالون مع مصدر قلوي عادة بقاعدة كلسية لترسيب ($Mg(OH)_2$) من المعتاد استعمال CaO الكلس والدلوم ($CaO.MgO$) (٦). يسحق الحجر ويغسل ويذرج ويكلسن في افران دواره عند (١٤٠٠ – ١٥٠٠) °م لانتاج كلس او دولوم متفاعل

(١-٢-٣-٢) الكلس (CaO Lime) :

الكلس النقي CaO تصل درجة انصهاره الى ٢٦٠٠ °م ومقاومته العالية للخبث الى حد ما ومع ذلك لا يستعمل كمقاوم رئيسي الحرارة وذلك بسبب القابلية العالية للهدرجة مكونا هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) عند درجة حرارة ٢٣٥٠ °م وكن باضافة مواد مقاومة للهدرجة يمكن انتاج طابوق مقاوم للصهر . حيث يستعمل اوكسيد الحديد لزيادة مقاومة الهدرجة او التسخين في ثنائي اوكسيد الكربون لتشكيل طبقة كربونيت واقية (١٢ ، ١٣)

(١-٢-٣-٣) حراريات اوكسيد البريليوم ($BerylliumoxideRefr(BeO)$) :

يمكن الحصول على اوكسيد البريليوم من معدن البيريل ($3BeO.Al_2O_3.6SiO_2$) وبالنظر لمقاومته للحرارة والتفاعلات الكيميائية ولقاومته الجيدة للصدمات الحرارية فانه يستعمل في تطبيقات الحراريات الخاصة ليدخل في تصنيع اجزاء الصواريخ والقذائف الموجهة والبوداق التي تستعمل لصهر المعادن . ويمكن تشكيله بالكبس الحار والكبس الجاف والصب الانزلاقي ولكن ينبغي الانتباه عند تداول هذه المادة لانها سامة (٦).

(١-٢-٣-٤) حراريات الدولميت ($DolomiteRefractories$) :

الصيغة الكيميائية للدولمايت هي $CaMg (CO_3)_2$ واغلب الدولمايت تتكون من احلال ايونات المغنسيوم محل الكالسيوم في الرواسب الكلسية والجيرية نتيجة للامسة المياة الغنية بايون المغنسيوم . هذا النوع هو الدولميت (الثانوي) يتميز ببلوراته الخشنة , ووجود التجايف والفتحات الناتجة من اثار تفاعل المغنسيوم مع كربونات المغنسيوم (٦ ، ١٤) . ويستعمل الدولميت في الافران المفتوحة وافران معامل الصلب الاوكسجينية والافران الكهربائية واحواض مولدات الزجاج , كما يستعمل في مغارف ازالة الكبريت في مصانع صهر الحديد ومصانع صهر الفولاذ (٦) .

Refractories Applications (٣-١) تطبيقات الحرايات

لضمان الحماية من الحرارة (Service condition of heat) والتاكل الجوي (Corrosion atmospheres) وتاكل الجريان الحاملة للجسيمات المحتكة , يتطلب استخدام الحرايات وفي مختلف الاماكن (١٥ , ١٦) . لذلك فاستخدام الحرايات هي خطوة متميزة في تحسين البطانات الحرارية , اذ ان اقدم التصاميم في اغلب الاحيان تستخدم عوازل حرارية من الحرايات الخفيفة الوزن , غالبا ما تقام شبكات فولاذية سداسية لمقاومة التأثير الفيزيائي لجريان الغازات العالية السرعة والحرارة العالية . اما التصاميم الحالية للحرايات فتستخدم في مناطق واسعة وهي طبقة واحدة من العوازل الحرارية التي تمتاز بقوة خواصها الفيزيائية (Strength properties) وخفة وزنها (light wight) وكثافة المنتج (dense production) واذا فالتركيب الحراري يعتمد على التصميم (design) والمواد الرابطة (anchorage) ونوع المواد ومهارة التصنيع والقولبة (١٣ , ١٥) وفي هذا الجزء سوف نوضح ابرز استخدامات للحرايات وهي :-

(١-٣-١) استخدام الحرايات في الصناعات الحديدية والفولاذية :

(Use of refractory in the iron and steel industry)

ان انتاج الحديد والفولاذ يستهلك حوالي ٧٠٪ من المجموع الكلي لصناعة الحرايات

(٢-٣-١) استخدام أفران الصهر في الصناعات الحديدية :

(Use of the blast furnace- iron making)

على الرغم من المنافسة المستقبلية باتجاه تقليل عمليات انتاج افران الصهر ولكنة يبقى ولعدة سنين النوع الرئيس من الافران لانتاج الحديد (لصناعة الحديد) . اذ انة وفي الوقت الحالي باتجاه تشييد (بناء) اكبر افران تستخدم درجات حرارية عالية وزيادة في كمية الاوكسجين للصهر وقمة في الضغط , كل هذه الشروط هي اسباب رئيسه حرجة في بناء الحرايات من هذا النوع (٣) . ان فرن الصهر يكون من اسطوانات فولاذية مستدقة ممتدة مع المعدن الحراري المنتج بمختلف الاشكال (١٣) . ويتم تغذية الفرن من الأعلى الذي ربما يكون طولة حوالي ٣٦ م (٣) .

(٣-٣-١) استخدام الحرايات في افران صهر صناعة الفولاذ :

(Use of refractory in the blast furnaces – steel making)

الفولاذ يصنع بواسطة تكرير (refining) وقولبة (modifying) الحديد المنتج في افران الصهر الحديدية الموصوفة اعلا . فهناك اعداد كبيرة من مختلف انواع افران الصهر التي تعتمد في عملها على اساس ومبادئ الكيمياء الفيزيائية (Physicochemical principle) في صناعة الفولاذ (٣ , ١٢) .

(٤-٣-١) أفران المواقد المفتوحة (Use of refractory in the open – hearth furnaces) :

هناك نوعان رئيسيان من افران المواقد المفتوحة ١- الثابتة Fixed ٢- المزودة بغطاء Tilting . الافران الثابتة هي الغالبة وتستخدم عادة الحرارة مع الغاز او الزيت . اما النوع الاخر المزود بغطاء تصنع لاجل عمل المواقد التي تميل او تنحدر (Inclined) بـ (١٥ – ٣٥) درجة (٣) .

(٥-٣-١) استخدام الحرارية في الافران الفولاذية الكهربائية :

(Use of Refractory in electric steel furnaces)

الأفران التي يكون فيها مصدر الحرارة لصهر الفولاذ كهربائيا هي نوعان رئيسيان :-

١- الأقواس الكهربائية (Electric – arc) هي التي يكون فيه القوس مغلقا (struck) بين اقطاب الكرافيت – حراريات الكربون المتجانسة .

٢- الأفران الحثية (Induction furnaces) وهي التي يكون فيها التيار المتناوب يمر خلال الملفات

المحيطة بالبودقة (Crucibles) المحتوية على شحنات الصهر فالتيارات المحتثة في المعدن

المشحون سوف تنتج حرارة كافية لانصهار المعدن (٣ ، ١٧) .

(٦-٣-١) استخدام الحرارية في الصناعات الخالية من الحديد :

(Use of Refractory in non – ferrous metals making)

اقل من ١٠ ٪ من كل انتاج الحرارية في العالم مستخدم في إنتاج أفران مواد خالية من الحديد مثل

النحاس ، النيكل ، الزنك والقصدير والرصاص والألمنيوم والمغنسيوم ومركبات أخرى . إن استعمال الحرارية

للانصهار والتكرير لهذه العناصر حرج جدا . لذا فتطور الافران الجديدة وتقنيات الانصهار هي مسميات

جديدة في تطور تقنية الحرارية (١٨) .

(٧-٣-١) استخدام الحرارية في الأفران الأسمنتية :

(Use of refractory in cement furnaces)

الحراريات المستخدمة في هكذا افران تكون انبوبية الشكل (tubeler) ابعادها حوالي ٦ فوت قطريا

و ٥٠٠ فوت طوليا (١٩) . والمواد الاولية في تكوين هذه الافران تميل الى ان تكون معادن طينية

(clay – minerals) ومعادن كلسية (lime – minerals) التي اما تخرج طينية القوام (slurry)

او جافة (dry) والتي تغذى من احد نهايتي الفرن الدائري . (٣) اما الوقود مثل مسحوق الفحم

(powder coal) أو الزيت أو الغاز فيحرق من النهاية الاخرى للفرن لذلك فالغازات الحارة تتحرك باتجاه

معاكس للمواد الاولية . والفرن يكون منحدرًا قليلاً باتجاه افقي (٣ ، ٢٠) .

(٨-٣-١) استخدام الحرارية في صناعة التنور السيراميكي :

(Use of refractory in ceramic kilns)

لكي نبني التنور السيراميكي يتم تحويل المواد الأولية الى معادن سيراميكية التي تفهم بشكل اساسي على التفاعلات الكيميائية الفيزيائية المعقدة (complex physicochemistry reaction) التي تحدث خلال عملية التسخين (١٠) .

(٩-٣-١) استخدام الحرارية في العمليات التكريرية والبتر وكيميائية :

(Use of refractory in refining & petrochemical operation)

وحدات التكرير والوحدات البتروكيميائية في اماكن متنوعة تعمل بدرجات حرارية تتراوح بين (١٣٠٠ - ٣٢٥٠) درجة مئوية فوحدات الموائع المحفزة للكسر (fluid catalytic cracking unit) ووحدات الامونيا ووحدات تكرير النفط (naphtha reforms) يجب ان تحتوي على بطانات مناسبة لحماية الانابيب وجدران الافران من العمليات التي تحتوي حراره والتاكل والصدأ . لذلك فهذه الوحدات يجب ان تستخدم معادن الحرارية والجدول رقم (١-١) يوضح ملخصا لبعض الاستعمالات الرئيسية للحراريات في وحدات التكرير والصناعات البتروكيميائية (١٣ ، ١٥) .

جدول رقم (١-١) ملخص لبعض استعمالات الحرارية في الصناعات النفطية والتكرير (١٣)

UNIT	CONDITION	REFRACTORY TYPE
FCCU vessels	٤٨٤ °C - ٦٨٤ °C mild erosion , oxidation or reducing atmospheres	One- shot inring on independent anchors
Cyclones ,catalyst transfer lines & slid valves	٢٨٤ °C - ٦٨٤ °C extreme erosion	Special erosion - resistant constables .
Naphtha reforms	٤٨٤ °C , Low to moderate erosion , high - hydrogen atmosphere	Insulating concrete (low iron) protected by a stainless steel shroud or a layer of dense low - iron concrete .
Other H _٢ producing unit	٩٨٤ °C - ١٤٨٤ °C , High - hydrogen atmospheres	Super - duty brick or cast able of low silica content .
Incinerators & Dutch oven	٩٨٤ °C - ١٣٨٤ °C , ASH ATTACK , mechanical or thermal spalling	Super - duty brick , plastic or special high temperature cast able over insulating cast able .

تناولت دراسات وبحوث عديدة في مجال التقييم الميكانيكي والفيزيائي للحراريات في نهاية القرن الماضي وما زالت مستمرة بهدف الوصول الى مواصفات متقدمة في الصناعة المطلوبة وسنورد فيما يلي ماتوافرت لدينا من هذه الدراسات :-

١- درس الباحث (**Dinsdale, ١٩٦٧**) وجماعته (٢١) بعض الخصائص الميكانيكية لنماذج اختبار حرارية وسيراميكية من مواد (الكاولين ورمل الزجاج والالومينا) بهدف تحديد العوامل التكنولوجية حيث درس بعض العوامل التركيبية في المادة كالمسامية والحجم الحبيبي ووجد ان المقاومة الميكانيكية للنماذج الملبدة تزداد بزيادة زمن الطحن الذي يعمل على تغيير الكثير من الخواص الميكانيكية .

٢- درس الباحثان (**khandelwal & cook, ١٩٧٠**) (٢٢) تأثير اضافة الالومينات في التركيب البلوري للحراريات الحامضية وخواص المنتج النهائي والنتائج أظهرت زيادة كبيرة في المقاومة الحرارية عند استبدال الفلنت بالالومينا وزيادة محتوى الالومينا في الحراريات .

٣- درس كل من الباحثان (**Glandus & Boch, ١٩٨٤**) (٢٣) تأثير المسامية على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للحراريات ووجد ان تلك الخواص تعتمد على المسامية ومدى واسع اذ يتناقص معامل المرونة بشكل تام تدريجيا عندما تزداد المسامية وان حجم المسامية عامل اكثر اهمية من كمية المسامية .

٤- درس الباحث (**Chappell, ١٩٨٦**) (٢٤) وجماعته تأثير حجم الحبيبات في معدلات التليد في الحراريات كما في المواد السيراميكية بينوا رياضيا ان معدل التليد يعتمد على اللوغاريتم الطبيعي لتوزيع حجم الحبيبات ؛ أي ان امكانية عملية التليد على تكوين اندماج بين الحبيبات يتناقص عند استعمال توزيع واسع لحجم الحبيبات .

٥- درس الباحثان (**Tomizaki & Sugiyama, ١٩٩٥**) (٢٥) تأثير الحجم الحبيبي في الحراريات عالية السيلكا اذ وجد ان الحجم الحبيبي للصخر السيلكوني له تأثير في الخواص الميكانيكية والفيزيائية للحراريات .

٦- درس الباحث (أنعمي ، ١٩٩٦) (٢٦) تأثير نوعية السليكا في الصفات الميكانيكية والفيزيائية للحراريات واستعمل لذلك نموذج الرمل السيليكي بثلاثة احجام مختلفة مع الكاؤولين ، حيث اظهرت النتائج تحسن الصفات الفيزيائية والميكانيكية كلما قل الحجم الحبيبي .

٧- درس الباحث (Nakahara , ١٩٩٨) وجماعته (٢٧) تأثير الحجم الحبيبي للكاؤولين في عملية التلييد والخواص الفيزيائية للحراريات عالية الالومينا حيث وجدوا ان فعالية التلييد تتحسن باستعمال مسحوق كاؤولين ناعم وذلك بسبب الانتشار وتقدم التفاعل اثناء عملية الحرق . ومساحيق الكاؤولين الناعمة اعطت تناقضا في المسامية وبذلك فان مقاومتها تزداد .

٨- وقام الباحثان (R.STONIS , Hoberies , ٢٠٠١) (٢٨) باستعمال مخلوط ربط يتكون من خليط من مواد مقوى بـ (high - alumina) لربط السمنت حيث استعملت لتحضير مادة عازلة حراريا اساسا على الطين الناري .

٩- درس الباحث (الشمري ، ٢٠٠٤) (٦) تأثير المعاملة الحرارية في الخواص الميكانيكية للمونة الحرارية المستعملة في افران الصهر . حيث استعمل المواد الاولية الكاؤولين والسيليكا والالومينا وكاربيد السيلكون وسمنت الكالسيوم الالوميني ومانع الاختراق في تحضير بطانة الافران .

(٥-١) هدف البحث :-

يهدف البحث إلى دراسة امكانية استخدام مادة اسود الكربون الماخوذه من محطة المسيب الكهربائية كنتاج عرضي لمولدات الطاقة الكهربائية والكاؤولين العراقي والالومينا ورمل زجاج ارضمة في تحضير نماذج سيراميكية لتحقيق الخواص العزلية الحرارية والكهربائية والميكانيكية عامة ودراسة كفاءة مقاومتها للحوامض والقواعد وصولا الى تأمين الجهد البحثي باتجاه المواصفة الصناعية . حيث إن تحقيق هذه الخواص يعني إمكانية استخدام مثل هذه المواد في صناعة الحراريات واستثمار هذه الموارد .

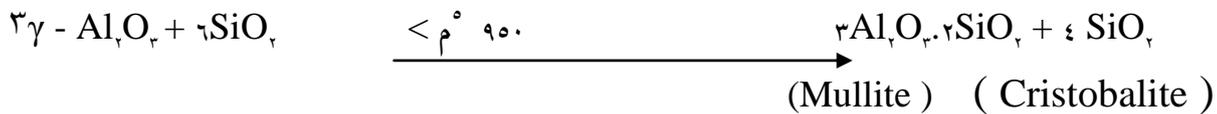
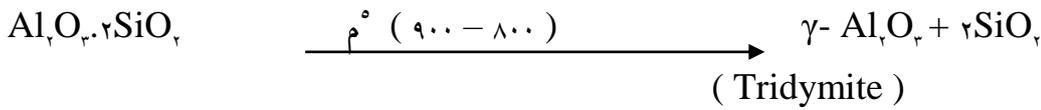
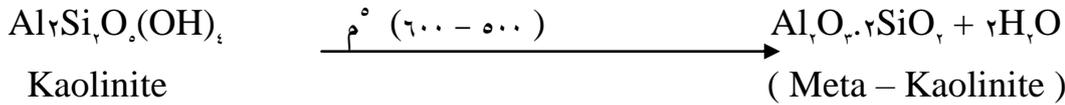
الفصل الثاني الجزء النظري Theoretical Part

Covering Phase For Refractory (١-٢) التحولات الطورية للحراريات

تعتمد التحولات الطورية الكيميائية التي ترافق عملية الحرق على كثير من العوامل منها توزيع الحجم الحبيبي (partical Size) والتركيب الكيميائي (Chemical Structure) ودرجة الحرارة وزمن الانضاج عند الدرجة القصوى ومحيط التسخين (٢٩) .

