------ المجلة العراقية لعلوم الارض، المجلد 5، العدد 2، ص 20-35، 2005 ------

تقييم صلاحية كاؤولين دويخلة ورمال أم أرضمة ومخلفات الزجاج المنزلية لأغراض تحضير البورسلين الكيميائي

ستار جبار الخفاجي
قسم علم الأرض
كلية العلوم
جامعة البصرة

فراس فيصل الحمداني
مركز بحوث البناء والزجاج
وزارة الصناعة والمعادن

علي محمد قائد
قسم علم الأرض
كلية العلوم
جامعة البصرة

(تاريخ الاستلام 2004/10/12 ، تاريخ القبول 2005/5/12)

الملخص

ثلاثة عشر خلطة من أطيان كاؤولين دويخلة ورمال أم أرضمة ومخلفات الزجاج تم تشكيلها تحت ضغط 300 كغم/سم^2 وبالطريقة شبه الجافة وحرقها بدرجات حرارة 1050°م، 1100°م، 1150°م، 1200°م على التوالي باستخدام برنامج حرق خاص.

أجريت الفحوصات الفيزيائية (المسامية والامتصاصية والكثافة والوزن النوعي) والكيميائية والميكانيكية على النماذج المحروقة وبينت النتائج فعالية مخلفات الزجاج كمادة مصهرة بديلة عن الفلدسبار، مع مطابقة مواصفات المنتوج إلى درجة كبيرة مع المواصفات العالمية للبورسلين الكيميائي.

Assessment of Dwekhla Kaoline, Um-Radhuma Sand and Domestic Glass Waste for the Preparation of Chemical Porcelain

Sattar J. Al-Khafaji
Department of Geology
College of Science
Basrah University

Firas F. Al-Hamdani
Building and Glass
Research Center
Ministry of Industry and Minerals

Ali M. Kaid
Department of Geology
College of Science
Basrah University

ABSTRACT

Thirteen mixtures from natural raw materials (Dwekhla Kaoline, Um–Radhuma sand) and synthetic waste glass were prepared to evaluate their suitability for preparation of chemical porcelain.

The mixtures were formed under 300 Kg/cm^2 using semi dry method, then the mixtures were fired at 1050, 1100, 1150, 1200°C respectively.

The results of physical (porosity, water absorption, Bulk density, and specific gravity) chemical and mechanical properties at prepared samples showed an agreement with the American and Russian specifications for chemical porcelain, as well as the

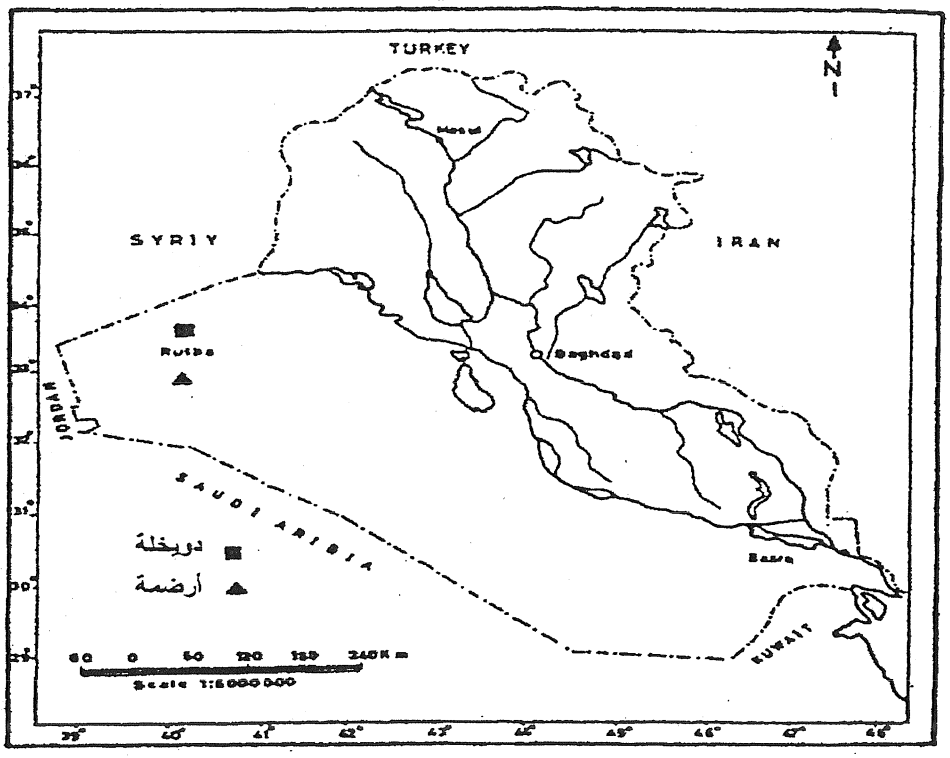
results showed that waste glass was suitable as a flux material in preparation of chemical porcelain instead of feldspar.

