

## دراسة تأثير إضافة طين كاؤولين دويخلة والالومينا إلى البوكسايت العراقي على بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية

آلاء علاء الدين

قسم هندسة المواد / كلية الهندسة / الجامعة التكنولوجية  
البريد الإلكتروني: [aDr.alaa@yahoo.com](mailto:aDr.alaa@yahoo.com)

(Receive 31 March 2010; accepted 13 January 2011 )

### الخلاصة

يهدف البحث الى تصنيفهاذج سد يراميكية من مواد اوليعراقية مثل بوكسد ايت الحسد بنينات (خام ومد روق) ودراسة تأثير بعض الاضافات مثل اطيان كاؤولين دويخلة البيضاء، الومينا عليه، مع استخدام بلكات الصوديوم كمادة رابطة تم تهيؤة تخم خلطات، شد ملت البوكسد ايت الخام والمد روق واطيان الكاؤولين مع اضافة (40) مل من سيلكات الصوديوم، واوكسيد الالمنيوم وبنسب (2.5, 5, 7.5, 10 %) وزناكم واد رابطةم قياس التدرج الحجمي للخلطات المحضرة بطريقة الغرلويجري تشكيل جميع العينات بطريقة الكبس شبه الجاف وتحت قوة ضد اعطه مق دارها (10 Ton) بنسبة رطوبة من (5-10) % من وزن الخلطة. جففت جميع العينات وحرقت بدرجات حرارة (1200) °C وفق برنامج حرق اذ رفعت درجة الحرارة (5) °C لكل دقيقة مدة 10 دقائق الانضاج واجريت لها بعض الفحوصات منها الفيزيائية والميكانيكية والحرارية. اظهرت نتائج الفحوصات للعينات ان مدى الاحجام الناعمة للمواد الأولية مع درجة الحرارة اعطى نسبة من المولايات مقارنة مع الاحجام الخشنة وتزداد قيم الكثافة الكلية ومعامل التقلص الطولي والصلادة وتقل قيم المسامية الظاهرية ونسبة امتصاص الماء لجميع العينات المحضرة كما اظهرت النتائج ان وجود الالومينا مع البوكسايت يكسبه قوة وذلك بسبب زيادة طين المولايات وهيمداز بقوة ميكانيكية وحرارية عالية وخصوصا التوصيل الحراري. اظهرت النتائج ان افضل للواصل الحراري والميكانيكية كانت تتمثل بالخلطة التي شملت نسبة اوكسيد الالمنيوم فيها بنسبة (10) %.

الكلمات المفتاحية: كاؤولين، الالومينا، بوكسايت، مولاي، توصيلة حرارية.

### ١. المقدمة

درجة حرارة الحرق، التركيب الكلي للمواد الأولية، الحجم الحبيبي ونسبة خلط المواد الأولية فاعلى نسبة للالومينا  $Al_2O_3$  في المواد الأولية مع درجات حرارة عالية يؤدي إلى تكوين مولاي ذي محتوى عالي للالومينا [6]. يهدف البحث إلى إمكانية تحضير نماذج من خام البوكسايت واطيان الكاؤولين في القطر ودراسة تأثير إضافة مواد أخرى إليها على بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية لها والتي تستخدم لأغراض الحرارية بصورة عامة وتصنيع البوداق السيراميكية وغيرها من التطبيقات.

### ٢. الجزء العملي

تم استخدام (طين كاؤولين دويخلة و البوكسايت المحروق بدرجة  $1000^{\circ}C$  لمدة ساعة) و البوكسايت الخام) وتكون بشكل مسحوق و اضافة اربعة نسب وزنية من الالومينا الى هذه الخلطة بلغت (2.5, 5, 7.5, 10 wt%) وكما هو موضح بالجدول رقم (1) بعد وزنها بميزان حساس بدقة (0.0001) بوزن حوالي (20gm) للنموذج الواحد كما موضح بالشكل (1)، إجراء فحص التدرج الحجمي بواسطة طريقة التحليل المنخلي Sieving analysis و كما هو موضح بالشكل (2) والجدول رقم (2) يوضح نتائج التحليل الحجمي للخليط.

يعرف البوكسايت بأنه خليط من مواد خام معدنية ويتكون من الالومينا  $Al_2O_3$  بشكل اساسي واكاسيد اخرى مثل السليكا  $SiO_2$  و اوكسيد البوتاسيوم  $K_2O$  والكالسيوم  $CaO$  والحديدوز  $Fe_2O_3$  و اوكسيد المغنيسيوم  $MgO$  و اوكسيد الصوديوم  $Na_2O$  و اوكسيد التيتانيوم  $TiO_2$  [1]. اكتشف البوكسايت اول مرة عام 1844 في العراق تم اكتشافه في شمال وادي الحسينيات حيث اكتشفت رواسبه وهو يحتوي على (63.02%) من الالومينا مقارنة بالأمريكي (60.6%) والصيني (63.5%) [5]. لذا فهو يعد مادة أولية محلية يمكن استخدامها صناعيا في كثير من التطبيقات الحرارية وغيرها.

عند مراجعة الدراسات السابقة نجد الباحث الطائي الذي قام بدراسة خصائص الحرارية وإنتاجها من البوكسايت العراقي وتم تهيئة الخلطات بإضافة كاؤولين دويخلة ومسحوق الالومينا مع مراعاة الحجم الحبيبي وكذلك المادة الرابطة (المولاس). ظهرت دراسات عديدة حول معدن المولاي تركزت على جوانب عديدة لما له من أهمية في الصناعات السيراميكية والحرارية. فأول ما اكتشف تركيب المولاي ذي الصيغة الكيميائية  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  هما (Greigg & Bowen) [4,5] و درس Cameron التركيب الكيميائي للمولاي اذ تم تحديد التركيب الكيميائي للمولاي الناتج من التلبد من خلال عدة عوامل منها

جدول ١- الرموز والمكونات الاولية المستخدمة لتحضير العينات السيراميكية

رمز الخلطة	المواد الاولية اللدنة wt%			المواد الاولية غير اللدنة wt%
	الاضافة wt% (الالومينا)	(كاؤولين دويخلة)	(بوكسايت غير محروق)	
X1	---	15	40	45
X2	2.5	17.5	40	40
X3	5	20	40	35
X4	7.5	22.5	40	30
X5	10	25	40	25

جدول ٢- نتائج حساب d المسافة البنينة للموليت و الكريستوباليت .