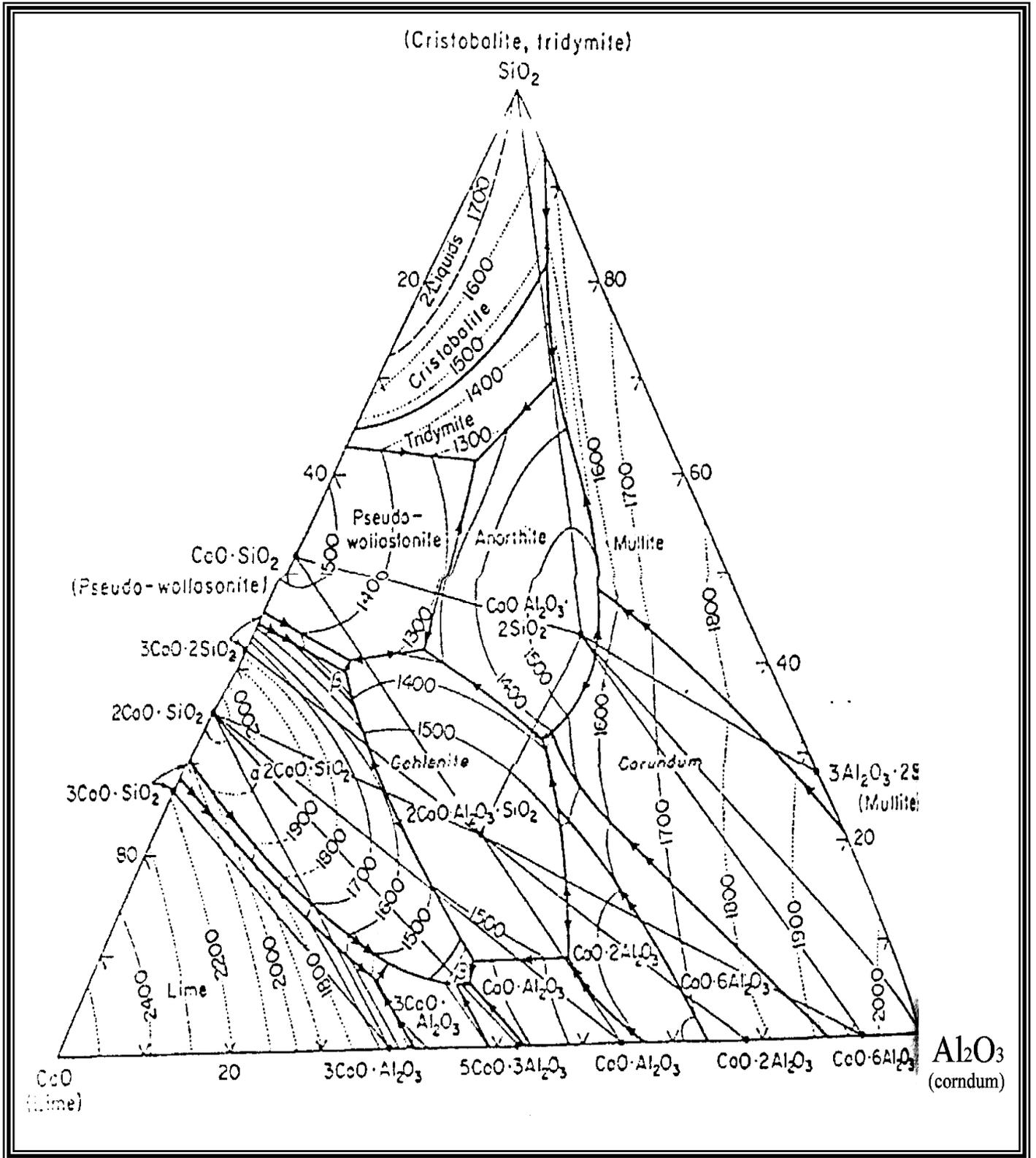
وخلال هذا التحول تظهر عدة تفاعلات كيميائية وتغيرات فيزيائية , ويحدد ناتج هذه التفاعلات خواص المنتج كالكتافة (Density) والمسامية (Porosity) وامتصاص الماء (Water Absorption) و معاملات الكسر والانكماش (Modules of fracture & Shrinkage) اذ انها جميعا ترتبط بنوع الاطوار التي يمر بها المنتج خلال عملية الحرق (٣٠) .

يمكن وصف هذه التحولات الطورية بالمعادلات الكيميائية الاتية :



أن المولاييت والكرستوبولايت هما المركبان الوحيدان اللذان يبقيان ثابتين حتى درجة حرارة ١٤٠٠ م° تقريبا إذ إن العمليات التي تحدث خلال عملية الحرق للمنتجات الطينية السيراميكية هي مرحلة تكون الطور

الزجاجي (Verification) . وعملية النمو الحبيبي (Grain Growth) وعملية التليد (Sintering Process) (٣١،٢٩) كما موضح في الشكل (١-٢) .



شكل رقم (١-٢) يوضح منحنى التحولات الطورية لنظام (SiO₂-Al₂O₃-CaO) (٢٩).

(٢-٢) التوصيلية الحرارية

Thermal Conductivity

إن التوصيلية الحرارية هي مقياس لعملية الانتقال الحراري عبر المادة ، والذي يعطى بالعلاقة $(d Q/ dt) = -KA (d T/ dx)$ حيث ان قياس التوصيلية الحرارية للنماذج على شكل قرص قطره كبير نسبة الى سمكه فعند وجود تدرج حراري $(d T/ dx)$ خلال وسط مادي بالاتجاه X فالتيار الحراري الناتج من الفرق في درجات الحرارة خلال مساحة المقطع العرضي العمودية لانسياب الحرارة A . حيث ان الاشارة السالبة تعني ان انسياب الحرارة يكون باتجاه الاقل كما انه يفيد في جعل قيمة K موجب. ان الخواص الفيزيائية التي تاخذ جهدا كبيرا والتي تكون ذات اهمية لخواص المواد السيراميكية هي الخواص التي ترتبط بصورة مباشرة بتغير سلوك المادة مع تغيير درجات الحرارة ومنها خاصية التوصيل الحراري (٣٢) . ويمكن ايضا ان تعرف التوصيلية الحرارية على انها كمية الحرارة المنتقلة خلال وحدة المساحة للمادة لوحدة السمك ولوحدة الفرق في درجة الحرارة على جهتي المادة في وحدة الزمن (٣٣) . وتعرف أيضا على انها الحساب النسبي لقابلية المادة لتشتيت الحرارة (٣٤) .

ان المواد السيراميكية لها مدى واسع لقيم التوصيلية الحرارية بالمدى المعروف (٣.٠٦٥ X ١٠^{-١٢} - ٩.١٩٥ X ١٠^{-١٢}) جول / نانومتر . ثا . كلفن) حيث أن أعلى توصيلية هي للمواد عالية الكثافة والمواد ذات الطور الواحد (Signal Phase) . اما المواد ذات التركيب المعقد (complex Matrix) او المواد ذات التركيب المسامي والتي تعد ذات طورين ايضا فانها تمتلك توصيلية اقل مما في النوع الاول وهي حوالي (٣.٢١٥ X ١٠^{-١٣}) (جول / نانومتر . ثا . كلفن) (٣٢) .

ان التوصيلية الحرارية تنتقل بربع اليات مهمة وهي الاشعاع والحمل والشبكية (فونون) وتوصيلية الالكترن (٣٥ ، ٣٦) . ان من الطرائق العملية المتبعة لحساب قيمة التوصيلية الحرارية للمادة الصلبة العازلة هو تعريض احد اوجه النموذج لمصدر حراري وحساب درجة الحرارة عند الوجه المقابل . حيث توضع العينة في انحدار حراري حتى يتم توازن انسياب الحرارة الواصلة الى الوجه الاخر وبذلك يتم حساب الخواص الحرارية بحساب العوامل المؤثرة (٣٧) . وبصوره عامه يلاحظ ان هناك زيادة في قيم التوصيلية الحرارية مع زيادة درجة الحرارة في المنطقة التي دون درجة الانتقال الزجاجي (T_g) وهي الدرجة التي تتحول فيها المادة المتراكبة الى الطور الزجاجي وهو احد اطوار مرور المادة المتراكبة خلال عملية التلييد وحسب مكونات المادة المتراكبة ، ولكن فوق درجة تالانتقال الزجاجي (T_g) فان التوصيلية الحرارية تبدأ بالنقصان مع زيادة درجة الحرارة (٣٨) .

وهناك عوامل تؤثر على التوصيلية الحرارية هي :

- ١- التركيب الكيميائي للمادة .
- ٢- المعاملة الحرارية السابقة للمادة .
- ٣- الحالة الفيزيائية للمادة .
- ٤- مسامية المادة والحجوم الحبيبية وتوزيع المسامات .
- ٥- درجة الحرارة المستعملة لفحص المادة .

Compressive Strength

(٣-٢) متانة الانضغاط

تعرف على انها مقياس لمقاومة الجسم للضغط الخارجي المسلط عليه سواء كانت على شكل نقطة ام عدة نقاط , اذ يعد هذا الفحص قياسا شائعا لتقييم صفة ميكانيكية مهمة للاجسام السيراميكية (٦) . وتتأثر متانة الانضغاط بعدد من العوامل منها درجة حرارة الحرق اذ ان ارتفاع درجة حرارة الحرق يسبب زيادة في متانة الانضغاط ناتجة من ازدياد الكثافة, اذ يؤدي ارتفاع درجة حرارة الحرق الى زيادة التفاعلات بين الاكاسيد المختلفة التي ينتج عنها مركبات ذات درجة انصهار واطنة تسبب زيادة الطور الزجاجي السائل الذي يؤدي الى زيادة الكثافة وخفض المسامية . وتزداد بشكل عام متانة الانضغاط ايضا بزيادة ضغط التشكيل عند الكبس وهذا يرجع الى زيادة رص الحبيبات واقتربها من بعضها البعض فتقل بذلك المسامية وتصبح عملية التليد والنمو الحبيبي اسهل واسرع (٣١) . كذلك تتأثر متانة الانضغاط بطريقة التشكيل , اذ ان التشكيل بالطريقة اللدنة يؤدي الى خفض متانة انضغاط النموذج لارتفاع محتوى ماء التشكيل للنموذج الذي يسبب زيادة في حساسية الاطيان في اثناء عملية التجفيف وما ينتج عنها من تقلص عال وظهور تشققات تخفض بدورها من متانة الانضغاط .

وتنخفض متانة الانضغاط ايضا بوجود التشققات في المادة , اذ ان الشق في حالة الانضغاط ينتشر باستقرار وتنحرف الشقوق خارج اتجاهاتها الاصلية لتنتشر بموازاة محور الانضغاط , أي ان الكسر لا يحدث بسبب الانتشار السريع لشق واحد ولكن يحدث بسبب التمدد البطيء لعدد من الشقوق التي تشكل منطقة التهشم (Crushed Zone) (٣٩)

عندما توضع مادة عازلة في مجال كهربائي ذو تردد واطئ بحيث تستطيع الثنائيات القطبية الكهربائية المحتثة او الدائمة ان تواكب تغير المجال الكهربائي المسلط دون تخلف ستكون قيمة ثابت العزل مساوية لقيمتة عند المجال الساكن أي ان العازل يكون مثاليا (ذو توصيلية اومية تساوي صفر) لذلك لا يمتص العازل طاقة من المجال ولكن عندما يكون تردد المجال كبيرا بحيث يعتمد الاستقطاب الكهربائي على التردد سيؤدي ذلك الى ظهور ثابت عزل مركب (٣٧) . ويعرف ثابت العزل الكهربائي حسب المقياس الامريكي لفحوص المواد (ASTMD_{٢١٤٩}) الجزء (D_{٢١٤٩}) بانه النسبه بين سعة المتسعة التي تحتوي عازل بين لوحيهما الموصلين الى سعة نفس المتسعة والتي يكون بين لوحيهما هواء او فراغ (٤٠).

تمثل النسبة ($\hat{\epsilon} / \epsilon$) الطاقة الكهربائية الضائعة والتي تتحول الى طاقة حرارية في العازل الحراري او الكهربائي والتي تعرف بعامل القدرة (**power factor**) (٤١) . حيث ان :

$\hat{\epsilon}$ تمثل ثابت العزل الكهربائي (ثابت العزل الحقيقي)

ϵ تمثل عامل الفقدان (ثابت العزل الخيالي)

$$\text{power factor } (\tan\delta) = \hat{\epsilon} / \epsilon \quad (١-٢)$$

تكمن اهمية تحديد الفقدان العزلي ($\hat{\epsilon}$, $\tan\delta$) في التطبيقات الكهربائية في معرفة كفاءة العوازل الكهربائية حيث ان الفقدان العزلي المفرط يؤدي الى تسخين العازل الكهربائي عند الترددات العالية فيؤدي الى حدوث فشل ميكانيكي وكهربائي (٤٢) .

وهناك عدة عوامل مؤثرة على ثابت العزل الكهربائي والفقدان العزلي :

١- التردد : يؤدي زيادة التردد للمجال الكهربائي الى نقصان في قيمة ثابت العزل , حيث ان زيادة التردد من الترددات الواطئة الى الترددات العاليه يؤدي الى نقصان في مساهمة الاستقطاب بسبب عدم قدرة الثنائيات القطبيه الكهربائيه المحتثه او الدائمييه على مواكبة تغير المجال المسلط (٤٠) . وقد وجد بعض الباحثين زيادة ثابت العزل عند نقصان التردد دون 2×10^4 هيرتز بسبب زيادة الاستقطابية البيئية او استقطاب الشحنة الفراغية والذي يؤدي ايضا الى زيادة الفقدان العزلي .

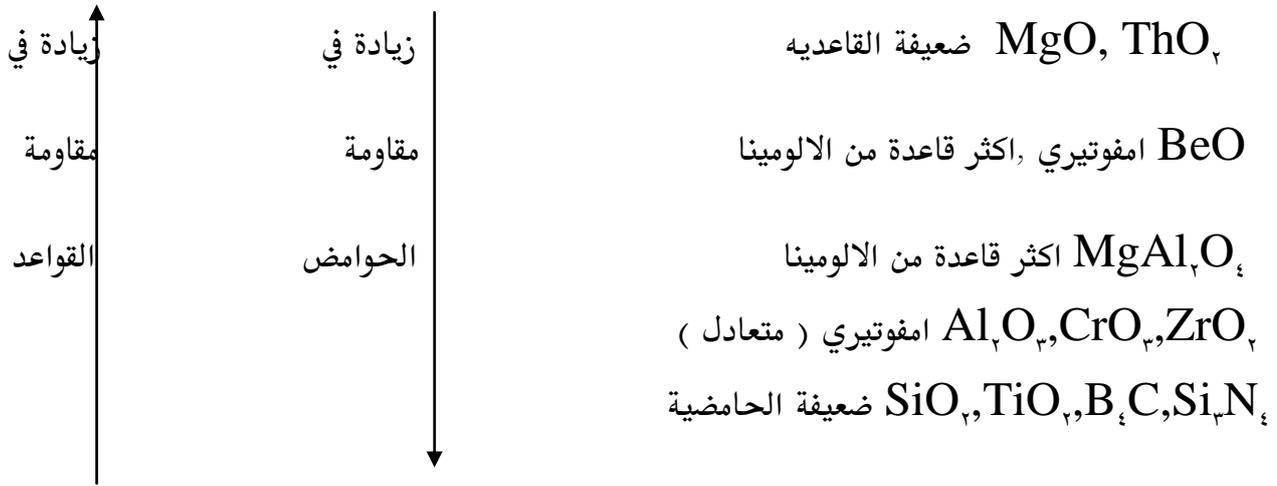
٢- درجة الحرارة : وجد عند زيادة درجة الحرارة ازدياد قيمة ثابت العزل الكهربائي بسبب زيادة تحركية الايونات (Ionic mobility) وتحركية الشوائب البلورية فيما لو كانت بلورية التركيب (Crystal imperfection mobility) (٤١) . وقد وجد ايضا انه عند زيادة درجة الحرارة تكون هناك زيادة كبيرة في الفقدان العزلي (ϵ' , $\tan\delta$) بسبب زيادة فقدان التوصيل والنتاج من زيادة تركيز حاملات الشحنة (٤٣) أي ان زيادة درجة الحرارة تقلل المقاومة الكهربائية للعازل وبالتالي يزداد الفقدان العزلي (ϵ' , $\tan\delta$) .

٣- الرطوبة (Humidity) : يعتمد تأثير الرطوبة على خواص سطح العازل الكهربائي . حيث وجد ان النماذج البورسلينية ذات نسبة مساميه عاليه تكون ذات ثابت عزل وفقدان عزلي اكبر من بقية انواع النماذج الغير بورسلينية عند الترددات الواطئه بسبب امتصاص الرطوبة من الجو والتي تتراكم على السطح حيث يمكن ان تنفذ الى داخل العازل وتتفاعل مع الايونات القاعدية فتتحرر ايونات الهيدروجين , وتنتشر هذه الايونات داخليا مع الايونات القاعدية , كما وجد ان عملية التزجيج تزيل تأثير الرطوبة (٤٤) .

(٥-٢) مقاومة الحوامض والقواعد (التآكل)

Resistant to acid & alkaline (Corrosion)

التآكل مفهوم يعبر عن تلف او افساد المعدن (Deterioration) نتيجة المهاجمة الكيميائية للمعادن التي تتأكسد في الطبيعة . اما في المواد السيراميكية فهذا المصطلح غير محصور على تفاعلات الاكسدة , ولكن يشتمل على شروط الاختزال المتوازن (Neutral & reducing condition) . لذلك فمصطلح التآكل يستخدم لوصف كل تغيرات الانحلال (Degradative change) بواسطة المهاجمة الكيميائية (٢) . عموما فان الاكاسيد القاعدية تقاوم المهاجمة القاعدية وتميل الى الحامض, بينما الاكاسيد الحامضية ومركباتها تقاوم مهاجمة الحوامض وتميل الى المهاجمة القاعدية كما موضح في الجدول رقم (١-٢) (٤٥).



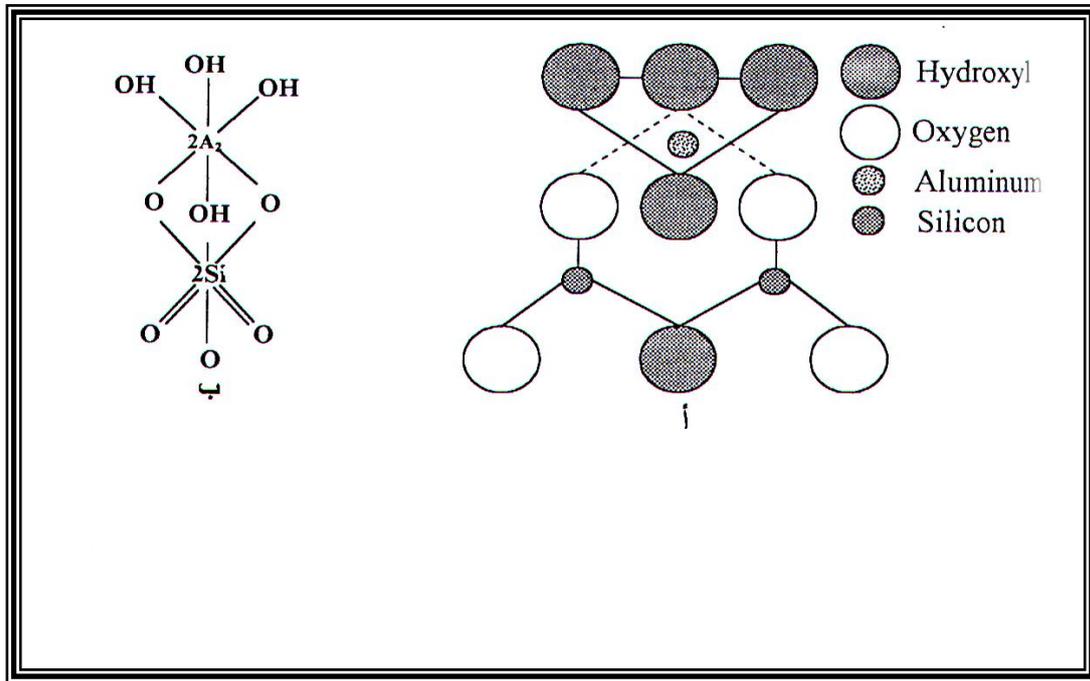
فخواص خلط اكاسيد السيراميك يميل إلى التوسط بين هذه المكونات . ان هذا المعيار للحامضية او القاعدية يعطي المتانة المحتملة للمؤثر الخشن فقط . بسبب مقاومة السيراميك التي بإمكانها التناوب القوي في وجود هذه الكميات , فالحوامض تكون اكثر اتلافية (هدامة) باتجاه المعادن غير الاوكسيدية وبقوة اكبر نحو الاوكسيدية بينما هيدروكسيدات المعدنية القاعدية هي كواشف جدا قوية للتاكل تهاجم كل السيراميك عندما تعتبر انها اكاسيد فاحد هذه التوقعات سوف تظهر القاعدية مقاومة قوية جدا (٢ , ٤٥) .