المقدمة

تشكل كل من أطيان الكاؤولين والرمال المتواجدة بكميات اقتصادية وبمواصفات جيدة في الصحراء الغربية من العراق مواد خام رئيسة يمكن استغلالها لأغراض صناعة السيراميك ومنها البورسلين. وبسبب ارتفاع درجة انصهار هذه المواد فإنها تحتاج إلى مواد مصهرة تعمل على خفض درجة الحرارة اللازمة لتلبيدها (Sintering) وعادة ما يستخدم الفلدسبار البوتاسي لهذا الغرض (Carty and Senapati, 1998) إذ يدخل في صناعة الأنواع المختلفة من البورسلين وخاصة الكيميائي منها، ولكون هذه المادة غير متواجدة في القطر فقد تم تقييم واستخدام مخلفات الزجاج للتعرف على مدى صلاحيتها كمادة مصهرة بديلة عن الفلدسبار في هذا البحث.

المواد الاولية

توجد ترسبات أطيان الكاؤولين الصناعية في منطقة دويخلة غرب العراق ضمن منخفض الكعرة، وبالتحديد ضمن تكوين الكعرة (البرموكاربوني)، بينما تتواجد ترسبات رمال أم أرضمة (الكريتاسي المتوسط) في منطقة أم أرضمة غرب العراق وعلى بعد (10) كم غرب مدينة الرطبة (شكل 1)، أما بالنسبة لمخلفات الزجاج فكانت عبارة عن مخلفات القناني المنزلية المستهلكة.



شكل 1: خريطة العراق موضح عليها مواقع المواد الاولية (كاؤولين دويخلة ورمال أم أرضمة).

طرائق العمل

إنتاج الأجسام السيراميكية:

إن إنتاج الأجسام السيراميكية قيد البحث مر بعدد من المراحل ابتداءً من الحصول على المواد الاولية (أطيان الكاؤولين ورمل سليكي ومخلفات الزجاج) من مقالعها ثم التكسير، والطحن وبعدها إجراء الفحوصات التقييمية (تحليل كيميائي وتدرج حبيبي)، ثم تشكيل الأجسام السيراميكية بأشكال قرصية أقطارها (5) سم وبارتفاع (1.5) سم تقريباً وباستخدام قالب فولاذي انكليزي الصنع وبالطريقة شبه الجافة مع إضافة (9-8) % ماء تشكيل، وبضغط مقداره (300) كغم/ سم^2، ثم التجفيف، وأخيراً الحرق وقد تم إعداد (13) خلطة (جدول 1).

جدول 1: النسب الوزنية للمواد الاولية المستخدمة في إنتاج الأجسام السيراميكية.

المجموعة	الخلطة	المواد الاولية (%)		
		كاؤولين	رمل سليكي	مخلفات الزجاج
A	A1	95	**	5
	A2	90	**	10
	A3	85	**	15
	A4	80	**	20
	A5	75	**	25
	A6	70	**	30
B	B1	70	20	10
	B2	60	30	10
	B3	50	40	10
C	C1	70	10	20
	C2	60	20	20
	C3	50	30	20
	C4	40	40	20

** مادة غير مضافة.

الفحوصات التقييمية:

أجريت الفحوصات الفيزيائية (التقلص الطولي، والمسامية الظاهرية، وامتصاصية الماء، والكثافة الكلية) على الأجسام السيراميكية المنتجة طبقاً للمواصفات الأمريكية (ASTM C326-82) (1989)،(ASTM C373-88) (1989)، والميكانيكية والتي تشمل مقاومة الانضغاط (ASTM C773-88) (1989)، والصلادة والتي أجريت باستخدام طريقة (Rockwell) بواسطة جهاز الصلادة نوع (Wilson-Rockwell) وذلك بتسليط ثقل مقداره (15) كغم، فيما أجريت الفحوصات الكيميائية طبقاً للمواصفات الأمريكية (ASTM C-279) (1989)، والروسية(GOST 900/400) (حسن، 2001)، وكذلك المواصفة العراقية (1627/1991)، كما أجري فحص مقاومة القواعد طبقاً للطريقة الواردة في(Budnikove, 1964).