Sample No.									
X <sub>5</sub>		X <sub>4</sub>		X <sub>3</sub>		X <sub>2</sub>		X <sub>1</sub>	
CR	M	CR	M	CR	M	CR	M	CR	M
d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
4.042	5.394	4.073	5.397	3.183	5.371	4.074	5.345	4.057	5.338
3.191	3.393	3.196	3.394	2.846	3.774	3.189	3.393	2.884	3.397
2.885	2.881	2.899	2.899		3.399	2.389	2.388	2.432	3.188
	2.691	2.445	2.697		2.845	2.427	2.693		2.882
	2.542		2.547		2.686		2.545		2.693
	2.429		2.351		2.537		2.378		2.542
	2.381		2.302		2.431		2.343		2.344
	2.346		2.202		2.357		2.297		2.289
	2.292		2.123		2.286		2.201		2.204
	2.209		2.088		2.202		2.118		2.121
	2.081		2.026		2.121		2.089		2.088
	2.025		1.881		2.080		2.029		2.031
	1.887		1.838		2.033		1.885		1.885
	1.842				1.921		1.837		1.836
					1.881				
					1.832				

M:Mullite, Cr:Cristobalite

جدول 3- التحليل الحجمي للمواد المستعملة

الكمية المتبقية لكل منخل (wt%)					فتحة المنخل (µm)
الخلطات					
X5	X4	X3	X2	X1	
0.44	0.77	0.98	1.24	3.75	600
1.05	1.96	2.01	2.11	5.04	355
2.18	4.23	5.05	6.5	10.2	212
24.27	25.12	24.2	23.2	19.25	150
27.25	30.01	32.33	34.01	38.35	106
34.48	32.27	31.66	31.51	23.15	75
9.13	5.41	3.72	1.3	0.24	53



شكل 1 - الميزان الحساس.



شكل 3 - المكبس الهيدروليكي.



شكل 2 - جهاز (التحليل المنخلي) الميكانيكي.



شكل 4 - صورة لبعض النماذج المحضرة.

تم حساب المسامية الظاهرية (Apparent Porosity)، امتصاص الماء (Water Absorption)، الكثافة الكلية (Bulk Density)، للعينات المحضرة حسب المواصفة الأمريكية (ASTM C 373 - 72) وكما يلي [7]:

$$\text{Exterior Volume (V)} = [S - I] \quad \dots(3)$$

$$\text{Apparent Porosity (P)} = [(S - D) / V] * 100 \quad \dots(4)$$

اجري التحليل الكيمياوي للخلطات بطريقة الامتصاص الذري (في دائرة المسح الجيولوجي و التعدين) و كما هو موضح المكونات بالجدول (3)، بعد ذلك تم كبس النماذج بطريقة الكبس شبه الجاف (Semi-Dry Pressing) مع زيادة (6%) من الماء وباستخدام مكبس هيدروليكي كما موضح بالشكل (3) بقالب من الفولاذ بقطر (25 mm) وسمك (20mm) وبضغط (10<sup>3</sup> kg/cm<sup>2</sup>) وتم التجفيف بدرجة (100°C) بفرن التجفيف، الشكل (4) يوضح شكل النماذج المكبوسة بعد الحرق، و الذي تم بدرجة (1200°C) و زمن انضاج 10 Soaking time ساعات. اما الفحوصات التي اجريت للعينات فهي فحص حيود الاشعة السينية XRD لاجل تحديد التركيب وباستخدام جهاز نوع Philips PW(1050) وبهدف من النحاس و بطول موجي (λ = 1.54056 Å و بتطبيق معادلة براغ

$$n\lambda = 2d_{(hkl)} \sin\theta \quad \dots(1)$$

حيث ان: n: مرتبة الحيود، λ: الطول الموجي، d: المسافة البينية للمستويات الذرية للنموذج θ: زاوية الحيود يمكن حساب المسافة الفاصلة بين المستويات الذرية وحسب جداول ASTM. تم حساب النقل الطولي بعد الحرق وحسب المواصفة (ASTM C326-76) [7] و بتطبيق المعادلة التالية [4]:

$$\text{النقل الطولي بعد الحرق} = \frac{\text{طول العينة قبل الحرق} - \text{طول العينة بعد الحرق}}{\text{طول العينة قبل الحرق}} * 100\% \quad \dots(2)$$

تحسب (e) من المعادلة الآتية :-

$$IV = \pi r^2 e (T_B + T_A) + 2 \pi r e [d_A T_A + d_s / 2 (T_A + T_B) + d_B T_B + d_C T_C] \dots (8)$$

حيث ان: I V: القدرة (I = 0.5 A, V = 6 V) : كمية الحرارة (الطاقة الحرارية) لوحدة المساحة لمادة القرص لكل ثانية  $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$ ,  $d_A = d_B = d_C = 13 \text{ mm}$ : وتمثل سمك الاقراص  $d_s$ : سمك العينة المراد فحصها بـ  $r = 0.0206 \text{ m}$  نصف قطر الاقراص (A, B, C) اما K : معامل التوصيل الحراري  $(W/m \cdot ^\circ C)$ .

تم تحديد نسبة المولايث المنتقة للفحص وذلك بتعريضها لحامض الهيدروفلوريك HF وحامض الهيدروكلوريك HCl اذ يعمل حامض الهيدروفلوريك على تحلل المعادن السيليكاتية Silicates Minerals التي لاتتأثر ببقية الحوامض، ويتفاعلها مع الحامض تكون مركب فلوريد السيلكون القابل للتبخر، اما حامض الهيدروكلوريك HCl فيعمل على ازالة بقية المواد الموجودة بالعينة بعد الحرق، وتبقى بلورات المولايث واوكسيد الالمنيوم غير المتفاعل بدون تأثر لفعل الحوامض [9] لذلك تم اضافة كاربونات الصوديوم  $NaCO_3$  مع البيوراكس  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ . لاذابة الالومينا الحرة وتبقى بلورات المولايث بدون تأثر وهذا يتوافق مع ما ذكره [10] Temuujin من ان المولايث خامل كيميائيا وبهذه الطريقة تم ايجاد نسبته.