الفصل الثالث الجزء العملي والقياسات Practical Part & Measurment

Raw Materials Kaolin

(١-٣) المواد الأولية (١-١-٣) الكاؤولين

هو سيلكات الالمنيوم المائية ورمزه الكيميائي $(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$ اذ يمتاز بنعومة الحبيبات وشكلة الصفائحي الذي يساعده على حركة بعضها فوق بعض وهو ذات لون ابيض وله درجة انصهار تساوي $(١٧٧٠)^\circ\text{م}$ في حالته النقية وفي حالة وجود الشوائب فان درجة حرارة انصهاره $(١٥٤٥)^\circ\text{م}$. يعد الكاؤولين من اكثر المواد المستخدمة في الصناعات السيراميكية , اذ توجد خاماته في مناطق مختلفة داخل القطر وتعد محافظة الانبار منطقة دويخلة من الاماكن التي يوجد فيها هذا الخام بشكل كبير (٤٦ , ٤٧) . تتميز اطيان الكاؤولين بتركيب ذي طبقتين تعرف الاولى بطبقة السيلكا وتتكون من ذرة السيلكون محاطة بربع ذرات اوكسجين . اما الطبقة الثانية فتمثل هيدروكسيد الالمنيوم ويتكون الهيكل البنائي لهذه الطبقة من ذرة الالمنيوم محاطة بست مجاميع هيدروكسيل (٤٨) . وكما مبين في الشكل رقم (١-٣) (٦) .



شكل (١-٣) رسم تخطيطي لتركيب طبقات الكاؤولين (مقطع امامي) (٦)

(أ) الجزء الاعلى يتضمن $(Al_2O_3(OH)_6)$ والجزء الاسفل يتضمن (SiO_2)

(ب) الترتيب بين (cations) و (anions) في الطبقات

(٣-١-٢) رمل زجاج ارضمة

Ardoma Sand Class

يوجد رمل زجاج ارضمة في الطبيعة على هيئة كوارتز (Quartzite) يتكون من ٩٧٪ تقريبا والشوائب الرئيسية الموجودة معه هي الالومينا (Al_2O_3) واوكسيد الحديدك (Fe_2O_3) مع اقل من ٠.٥٪ من المحتوى القلوي (Alkali Content) . أو يوجد على هيئة حصى رملية منتظمة الحبيبات (ganister) تتكون من حبيبات صغيرة جدا من الكوارتز نسبتة ٩٢٪ مع كميات قليلة من المعادن الطينية رمل وصخور حجر الرمل (Sanel And Sandston) . أو يوجد رمل زجاج ارضمة على شكل حصى الفلنت (Flint Peddle) المتكونة من بلورات كوارتز خفيفة التبلور (Cryptocryst Line Quartz) المرتبطة بجزيئات الماء ، وتكون نسبة الكوارتز ٦٥٪ تقريبا والشوائب الرئيسية الموجودة هي كاربونات الكالسيوم (١١) . ويعد رمل زجاج ارضمة من المواد الأولية غير اللدنة (Non – Plastic Rawlhate) . المستعملة في صناعة الحرارية. ويستعمل في صناعة الحرارية لتخفيف لدونة الأيطان وتقليل تقلص هذه المواد ولوجود فراغات بين الحبيبات تسهل خروج الغازات المتحررة من داخل المواد أثناء عملية الحرق التي تؤدي إلى المحافظة على المنتج من التشققات المتأينة من خروج هذه الغازات . كما إنها تتحد مع الاكاسيد القاعدية المتواجدة في المواد الأولية اثناء عملية الحرق مكونة جزءا زجاجيا مما يكسب المنتج القوة والصلابة (٤٩،٦) .

(٣-١-٣) الالومينا (Al_2O_3)

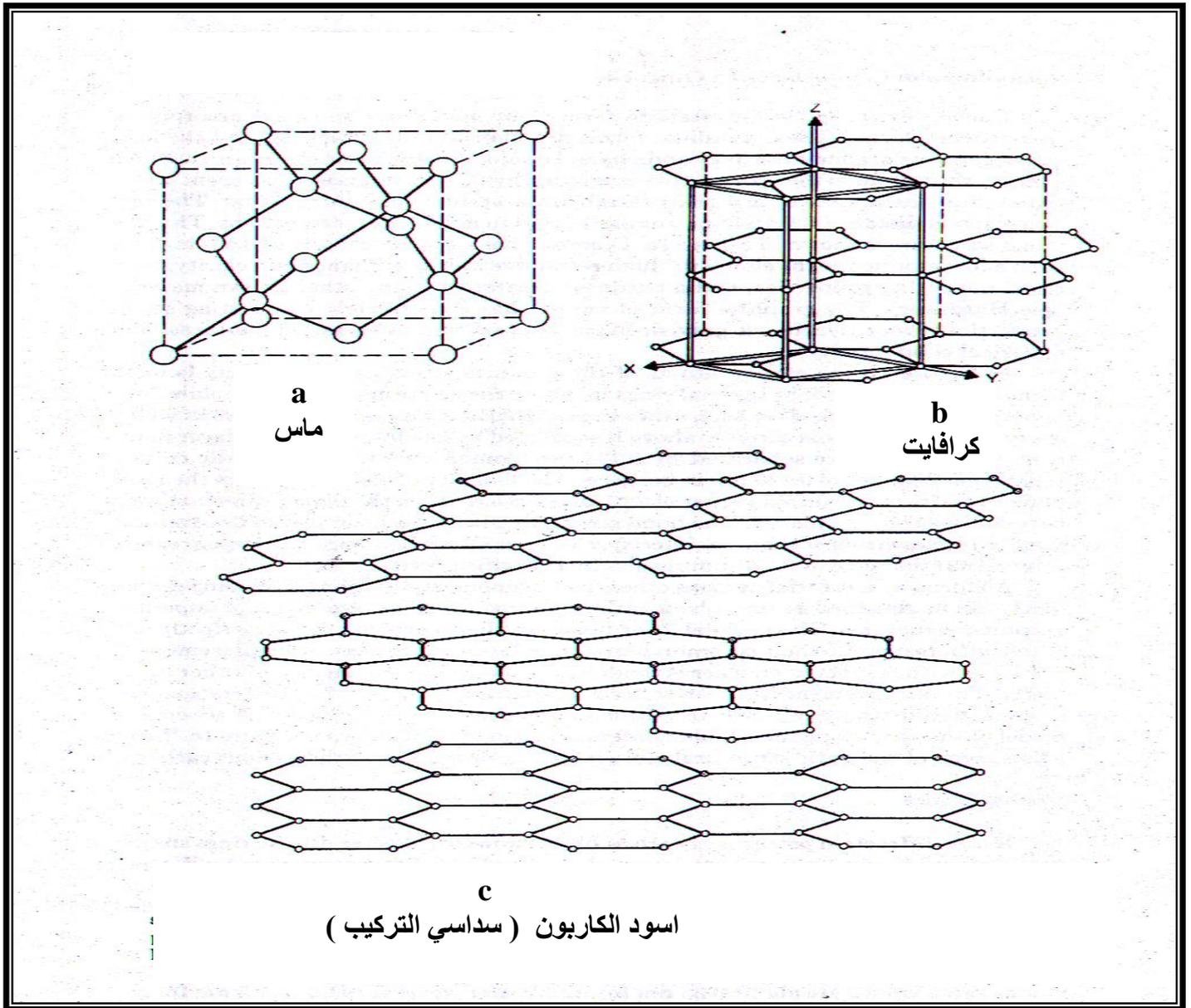
Alumina

توجد الالومينا النقيه بشكلين أساسيين الفا - الومينا ($\alpha - Al_2O_3$) وكاما الومينا ($\gamma - Al_2O_3$) وتوجد ايضا على شكل بيتا الومينا ($\beta - Al_2O_3$) وهي غير نقيه وصيغتها الكيميائية $(Na_{0.11}Al_2O_3)$. وتعد $\alpha - Al_2O_3$ والتي تسمى بالكورندوم الشكل الاكثر استقرارا في خواصه الفيزيائية . تكون الالومينا غير لدنه و تتحول جميع اشكالها عند درجة حراره (١٠٠٠ م°) او اعلى الى $\alpha - Al_2O_3$ والتي تنصهر عند درجه حراره (٢٠٥٠ م°) وتكون كثافتها ٣.٩ غم / سم^٣ تقريبا . تلبد الالومينا عند درجات حرارة عالية (١٧٠٠-١٨٠٠) م° وتستخدم كمادة صامدة للحرارة (٥٠) . وتعد الالومينا من اكثر الاكاسيد الحرارية النقيه استعمالا وذلك بسبب مقاومتها الشديدة للحرارة ومتانتها الميكانيكية ومقاومتها للصدمة الحرارية (٤) حيث تعمل الالومينا على ايجاد حالة وسط بين السيلكا وثاني اوكسيد الكالسيوم ويساعد على تحسين خواص الحرارية الميكانيكية والكيميائية (٥١) .

Carbon Black

(٤-١-٣) اسود الكربون (محطة المسيب الكهربائية)

اسود الكربون فرد مهم من عائلة الكربون الصناعي , و الكربون يعتبر من العناصر الكيميائية غير الفلزية ويوجد في الطبيعة بصورة نقية بشكلين ماس (Diamond) وكرافايت (Graphite) , ويعد الماس اصلد المواد الطبيعية الموجودة على الاطلاق , اما الكرافايت فيعد ألين المواد وكلاهما يكون بلوري التركيب (Crystalline structure) (١١) . ويمكن الحصول على الكربون صناعيا وبدرجات نقاوة مختلفة ليكون التركيب العشوائي للكربون (Amorphous structure) ويمثل اسود الكربون احد اشكاله , حيث يكون مستوى انزلاق الطبقات غير مرتبة وإنما عشوائية (Random) واحدة فوق الاخرى كما موضح في الشكل رقم (٢-٣) (٥٢) .



شكل رقم (٢-٣) التركيب البلوري (a) ماس (b) الكرافايت (c) اسود الكربون (٥٢)

الشكل (٣-٢) يوضح التركيب البلوري لذرات الكربون في الحالات (a) الماس , تركيب مكعب متمركز الوجة , (b) الكرافيت , طبقات متوازية سداسية التركيب والواصر بين الطبقات هي من نوع فاندرفالز , (c) اسود الكربون , طبقات سداسية التركيب متوازية ولكن الاجزاء البعيدة تكون عشوائية الاتجاه ترتيب مضطرب) .

إن العملية الرئيسية لصنع اسود الكربون تبنى على اساس احتراق الوقود بوجود نقص في الهواء لينتج دخان اسود هو عبارة عن دقائق صغيرة جدا سود اللون تمثل دقائق اسود الكربون الذي يعد اليوم عنصرا مهما في مختلف التطبيقات والصناعات , حيث يضاف اسود الكربون كمادة مدعمة بسبب امتلاكه خاصية الامتزاز السطحي القوية . ويمكن تصنيف اسود الكربون استنادا الى العملية المصنع بها الى خمسة اصناف رئيسة وهي كالآتي (٥٣) .

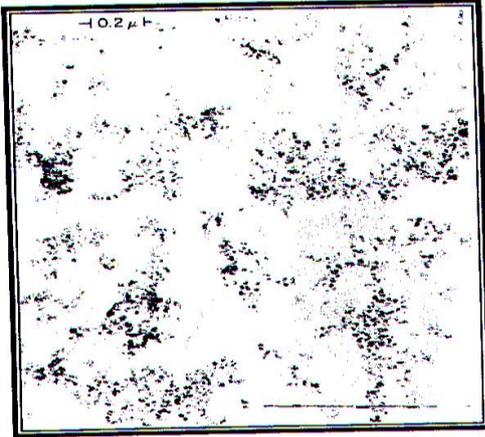
أ- النوع الأول يكون بتسميات مختلفة وهي قنوات الكربون الاسود (Channel Black) أو (Gas black) أو (Impingement black) ينتج بواسطة حرق الغاز الطبيعي مع كمية محددة من الهواء ليكون اسود الكربون الذي يجمع على سطح معدني بارد مخدد وتكون احجام هذه الدقائق من اسود الكربون بين (٢٠٠-٣٠٠) مقاسة بالانكستروم

ب- الكربون الاسود الحراري Thermal Black : ينتج بواسطة حقن غاز هايدروكربوني الى غرفة مسخنة فينحل هذا الغاز الى كربون وهايروجين ويصنف التفاعل الهيدروكربوني بانه ماص للحرارة وبذلك ومع الاستمرار بامتصاص الحرارة وحقن الغاز الهيدروكربوني وبوجود ضغط قليل تنتج دقائق اسود الكربون وبحجم دقائق يتراوح بين (٣٠٠-٨٠٠) انكستروم .

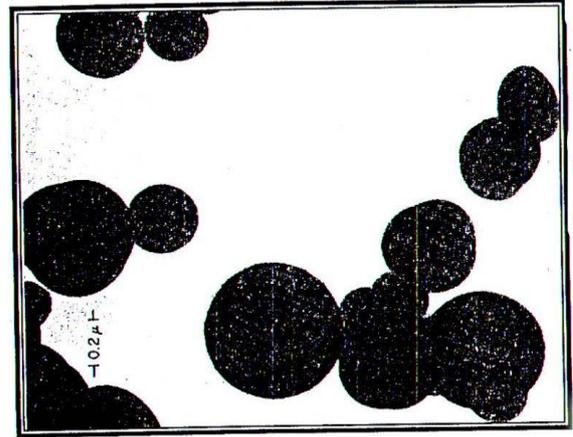
ج- الكربون الاسود المصباحي Lamp Black : ينتج هذا النوع من احتراق الوقود في وعاء مفتوح حيث تجمع دقائق اسود الكربون في غرفة الترسيب وحجم الدقائق يتراوح بين (٣٠٠-٥٠٠) انكستروم .

د- الكربون الاسود الفرنى Furnace Black : ينتج ايضا بواسطة الوقود العالي الاروماتية حيث تجمع دقائق اسود الكربون بطرائق تجميع وفصل خاصه , ويسيطر عليها بواسطة درجة الحرارة والضغط الجوي والمواد الخام المستخدمة وتكون ذات احجام متغيرة من (٥٠ - ١٢٠) انكستروم

هـ- الكربون الاسود الاستيليني (Acetylen Black) : يستخدم الاستيلين لينتج هذا النوع حيث ينحل الاستيلين حراريا بغياب الأوكسجين ويكون التفاعل باعثا للحرارة ويتصف هذا النوع بنقاوة عالية وحجم دقائق يتراوح بين (٦٠٠-٨٠٠) انكستروم . والشكل رقم (٣-٣) يوضح صورا مجهرية لمختلف انواع الكربون الخمسة (٥٤) .

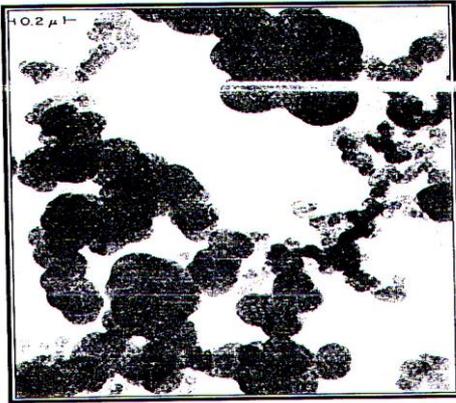


Channal Black a



Thermal Black

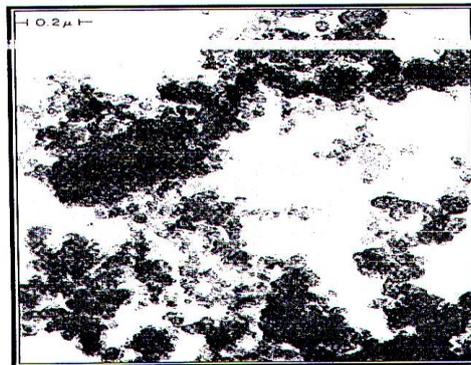
b



Lamp Black
c



Furance Black
d



Acetylen Black

e

شكل رقم (٣-٣) انواع اسود الكربون الخمسة (a) قنوات اسود الكربون (b) اسود الكربون الحراري (c) اسود الكربون المصباحي (d) اسود الكربون الفرنسي (e) اسود الكربون الاستليني (٥٤)

ان الانواع الخمسة لاسود الكربون تختلف في امور كثيرة واهمها (٥٣ , ٥٤) .

١- حجم الدقائق (Particle size) تعتمد التطبيقات المختلفة لاسود الكربون بصورة رئيسة على حجم دقائقه والمساحة السطحية العالية له , وتكون احجام الدقائق لاسود الكربون مختلفة من نوع الى اخر كما ذكر انفا , ويمكن الكشف عنها بواسطة المجهر الالكتروني الماسح .

٢- المسامية (Porosity) اسود الكربون ليس مختلفا بالمساحة السطحية الخارجية المحددة بواسطة اقطار الدقائق فقط ولكن ايضا يختلف بالمساحة السطحية الداخلية , وبصورة عامة بعض انواع اسود الكربون تكون ذات سطح ناعم املس والبعض الاخر يكون عالي المسامية والمواد المترابطة المدعمة بهذا النوع من اسود الكربون المسامي تكون قيم التوصيلية لها جيدة بالمقارنة مع الانواع الاخر .