النتائج والمناقشة

أولا: الفحوصات التقييمية للمواد الأولية:

يوضح الجدول (2) (أ، ب، ج) نتائج معدلات التحليل الكيميائي للمواد الأولية المستخدمة (كاؤولين دويخلة، ورمل أم أرضمة السليكي، ومخلفات الزجاج) إذ يتبين إن أطيان الكاؤولين تحتوي على 49.8% سليكا، 33.4% الومينا، و 1.1% أكاسيد حديد، وبمقارنة هذه النتائج مع التحليل الكيميائي للكاؤولين المثالي (Theoretical) الذي يحتوي على 46.55% سليكا و39.50% ألومينا وحسب ما ذكر في (Carty, 1999) يتبين جودة كاؤولين دويخلة، وبالتالي إمكانية استخدامه كمادة أوليه لصناعة الأجسام البورسلينية، ويتكون الرمل السليكي من 98.38% سليكا، مع انخفاض نسبة الشوائب فيه، وبالتالي ملاءمته لأغراض البحث. اما بالنسبة لمخلفات الزجاج فتتكون من 72.36% سليكا، و 15.13% اوكسيد الصوديوم، و 6.67% اوكسيد الكالسيوم.

جدول 2-أ: التحاليل الكيميائية والمعدلات لكاؤولين دويخلة (3 نماذج).

النماذج / الأكاسيد	K.1	K.2	K.3	المعدل
SiO_2	49.39	48.68	51.36	49.81
Al_2O_3	34.91	35.85	29.4	33.4
CaO	0.21	0.17	0.30	0.22
MgO	0.47	0.38	0.55	0.46
Fe_2O_3	0.87	0.93	1.53	1.11
TiO_2	0.95	1.3	1.09	1.11
K_2O	0.42	0.59	0.50	0.50
Na_2O	0.45	0.43	0.41	0.43
SO_3	-	-	-	-
L.O.I	11.8	-	13.5	12.6

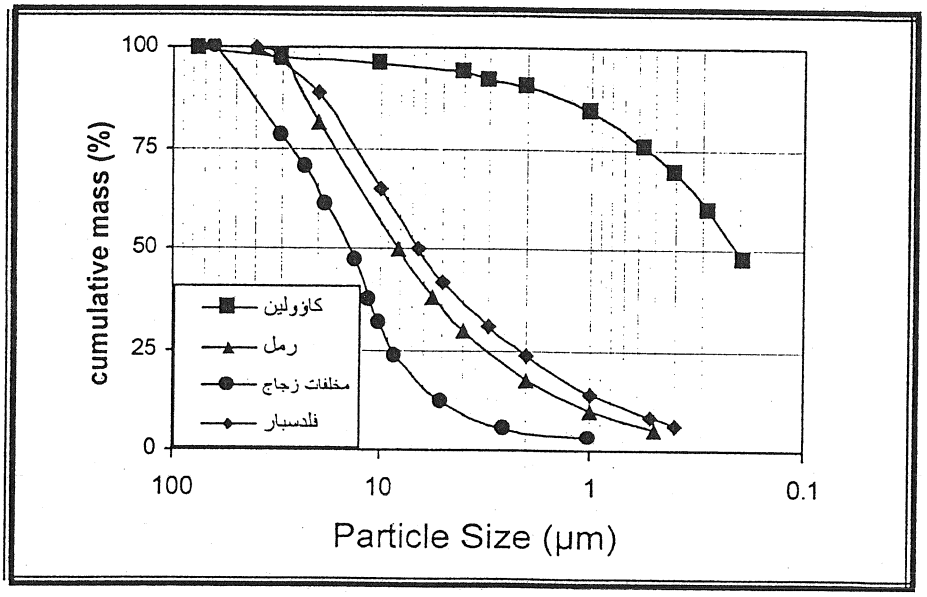
جدول 2-ب: التحاليل الكيميائية والمعدلات لرمل أم أرضمة السليكي (3 نماذج).

النماذج / الأكاسيد	S.1	S.2	S.3	المعدل
SiO_2	97.34	99.37	98.45	98.38
Al_2O_3	0.36	0.42	0.30	0.36
CaO	0.26	0.32	0.38	0.32
MgO	0.150	0.142	0.160	0.150
Fe_2O_3	0.051	0.062	0.065	0.060
TiO_2	0.12	0.41	0.23	0.25
K_2O	0.06	0.040	0.055	0.05
Na_2O	0.097	0.085	0.084	0.089
SO_3	-	0.083	0.087	0.056
L.O.I	0.29	0.41	0.36	0.35

جدول 2-ج: التحاليل الكيميائية والمعدلات لمخلفات الزجاج (3 نماذج).