### 3. النتائج و المناقشة

بينت نتائج فحص الاشعة السينية للعينات بانها تتكون بشكل رئيسي من معدن المولايث Mullite و مع وجود الكرسوبلايت Cristobalite و حسب البطاقة رقم ASTM card No.06-0258, No.11-0695 وكما هو موضح بالشكل (7) و الذي يضم جميع الخلطات. اما الجدول (2) يبين نتائج حساب d المسافة البينية للمولايث و الكرسوبلايت، ان سبب ظهور معدن المولايث في جميع العينات هو احتواء العينات المحضرة على اليوكسايت الخام المحروق و الذي يحتوي بتركيبه على المولايث و الكرسوبلايت و احيانا الكورندم و الذي يكون غير فعال لان ذراته مرتبطة بقوة بحيث تحتاج الى طاقة عالية لرفع تلك الذرات من موقعها و حصول التفاعل بشكل كامل [9,11] ان التشابه في تبلور الاطوار المعدنية المتكونة عند الحرق يعود الى كون المواد الاولية متشابه اصلا و الاختلاف هو في نسب الخلط و بالتالي اختلاف نسب المولايث و الكرسوبلايت. كذلك يمكن ملاحظة ان شدة تكون المولايث و معدله و الذي يظهر بشكل قمم في مخطط الحيود يتأثر بعوامل عديدة منها الحجم الحبيبي للمواد الاولية و نوع الاطوار المتفاعلة و درجة حرارة الحرق و نسبة  $Al_2O_3/SiO_2$  اذ تزداد مع نقصان الحجم الحبيبي و هذا يتفق مع ما توصل اليه Li و Thomson [12].

الجدول (3) يبين نتائج التحليل الحجمي للخلطات و يبين زيادة في نسبة الاحجام الناعمة مقارنة مع الخشنة، ان تواجد الاحجام الناعمة للمواد الاولية المستعملة تعطي نماذج ذات خواص جيدة مقارنة بالخشنة اذ تكون قوة ارتباط الحبيبات افضل وبالتالي الحصول على نسيج متراس قليل المسامات [13].

$$\text{Water Absorption (A)} = [(S - D) / D] * 100 \dots (5)$$

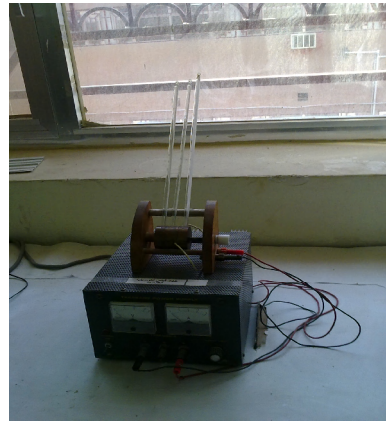
$$\text{Bulk Density} = [D / V] \dots (6)$$

حيث ان: S : وزن العينة وهي مشبعة بالماء ومعلقة بالهواء، I : وزن العينة وهي معلقة ومغمورة بالماء و D: وزن العينة وهي جافة. اما بالنسبة الى الخواص الميكانيكية فلقد تم قياس الصلادة للعينات باستخدام طريقة مثلث فيكرز Vickers Indentation شكل (5). تم قياس الموصلية الحرارية Thermal Conductivity باستخدام طريقة قرص لي Lee's Disc Method (ASTM C438 - 71) الشكل (6) و باستخدام المعادلة التالية [8]:

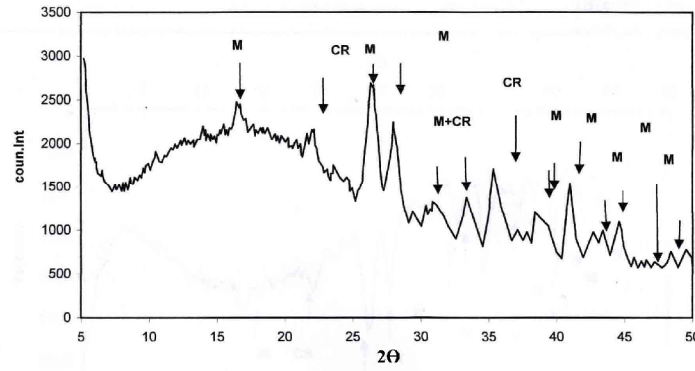
$$K \frac{T_B - T_A}{d_s} = e \left[ T_A + \frac{2}{r} \left( d_A + \frac{1}{4} d_s \right) T_A + \frac{1}{2r} (d_s T_B) \right] \dots (7)$$



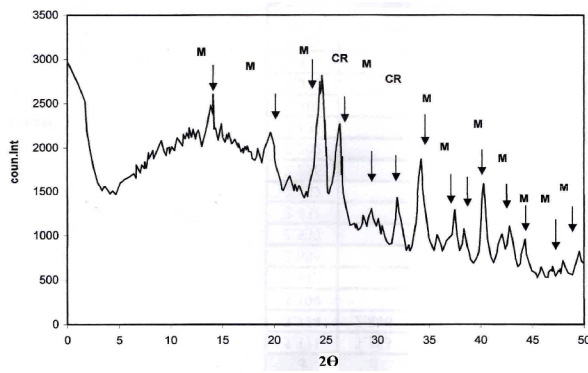
شكل - 5 - صورة جهاز قياس الصلادة.