٣- التركيب (Structure) يستعمل مصطلح التركيب لوصف السلاسل والتجمعات التي تمثل الى تكوينها معظم انواع اسود الكربون حيث انه يكون مسؤولا عن تعزيز اللزوجة العالية (High viscosity) ومعاملات المرونة وتقليل ابعاد الانتفاخ .

TAR

(٥-١-٣) الجير

إن مصطلح الجير (Tar) يطلق على السوائل اللزجة السوداء أو البنية المنتجة بواسطة التقطير الهدام (Destructive Distillation) للمواد العضوية مثل الفحم النباتي (Coal) و البترول (Petroleum) والخشب (Wood) (٥٥) . إن هذا الصنف من الجير سوف يتعامل بشكل اساس مع الجير المنتج بواسطة التقطير الهدام او عملية الكربنة (process Carbonization) للفحم النباتي , وعلى نطاق ثانوي من الجير المشتق من تقطير البترول او بقايا الغاز المصنع من (زيت - غاز) او (ماء - غاز) (٥٦) . ان الجير المنتج بواسطة عمليات التقطير الهدام او عملية الكربنة (process Carbonization) للفحم النباتي (coal) يحتوي على كميات رئيسة (اساسية) من الهيدروكربون (Hydrocarbon) وكمية قليلة او ثانوية (Minor amount) من الاوكسجين والنايتروجين والمركبات الحاملة للكبريت (Sulpher - bearing compound) (٥٥) , وكذلك يحتوي على كميات ثانوية من المواد الكربونية والمواد المنقسمة (Divided material) (٥٦) . وفي كل انواع الجير هناك العديد من الاختلافات ما عدا اللون اعتمادا على درجة الحرارة التي أنتج بها , ويقصد بدرجة الحرارة التي عندها الفحم النباتي قد ت كربن Carbonized وعلى مدى واسع والتي يكون الجير عندها قد خضع الى شروط الانحلال الحراري او شرط التكسر بعد التقطير الأولي من جسيمات الفحم النباتي (٥٧) .

وعموما يمكننا القول بان هناك اربعة انواع من الجير المنتج من الفحم النباتي (Coal tar) وهي

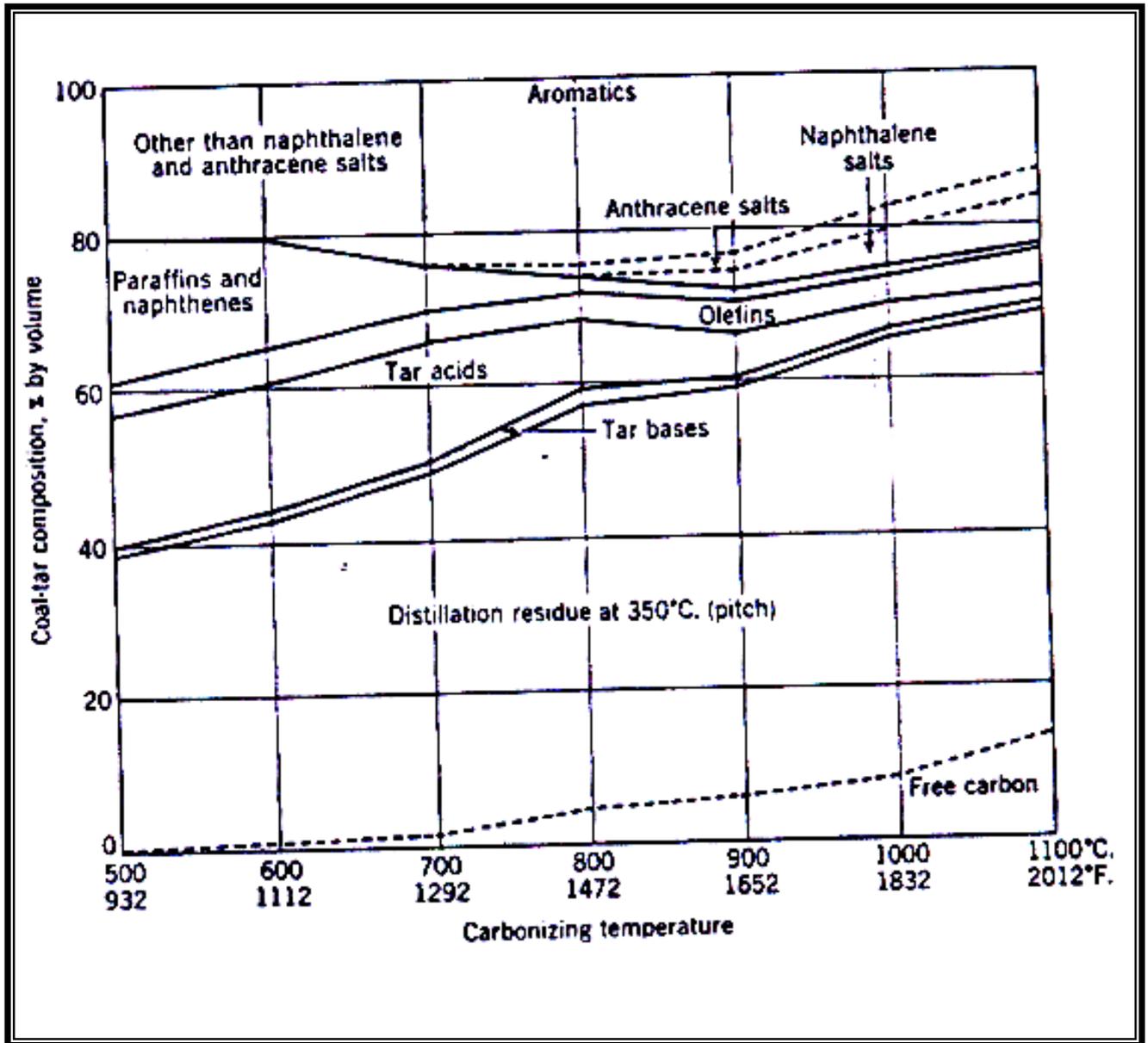
١- جير فحم الافران Coke - Oven Tar

٢- جير الدوران العمودي Vertical - Retort Tar

٣- جير الدوران الافقي Horizontal - Retort Tar

٤- جير الدرجات الحرارية الواطئة Low - Temperature Tar

وخواص هذه الانواع تختلف من دولة الى اخرى حسب الصنع (٥٨) . لذلك فدرجة الحرارة تعتبر العامل الاكثر تاثيرا التي يخضع لها الجير. والشكل رقم (٣-٤) يوضح تغيير مركبات جير الفحم (Coal - tar) التي تظهر في كل وقت مع درجة الحرارة الكربنة التي ترتفع كل ١٠٠ م° (٥٥ , ٥٦) .



شكل (٣-٤) تغيير مركبات جير الفحم (Coal - Tar) (٥٦،٥٥)

Tetrachloroethylene

(٦-١-٣) المذيب العضوي تتراكلورواثلين C_2Cl_4

تتراكلورواثلين (Tetrachloroethylene) صيغة الكيميائية ($CCl_2 = CCl_2$) ومن افضل تسمياته بيروكلورواثلين (Perchloroethylene) وكذلك يسمى كاربون بيكلورايد (Carbon bichloride) او كاربون داكلورايد (Carbon dichloride) . وزن الصيغة لـه (١٦٥.٨٥٩٤) غم / مول وانه ثقيل , عديم اللون وسائل غير قابل للاشتعال (٥٩) . يستخدم تتراكلورواثلين بشكل واسع كمائع تنظيف جاف (Dry – cleaning fluid) ويعتبر مهما في تقليل تبخر المواد , وكذلك يستخدم طارد للديدان (Vermifuge) ومذيبا للمواد العضوية من المطاط (rubber) والشمع (Waxes) والجير (tar) والبارفين (paraffin) والاصماغ (gums) (٦٠) .

Calcium Carbonates

(٧-١-٣) كاربونات الكالسيوم

ان الكاربونات بصورة عامة تكون غير ذائبة, لذا تعطي مصدرا جيدا لايونات الكاربونات CO_3^{2-} في المحلول . وان كاربونات الكالسيوم لاتذوب في الماء , واقل ثباتا تجاه الحرارة , ان تفقد ثاني اوكسيد الكاربون , بصورة متعكسة عند درجات الحرارة العالية والتي هي حوالي (١١٧٠) درجة مئوية وكما في المعادلة الكيميائية رقم (٢-٣) (١٩) .



ان لكاربونات الكالسيوم اهمية كيميائية صناعية . وتوجد كاربونات الكالسيوم في الطبيعة باشكال متعددة وتشمل هذه حجر الكلس الذي يستعمل لانتاج الجير الحي (اوكسيد الكالسيوم CaO) والجير المطفا (هيدروكسيد الكالسيوم) وكذلك في انتاج الاسمنت (٦١)

Practical Part Conception of Formation

(٢-٣) الجزء العملي (١-٢-٣) مفاهيم التشكيل

إن العمليات الرئيسية والأساسية التي تعتمد كوصف مراحل التعامل مع المواد الأولية وصولاً إلى المنتج

النهائي أو الهندسي (٣٢) . ويمكن تلخيصها في العمليات الآتية :

(١-٢-٣) عملية تدرج المقاس الحبيبي (عملية النخل)

Grain size distribution process (Sieving Process)

المقصود بها معرفة مقاس حجم الحبيبات المكونة للاطيان ونوعها وطريقة ارتباطها ببعضها والفراغات المحصورة بينها . ان الحجم الحبيبي للمساحيق له تأثير كبير في تحديد خواص المنتجات السيراميكية ، لانه يؤثر في المساحة السطحية للتلامس بين الحبيبات التي تعد عاملاً مهماً في التفاعلات الكيميائية وعملية التليبد . فوجود الدقائق الصغيرة والدقائق الكبيرة التي تملأ الفراغات سوف يعطي جسماً مكبوساً ذا كثافة عالية وذا مسامية قليلة (٣١) . ومن التقنيات المستخدمة لتحديد الحجم الحبيبي تقنية الغربلة (النخل) (Sieving) وتعد هذه التقنية من الطرائق البسيطة وغير المكلفة إذ تم استخدام غربيل قياسية بفتحات (٥٠.١٥٠) μm لتحديد أحجام الدقائق المختلفة وبلاستعانة بجهاز هزاز (Shaker) تعاد هذه الخطوات الى ان يتم نخل كل المساحيق بعد ذلك يكون المسحوق المغربل مهياً لإجراء عملية التشكيل (٦٢) .

Mixing Process

(٢-١-٢-٣) عملية الخلط

عملية الخلط هي عبارة عن خلط المواد الخام المختلفة بنسب ودرجة نعومة معينة وانتاج خليط يحتوي على نسبة من الماء أو القوام المطلوب . ويعد الخلط مرحلة مهمة من مراحل التصنيع وذلك لكي تتجانس المواد الخشنة والناعمة بشكل جيد وبنسب معينة لتتحدد معطيات الجسم للخواص الفيزيائية والميكانيكية الضرورية (٦١) . وهناك العديد من طرائق الخلط منها الخلط الجاف (Dry mixing) والخلط البلاستيكي (Plastic mixing) والخلط الانزلاقي (Slip mixing) (٦٢) . بالاضافة الى الخلط الرطب (Wet mixing) . وان ميكانيكية الخلط او المزج تتاثر بعدة عوامل مثل شكل وعاء المزج وحجمه علاوة على الخواص الفيزيائية للجسيمات الصلبة والظروف العملية (٣٢) . وتم استخدام عملية الخلط الانزلاقي في تحضير نماذج البحث .

Binding Metal

(٣-١-٢-٣) المادة الرابطة

ان المواد الرابطة العضوية وغير العضوية يمكن ان تصنف كعامل حرج في عملية الكبس الجاف ، ان مصطلح المواد الرابطة (Binders) يعني كل مساعدات الكبس مثل مواد رابطة (Binders) ومواد مزينة (Lubricants) ومواد ملدنة (Plastizers) ومواد ملبدة (Deflocculants) (٦٣) . ان المواد الرابطة سوف تعمل على تحسين الانسيابية (Flowability) وتقليل الاحتكاك (abrasion) وتحسين مقاومة الربط

(binding strength) . ان هذه الصفات عموما تسهم في إمكانية التشكيل وزيادة مستوى انتظام الكبس النهائي . ان المواد الرابطة خلال المرحلة الاولى للحرق او التلييد وبدون ان تخلف تأثيرا ضارا ومن هذه التأثيرات التدخل بازالة المسامية وما يخلفه بين المواد المتبقية غير القابلة للاحتراق (٣٢) . وفي هذا البحث تم استخدام مادة الجير (tar) كمادة رابطة مع اضافة المذيب العضوي لهذه المادة وهو تتراكلورواثلين

Pressing process

(٤-١-٢-٣) عملية الكبس

تعد عملية الكبس من العمليات المهمة في تشكيل الأجسام السيراميكية والحرارية وتصنيعها وسبب ذلك هو الحصول على مكبوسات ذات كثافة اعلى , اذ انة كلما زادت قيمة الضغط المسلط على النموذج في ضمن حدود المرونة لذلك النموذج زادت كثافته اذا ماتمت السيطرة على الحجم الحبيبي للمسحوق المختار لتشكيل النموذج ويعود ذلك الى رص الحبيبات المكونة للنموذج (٤) . وتوجد عدة طرائق لكبس النماذج (٦) أهمها

١- الطريقة اللدنة (Plastic method)

٢- الطريقة شبة الجافة (Semidry method)

٣- طريقة الكبس الجاف (Dry pressing)

٤- طريقة الصب الانزلاقي (Slip casting method)

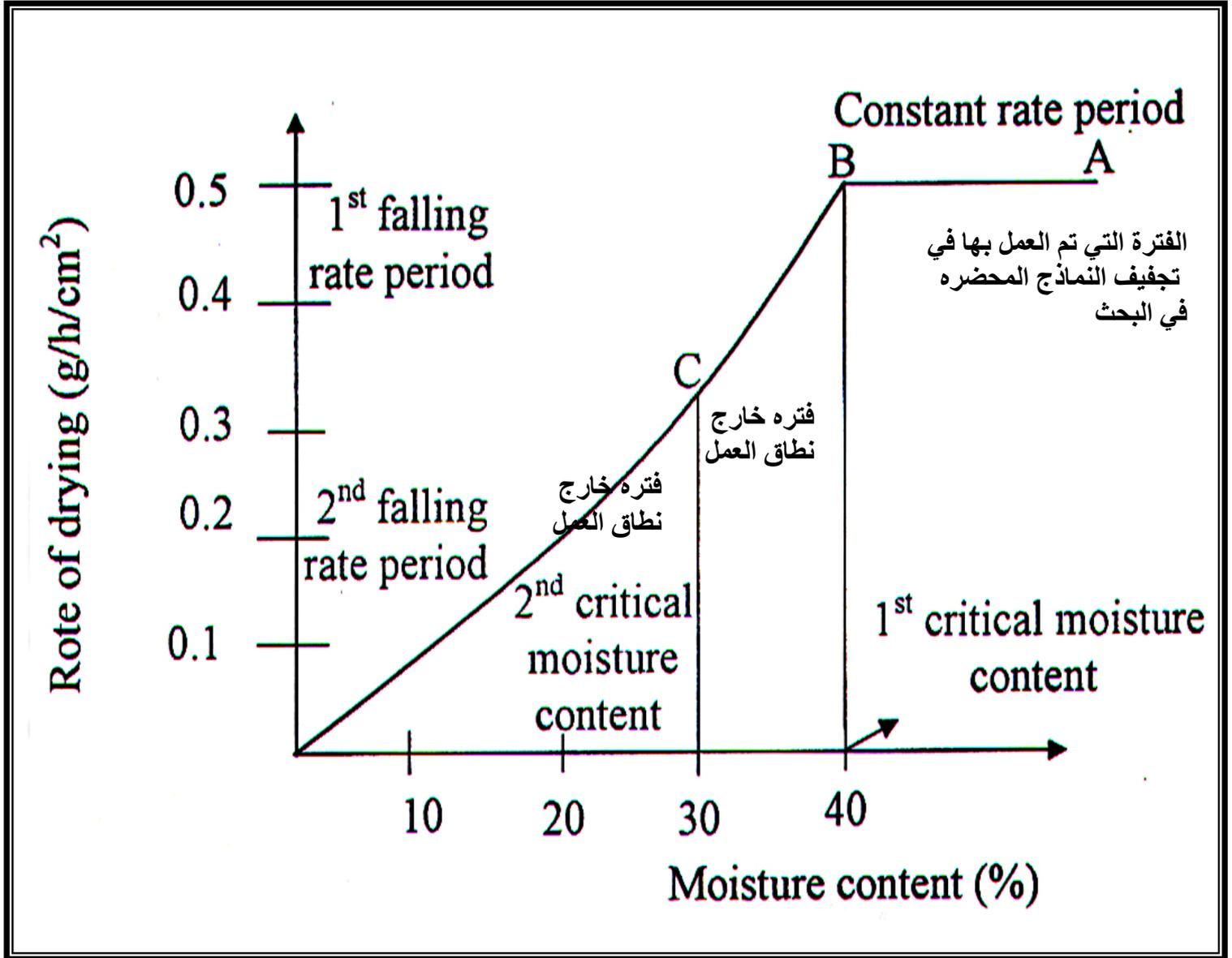
وتختلف هذه الطرائق عن بعضها بمقدار نسب المادة الرابطة ومقدار الماء المضاف . ولقد تم استخدام الطريقة الشبة جافة في تحضير النماذج للعينات المحضرة في هذا المشروع .