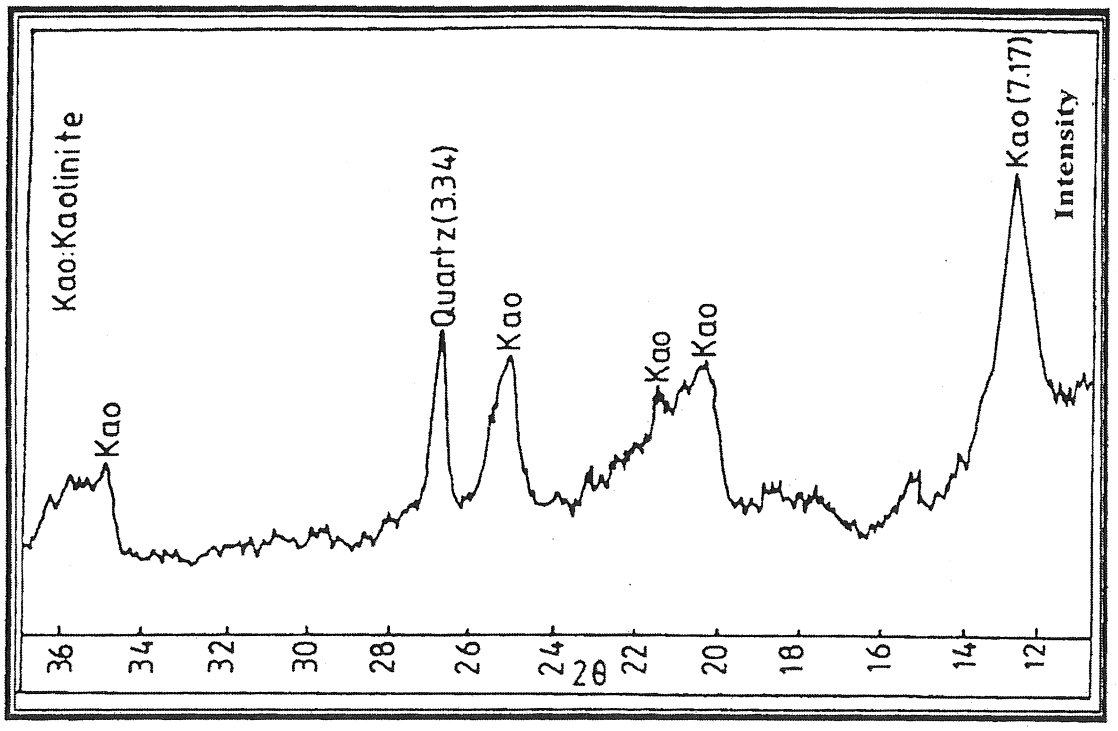
النماذج / الأكاسيد	G.1	G.2	G.3	المعدل
SiO_2	74.1	66.70	76.30	72.36
Al_2O_3	1.61	1.75	1.56	1.640
CaO	8.11	5.30	6.62	6.67
MgO	3.18	4.33	3.83	3.78
Fe_2O_3	0.096	0.068	0.076	0.08
TiO_2	-	-	-	-
K_2O	0.031	0.018	0.013	0.020
Na_2O	16.96	13.21	15.22	15.13
SO_3	0.41	0.29	0.39	0.36
L.O.I	-	-	-	-

يتبين من الشكل (2) إن متوسط الحجوم الحبيبية المستخدمة للكاؤولين والرمل السليكي ومخلفات الزجاج هي (14, 8.1, 0.21)µm على التوالي، وقد اجري الفحص باستخدام طريقة الهيدروميتر(Hydrometer) وباستخدام الـ (Sidegraph).