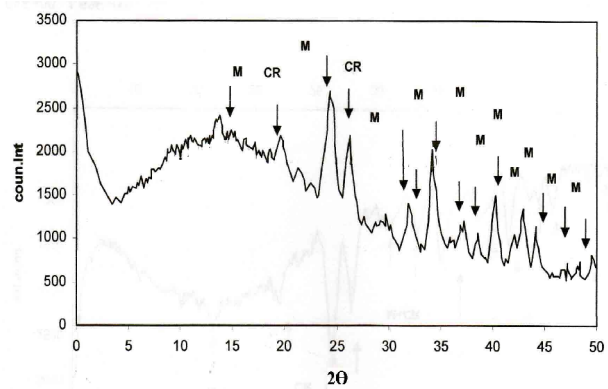
شكل - 6 - صورة جهاز قياس التوصيل الحراري.



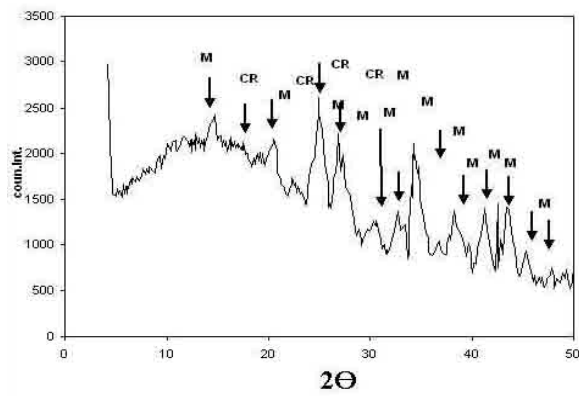
X1



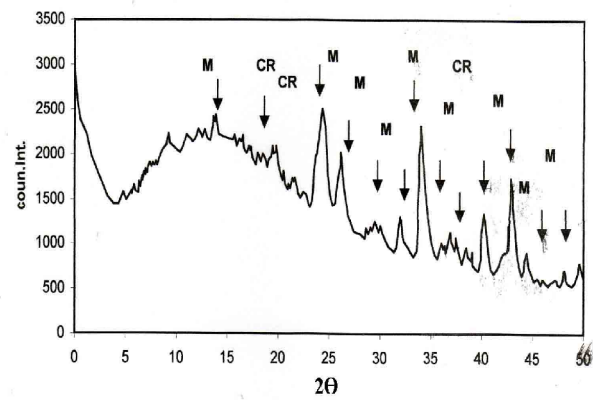
X2



X3



X4



X5

شكل 7 - مخطط حيود الاشعة السينية (M:Mullite, Cr:Cristobalite).

المكونات الأولية للعينات. تزداد نسبة التقلص الطولي مع زيادة درجات الحرارة بسبب عملية التليد Sintering وظهور الطور السائل الذي يسهل من عملية التقارب بين الحبيبات ويساعد على تداخل وتشابك البلورات المتكونة (بلورات المولاييت) مع بعضها البعض مما يؤدي الى زيادة التقلص. وفيما يخص تأثير الحجم الحبيبي على التقلص فيلاحظ زيادة التقلص الطولي بنقصان الحجم الحبيبي للعينات المحروقة بدرجات الحرارة نفسها وتكون الزيادة شبه منتظمة لان الحجم الناعمة تكون اكثر تأثيرا" بالحرارة من الحجم الخشنه بسبب زيادة مساحتها السطحية مما يؤدي الى تأثرها بالحرارة بصورة اكبر وبذلك تزداد سرعة التفاعلات الكيميائية اذ تكون نسبة استجابة الحبيبات الناعمة التليد Sintering اكبر من استجابة الحبيبات الخشنه لان انصهار الحبيبات الناعمة اسهل من الحبيبات الخشنه مما يؤدي الى زيادة الطور السائل الذي يسبب تقارب الحبيبات بصورة افضل والى زيادة التقلص، كما يلاحظ تقارب بقيم التقلص لجميع العينات المحروقة بدرجة حرارة (1200)°م مما يدل على تشابه في سلوك التفاعلات عند هذه الدرجة الحرارية [17].

جدول 6-

نتائج فحص التقلص الطولي (ASTM C326-76).

Sample No.	Linear % Shrinkage
X <sub>1</sub>	0.11
X <sub>2</sub>	0.06
X <sub>3</sub>	0.04
X <sub>4</sub>	0.03
X <sub>5</sub>	0.02

جدول 7-

نتائج فحص المسامية ونسبة امتصاص الماء (ASTM C 373 - 72).

Sample No.	Porosity %	Water absorption %
X <sub>1</sub>	35.083	18.245
X <sub>2</sub>	33.926	17.248
X <sub>3</sub>	30.240	15.198
X <sub>4</sub>	28.118	14.685
X <sub>5</sub>	25.177	12.206

من خلال نتائج فحص المسامية الظاهرية وامتصاص الماء للعينات المحروقة والموضحة بالجدول (7) تبين ان نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء للعينات التي تحتوي على Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> في تركيبها تراوحت بين (17.248-33.926)% و(25.177-12.206)% على التوالي. اما العينة التي بدون اضافة X<sub>1</sub> فكانت نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء لها تراوحت بين (18.245, 35.083)%.

تختلف نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء للعينات باختلاف حجم الحبيبات اذ تقل المسامية الظاهرية وامتصاص الماء مع نقصان الحجم الحبيبي لأن الحبيبات الناعمة أكثر تأثرًا

الجدول (4) يبين نتائج التحليل الكيمائي للمواد الأولية المستعملة، أظهرت النتائج ان اطيان الكاؤولين و البوكسايت الخام و المحروق تتكون بصورة رئيسية من السليكا و الالومينا اذ بلغت نسبتهما في البوكسايت الخام(18.02,64.98%) و البوكسايت المحروق (25.05,70.01%) وفي اطيان الكاؤولين (50.75,33.33%) على التوالي و تكون نسبة الالومينا المرتفعة بسبب وجود المحتوى العالي من البوهمايت و الجبسايت [13,14] اما السليكا فتعزى الى وجود معدن الكاؤولين اساسا بالعينة. بلغت نسبة الفقدان بالحرق في كاؤولين دويخله الابيض (10.97%) و في البوكسايت الخام (14.75%) و في البوكسايت المحروق (0.18%) و السبب في قيمة الفقدان الوزني المنخفضة للاخير هو عدم وجود الماء في تركيبه، كذلك نجد بعض الاكاسيد القلوية بنسب قليلة و اوكسيد التيتانيوم.