Drying Process

(٥-١-٢-٣) عملية التجفيف

التجفيف يمكن ان يعرف على انة عملية ازالة الماء من المواد الحبيبية بالتبخير (٦٤) . وتحدث عملية التجفيف ضمن مرحلتين , المرحلة الاولى يتم فيها فقدان الماء الموجود في المسامات المسمى بماء المسامات (Pores water) فينتقل الماء من خلال المسامات الى سطح الحبيبات ليحل محل الماء الذي يتبخر من السطح وتتسم هذه المرحلة بعدم حدوث تشوهات الانكماش فيها ويحل الهواء في النهاية محل الماء الموجود في المسامات الشعرية . اما في المرحلة الثانية ففيها يفقد الماء المشكل للطبقة العازلة بين دقائق الطين المسمى بماء التقلص اذ تنتهي عملية التقلص في النماذج بانتهاء هذا الماء (٦٥) . والشكل رقم (٣-٦) يوضح تصرف التجفيف والذي يمثل معدل التجفيف بالنسبة الى المحتوى الرطوبي (٣٢) . في هذا الشكل ثلاث فترات يمكن تمييزها : المرحلة الأولى وهي فترة المعدل الثابت (Constant – rate period) الذي يكون معدل التبخير فيه غير معتمد على المحتوى الرطوبي وهي الفترة التي العمل بها في تجفيف النماذج المحضرة الخاصة بالبحث , والمرحلة الثانية هي فترة المعدل – المنخفض الاولى (First falling – rate period) والذي يكون معدل التجفيف فيه دالة خطية بالنسبة للمحتوى الرطوبي وفي هذا البحث لم يتم الحصول على

هذه المنطقة لانها خارج نطاق العمل في البحث ، اما المرحلة الثالثة فهي فترة المعدل - المنخفض الثانية (Second falling - rate period) والذي يمثل خطا بيانيا منحنيا بين معدل التجفيف والمحتوى الرطوبي وهي ايضا خارج نطاق العمل في البحث . ان بدايات فترة المعدل الثابت وفترة المعدل - المنخفض الاولى يعبر عنها بالمحتوى الرطوبي الحرج الاول والثاني على الترتيب .



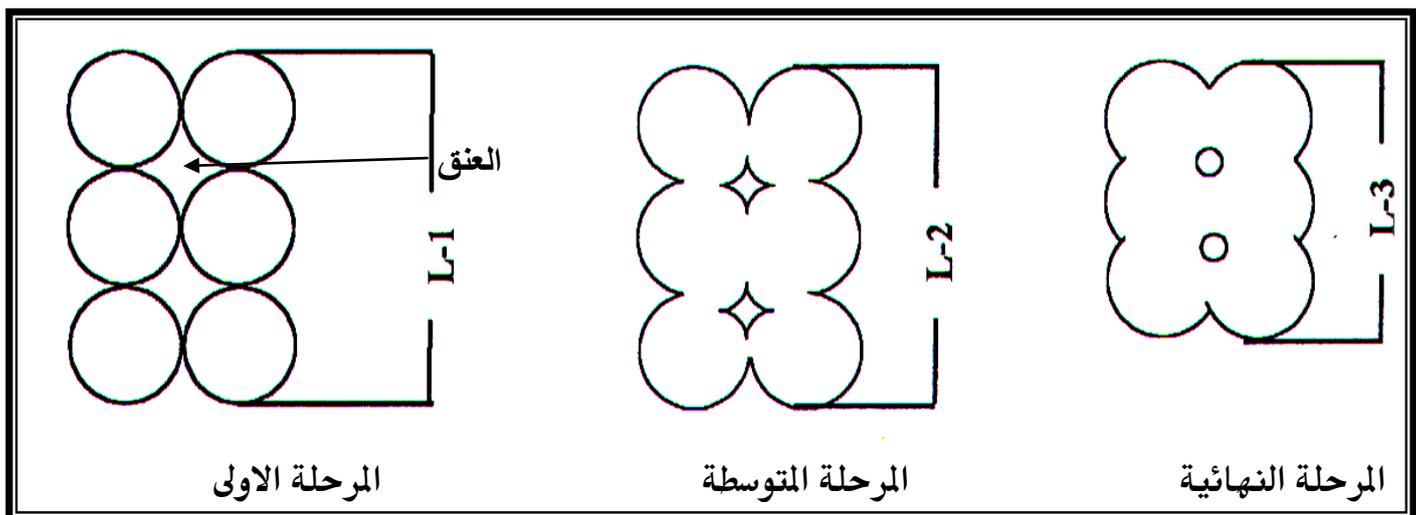
شكل رقم (٣ - ٥) تصرف التجفيف ومعدل التجفيف بالنسبة إلى المحتوى الرطوبي (٣٢)

Firing & Sintering Process

(٦-١-٢-٣) - عملية الحرق والتلبد

هي تعريض الاجسام السيراميكية الى درجات حرارة عالية لمدة معينة اذ تعمل على تغيير النموذج الهش القوام المشكل من خليط من الكاؤولينات والالومينا والكوارتز ومواد صاهرة الى نموذج قوي وثابت . اذ ان لعملية الحرق تأثيرا كبيرا على خواص الجسم السيراميكي المنتج (المتانة والسامية والتمدد الحراري والموصلية

الحرارية والعزل الكهربائي) (٦٤). لقد تم اختيار الدرجات الحرارية الآتية (١٢٥٠, ١٣٠٠, ١٣٥٠)°م لغرض حرق النماذج السيراميكية المراد فحص خواصها. وتمت عملية الحرق في فرن كهربائي مبرمج وبمدة حرق مقدارها ٢ ساعة عند الدرجة الحرارية المعينة (المختارة). فعملية التلييد توصف على أنها المعاملة الحرارية التي تجري على مساحيق المواد البلورية أو غير البلورية لتحويلها إلى مادة متماسكة. وتتم عملية التلييد بشكل متتابع (٦٦). فعند وجود الدقائق بشكل تماس تسبب القوى البينية الذرية (Inter atomic Force) حدوث تماس على شكل عنق بين الدقائق. يتلو هذه المرحلة نمو الأعناق بانتشار الفجوات والذرات، وبزيادة درجة الحرارة تزداد عملية الاتصال وتكون مسامات مغلقة على هيئة أشكال كروية. والشكل رقم (٣-٧) المبين أدناه يوضح التغيرات الحاصلة في شكل وحجم كل من المسامات والحبيبات حيث أن عملية التلييد تحدث بثلاث مراحل: المرحلة الأولى وهي بداية عملية التلييد إذ يتغير شكل المسامة فتصبح على شكل قنوات أو كرات معزولة وهذا بسبب تكون الأعناق على نقطة تماس الحبيبات، وليس من الضروري تغير حجمها، وبعدها يصبح المسام أكثر كروية في الشكل وأصغر في الحجم باستمرار عملية التلييد وتبقى الحبيبات المختلفة مميزة. أما المرحلة المتوسطة إذ في هذه المرحلة تتسع الأعناق ويتكون تركيب له ثقوب متواصلة. وفي المرحلة النهائية تنعزل الثقوب ويتلاشى الاتصال بين الثقوب مما يؤدي إلى نهاية الانتقال عن طريق السطح أو التبخر. كما أن التحام الحبيبات والنمو الحبيبي يؤديان إلى تناقص الطاقة السطحية. ويمكن إيجاز العمليات السابقة الذكر في مخططا انسيابيا يبينه الشكل رقم (٣-٧).



شكل رقم (٣-٦) يوضح التغير في شكل وحجم الحبيبات والمسامات وحدث النقل (٦٦)



شكل رقم (٧-٣) مخطط يوضح مراحل تصنيع النماذج (٣٢)

لقد تم تحضير الخلطات في مختبر المواد للدراسات العليا بجامعة بابل / كلية العلوم / قسم الفيزياء حيث تم وضع المواد الاولية (كاؤولين , كوارتز , الومينا , اسود الكربون , كاربونات الكالسيوم) كلا على حده لتحديد الحجم الحبيبي (Grain Size) وتم استخدام طريقة الغربلة (Sieving) حيث تم اختيار مناخل (Sieves) ذات فتحات (١٥٠) مايكرون بالنسبة الى المواد الالومينا واسود الكربون والكاؤولين . اما بقية المواد والتي هي رمل زجاج ارضمة و كاربونات الكالسيوم في مناخل ذات فتحة (٥٠) مايكرون . ولقد تم وضع المنخل في جهاز الهزاز نوع (Shaker) لتحديد الحجم الحبيبي للمواد الاولية , حيث تمثل المادة النافذة من المنخل الحجم الحبيبي المطلوب . ولقد تم تقسيم الخلطات الى مجموعتين , المجموعة الاولى المسماة (M) وتتكون من المواد الاولية (الكاؤولين , اسود الكربون , كاربونات الكالسيوم , الجير مع المذيب العضوي تتراكلورواثلين) اما المجموعة الثانية والمسماة (N) فانها تتكون من المواد الاولية (رمل زجاج ارضمة . الالومينا , اسود الكربون , كاربونات الكالسيوم , الجير مع المذيب العضوي تتراكلورواثلين) حيث تم وزن المواد الموصوفة في المجموعتين بالنسب المطلوبة والموضحة في الجدولين رقم (١-٣) و (٢-٣) بميزان من نوع (Mettler A ٥٠) ذات قدرة تحسس عالية ومدى تحميل ٣٠٠ غم وبعد عملية الوزن تم وضع الخلطات المبينة مقاديرها في الجداول المذكورة لاحقا في جهاز (Water Path) الحمام المائي حيث تم وضع الخلطات المحضرة في وعاء زجاجي مقاوم للحرارة حيث حركت العينات بداية يدويا بواسطة استخدام قضيب زجاجي لتحريك الخلطة ومزجها , وبعد مزج القوام تقريبا تم وضع جهاز الخلط (Mixture) لمزج العينات بشكل نهائي . ثم كبست النماذج في مكبس امريكي الصنع موديل ٢٠٠٤ في جامعة النهريين كلية العلوم قسم الفيزياء نوع (Model ٣٨٨٨.٤d١٠A٠٠.Manufacture by Carver, INC) (وكان مقدار الكبس المسلط على العينات جميعا هو ٨.١٣ ميكا باسكال ولزمن مقداره من (٣ - ٣.٥) دقيقة ثم تم حرق النماذج بدرجات حرارية (١٢٥٠ , ١٣٠٠ , ١٣٥٠) م° في فرن كهربائي مبرمج من نوع (Nabertherm) بمعدل ارتفاع مقداره ٥ درجة مئوية / بالدقيقة وبزمن حرق عند الدرجة الحرارية المطلوبة لمدة ٢ ساعه . اذ تم حرق النماذج للمجموعتين بداية عند

درجة حرارة مقدارها (١٣٥٠) °م فلو حظ انصهار عينات المجموعة الثانية (N) عند هذه الدرجة الحرارية بينما عينات المجموعة الاولى (M) كانت جاهزة للفحص والقياس , فتم تقليل درجة الحرارة الى (١٣٠٠) °م فلاحظنا انصهار عينات هذه المجموعة الثانية ايضا بينما عينات المجموعة الاولى كانت جيدة ونتيجة لهذا السلوك تم تقليل درجة الحرارة الى (١٢٥٠) °م فكانت عينات كلا المجموعتين جيدة وجاهزة لعمليات الفحص . وقد تم البحث عن تفسير حول انصهار هذه العينات وتم توضيح ذلك في فصل مناقشة النتائج والاستنتاجات .

جدول رقم (٣-١)

النسب المئوية للخلطات المجموعة M

اسم النموذج	نسبة الكاؤولين %	نسبة اسود الكربون %	نسبة كاربونات الكالسيوم %	نسبة الجير %
M _١	٥٠	٣٠	٨	١٢
M _٢	٥٥	٢٥	٨	١٢
M _٣	٦٠	٢٠	٨	١٢
M _٤	٦٥	١٥	٨	١٢
M _٥	٧٠	١٠	٨	١٢
M _٦	٧٢.٥	٧.٥	٨	١٢

جدول رقم (٢-٣)

النسب النورية للخلطات المجموعه N

نسبة الجير %	نسبة كاربونات الكالسيوم %	نسبة أسود الكربون %	نسبة الالومينا % Al_2O_3	نسبة رمل زجاج ارضة % SiO_2	اسم النموذج
١٢	٨	٣٠	١٩.٥	٣٠.٥	N ١
١٢	٨	٢٥	٢١.٥	٣٣.٥	N ٢
١٢	٨	٢٠	٢٣.٥	٣٦.٥	N ٣
١٢	٨	١٥	٢٥.٥	٣٩.٥	N ٤
١٢	٨	١٠	٢٧.٤	٤٢.٦	N ٥
١٢	٨	٧.٥	٢٨.٤	٤٤.١	N ٦

(٤-٣) الفحوصات الفيزيائية
(١-٤-٣) الفحوصات الميكانيكية :

لقد تم فحص النمادج ميكانيكيا وهو متانة الانضغاط (**compression strength**) على الطريقة البرازيلية . ان توضع العينة الاسطوانية بشكل عمودي وتستند بواسطة مسندين اعلى العينة واسفلها ثم البدء بزيادة الضغط (أي القوة المسلطة تدريجيا) الى ان تنكسر العينة بواسطة الاجهاد الذي تعرضت له , ويوضح الشكل رقم (٣-٨) مراحل الاجهادات الميكانيكية التي تمر بها العينة اثناء الانضغاط (٦٧) . لقد تم حساب متانة الانضغاط من العلاقة الآتية (٣١):

$$C.S = \frac{F}{\pi DT} \quad \dots\dots\dots (١-٣)$$

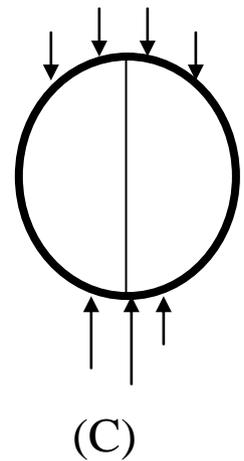
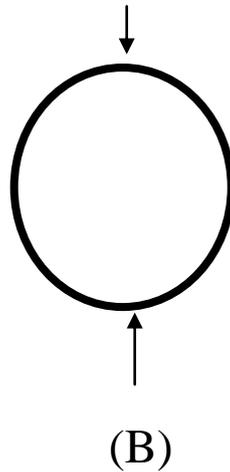
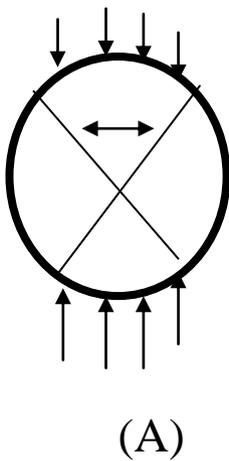
حيث ان (C.S) تمثل متانة الانضغاط (ميكا باسكال)

(F) هي اعظم حمل مسلط (نيوتن)

(D) قطر العينة (متر)

(T) سمك العينة (متر)

حيث تم الفحص في جامعة النهريين كلية العلوم قسم الفيزياء .



شكل رقم (٣-٨)

(A) القطر المثالي لاختبار الانضغاط تحت الحمل

(B) توزيع الاجهاد داخل النموذج نتيجة زيادة الحمل المسلط عليه

(C) حصول الانهيار في النموذج نتيجة زيادة الحمل المسلط عليه .

اما الفحص الميكانيكي الاخر فهو قياس معامل يونك (YOUNG MOUDELAS) . وتتلخص الطريقة بوضع النموذج على ركيزتين تفصلهما مسافة معينة وتاتي الركيزة الثالثة من الأعلى بتسلط الضغط عن طريقها فتسبب انحناء النموذج الى ان تصل الى مرحلة كسر العينة وكما موضح في الشكل (٩-٣) الذي يوضح شكل تخطيطي لجهاز الفحص . وتم حساب معامل يونك (Yonug Modules) من القوانين الآتية : (٦٨ , ٦٩ , ٧٠) .

$$E = (MgL^3) / (\epsilon I S) \quad \dots\dots\dots(٢-٣)$$

حيث ان E معامل يونك (ميكا باسكال)

M : الثقل الموضوع (كيلو غرام)

L : طول العينة (متر)

I : عزم القصور الذاتي لعارضة عرضها b وسمكها d ويعطى من العلاقة

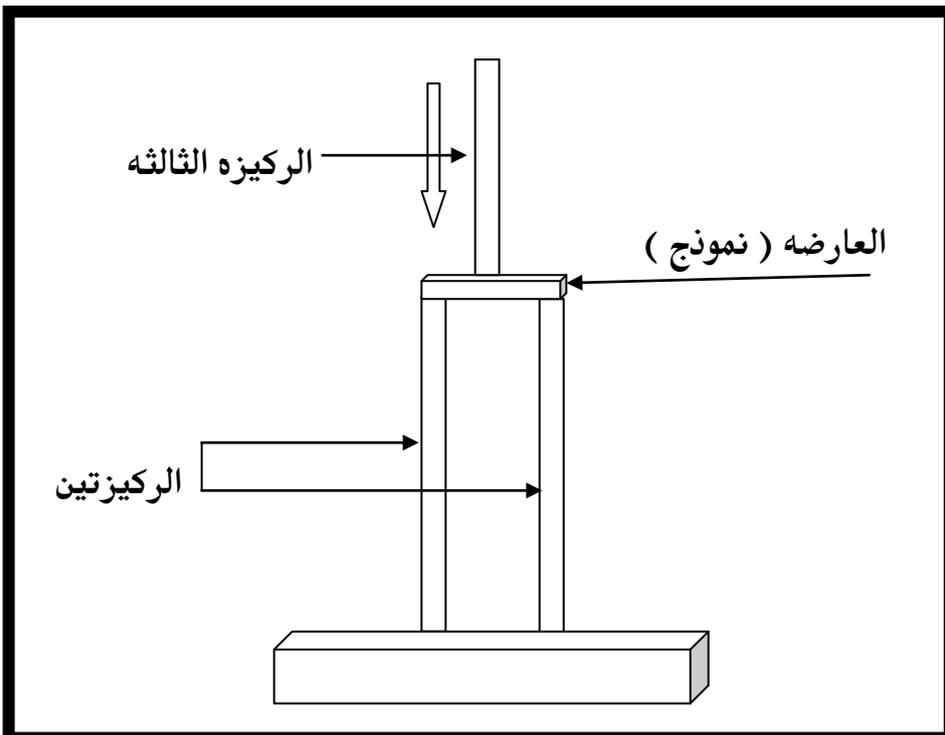
$$I = (bd^3) / ١٢ \quad \dots\dots\dots(٣-٣)$$