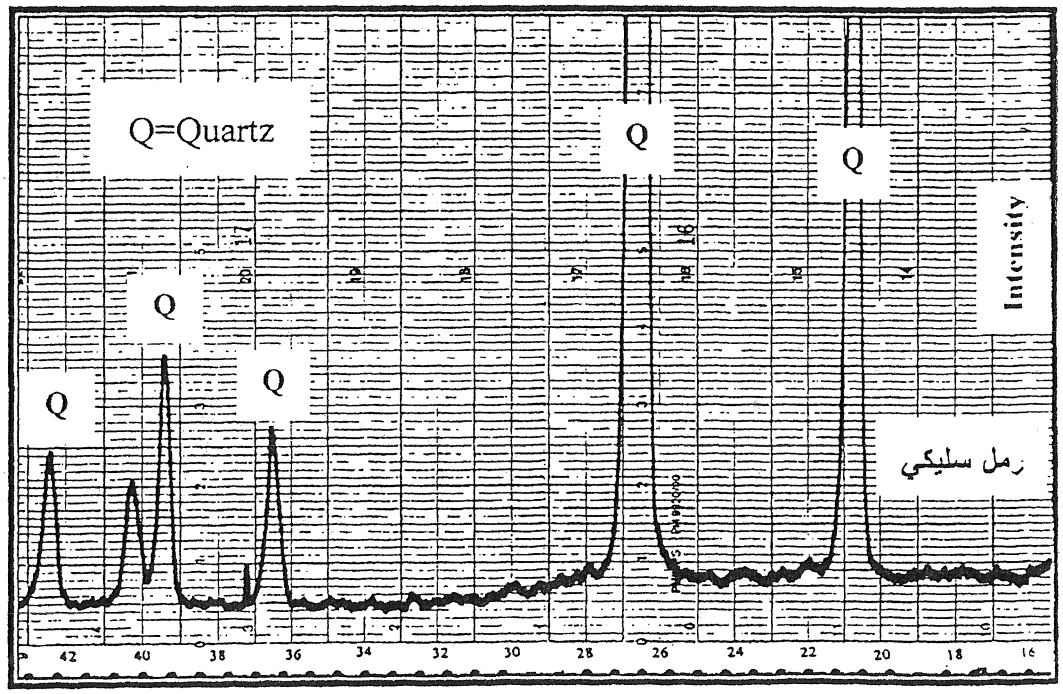
شكل 2: التوزيع الحبيبي للكاؤولين والرمل السليكي ومخلفات الزجاج.

أما من الناحية المعدنية فقد أشارت نتائج التحليل بالأشعة السينية الحائدة (XRD) الى سيادة معدن الكاؤولينايت في أطيان دويخلة والذي ظهر عند زاوية الانعكاس (2θ) (12.4°, 24.8°) (شكل 3)، فضلاً عن ظهور نسبة من معدن الكوارتز عند زاوية الانعكاس (26.66).



شكل 3: مخطط الأشعة السينية الحائدة للكاؤولين.

وسيادة معدن الكوارتز في رمال أم أرضمة والذي ظهر عند زاوية الأنعكاس (2θ) (26.66°, 2085°) (شكل 4).



شكل 4: مخطط الأشعة السينية الحائدة لرمال أم أرضمة.

ثانياً: الفحوصات التقييمية للأجسام المصنعة:

يبين الجدول (3) نتائج الفحوصات الفيزيائية (المسامية الظاهرية، وامتصاصية الماء، والكثافة الكلية، والتقلص الطولي) للنماذج المحروقة بدرجات حرارة(1200-1050) م° بفاصلة قدرها(50) م°، وباستخدام برنامج حرق خاص (90) م°/ساعة، وزمن انضاجي ساعة ونصف عند كل درجة، من هذه النتائج والأشكال (5, 6, 7) يتبين زيادة في قيم الكثافة الكلية، والتقلص الطولي، وانخفاض قيم المسامية الظاهرية، وامتصاصية الماء للأجسام المصنعة بزيادة درجات حرارة الحرق للنماذج (A1,A2,A3,A4,B1,B2,B3,C1,C2,C3,C4)، ويرجع سبب ذلك إلى استمرار تكون الطور الزجاجي السائل الذي يتغلغل داخل المسامات الموجودة بين الحبيبات المختلفة المكونة للجسم السيراميكي وربطها ببعض، إضافة إلى استمرار تكون أطوار معدنية جديدة وهي المولايت والكرستوبلايت والتريديمايت، أما بالنسبة للنماذج (A5,A6) فلوحظ تحسن خواصها الفيزيائية بزيادة درجات حرارة الحرق حتى درجة حرارة 1150 م° لنفس السبب المذكور أعلاه، إلا انه عند الحرق بدرجة حرارة 1200 م° تتردى الخواص الفيزيائية جميعاً نتيجة لعبورها مرحلة التزجج (Over vitrification) مما أدى إلى حدوث عمليه الانصهار الموضعي (Hot Spot)، والتي ولدت ظغطاً أعاق التقلص الطولي وسبّب زيادة في أبعاد النماذج بصورة غير منتظمة وقد يرجع سبب ذلك إلى فعالية مخلفات الزجاج المضافة بنسبة 25 و 30 % إذ أدت إلى إتمام عملية التلبيد عند درجات حرارة اقل من 1200م°.