جدول 4-

نتائج التحليل الكيمائي للمواد الأولية المستعملة.

المركب	بوكسايت محروق %	بوكسايت غير محروق %	كاؤولين %
SiO <sub>2</sub>	25.05	18.02	50.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70.01	64.98	33.33
TiO <sub>2</sub>	1.36	0.77	1.45
Fe <sub>2</sub> O	1.52	1.22	1.24
Na <sub>2</sub> O	0.4	--	0.44
CaO	0.78	0.16	0.32
K <sub>2</sub> O	0.05	--	0.47
MgO	0.22	--	0.23
L.OI	0.18	14.75	10.97

جدول 5-

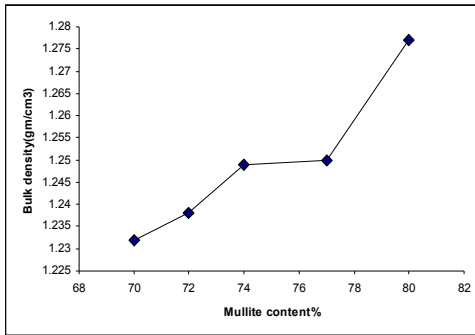
نتائج فحص تحديد نسبة المولاييت بالطريقة الكيميائية.

Sample No.	Mullite Content %
X <sub>1</sub>	70
X <sub>2</sub>	72
X <sub>3</sub>	74
X <sub>4</sub>	77
X <sub>5</sub>	80

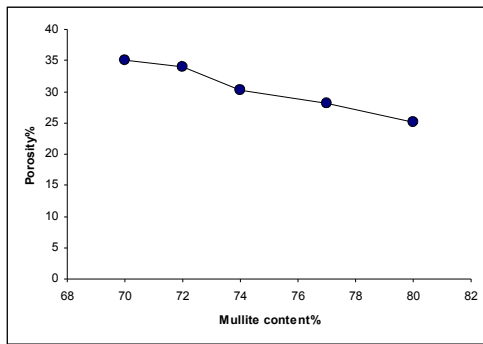
الجدول (5) يبين نتائج فحص تحديد المولاييت بالطريقة الكيميائية يلاحظ من خلال النتائج اختلاف نسبة المولاييت للعينات المحروقة بدرجة الحرارة نفسها لاختلاف بنسب المكونات المخلوطة واختلاف الاحجام الحبيبية لها وايضا المسامية وبالتالي الخواص كافة وبالاحص التوصيل الحراري [14, 16, 15].

بينت نتائج فحص التقلص الطولي للعينات المحروقة بدرجات حرارة (1200)°م والموضحة بالجدول (6) ان نسبة التقلص الطولي للعينات التي تحمل Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> في تركيبها تراوحت بين (0.02-0.06)% اما العينة بدون الاضافة X<sub>1</sub> فقد كانت نسبة التقلص الطولي لها (0.11)% يلاحظ من خلال هذه النتائج ان نسبة التقلص الطولي بصورة عامه تختلف باختلاف نسبة

الاشكال (8) و (9) توضح العلاقة بين الكثافة و المسامية مع نسبة المولاييت على التوالي. اما سبب انخفاض قيم الكثافة الكلية للعينات X2, X3 فهو محتواها الواطي من الالومينا المضافه وهي (2.5, 5 wt%) على التوالي، اما العينة X1 فكانت بدون اضافة وهذا يتوافق مع ما ذكره كل من Worrall و Grimshaw و Chen بان اضافة الالومينا تزيد من قيم الكثافة الكلية للجسم السيراميكي مقارنة بالعينات التي بدون اضافة [9,21,22]. ان قيم الكثافة الكلية تتغير بتغير الحجم الحبيبي اذ كلما قل الحجم الحبيبي ازدادت قيم الكثافة الكلية لان النعومة تعمل على زيادة درجة رص الحبيبات وتجانسها عند التشكيل لانه يؤثر في التوافق الحاصل بين حبيبات بنية العينات [9].



شكل 8 - تغير الكثافة الكلية مع نسبة المولاييت.



شكل 9 - تغير المسامية مع نسبة المولاييت.

جدول 9 -

نتائج فحص الصلادة بطريقة فيكرز للصلادة.

Sample No.	Vickers (Kg/ mm <sup>2</sup> )
X <sub>1</sub>	20.1
X <sub>2</sub>	24.5
X <sub>3</sub>	30.74
X <sub>4</sub>	37.8
X <sub>5</sub>	55.8

رت نتائج فحص الصلادة حسب مقاييس م تلم فيك رز للصلادة للعينات والموضحة بالجدول (9) ان قيم الصلادة حسب م تلم فيك لوت المجموعة التي تحتوي في تركيبها اضافة

بالحرارة من الحبيبات الخشنة اذ تكون اكثر استجابة لعملية الصهر من الحبيبات الخشنة مما يؤدي الى زيادة كمية الطور السائل وسد المسامات اكثر مما في العينات ذات الحبيبات الخشنة. كما يلاحظ من خلال النتائج ان نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء للعينات المحروقة بدرجة الحرارة نفسها تختلف باختلاف نسبة المكونات الاولية للعينات اذ تقل نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء لجميع العينات مع انخفاض محتوى البوكسايت المحروق عند استخدامه بسبب نقصان نسبة فقدان الماء L. O. I الموجود في التركيب البلوري للعينات. ولكن تزداد نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء للعينات عند استخدام البوكسايت غير المحروق بنسبة كبيرة بسبب زيادة عملية فقدان الماء L.O.I لتلك العينات عند الحرق، الا ان نسبة فقدان الماء للمواد الاولية غير اللدنة (البوكسايت المحروق) هي اوطأ مما للمواد الاولية اللدنة كما موضح في التحليل الكيميائي جدول (4) لذا فان زيادة نسبة المواد الاولية غير اللدنة ضمن خلطات العينات تعني بالنتيجة نقصان عملية فقدان الماء التي تعمل على نقصان نسبة المسامية الظاهرية للعينات. وهذا يتوافق مع ما ذكره النعيمي [14] ان زيادة نسبة فقدان الماء تعمل على زيادة نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء. اذ تقل نسبة المسامية وامتصاص الماء في عينات المجموعة التي تحتوي في تركيبها ومكوناتها Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [13]. ان عمليات التلبد الصلب Solid Sintering في درجات الحرارة العالية الذي يزيد من تقارب الحبيبات مع بعضها وسد المسامات وبالتالي يؤدي الى حدوث نقصان في نسبة المسامية الظاهرية وامتصاص الماء وهذا يتوافق مع ما ذكره Warrir ان هنالك علاقة طردية بين نسبة امتصاص الماء و المسامية الظاهرية [4, 18].