S : مقدار الانحناء (متر)

g : التعجيل الارضي ومقداره (٩.٨) م / ثا^٢

d سمك العارضة

b عرض العارضة

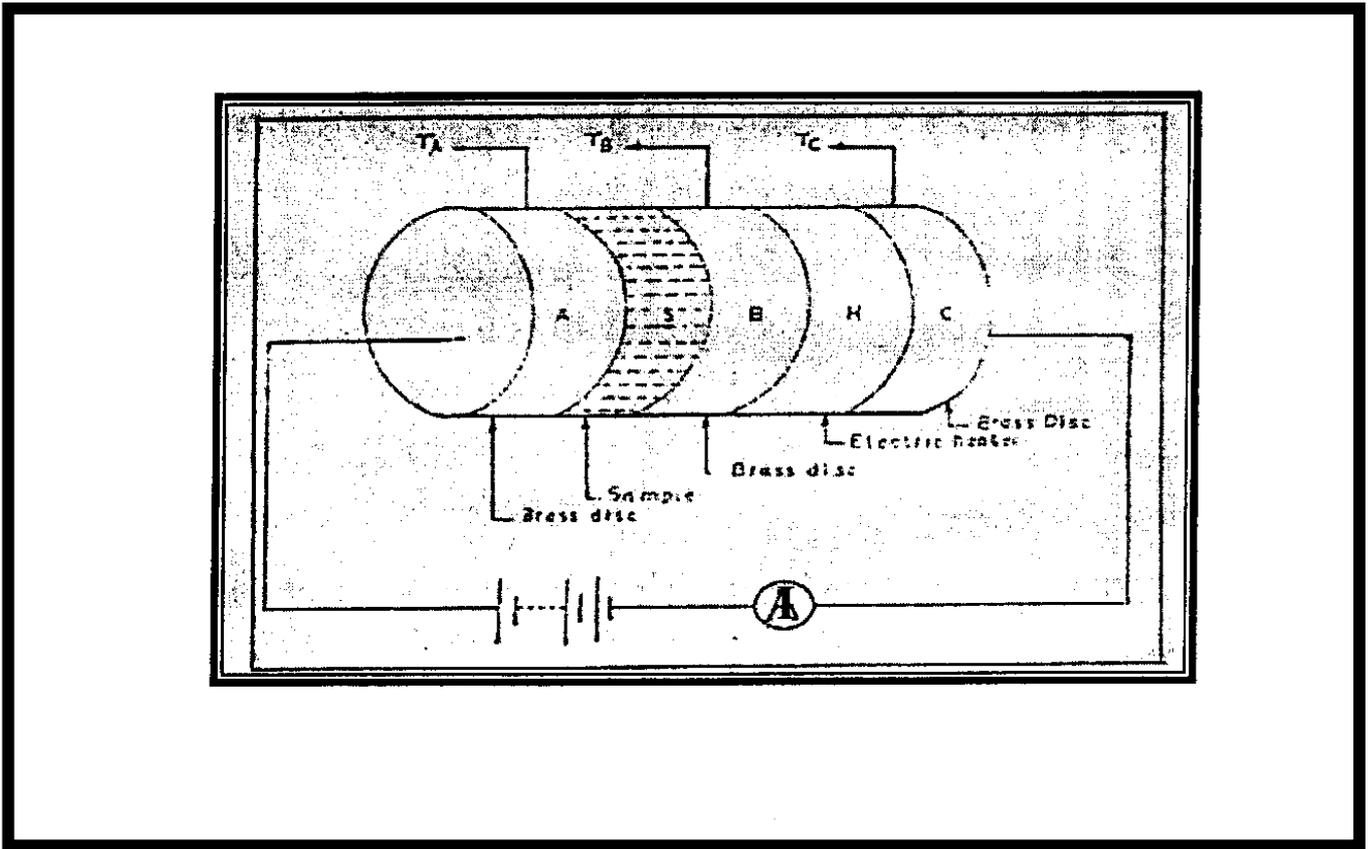


شكل رقم (٣-٩) مخطط لجهاز قياس معامل يونك

(٣-٤-٢) قياسات التوصيلية الحرارية :

من الفحوصات الفيزيائية الأخرى التي تم قياسها عمليا هي التوصيلية الحرارية إذ تم فحص التوصيلية الحرارية بواسطة طريقة (قرص لي) (**lees Disk**) وهي من الطرائق المعتمدة للقياس والتي تعطي نتائج نوعية عن المواد العازلة للحرارة والتي تعتمد هذا المبدأ في حساب التوصيلية الحرارية (K_{th}) يوضح الشكل (٣-١٠) مخططا نظريا لقرص لي . حيث يوضع النموذج (S) بين قرصين من النحاس (A,B) ويمس القرص (B) المسخن الكهربائي (H) ثم يليه القرص (C) وكما موضح في الشكل (٣-١٠) . وبالاعتماد على حساب كمية الحرارة للمادة خلال عينة من المادة المتمثلة بالقرص (S) , إذ يتم حساب قيمة (K_{th}) من المعادلة رقم (٣-٤) (٣٨) .

$$K_{th} ((T_B - T_A)/d_s) = e [T_A + \frac{1}{2} \frac{d_A}{r} T_A + \frac{1}{2} \frac{d_s}{r} T_B] \dots\dots (٤-٣)$$



شكل رقم (٣-١٠) يوضح مخطط جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي)

حيث ان (e) : تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة مادة القرص لكل ثانية (W/m².K) وتحسب من العلاقة رقم (٣-٥) (٣٨) .

$$IV = \pi r^2 e (T_B + T_A) + \pi r e [d_A T_A + d_s^{1/2} (T_B + T_A) + d_B T_B + d_C T_C] \dots (٥-٣)$$

حيث ان: (T_A, T_B, T_C) تمثل درجة حرارة القرص °م (A,B,C) على التوالي

d : سمك القرص (ملي متر) .

r : نصف قطر القرص (ملي متر)

I : التيار المار (أمبير)

V : الفولتية المجهزة (فولت)

(٣-٤-٣) قياسات ثابت العزل الكهربائي وعاملي القدرة والفقدان :

اما الفحص الاخر فهو قياس ثابت العزل الكهربائي وعامل القدرة والفقدان حيث تم فحص النماذج

في جهاز قياس ثابت العزلية الكهربائية وهو جهاز مبرمج موديل ٢٠٠٤ نوع (CCO-TRV٢٣٨E) في

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة بحوث المواد . حيث تم وضع العينة داخل الجهاز بين قرصين فتظهر

على الشاشة قيمة السعة وعامل الفقدان لدى مختلف من الترددات يتراوح بين (١٠ X ١ - ١٠ X ١)

هيرتز . والعلاقة المستخدمة في حساب ثابت العزل الكهربائي ϵ' هي (٤١) .

$$\epsilon' = (C_p d) / (\epsilon \cdot A) \dots \dots \dots (٦-٣)$$

حيث إن $A = \pi r^2$

C_p : قيمة السعة (فاراد) ، d : سمك النموذج (المسافة بين قطبي العازل (متر)

ε : سماحية الفراغ (٨.٨٥٤ X ١٠^{-١٢}) فاراد . م^{-١} ، ϵ'' : عامل الفقدان

أما مقدار عامل القدرة أو زاوية الفقد $\tan \delta$ فتحسب من العلاقة

$$\tan \delta = \epsilon'' / \epsilon' \dots \dots \dots (٧-٣)$$

والجدول (٣ - ٣) يوضح القيم القياسية لبعض العناصر والمركبات (٤٤) .

(٥-٣) الفحوصات الكيمياوية :

لقد تم اجراء بعض الفحوصات الكيمياوية للنماذج ومن هذه الفحوصات هي مقاومته لتاثير الحوامض والقواعد (Resistance of acid & alkali) وتتلخص الطريقة النموذج في حامض مركز هو حامض الهيدروكلوريك (HCL) بتركيز ١٠ مولالي بداية لمدة يومين واخذ صورة للعيينة في المجهر الضوئي بقوة تكبير مقدارها (X ٧٥) حيث ان (X) تعني ١٠٠ مره في جامعة الكوفة / كلية العلوم / قسم علوم الحياة بعد غسلها بالماء المقطر ومحلول الأسيتون وتجفيفها . ومن ثم وضع العينة في نفس المحلول لمدة ٧ ايام واخذ صورة للعيينة بعد معاملتها وغسلها بالماء المقطر والأسيتون . ونفس المدة والفترة الزمنية لعيينة اخرى في محلول قاعدي بتركيز ١٠ مولالي ايضا واخذ صور للعينات ومقارنة الصور مع بعضها ومعرفة مدى تاثير الحوامض والقواعد على التركيب الداخلي للمادة . علما انه تم اخذ صور للعينات قبل وضعها في المحاليل .

جدول (٣- ٣) يوضح القيم القياسية لبعض العناصر والمركبات (٤٤)

المركب أو المادة	مقاومة الانضغاط ميكا باسكال	معامل التوصيل الحراري جول/ نانومتر.ثا.كلفن	معامل يونك ميكا باسكال
Clay	٤.٠١٨	$12-10 \times 8.47$	
Silica	٢.٢٥	$12-10 \times 5.6$	
Alumina	٢.٨٤٢	$12-10 \times 15.15$	٧٠٣٠
Mult Porcelain	٧.٥٤	$12-10 \times 12.28$	٨٠٦٤
Polystyrene			٢٨١.٢
Rubber			٧.٠٣

الفصل الرابع مناقشة النتائج والاستنتاجات Discussion and Conclusion

(١-٤) الخواص الفيزيائية : (١-١-٤) متانة الانضغاط :-

من خلال ملاحظة النتائج المبينة في الجدول (١-٤) والرسوم البيانية (١-٤) و (٢-٤) للمجموعه (M) . و خلال معاينة النتائج للخلطتين (K١٥ ,K١٨) نلاحظ ان متانة الانضغاط تزداد بزيادة درجة حرارة التلييد في ضمن المدى الحراري (١٢٥٠ - ١٣٥٠) °م لأغلب النماذج تحت ظروف تحمل مختلفة , اذ كانت نتيجة مقاومة الانضغاط للخلطة (K١٨) والملبدة بدرجة حرارة (١٣٥٠) °م هي (٨.٧١) ميكا باسكال وللخلطة (K١٥) والملبدة بدرجة حرارة (١٣٥٠) °م هي (٩.٧٨) ميكا باسكال . إن بلوغ متانة الانضغاط لأعلى قيمة متحققة عند درجة ١٣٥٠ °م يدل على إن هذه الدرجة تمثل درجة نضوج الجسم الحراري السيراميكي , اما انخفاض متانة الانضغاط في درجات حرارة اقل من ١٣٥٠ °م فانه يعزى الى انتفاخ الثغور (المسامات) الموجودة في الجسم نتيجة لاختلاف الحجم الحبيبي لكل مادة داخلية في تركيب الخلطة وتمدده مسيبا انخفاض متانة الانضغاط . إن هذا التصرف يعزى الى زيادة نسبة المادة غير اللدنة (رمل زجاج ارضمة) الداخلة في تركيب اطيان الكاؤولين اذ ادى الى نشوء سلاسل مسامية نتيجة تكون المولاييت من اتحاد الالومينا المتبلورة مع الكرسستوبلايت اذ تتكون تكتلات منفصلة في الجسم السيراميكي تعتمد على حجم الحبيبات وتتناقص هذه التكتلات كلما كان حجم الحبيبات اصغر وكما هو موضح في المخطط الطوري شكل (١-٢) . وهذه السلاسل والتكتلات سوف تضعف من القوى ذات المدى القصير التي تربط الحبيبات عند السطح مثل قوى فانرفالز والقوى الكهروستاتيكية مما تؤدي الى تناقص متانة الانضغاط (٧١) .

ومن خلال نتائج المجموعة (N) الموضحة في الجدول رقم (٢-٤) فان الخلطة (N٥) في هذه المجموعة والمتكونة من (٤٢.٦ % رمل زجاج ارضمة , ٢٧.٤ % الومينا , ١٠ % كاربون) فقد أظهرت أعلى قيمة لمتانة الانضغاط من بين مجموع الخلطات المتكونة , اذ كانت قيمتها (١٣.٤) ميكا باسكال , وقد اظهر النموذج (N٤) المتكونة من (٣٩.٥ % رمل زجاج ارضمة , ٢٥.٥ % الومينا , ١٥ % كاربون) متانة انضغاط مقدارها (٧.٧٢) ميكا باسكال ,والذي يدل على إن الجسم الحراري يكون افضل قيمة عندما يكون

تركيز الكربون الأسود في النماذج (١٠ ٪ , ١٥ ٪) ودرجة حرارة تلييد (١٢٥٠) م° , اذ ان تاثير درجة الحرارة يؤدي الى زيادة التفاعلات بين الاكاسيد المختلفة التي ينتج عنها مركبات ذات درجة انصهار واطئة تسبب زيادة الطور الزجاجي السائل الذي يؤدي الى زيادة الكثافة وخفض المسامية . حيث ان الرص الجيد للحبيبات واقتربها مع بعضها قلل بذلك المسامية واصبحت عملية التلييد والنمو الحبيبي أسهل وأسرع حيث ان ظروف التشكيل لهذه الخلطتين (N٤,N٥) يعد افضل ظروف للتشكيل ومثلئ بالنسبة لبقية النماذج . وتبين الاشكال (١٩-٤) و (٢٠-٤) علاقة درجة الحرارة مع متانة الانضغاط للمجموعه (M) , حيث اظهر النموذج (K١٨ , K٨) من المجموعه (M) و النموذج (N٤,N٥) من المجموعه الثانية (N) سلوكا ذا متانة انضغاط أعلى من بقية النماذج عند مدى المعاملة الحرارية (١٢٥٠-١٣٥٠) م° وبسلوك ثابت .

(م°)

شكل رقم (١-٤) علاقة درجة الحرارة مع متانة الانضغاط

(م°)

شكل رقم (٢-٤) علاقة درجة الحرارة مع متانة الانضغاط

(٤-١-٢) معامل يونك :

من خلال النتائج المتحققة من هذا الفحص والمبينة في الجداول رقم (٤-١) و (٤-٢) , يتبين أن أفضل قيمة لمعامل يونك للنماذج المحضرة في المجموعه (M) هي في النموذجين (K_{١٧} , K_{١٨}) عند درجة حرارة ١٣٥٠ م° للنموذج (K_{١٨}) و ١٣٠٠ م° للنموذج (K_{١٧}) , اذ ان نسبة الكربون الاسود الداخلى في تركيب هذه النماذج هو (٧.٥ %) , حيث يلعب تركيب اسود الكربون في النماذج دورا مهما في تعزيز معاملات يونك بسبب امتلاكه خاصية الامتزاز السطحي القوي (٥٤) . مما يبين انه عند الدرجة الحرارية ١٣٥٠ م° هناك أفضل قيم الى معامل يونك للجسم السيراميكي مما يدل على النضوج التام والكامل للنماذج اعلا . أما الخلطات للمجموعة (N) فان النموذج (N_٤) اظهرت أفضل قيمة الى معامل يونك اذ كانت قيمته هي (٢١١٩.٩) ميكا باسكال . ومن خلال ملاحظة الشكلين (٤-٣) و (٤-٤) الخاص بالمجموعة (M) فان معامل يونك لجميع النماذج كانت متباينة عند درجة حرارة (١٢٥٠) م° وان النموذج (K_{١٠}) يمتلك معامل يونك أعلى من باقي النماذج عند هذه الدرجة , ويعني هذا ان الانحراف قد انخفضت قيمة قياسا وباقي النماذج الأخر . أما بعد زيادة درجة الحرارة من ١٢٥٠ م° إلى ١٣٠٠ م° نلاحظ ان الخلطات (M_١ , M_٣ , M_٥ , M_٦) في المجموعة (M) قد ازدادت قيم معامل يونك وبشكل متباين ايضا بسبب حدوث حالة الشد في الجزيئات الداخلة في تركيب المادة الأساس , مما يؤدي الى تقيد حركتها بحيث تصبح المادة صلدة وذات معدلات انفعال واطئة مما يزيد من مرونتها (٧٢ , ٧٣) . اما عند زيادة درجة الحرارة من (١٣٠٠) م° الى (١٣٥٠) م° فنلاحظ ان الخلطات (M_١ , M_٦ , M_٥ , M_٣) لنفس المجموعه (M) قد ازدادت ايضا قيم معامل يونك لهذه الخلطات لنفس السبب وهو حدوث حالة الشد في الجزيئات الداخلة في تركيب المادة الأساس مما يزيد ايضا من متانتها النماذج . أما الشذوذ الذي حصل للنماذج (M_٢ , M_٤) فانه يعود الى ان معامل المرونة وحسب العلاقة ($E = \sigma / \epsilon$) حيث ان معامل المرونة يتناسب طرديا مع القوة المسلطة على النماذج وعكسيا مع التغير في مقدار الطول الاصلي للنماذج تحت تأثير الحمل المسلط عليها . علاوة على ذلك يمكن توضيح هذا السلوك على أن قوة الجسم تتأثر بالإجهاد المتخلف (Residual stress) المتولدة خلال التبريد للنماذج نتيجة الاختلاف في التمدد الحراري (Thermal expansion) في المصفوفة الرئيسية (Matrix) وكذلك بمحتوى بقايا جسيمات رمل زجاج ارضمة (

(SiO_2) غير المتفاعل بعد التلبيد . وبناءا على ذلك فالحجم الحبيبي الى رمل زجاج ارضمة الذي يكون في المدى (١٣٠ – ١٥٥) μm يتسبب في ظهور التشققات حول حبيبات رمل الزجاج والتي هي اقل قوة انحناء فيما لو كان الجسم يزيد على ذلك ان يعد هذا الحجم الحبيبي هو البعد الحرج (Critical Dimension) (٧٤) . حيث ان تأثير رمل زجاج ارضمة (SiO_2) غير المتفاعلة على متانة الكسر (Fracture Toughness) يسيطر عليه وبدقة أكثر بواسطة تحديد الحجم الحبيبي للمواد الأولية المستخدمة في تحضير النماذج . فعندما يكون الحجم الحبيبي لرمل زجاج ارضمة هو في المدى (١٣٠ – ١٥٥) μm فمتانة الانكسار تزداد بحوالي ١.٤ مرة عندما يقارن الى الكاؤولين النقي والفلدسبار النقي (٧٤) . هذه النتائج تعتمد على ميكانيكية الانكسار الخطي . ان معامل يونك للنماذج الموضحة في اعلاه , تزداد مع زيادة درجة الحرارة من (١٢٥٠ – ١٣٥٠) $^{\circ}\text{C}$ باستثناء النماذج (M_2, M_4) التي تبدي سلوكا مغايرا عن بقية النماذج وكما موضح في الاشكال البيانية. ان اعلى قيمة للمعامل يونك تحدث عند درجة حرارة ١٣٥٠ $^{\circ}\text{C}$.