ومن خلال النتائج الموضحة في الجدول (3)، لوحظ ان النموذج A4 المصنّع من 80 % كاؤولين، و20 % مخلفات زجاج المحروق بدرجة 1200 م° يمتلك أفضل المواصفات الفيزيائية، وبذلك يمكن القول أنه يمكن تصنيع الأجسام البورسلينية من الكاؤولين ومخلفات الزجاج دون الحاجة الى الرمل السليكي، ويرجع سبب ذلك إلى أن إضافة 20% من مخلفات الزجاج في الخلطة قد عملت على تكوين كمية مناسبة من الطور الزجاجي استطاع غلق جميع المسامات الموجودة بين الحبيبات المختلفة إضافة إلى زيادة في نسبة معدن المولايت، الذي يزداد تكونه بزيادة الطور الزجاجي السائل (Warrier, *et al.*, 1989).

تُظهر نماذج المجموعة B انخفاضاً ملحوظاً في الخواص الفيزيائية المختلفة، ويرجع سبب ذلك إلى انخفاض نسبة مخلفات الزجاج المضافة (10)% على حساب زيادة نسبة كل من السليكا والكاؤولين، مما يعني عدم كفاية الطور السائل اللازم لسد المسامات الموجودة بين الحبيبات إضافة إلى زيادة في نسبة السليكا الحرة (free silica) في أرضية الجسم السيراميكي، وانخفاض نسبة معدن المولايت المتكون.

جدول 3: نتائج الفحوصات الفيزيائية للمجاميع المختلفة (A,B,C).

المجموعة	الخلطة	درجة حرارة الحرق °C	الخواص الفيزيائية			
			التقلص الطولي	الكثافة الكلية gm/cm^3	المسامية الظاهرية %	إمتصاصية الماء %
A	A1	1050	8.5	1.96	26.8	13
		1100	9.24	2.05	16	7.1
		1150	11	2.15	7.7	3.8
		1200	11.38	2.2	2	0.95
	A2	1050	8.1	1.99	21	10.4
		1100	8.8	2.18	12	6.2
		1150	10	2.26	6	2.8
		1200	10.3	2.34	1.1	0.5
	A3	1050	7.8	2.1	11	5.3
		1100	8.5	2.22	5.4	2.8
		1150	9.1	2.3	2.5	1.3
		1200	9.4	2.4	0.42	0.2
	A4	1050	7.4	2.2	8.3	4
		1100	8.3	2.28	2.8	1.5
		1150	8.9	2.35	1.5	0.7
		1200	9.2	2.44	0	0
	A5	1050	7	2.24	7	3.5
		1100	8	2.3	2	0.98
		1150	8.2	2.35	1.1	0.5
		1200	7.8	2.33	1.3	0.61
	A6	1050	6.6	2.26	5.4	2.5
		1100	7.5	2.34	1.2	0.62
		1150	7.2	2.36	0.6	0.25
		1200	6.5	2.3	1.43	0.7
B	B1	1050	4.2	1.9	26.5	13.2
		1100	4.7	1.94	18.4	9.2
		1150	5	2.15	10.77	4.9
		1200	5.5	2.22	6.2	3
	B2	1050	3	1.85	28.6	14
		1100	3.3	1.9	19.9	9.7
		1150	3.7	2.1	11.6	5.5
		1200	4	2.19	7.4	3.38
	B3	1050	2.6	1.8	30.4	15
		1100	3	1.88	30.4	15
		1150	3.5	2	13.2	6.5
		1200	3.9	2.21	7.5	3.5
C	C1	1050	4	2.18	14.2	7
		1100	4.8	2.22	8.69	3.9
		1150	4.5	2.24	3.3	1.6
		1200	6.2	2.25	0.42	0.2
	C2	1100	4.4	2.15	10.1	5
		1150	5	2.21	3.8	1.6
		1200	5.5	2.24	0.52	0.22
	C3	1050	1.8	1.95	19	9.5
		1100	2.5	2.1	11.2	5.6
		1150	3.9	2.2	4.3	2.1
		1200	4.5	2.24	0.5	0.23
	C4	1050	1.1	1.88	20	10.2
		1100	1.9	2	12	6
		1150	3	2.18	4.5	2
		1200	3.8	2.25	0.1	0.05

وعند مقارنة نتائج المجموعات المختلفة مع بعضها يتبين ان النماذج(A3,A4,C4) تمتلك افضل الخواص الفيزيائية عند درجة الحرق 1200 م°، ويرجع السبب في ذلك إلى إن نسب مخلفات الزجاج المضافة المناسبة (15,20) % قد عملت على تكوين كمية مناسبة من الطور الزجاجي السائل إضافة إلى زيادة نسبة الأطوار الجديدة المتكونة، إذ إن زيادة نسبة معدن المولايت تزيد من قيم الكثافة الكلية(Budnikove, 1964).