جدول 8 -

نتائج فحص الكثافة الكلية (ASTM C 373 - 72).

Sample No.	Bulk density (gm/cm <sup>3</sup> )
X <sub>1</sub>	1.232
X <sub>2</sub>	1.238
X <sub>3</sub>	1.249
X <sub>4</sub>	1.250
X <sub>5</sub>	1.277

اظهرت نتائج فحص الكثافة الكلية للعينات والموضحة بالجدول (8) ان قيم الكثافة الكلية للعينات تراوحت من (1.277 - 1.238) gm/cm<sup>3</sup>. اما العينة X<sub>1</sub> التي بدون اضافة فقد كانت الكثافة الكلية (1.232) gm/cm<sup>3</sup>. تبين من خلال هذه النتائج ان قيم الكثافة الكلية لجميع العينات تزداد حيث تتم التفاعلات الكيميائية لتكوين اطوار بلورية وبالاخص بلورات المولاييت الذي يمتاز بوزنه النوعي (3.03)، وكذلك تداخل هذه البلورات مع بعضها نتيجة تلبد سائل بلورات المولاييت Liquid Sintering Mullite في هذه الدرجة الحرارية العالية مما تؤدي الى تقليل مسامية المنتج الحراري وبذلك تزداد قيم الكثافة [9,19,20]. كما يلاحظ من النتائج ان قيم الكثافة الكلية للعينات المحروقة تزداد مع زيادة النسبة المئوية الوزنية لمحتوى العينات من البوكسايت المحروق عند زيادة نسبته وسبب زيادة قيم الكثافة الكلية للعينات هو قلة المسامات بسبب قلة نسبة فقدان الماء للخلطات وزيادته رص الحبيبات والى زيادة نسبة المولاييت في العينات المحضرة و

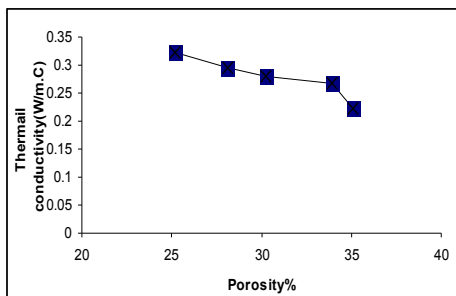
التوصيل الحراري للعينات التي تحمل  $Al_2O_3$  في تركيبها تراوحت بين  $(0.2663 - 0.3232) W / m \cdot ^\circ C$  اما العينة التي بدون اضافة  $X_1$  فقد تراوحت قيمة التوصيل الحراري في درجات الحرق  $(1200) m \cdot ^\circ C$  بـ  $(0.2215) W / m \cdot ^\circ C$ . وجود تباين في قيم التوصيل الحراري بين العينات السيراميكية المحروقة بدرجة الحرارة نفسها ويعزى ذلك الى اختلاف نسبة المسامات في العينات، اذ يلاحظ في الشكل (12) وجود علاقة عكسية بين نسبة المسامية والتوصيل الحراري لكون الهواء الموجود في المسامات يعمل كمادة عازلة للحرارة في درجات الحرارة الواطئة [9، 8] مما يؤدي الى نقصان التوصيل الحراري مع زيادة نسبة المسامية وهذا يتوافق مع ما ذكره Kingery من ان التوصيل الحراري يتغير بصورة خطية مع تغير المسامية. والى اختلاف المولاييت في العينات المنتجة اذ تزداد قيم التوصيل الحراري مع زيادة نسبة المولاييت شكل (13) وهذا يتوافق مع ما ذكره Abdul Kareem من انه تزداد قيم التوصيل الحراري بزيادة محتوى المولاييت في العينات السيراميكية [25، 16]. كذلك يلاحظ ان قيم التوصيل الحراري للعينات تختلف باختلاف المكونات الاولية المضافة الى مكوناتها الاصلية فالعينات التي تحتوي على اوكسيد الالمنيوم  $Al_2O_3$  تكون قيم التوصيل الحراري فيها اكبر من العينة  $X_1$  التي هي بدون اضافة.

كما ان قيم التوصيل الحراري للعينات تختلف باختلاف حجم الحبيبات اذ تكون قيم التوصيل الحراري للعينات ذات الحجم الخشن اوطاً من العينات ذات الحجم الناعم لان مسامية العينات ذات الحجم الخشن تكون اكبر من العينات ذات الحجم الناعم، وهذا يتوافق مع ما ذكره Salmsng من ان الحجم الخشن تكون ذات موصلية حرارية قليلة عند درجات الحرارة الواطئة [8]. ايضاً لاحظ مجموعة من الباحثين [9، 8] بان قيم التوصيل الحراري على العموم تزداد عند زيادة درجة حرارة الحرق وذلك لاعتماد قيم التوصيل على المسامية التي تقل مع زيادة درجة حرارة الحرق نفسها. من هذا نجد زيادة نسبة تبلور المولاييت في العينات المنتجة بنقصان المسامية [14, 15, 16].