شكل رقم (٣-٤) علاقة درجة الحرارة مع معامل يونك

شكل رقم (٤-٤) علاقة درجة الحرارة مع معامل يونك

(٤-١-٣) التوصيلية الحرارية :

لقد تم الحرق في درجات حرارية (١٢٥٠, ١٣٠٠, ١٣٥٠) °م . ومن ملاحظة نتائج المجموعة (M) فقد اعطت نتائج الخلطة المعرفة (K١٤) افضل خاصية للتوصيل الحراري وقيمته (١٦.١ × ١٠^{-١٢}) جول / نانومتر . ثا . كلفن) عند درجة حرارة حرق ١٣٠٠ °م . بينما اعطى النموذج (K١٨) توصيلية حرارية مقدارها (١٣.٩ × ١٠^{-١٢}) جول / نانومتر . ثا . كلفن) ان يمتلك هذا النموذج خواص فيزيائية من متانة انضغاط ومعامل يونك بصورة عامة افضل من بقية النماذج , ان هذه الخلطة محضرة من (٧٢.٥ % كاؤولين دويخلة و ٧.٥ % من اسود الكربون و ٨% كاربونات الكالسيوم و ١٢ % الجير) فمن هذا ممكن ان نستنتج ان افضل نسبة اسود الكربون تستخدم هي (٧.٥ %) وافضل نسبة كاؤولين هي (٧٢.٥ %) اذا ما قورنت مع النتائج الأخرى . اما في درجة حرارة حرق (١٣٠٠) °م فكانت نتيجة معامل التوصيل الحراري اقل مما في درجة حرارة (١٣٥٠) °م ان كانت قيمة معامل التوصيل الحراري لنفس نسبة الخلط هي (١٣.٤ × ١٠^{-١٢}) جول / نانومتر . ثا . كلفن) . ومن خلال معاينة الاشكال (٤-٥) و (٤-٦) نلاحظ بان قيم التوصيلية الحرارية للخلطات كانت متباينة بسبب اختلاف في الكثافة الكتلية لها , اما بعد زيادة درجة الحرارة من (١٢٥٠ - ١٣٠٠) °م للخلطات (M١, M٤, M٥, M٦) فلو حظ زيادة قيم التوصيلية الحرارية لها ان يدل على حدوث النضج الحراري التام لهذه الاجسام العازلة حراريا عند درجة حرارة (١٣٠٠) °م والى زيادة قوة الترابط بين مكونات المادة للخلطات المحضرة , ومع ارتفاع درجة الحرارة الى (١٣٥٠) °م نلاحظ زيادة قيم التوصيلية الحرارية للخلطات (M٢, M٣, M٤, M٦) اما العينات (M٥, M١) فان قيم التوصيلية الحرارية لها قد تناقصت عند درجة حرارة فوق ١٣٠٠ °م بسبب وصول هذه العينات الى درجة الانتقال الزجاجي عند هذه الدرجة الحرارية , ومع زيادة درجة الحرارة فان التوصيلية تبدا بالنقصان لانه فوق درجة الانتقال الزجاجي تبدا التوصيلية بالنقصان (٤٠) , ويمكن ان يفسر ذلك استنادا الى النظرية الحركية للجزيئات التي تشير الى ان ذرات المادة دائمة الحركة وتزداد هذه الحركة اذا ارتفعت درجة حرارة للخلطات المحضرة (٧٦).

اما المجموعة (N) فقد اوضحت النتائج ان افضل قيم للتوصيلية الحرارية تتحقق في النموذج (N٤) وقيمته عند درجة حرارة تلييد (١٢٥٠) °م (١١.٢ × ١٠^{-١٢}) جول / نانومتر .

ثا . كلفن) حيث ان هذه الخلطة محضرة من نسبة اسود الكربون مقدارها (١٥٪) و رمل زجاج ارضمة مقداره (٣٩.٥٪) و الالومينا بنسبة (٢٥.٥٪) . إذ إن جزئيات اسود الكربون تعمل على تقوية الخواص الميكانيكية والفيزيائية للنماذج المحضرة وتحسينها بسبب امتلاك اسود الكربون خاصية الامتزاز السطحي القوي . مما يدل على انه افضل نسبة اسود كربون هي (١٥٪) لهذه المجموعة . اما عند ارتفاع درجة الحرارة الى (١٣٠٠) °م فان النماذج المحضرة من هذه المجموعة سوف تنصهر ويعزى سبب الانصهار الى انه عند الدرجات الحرارية (١٣٠٠ و ١٣٥٠) °م ومن خلال المنحني الطوري المبين في الشكل (١-٢) من الفصل الثاني) الى حصول التركيب ($CaSiO_3$) رباعي سليكات الكالسيوم ان تلعب الشوائب الموجودة في هذا التركيب تغيرات تدريجية متتابة عند درجات الحرارة المتراوحة بين (١٢٧٠ - ١٣٨٠) °م فيحصل تحولات طورية في المادة . حيث إن المدى الواسع من الاكاسيد قادرة على التشكل عند اقل مدى من حدود السائل الصلب للمركب ($CaSiO_3$) عند درجة حرارة الكلنكر (**Clinkering Temperature**) . فالاكاسيد تكون ذائبة (soluble) والتي تكون نسبتها مساوية او تزيد على ٠.٥٪ والتي تشمل الاكاسيد (Al_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , K_2O) وغيرها من المركبات (٢٩) . ولكي تكتمل الصورة التي قدمتها المعلومات الواردة اعلا عن المواد الصلبة ذات العزل الحراري , تم حساب الموصلية الحرارية لجميع النماذج المحضرة باستخدام العلاقتين (٣-٤) (٣-٥) والجداول المرقمة (١-٤) و (٢-٤) توضح نتائج الموصلية الحرارية للمجموعتين (M,N) .

(م °)

شكل رقم (٥-٤) علاقة درجة الحرارة مع التوصيلية الحرارية

شكل رقم (٦-٤) علاقة درجة الحرارة مع التوصيلية الحرارية

(٤-١-٤) الخواص العزلية الكهربائية :

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من قياسات للنماذج المحضرة والمبينة في الجداول من (٣-٤) الى (١٤-٤) وكذلك ملاحظة الأشكال البيانية (٧-٤) , (٨-٤) , (٩-٤) , (١٠-٤) (١١-٤) , (١٢-٤) , (١٣-٤) , (١٤-٤) , (١٥-٤) , (١٦-٤) , (١٧-٤) , (١٨-٤)) (١٩-٤) , (٢٠-٤) , (٢١-٤) , (٢٢-٤) , والتي تشمل ثابت العزل الكهربائي وعامل القدرة ان هناك سلوكا متماثلا تقريبا لجميع النماذج حيث ان كلما ازداد مقدار التردد فان ثابت العزل الكهربائي وعامل القدرة يقل وبشكل ملحوظ لهذه النماذج والمليدة بدرجات حرارية تتراوح بين (١٢٥٠ - ١٣٥٠) م . إذ ان هذه النتائج تتفق ونتائج عدد من الباحثين (٧٥ , ٧٦) الذين توصلوا إلى أنه عند زيادة التردد للمجال الكهربائي فسوف يكون هناك نقصان في مقدار العزل الكهربائي وعامل القدرة , و يعزى سبب ذلك السلوك إلى إن زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط تؤدي إلى نقصان مساهمة الاستقطابية البيئية الى الاستقطاب الكلي مما يؤدي الى نقصان قيم ثابت العزل الكهربائي للنماذج مع زيادة تردد المجال الكهربائي . كذلك فان زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط على النماذج يقلل من قابلية ثنائيات الاقطاب الكهربائية المحتثة على مواكبة تغير المجال الكهربائي مما يقلل من الطاقة التي تمتصها من المجال الكهربائي المسلط مما يؤدي الى تناقص عامل الفقدان والقدرة مع زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط . لقد أظهر النموذجين (K١٨, K١٥) الملبدة بدرجة حرارة ١٣٥٠ م ثابت عزلية مقدارها (٧.٤٤) و (٥.٢٤) عند تردد (١ X ١٠)^٤ للنموذجين أعلاه على التوالي حيث أظهرت أفضل قيمة لثابت العزل الكهربائي عند هذا التردد , اما النماذج (K١١, K١٤, K١٧) والمليدة بدرجة حرارة ١٣٠٠ م فقد أعطت النتائج التالية عند التردد (١ X ١٠)^٤ هيرتز (١٠.٣٢ , ٣.٧٨ , ١٢.٤) على التوالي. وعند مقارنة النتائج بين النماذج الملبدة بدرجة حرارة ١٣٥٠ م و ١٣٠٠ م وبصورة عامة فان النماذج الملبدة بدرجة ١٣٠٠ م فهي ذات قيمة ثابت عزل اكبر من النماذج الملبدة بدرجة ١٣٥٠ م . ومن خلال المقارنة بين التردد (١ X ١٠)^٤ والتردد (٩ X ١٠)^٣ هيرتز للنماذج الملبدة بدرجة حرارة ١٣٥٠ م فان النماذج عند التردد (١ X ١٠)^٤ هيرتز ذات قيم اقل منه عند التردد (٩ X ١٠)^٣ مما يثبت انه كلما ازداد التردد قل ثابت العزل الكهربائي وعامل القدرة والفقدان . اذ تلعب جسيمات اسود الكربون دورا مهما وفعالا في تحسن الخواص العزلية الكهربائية وهذا ما اثبتته النتائج العملية .

٣ ١٠ X

شكل رقم (٧-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (M١)

(٣ ١٠ X

شكل رقم (٨-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (M٢)

٣ ١٠ X

شكل رقم (٩-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (M٣)

٣ ١٠ X

شكل رقم (١٠-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (M٤)

شكل رقم (٧-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (M١)

٣ ١٠ X

شكل رقم (١١-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (M٥)

٣ ١٠ X

شكل رقم (١٢-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (M٦)

٣ ١٠ X

شكل رقم (١٣-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (N_1, N_2, N_3)

٣ ١٠ X

شكل رقم (١٤-٤) علاقة التردد مع ثابت العزل الكهربائي للمجموعة (N_4, N_5, N_6)

٣١٠ X

شكل رقم (٤-١٥) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (M١)

٣١٠ X

شكل رقم (٤-١٦) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (M٢)

X ١٠ ٣

شكل رقم (١٧-٤) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (M٣)

X ١٠ ٣

شكل رقم (١٨-٤) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (M٤)

X ١٠ ٢

شكل رقم (٤-١٩) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (M٥)

شكل رقم (٤-٢٠) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (M٦)

٢١٠ X

شكل رقم (٢١-٤) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (N_1, N_2, N_3)

٢١٠ X

شكل رقم (٢٢-٤) علاقة التردد مع عامل القدرة للمجموعة (N_4, N_5, N_6)

جدول رقم (١-٤)

نتائج فحص التوصيلية الحرارية ومعامل يونك (معامل المرونة) ومتانة الانضغاط
للمجموعة M

معامل يونك (المرونة) (ميكا باسكال)	متانة الانضغاط (ميكا باسكال)	معامل التوصيل الحراري λ - 10 ⁻¹ (جول / نانومتر . ثا . كلفن)	درجة الحرارة (م°)	اسم النموذج	اسم المجموعة
١٥٩.٦	٣.٣٧	٩.٥	١٢٥.٠	K١	M١
٣٢٤.٥	٦.٦٩	١٥.٩	١٣٠.٠	K٢	
٤٢٢.٨	٧.٢٣	١٠.٨	١٣٥.٠	K٣	
١٥٦٤.١	٣.٩٤	١٢.٦	١٢٥.٠	K٤	M٢
٣٥٢.١	٦.٧٥	١٢.٢	١٣٠.٠	K٥	
٨٢٤.٦	٥.٤٨	١٢.٩	١٣٥.٠	K٦	
٢٦٩.٩	٤.٦٢	١٢.٤	١٢٥.٠	K٧	M٣
٥٢٧.٣	١٠.٩٤	١٠.٨	١٣٠.٠	K٨	
٦٢٤.١	٦.٤١	١٣.٣	١٣٥.٠	K٩	
٢٠٨٢.٣	٥.٣٨	١٣.٢	١٢٥.٠	K١٠	M٤
٥١٨.٠٩	٨.٤٧	١١.٥	١٣٠.٠	K١١	
١٢٢٩.٥	٧.٣٣	١٣.٤	١٣٥.٠	K١٢	
٩٥٢.٣	٦.٦٣	١٤.٢	١٢٥.٠	K١٣	M٥
١١٠٥.٠١	٨.٨٢	١٦.١	١٣٠.٠	K١٤	
١٤٠٢.٨٩	٩.٧٨	١٢.٨	١٣٥.٠	K١٥	
١٥٣٤.٦	٧.٩٣	١٣.١	١٢٥.٠	K١٦	M٦
٢٢٤٠.٠٨	٨.٢٤	١٣.٤	١٣٠.٠	K١٧	
٢٣٣٢.٣	٨.٧١	١٣.٩	١٣٥.٠	K١٨	

جدول رقم (٤-٢)

نتائج فحص التوصيلية الحرارية ومعامل يونك (معامل المرونة) ومتانة الانضغاط
للمجموعة N

معامل يونك (المرونة) (ميكا باسكال)	متانة الانضغاط (ميكا باسكال)	معامل التوصيل الحراري $\lambda \times 10^{-1}$ (جول / نانومتر . ثا . كلفن)	درجة الحرارة (م°)	اسم المجموعة
٢٤١٨.٣	٦.٣٤	١٣	١٢٥٠	N١
١٥٥٠.٦	٦.٨٣	١٣.٨	١٢٥٠	N٢
٦٤٧.١	٧.٥٩	١٧.٣	١٢٥٠	N٣
٢١١٩.٩	٧.٧٢	١١.٢	١٢٥٠	N٤
٩٣٤.٥	٣.٤	١٠.١	١٢٥٠	N٥
١٨٩٩.٣٥	٢.٤٣	١٦.٧	١٢٥٠	N٦

(٢-٤) الفحوصات الكيماوية :

اظهرت الخلطات ومن خلال الصور المبينة في الاشكال من (١) الى (٢٥) للمجموعتين (M,N) مقاومتها الجيدة للحوامض والقواعد . حيث أخذنا مدى لحجمين من المسامات للاستدلال على مقدار تأثير الحوامض والقواعد على النماذج السراميكية الحرارية المحضرة , ويبين الجدول (٤ - ١٥) تأثير الحوامض مع تغير درجة حرارة التلييد للنماذج المشكلة ومع زمن التعرض للحوامض . اما الجدول (٤- ١٦) يعرض نتائج تأثير القواعد مع تغير درجة حرارة التلييد للنماذج المشكلة مع زمن التعرض للقواعد . حيث أخذت ابعاد النقور الحاصلة في النماذج وبشكل عشوائي على مساحة مقدارها (٨ X ٨) سم وعددها ومقارنة عدد هذه النقور بباقي النماذج , والذي يعد هذا استقراء أوليا إذ لا تتوفر وسيلة ذات دقة عالية لمثل هذه القياسات . ويمكن ان يعزى هذا السلوك ذلك الى أن وجود السيلكا (رمل زجاج ارضية) في تركيب الكاؤولين وبالتالي في تركيب الطابوق الحراري يملك تأثيرا متوازنا . ومن خلال المقارنة بين الصور يتضح لنا ان النموذج الذي يحتوي على نسبة عالية من السيلكا تكون مقاومة قليلة باتجاه الحوامض بينما تكون السيلكا ذات مقاومة قليلة جدا باتجاه القواعد . وهذا ما اظهرته النتائج من الصور الملتقطة بواسطة المجهر الضوئي وبقوة تكبير (٧٥ X) حيث أن (X) تعني ١٠٠ مرة تكبير , وكذا الحال بالنسبة للمجموعة N إذ تبدي مقاومة جيدة للحوامض وقليلة بالنسبة للقواعد .

جدول رقم (٤-١٥) تأثير الحامض مع درجة حرارة التلييد للنماذج ومع زمن التعرض للحامض

اسم النموذج	K18	K15	K17	K14	No
درجة حرارة التلييد (م°)	١٣٥٠	١٣٥٠	١٣٠٠	١٣٠٠	١٢٥٠
زمن التعرض للحامض HCl	٢ يوم	٢ يوم	٢ يوم	٢ يوم	٢ يوم
عدد النقور العميقة	١٢	١٤	١٥	١٧	١٠
حجمها (ملم)	٦ - ٤	٥ - ٢.٥	٦ - ٣	٦ - ٢.٥	٤ - ١
عدد النقور الاقل عمقا	٨	١١	١٤	١٦	٩
حجمها (ملم)	٤ - ٢	٦ - ٣	٥ - ٢.٥	٥.٢٥ - ١	٤ - ٠.٥
زمن التعرض للحامض HCl	٧ يوم	٧ يوم	٧ يوم	٧ يوم	٧ يوم
عدد النقور العميقة	١٩	٢٣	٢٥	٢٩	١٧
حجمها (ملم)	٦ - ٣	٦.٢٥ - ١.٥	٣.٤ - ٠.٥	٦ - ١.٢٥	٤.٥ - ٢
عدد النقور الاقل عمقا	١٢	١٥	١٥	١٧	١٣
حجمها (ملم)	٢ - ٠.٥	٤ - ٢.٢٥	٤ - ٢	٤ - ٣.٢٥	٦ - ٢

جدول رقم (٤-١٦) تأثير القاعدة مع درجة حرارة التلييد للنماذج ومع زمن التعرض للقاعدة

اسم النموذج	K18	K15	K17	K14	No
درجة حرارة التلييد (م°)	١٣٥٠	١٣٥٠	١٣٠٠	١٣٠٠	١٢٥٠
زمن التعرض للقاعدة KOH	٢ يوم	٢ يوم	٢ يوم	٢ يوم	٢ يوم
عدد النقور العميقة	٢٠	٢٢	٢٥	٣٠	٢٢
حجمها (ملم)	٤ - ٢	٦.٥ - ١.٥	٦ - ٢.٢	٦ - ١.٥	٥.٢٥ - ٣
عدد النقور الاقل عمقا	١٣	١٥	١٦	٢٠	١١
حجمها (ملم)	٣ - ٠.٥	٤.٥ - ١	٤.٥ - ٢.٢٥	٥ - ٢.٥	٤ - ١.٥
زمن التعرض للقاعدة KOH	٧ يوم	٧ يوم	٧ يوم	٧ يوم	٧ يوم
عدد النقور العميقة	٢٧	٣٠	٣٣	٣٤	٢٨
حجمها (ملم)	٤ - ٣	٥.٢ - ٣	٦ - ٣	٤.٢٥ - ١	٥ - ٢

٣٣	٢٩	٢٤	٢٠	٢٠	عدد النقور الاقل عمقا
٠.٥ - ٠.٥	٤ - ٢.٥	٦ - ٢.٥	٥.٥ - ١	٤.٥ - ٢	حجمها (ملم)

صورة رقم (١) للنموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ م القياسية (بدون معاملة)

صورة رقم (٢) للنموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٣) للنموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٤) للنموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٥) للنموذج (K١٨) بدرجة ١٣٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٦) للنموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ °م القياسية (بدون معاملة)

صورة رقم (٧) للنموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٨) للنموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٩) للنموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١٠) للنموذج (K١٥) بدرجة ١٣٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١١) للنموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ م القياسية (بدون معاملة)

صورة رقم (١٢) للنموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١٣) للنموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١٤) للنموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١٥) للنموذج (K١٧) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١٦) للنموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ م القياسية (بدون معاملة)

صورة رقم (١٧) للنموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١٨) للنموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (١٩) للنموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٢٠) للنموذج (K١٤) بدرجة ١٣٠٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٢١) للنموذج (N٥) بدرجة ١٢٥٠ م القياسية (بدون معاملة)

صورة رقم (٢٢) للنموذج (N٥) بدرجة ١٢٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٢٣) للنموذج (N٥) بدرجة ١٢٥٠ م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في حامض HCl
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٢٤) للنموذج (N٥) بدرجة ١٢٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٢ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

صورة رقم (٢٥) للنموذج (N٤) بدرجة ١٢٥٠ °م بعد المعاملة لمدة ٧ يوم في القاعدة KOH
(١٠ مولالي)

(٣-٤) الاستنتاجات

Conclusions

في ضوء النتائج المتحققة ومناقشتها التي بينت مدى تأثير الخواص الفيزيائية والكيميائية على النماذج المحضرة محليا , وتم التوصل الى الاستنتاجات الآتية :

١- اثبتت الخلطات (M٦) من المجموعة (M) والمتمثلة بالنموذج (K١٨) عند درجة حرارة تلييد (١٣٥٠ م°) والمحضرة من اطيان الكاؤولين بنسبة (٧٢.٥ %) واسود الكربون بنسبة (٧.٥ %) بالاضافة الى الجير وكاربونات الكالسيوم بنسبتها الثابتة لجميع النماذج وهي على التوالي (٨ % , ١٢ %) افضل الخواص الميكانيكية والفيزيائية بصورة عامة ومقاومة للحوامض والقواعد . اما المجموعة (N) فقد اظهرت الخلطة (N٤) افضل الخواص تقريبا من بقية المجاميع . ان تعتبر الخلطة (M٦) من المجموعة (M) افضل الخلطات المستخدمة .