ويبين الجدولان (4,5) نتائج الفحوصات الميكانيكية(الصلادة ومقاومة الانضغاط) والمقاومة الكيميائية للنماذج المختارة (A3,A4,B1,C4)، من خلال هذه النتائج والأشكال (8, 9) يتبين تحسن قيم الخواص الميكانيكية والمقاومة الكيميائية (يقل الفقدان بالوزن) مع زيادة درجات حرارة الحرق لجميع النماذج ويرجع سبب ذلك إلى استمرار تكون الطور الزجاجي السائل وزيادة نسبة معدن المولايت الذي يمتاز بخواص ميكانيكية عالية إضافة إلى مقاومته لفعل الأحماض والقواعد الفعالة (Aggressive) حتى في ظل درجات الحرارة العالية (Ullmnns, 2002; Budnikove, 1964) كما تتحسن الخواص الميكانيكية أيضا بزيادة نسبة معدن الكريستوبلايت (Carty and Senapati, 1998).

وتبين مخططات الأشعة السينية الحائدة شكل (10) المعادن المكونة لكل نموذج، إذ يتبين إن معدن المولايت هو السائد إضافة إلى وجود معدني الكريستوبلايت والتريدمايت بنسب اقل.

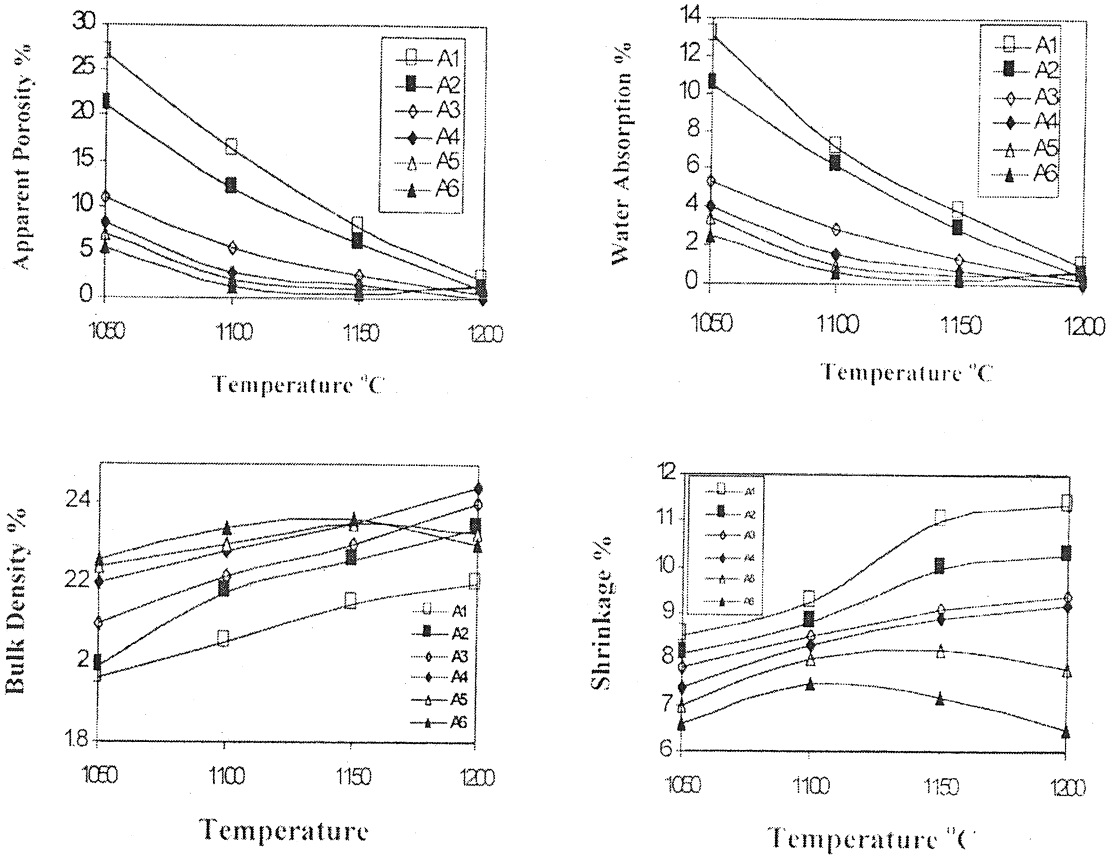
جدول 4: نتائج الفحوصات الميكانيكية للنماذج المختارة (A3,A4,B1,C4).