#### جدول ١٠ -

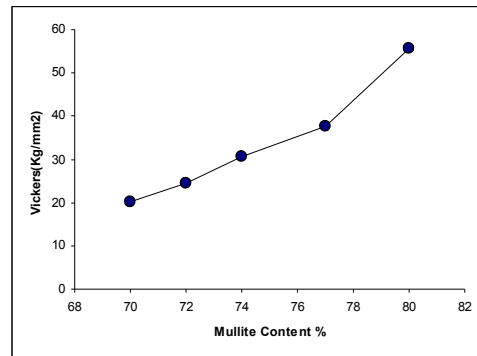
نتائج فحص التوصيل الحراري بطريقة قرص لي - ASTM C438 (71).

Sample No.	Thermal Conductivity (K) (W/m.°C)
X <sub>1</sub>	0.2215
X <sub>2</sub>	0.2663
X <sub>3</sub>	0.2804
X <sub>4</sub>	0.2961
X <sub>5</sub>	0.3232

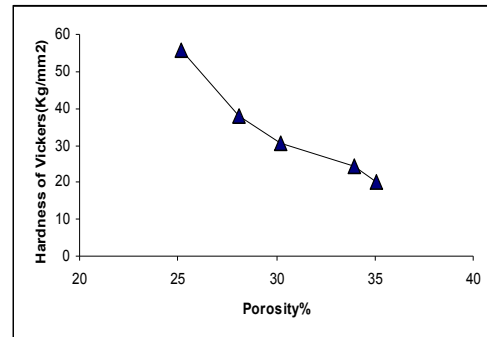


شكل ١٢ - تغير التوصيل الحراري مع نسبة المسامية.

الالومينا  $Al_2O_3$  تراوحت بين  $(24.5 - 55.8) kg / mm^2$  إما العينة X1 فكانت  $20.1 kg / mm^2$  حيث هنالك زيادة بالصلادة ويعود سبب ذلك الى ان حدوث عملية التلبد بوجود الطور السائل في درجات الحرارة العالية التي تعمل على ربط الحبيبات مع بعضها وتؤدي الى غلق المسامات بين الحبيبات مما يؤدي الى زيادة قيم الصلادة وهذا يتوافق مع ما ذكره Grimshaw ان قوة الجسم تتأثر بنمو البلورات والتركيب الكيميائي والمعدني [9] يتبين النتائج تبايناً في قيم الصلادة بين العينات ويعزى ذلك الى اختلاف لمولاييت في العينات المحضرة اذ تزداد قيم الصلادة مع زيادة محتوى المولاييت في العينات المحضرة وهو الشئ كل (10) يبين علاقة الصلادة مع نسبة المولاييت والشئ كل (11) علاقة الصلادة بالمسوكاميتك تزداد قيم الصلادة للعينات بسبب اوكسيد الالمنيوم المضاف اليه ويعزى ذلك الى نقصان المسامية الظاهرية لها، اذ تعمل هذه الفراغات كمركز للاجهادات وبالتالي تقل مساحة المقطع التي يسلب عليها النقل لذلك تقل مقاومة الجسم لتلك الاجهادات مع زيادة المسامية [23] كذلك تختلف قيم الصلادة باختلاف حجم الحبيبات اذ تزداد قيم الصلادة مع نقصان الحجم الحبيبي ويعد السبب في ذلك الى ان الحبيبات الناعمة اكثر استجابة لعملية الصهر من الحبيبات الخشنة مما يؤدي الى زيادة تماسك الحبيبات وزيادة صلادة العينات وكذلك الحبيبات الناعمة تحدث كسوراً قليلة مقارنة مع الحبيبات الخشنة التي تحدث كسوراً كثيرة وكبيرة وهذا يتوافق مع ما ذكره Warsaw ان الكسور تزداد في العينات السيراميكية مع زيادة حجم الحبيبات وتزداد صلادة العينات بنقصان الحجم الحبيبي [24].



شكل ١٠ - تغير صلادة فركز مع نسبة المولاييت.

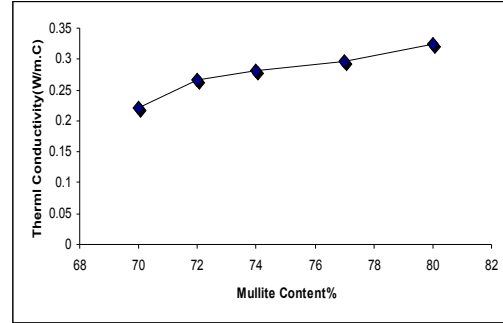


شكل ١١ - تغير صلادة فركز مع نسبة المسامية.

اظهرت نتائج فحص التوصيل الحراري حسب طريقة لي Lee's Method للعينات و الموضحة بالجدول (10) ان قيم



- [7] ASTM, "Annul book of ASTM Standards", 1988, ASTM, (ASTM C326-76), (ASTMC 373 - 72), ASTM C438 - 71), \*Withdrawn Standards Until 2006.
- [8] Salmang, H., Ceramics; physical and chemical Fundamentals. Butter Worths, London. ,1961, 380P.
- [9] Grimshaw , R.W., the Chemistry and Physics of Clay and Allied Ceramic Materials .4th ed ernest benn limited, London, ( 1971) , 1024 p
- [10] Temuujin, J., Okada, K., Mackenzie., K.J., Effect of Mechanochemical Treatment on the Crystallization Behaviour of Diphasic Mullite gel. Ceramics International , 1999,25:85-90.
- [11] Ashbrook ,S.E. Manus ,J.M. ,Mackenzie , K.J.. and Wimperis ,S.,Multiple \_Quantum and Croos\_palarized AL 27 Masnmr of Mechanically Treated Mixture of Kaolinite and Gibbsite .J. Phy.Chem., 2000 ,104(27):6408-6416.
- [12] Li ,d.x. and Thomson, W.J., Mullite Formation Kinetics of a Single-phase Gel .J.Am. Ceram. Soc., 1990, 73(4): 964-969.
- [13] Aksay, I.A. & Pask.J.A, Stable and Metastable Equilibria in the System Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -SiO<sub>2</sub> J.Am. Ceram. Soc. 1975,58(11-12):507-512.
- [14] النعيمي, محمد احمد., تأثير نوعية السيلكا في الصفات الفيزيائية والميكانيكية للجسام السيراميكية المستخدمة كمواد بناء, رسالة ماجستير /جامعة بغداد(1996).
- [15] Mizuno, M.,Microstructure, Microchemistry, and Flexural Strength of Mullite Ceramics. J.Am. Ceram. Soc., 1991:74 (12): 3017-3022.
- [16] Abdul Kareem, I.A., 1996: The Technological proportion of Mullite Prepared from Iraqi Raw Materials Unpubl. M. Sc. Thesis, Univ. of Technology-Baghdad.
- [17] Huang, X., Hwang, J.Y and mutsuddy, B.C., Properties of Mullite Synthesized from Fly Ash and Alumina Mixterceram., 1995, 44(2): 65-71.
- [18] Warrir, K. G. K., Mukundan, D., Pillai, P. K. and Damodran, A. D., Particle size of quartz and the vitrification of porcelain bodies. Interceramic. , 1989,38 (5): 19 - 21.
- [19] Kukolev, V. inments, i.,Semchenko, G.D.,Belukra,P.G., Stanilov , B.E. and Primachnko,V.V ., Dense Ladle Brick with Kaoline Bond. Refractories, j., 1972 43(4): 216-218.