٢- بينت النماذج اعلا مقاومة للجيدة للحوامض ومقاومته الاقل للقواعد وهذا ما يوضحه الجدول كاستقراء نوعي لما يحصل ان ليس لدينا الدقة الكافية في التحديد الخاص بعدد النخور في هذا النموذج , ويمكن ان يعزى ذلك الى المحتوى العالي لرميل زجاج ارضية في النماذج .

٣- أعطى النموذج (K١٨) خواص عزلية كهربائية جيدة في نطاق التردد (١٠ X ٤) المستخدم في الفحص , وكذا الحال بالنسبة لعامل الفقدان والقدرة لهذا النموذج . كما اعطى النموذج (K١٤) خواص عزلية كهربائية جيدة في نطاق هذا التردد .

٤- وفي ضوء ما تقدم يمكن اعتماد هذه المواد المحلية والمتمثلة في الخلطة (M٦) من المجموعة (M) , والخلطة (N٤) من المجموعة (N) , كأفضل خلطة في تصنيع الحراريات المستخدمة .

(٤ - ٤) الدراسات المستقبلية

Future studies

- ١- دراسة تأثير تغير الحجم الحبيبي للمواد الأولية المستخدمة ومعرفة مدى تأثيرها على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للنماذج التي سوف تحضر وفق الحجم الحبيبي المختار .
- ٢- دراسة إمكانية استخدام اسود الكربون من مصدر آخر غير المصدر المستخدم في هذا البحث بحيث تحقق المواصفة المطلوبة . أي بمعنى اخر استخدام مادة اسود الكربون المنتجة بطريقة صناعية أخرى لذات الغرض .
- ٣- دراسة تأثير تغير تراكيز الحوامض والقواعد على النماذج المحضرة بهذه الطريقة أو بطريقة أخرى وزمن المعاملة بها .
- ٤- استخدام تقنية المجهر الالكتروني الماسح (SEM) لبيان تأثير الظروف البيئية والمحاليل الكيميائية على النماذج المحضرة .

- ١- P.P. Budnkov , "The Technology of Ceramic and Refractories" ,
massach usetts Institute of technology, Canbirlge , (١٩٨٢).
- ٢- John Wiley & Sons , Encydopeadia of Chemical Techrology " Vol.٢٠
,third edition, Awily - Interseseience Publication,NewYork,(١٩٨٢).
- ٣ -M. Kenneth ,& S. shaw" Refrectories and Their Uses", ١st ed ,
London ,(١٩٧٢) .
- ٤- ريان ، ((خواص المواد الخام السيراميكية))، ترجمة فاضل بندر ، ماجد محمد عكاشة ، فوزي عبد
الهادي،وزارة التعليم العالي ، دار التقي للطباعة والنشر ، (١٩٨٦) .
- ٥- J.H.Chesters"Refractorics Production and Properties" Lund-
Humphries ، Brad ford ، (١٩٧٣) .
- ٦ - محمد هادي الشمري، " دراسة تأثير المعادلة الحرارية في الخواص الميكانيكية للمونة الحرارية
المستعملة في أفران الصهر " ،رسالة ماجستير ، جامعة بابل، (٢٠٠٤) .
- ٧ - حامد عبد الله الفلاحي ، " دراسة خصائص وإنتاج الحرارية من البوكايت العراقي وتحسينها " ،
رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، (١٩٩٤) .
- ٨- رحيم عزيز حسن العكيلي ، " صناعة الطابوق الناري الطيني من الطين الحراري المتحجر " ، رسالة
ماجستير ، الجامعة التكنولوجية، (١٩٩٧) .
- ٩- مراتب صالح سيتي ، " تقييم خامات الكاؤولين منطقة سمحات لاستخدامها في صناعة الطابوق الناري
"رسالة ماجستير - هندسة كيمياوي ، الجامعة التكنولوجية ، (٢٠٠٢) .

١٠- احمد مصطفى البصلي , مظفر محمد محمود , " المعادن والصخور " , وزارة التعليم العالي والبحث العلمي , دار التقي للطباعة والنشر , (١٩٨٠) .

١١- J.H.Chesters , " Refractories Production & Properties" , ٥th ed. , House press ,London , (١٩٧٣) .

١٢- عدي اسعد عبد الدليمي , " الحراريات صناعتها وخواصها واهم استخداماتها , بحث مقدم الى الجامعة التكنولوجية , دبلوم عالي, (٢٠٠٠) .

١٣- M.S. Crowley, " Refractories Concrete", American concrete institute , Michigan , (١٩٧٨) .

١٤- ناهدة عبد الكريم القره غولي, " جيوكيميائية الصخور والمعادن الصناعية " , طبع شركة تالميس للطبع والنشر شارع الرشيد , بغداد , (١٩٧٩) .

١٥- M.S.Growley , " Solving Refractory Problem in Refineries " , Materials Protection & Performance " , Vol.١١, No.٧ pp.(٣٩-٤٢) , (١٩٧٢) .

١٦- M.S.Growley,& J.F.Wygant . " Critical Ceramic Application in Fossil Fuel Processing " , American Ceramic Society Bulletin,Vol. ٥٢, No.(١١) ,pp.(٨٢٨-٨٣٧) , ١٩٧٣ .

١٧- R.J. Sarjant , " Electric Furnaces " , edited by C.A.OTTO. Georgy newness , London , pp.(٢٨-٦٣) , (١٩٥٨) .

١٨- R. Mcpherson , Bull. Amer. Ceram. Soc. Vol.٤٨,No.٨,pp(٣٠-٣٦) (١٩٦٩) .

١٩- وسام ابراهيم عزيز, السيد ادريس عبد القادر , " الكيمياء اللاعضوية الحديثة " , طباعة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي , جامعة الموصل , ١٩٨٤ .

٢٠ - J.G.Yount , & W.H.Powers , " Simulated Service Tests of Cement Kiln Brick ", Bull. Amer. Ceram. Soc.Vol. ٤٨,No.٧,(١٩٦٩).

٢١- A.Dinsdale , J. camm & W.Wilkinson ," Study of some Mechanical Properties To Ceramic", Bri . cerm . soc . tran , Vol. ٦٦, No.٨, p (٣٦٧), (١٩٧٠) .

٢٢- S.K.Khandwal & L. Cook ,"Effect of Eddition Alumina on Crystiline Structure", Ceramic Bulletin , Vol. ٤٩ , No,٥,(١٩٧٠) .

٢٣- J. Glaudus, & P. Boeh ," Effect of Pores on Mechanical & Physical Properties for Refractory ", Interceram , Vol.٣٣ , No.٣ , P(٣٧) , (١٩٨٤) .

٢٤- J.S.Chapell ,T. A.Ring, & J.D. brichall ," Effect of Grain Size on Sintiring Rate ", J.Appl. Phy. S. Vol ٦٠,No.١,(١٩٨٦) .

٢٥- M.F.Tomizaki ,& T. Saguiyame ," Study of Effect of Grain Size in High Silica Refractory Interceram ,Vol.٤٤, No.٤,(١٩٩٥) .

٢٦- محمد احمد النعيمي , " تأثير نوعية السيلكا في الصفات الفيزيائية والميكانيكية الاجسام السيراميكية المستخدمة كمواد بناء " , رسالة ماجستير , جامعة بغداد , (١٩٩٦) .

٢٧- M.Nakahara , Y. Kondo, & K. Hamono ,"The Effect of Kaolin Grain Size to the Sintiring & Physical Properties of High Alumina Refractory", Journal of the ceramic society of Japan , Vol.١٠٦ , No.٨, (١٩٩٨) .

٢٨- R.stonis ,& S.Hoberies ," Effect of Binders Materials on the Composite Materials ", Refractories and Industrial Ceramic , Vol.٤٢, No.٧,p(٣٠٠), (٢٠٠١) .

٢٩- A.M.Alper," Phase Digrams Materials Science & Technology " ,
Volume (٢) , U.K.Edition published by ACADE micl press. INC.London,(١٩٧٤).

٣٠ - R. Pampuch , " Ceramic Materials" , An Introduction to Their
Properties, Elsever Scientific Publishing Company , Amsterdam,(١٩٧٦).

٣١- شروق صباح عبد العباس, " دراسة الخواص الفيزيائية للعازل الكهربائي السيراميكي ذي الجهد
العالي " , رسالة ماجستير , جامعة بابل , كلية العلوم , (٢٠٠٢).

٣٢- شوكت اسماعيل جبر الداهري, " دراسة التوصيلية الحرارية لمكبوسات (البوسلينايت - كاؤولين) "
رسالة ماجستير , الجامعة التكنولوجية - قسم العلوم التطبيقية , (٢٠٠١) .

٣٣- F.Singer , & S.S. Singer , " Industrial Ceramics " , Chapman & Hall
LTD. London , (١٩٦٣) .

٣٤- Michel W.Barsoun , " Fundamentals of Ceramics " , the Mc Graw –
hill com. , Inc. Printed insingapore , (١٩٩٧) .

٣٥- R.F Roy, A.E. beck , & Y.S. Touloukian , " Thermophysical
Properties of Rocks " , the Mc Graw – hill book com.NewYork,(١٩٨١).

٣٦- Y.S.Touloukian , W.R. Judd , & R.F. Roy , " Physical Properties of
Rock & Materials " , the Mc Graw – hill book com.NewYork,(١٩٨١) .

٣٧- V.P. Isachenko , V.A.Osipova , & A.S. Sukomel , " Heat Transfer "
, translated from Russsin by S.Semtonv . Mir publishing Moscow .(١٩٧٧).

٣٨- علي حسن رسن العزاوي, " دراسة السلوك الميكانيكي والحراري لمواد متراكبة هجينة " , رسالة
ماجستير, الجامعة التكنولوجية, (٢٠٠٢) .

٣٩- F.Michad,Engineering Materilas : " An Introduction to Microstructure" ,
Processing & Design , ovfcrod , (١٩٨٦) .

٤٠- ASTM Designation : " D ٢١٤٩ – ٦٨ : STANTARED Method of testing for dielectric constant & Dissipation Factor of solid Ceramic dielectric at frequency to ١٠MHz & temperature to ٥٠٠c'

٤١ – هاني محمود حسين , " دراسة تأثير ظروف التشكيل للعازل الكهربائي السيراميكي " , رسالة ماجستير جامعة بابل – كلية العلوم, (٢٠٠٣).

٤٢- F.H.Norten , " Refractories " , McGraw – Hill,Inc. , library of congress , new York , (١٩٦٨)

٤٣- Petrzzeli , G.Gulid , G. & Sequi , "Electro – optical measurement of clay Shrinkage" . clay minerals , Vol.١١. pp ٨١-٨٤,(١٩٧٧).

٤٤- W.D.Kingry , " Introduction to Ceramic " , John Wiley New York , (١٩٧٦) .

٤٥- L.A. Lay," Corrosion Resistance of Technical Ceramic" , National Physical lab. , (١٩٧٦) .

٤٦-A. Plancan & V.Drits , " clay & clay minerals " , Vol.٤٨ ,No.١,p(٥٧),(٢٠٠٠)

٤٧ – قحطان خلف الخزرجي, " مبادئ هندسة المواد اللامعدنية " , رسالة ماجستير ,جامعة بابل ، (١٩٩٤) .

٤٨- W.Worrall, "Ceramic Raw Materials" , ٢ nd Edition, program press , oxford , new York , (١٩٨٢) .

٤٩ – محمد حيدر الطائي, " خواص المواد الهندسية " , طباعة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي , جامعة بغداد , (١٩٨٧).

٥٠- W. Ryan , " Clay Sand Ceramic Raw Materials " , Applied Science publishers LTD, London , (١٩٧٥)

٥١- F.Ford , " Ceramic drying " , program on press , oxford , new York , (١٩٨٦) .

٥٢- John willy & Sons, editors by : Martin Grayson " Encyclopedia of Composite Materials Components " , A Willy – Interscience publication , new York, (١٩٨٣) .

٥٣- E. K.Raymond, & D. F.Othmer , " Encyclopedia of Chemical Technology " , vol .(٤) , Bearing Materials to carbon , Interscience Encyclopedia , INC. New York , (١٩٥٤) .

٥٤ E. K.Raymond, & D. F.Othmer , " Encyclopedia of Chemical Technology " ٤th edition , vol .(٢٣), sugar to thin clime, Interscience publication , new York,(١٩٥٦).

٥٥- E. K.Raymond, & D. F.Othmer , F.Othmer , " Encyclopedia of Chemical Technology" , vol .(١٣), Interscience Encyclopedia , INC. New York ,(١٩٥٥) .

٥٦- American Society for Testing Materials (ASTM),Standard Specificatn For Tar,D٤٤١-٤٧.

٥٧- E.L.Hall ,Chem.Met.Eng.,Vol.٤٨,No,١٠٠,(١٩٦١).

٥٨- J.M.Weiss, "Tar Refining and Tar Pvoidacts".Report of chemistry commiltee,Ame.Cas Association ,(١٩٧٨) .

٥٩- E. K.Raymond, & D. F.Othmer , " Encydopeadia of chemical techrology " , carbon to cinchophen , Interscience Encyclopedia , INC. New York , (١٩٦٠) .

٦٠- W.T.Miller , J.Am. Chem . Soc. , Vol.(٦٢),No.٥ ,pp (٣٤١- ٤٤), (١٩٧٠) .

٦١ – C.Chambers , A.K.Holliday , " Inorganic Chemistry " , Interscience publication , New York (١٩٨٢) .

٦٢- F.A.Rassen , " The Use of Iraqi Siliciliceous Rock In Electric Insulated Industry " ,PhD. , Thesis , Al-Nhreen University,(١٩٩٨).

٦٣- W.Ryan , " Preparation of Ceramic Raw Materials " , ٢nd , etition by paragon press , (١٩٧٨).

٦٤- W.E. Brwnell , " Structure Clay Production " , Springer early , New York. (١٩٧٦) .

٦٥- F.H.Norton, " Element of Ceramics " , ٢nd edition , Addison – Wesley Publishing com. , London , (١٩٧٤) .

٦٦- F.B. Swinkels, & M.F. Ashby, " A Second Report on Sintiring Digrams " , Jr. Acta Metal . Vol .٢٩ .pp (٢٥٩ -٢٨١) , (١٩٨١) .

٦٧- T. Soma, M.Matsbi , l. Odan , & N. Yamamoio, " Application of Crack Propagation Data to Failure Prediction In Kaolin " . J. Ame.Ceram.Soc,Vol.٦٣,No.(٤-٣),pp(٩٦-١٠٦),(١٩٨٠).

٦٨- هناء علي مجيد العزاوي , " دراسة السلوك الميكانيكي والحراري لمادة متراكبة من الصوف الصخري " , رسالة ماجستير – الجامعة التكنولوجية,(٢٠٠٥) .

٦٩- كور كيسى عبد آل ادم , د . حسين علي , " تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات " , جامعة البصرة , (١٩٨٣) .

٧٠- N.Namcox,"Fiber Composite Hybrid Materials", Applid Sciemce Publish,LTD,(١٩٨١) .

٧١- T.Limah & K. Mazdiyasni , "Study of Physical Properties for High Silica Refractory " J.Amer. Ceram. Soc .Vol. ٦٦,No.١٠,p(٦٩٩) ,(١٩٨٣) .

٧٢-M.F.Jone,& H.M.Daved , " Composite Materials " , Encyclopedia , Microsoft , Ensatra, (٢٠٠٠) .

٧٣ – أوها م محمد حميد السعدي , " دراسة تأثير التدعيم بالالياف على بعض الخصائص الفيزيائية لمادة متراكبة " , رسالة ماجستير , الجامعة التكنولوجية , قسم العلوم التطبيقية , (٢٠٠٠) .

٧٤- Y.Kobayashi , & O.Ohira , J. Ame. Soc. ,Vol. ٧٥, No.٧ , p(١٨٠١-١٨٠٦), (١٩٩٢) .

٧٥- k.Nour,A.Ani,&F.Mahdi,Indian. J.Phys.,Vol ٥٤ A, p(٤٤٤) ,(١٩٨٠).

٧٦ – احمد مكي , " دراسة الخواص الميكانيكية لمواد مركبة باستخدام مسحوق معدني " , رسالة ماجستير , الجامعة التكنولوجية , قسم هندسة الكائن والمعدات , (٢٠٠١) .