شكل - ١٣ - تغير التوصيل الحراري مع نسبة المولايث .

#### ٤. الاستنتاجات:

- اهم الاستنتاجات التي توصلت اليه في هذا البحث هي:
- ١- يمكن تحضير عينات سيراميكية من مواد اولية محلية و اضافة بعض المواد اليها مثل الالومينا التي حسنت الكثير من الخواص.
  - ٢- الحصول على اطوار تفاعلية جيدة مثل المولايث  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  الذي يمتاز بقابليته على تحمل درجات الحرارة العالية، فضلا عن اشكاله الشرائطية المتشابكة مما يدل على تكونه من الطور السائل و حدوث عمليات التلبد Liquid Sintering مع امكانية تطور البنية الدقيقة Microstructure للمولايث بعملية التلبد الصلب Sintering.
  - ٣- ان زيادة محتوى الالومينا ادى الى زيادة نسبة طور المولايث و انخفاض التقلص الطولي، بينما زادت الكثافة و الصلادة و قلت المسامية و نسبة امتصاص الماء مع هذا الطور و ازداد التوصيل الحراري على العموم لانخفاض المسامية.

#### ٥. المصادر

- [1] Hill, W.B. , "Refractory Grade calcined Bauxite from china", Interceram , 23 (3) 314-315 (1979).
- [2] Rothenbry, G.B. "Refractory Materials", 11st ed. Park Ridge, New Jersey, USA , PP.(1-2 , 9-10 , 81-871), (1976).
- [3] الطائي, محمد حيدر. الرمضاني, خيرية ١٩٨١: (تحسين نوعية الطابوق الناري الطيني)، مركز بحوث البناء النشرة العلمية صفحة ٦٥، ٨١، ٥٩.
- [4] Kingery,W.D.,Introduction to Ceramic. John. Wiley and Sons,Inc., New York1967,p231-275.
- [5] Singer, F. & singer, S, Industrial Ceramics. Chemical publ. COM.INC, .(1971).
- [6] Cameron, W.E., Composition and cell Dimensions of Mullite, J.Am. Ceram. Soc. Bull., 1977,56(11):1003-1007.

- [23] Barsoum, M.W., Fundamentals of Ceramics, Published by Mc Graw-Hill, International, 1997.
- [24] Warshaw, S.I., Seider, R., Comparison of Strength of Triaxial Porcelains Containing Alumina and Silica. J.Am. Ceram. Soc., 1967, 50(7): 337-343.
- [25] Kingery, W. D., Bowen, H. K. and Uhlmann, D. R., Introduction to Ceramic. 2<sup>nd</sup> ed, John. Wiley and Sons, New York, 1976, 1032p.
- [20] الهيتي, مراتب صالح ١٩٨٧: تقييم خامات منطقة سماحات لأستخدامها في صناعة الطابوق الناري. رسالة ماجستير, الجامعة التكنولوجية.
- [21] Worral, W.E., Clay and Ceramic Raw Materials. Applied Science Pubisher, 1 ed., London, 1965.
- [22] Chen, C.Y., Lan, G.S. and Tuan, W.H., Preparation of Mullite by the Reaction Sintering of Kaolinite and Alumina. J. Europ. Ceram. Soc., 2000, 20(14-15).

## **Studying the Effect of Adding Doekhla kaolin Clay and Alumina to Iraqi Bauxite on Some Physical and Mechanical and Thermal Properties**

**Alaa A. Abdul-Hamead**

*Department of Materials Engineering / University of technology*

E-mail: [aDr.alaa@yahoo.com](mailto:aDr.alaa@yahoo.com)

---

### **Abstract**

The aim of this work is to produce samples from Iraqi raw materials like Husyniat Bauxite (raw and burnt) and to study the effect of some additives like white Doekhla kaolin clays and alumina on that material properties were using sodium silica as a binding material. Five mixtures were prepared from Bauxite (raw and burnt) and kaolin clays, with an additive of (40) ml from sodium silica and alumina of (2.5, 5, 7.5, 10 wt %) percentage as a binding material. The size grading was through sieving. The formation of all specimens was conducted by a measured gradually semi-dry pressing method under a compression force of (10) Tons and humidity ratio ranging from (5-10) % from mixture weight. Drying all specimens was done and then they were burnt under (1200)°C temperatures according to a burning program which raised the temperature (5)°C per minute and then the soaking interval. Some tests such as the physical, mechanical and thermal test were connected on the testing results for the specimens indicated that the raw materials with fine size range and high temperature gave specimens a thermal phase with higher percent of Mullit in comparison with coarse size. Bulk density values, coefficient of longitudinal and hardness increase with porosity and ratio of water absorption values decrease. Also, results show that Alumina with Bauxite gives it stiffens because of the increase of the mullite phase which is characterized by high mechanical and thermal properties especially thermal conductivity. Results show that the best thermal and mechanical properties are found in the fifth mixture (X5) which contains a ratio of about (10) % of  $Al_2O_3$ .

---