المجموعة	الخلطة	درجة حرارة الحرق °C	الصلادة (Rockwell)	مقاومة الانضغاط kg/cm^2
A	A3	1050	83	1100
		1100	88	1500
		1150	90.3	1820
		1200	92.2	2000
	A4	1050	85	1150
		1100	90	1600
		1150	91	1900
		1200	92.8	2200
B	B1	1050	78.5	1000
		1100	81	1300
		1150	84	1630
		1200	89	1850
C	C4	1050	82	1020
		1100	86	1586
		1150	92	2100
		1200	93.5	2450

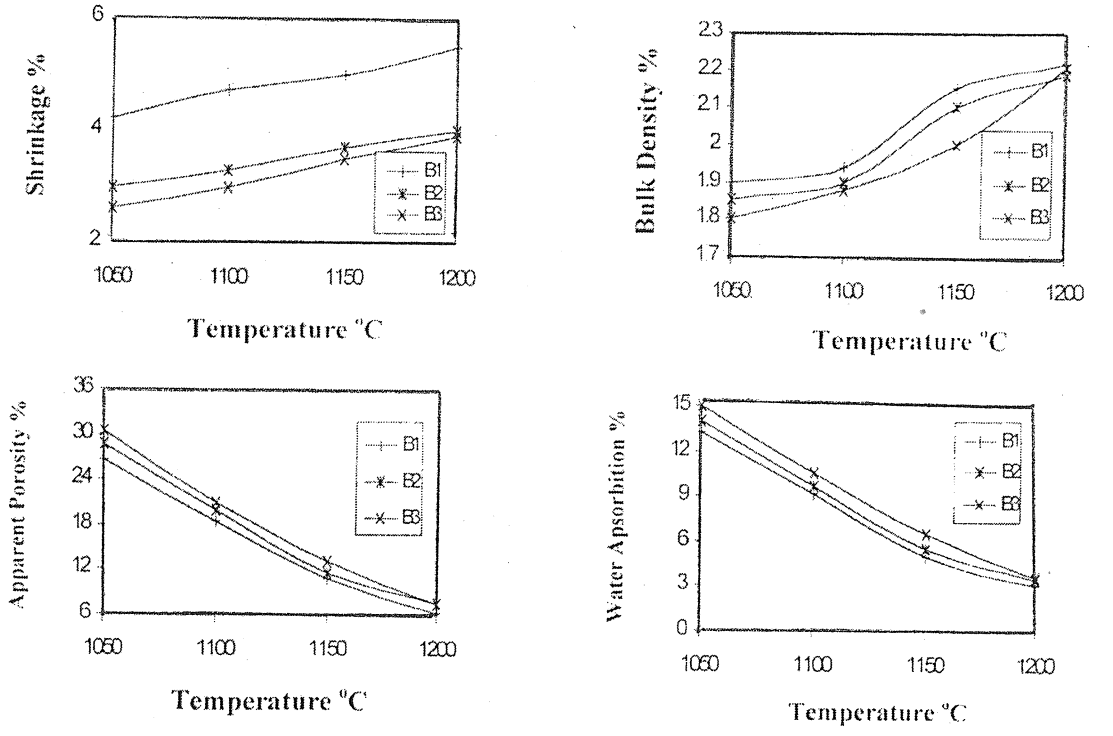
جدول 5: نتائج فحوصات المقاومة الكيميائية (الفقدان بالوزن %) طبقاً للمواصفة الأمريكية والروسية والعراقية للنماذج المختارة (A3,A4,B1,C4).

المجموعة	الخلطة	درجة حرارة الحرق °C	المقاومة الكيميائية (الفقدان بالوزن%)					
			HNO_3 % (10)	H_2SO_4 % (10)	GOST% 3	NaOH % (10)	ASTM % 2	العراقية % 1
A	A3	1050	0.401	0.342	0.285	0.561	0.753	0.951
		1100	0.217	0.166	0.219	0.505	0.652	0.78
		1150	0.167	0.114	0.115	0.394	0.484	0.652
		1200	0. 019	0.049	0.017	0.102	0.325	0.353
	A4	1050	0.349	0.110	0.152	0.451	0.709	0.85
		1100	0.136	0.064	0.114	0.253	0.621	0.751
		1150	0.105	0.038	0.018	0.165	0.414	0.55
		1200	0.017	0.015	0.010	0.096	0.245	0.292
B	B1	1050	0.851	0.742	0.616	0.631	0.903	0.905
		1100	0.621	0.435	0.420	0.435	0.824	0.82
		1150	0.205	0.342	0.311	0.295	0.552	0.55
		1200	0.118	0.290	0.130	0.104	0.355	0.361
C	C4	1050	0.802	0.465	0.507	0.580	0.808	0.906
		1100	0.404	0.234	0.303	0.358	0.683	0.76
		1150	0.189	0.156	0.245	0.255	0.445	0.506
		1200	0.005	0.015	0.007	0.080	0.221	0.305

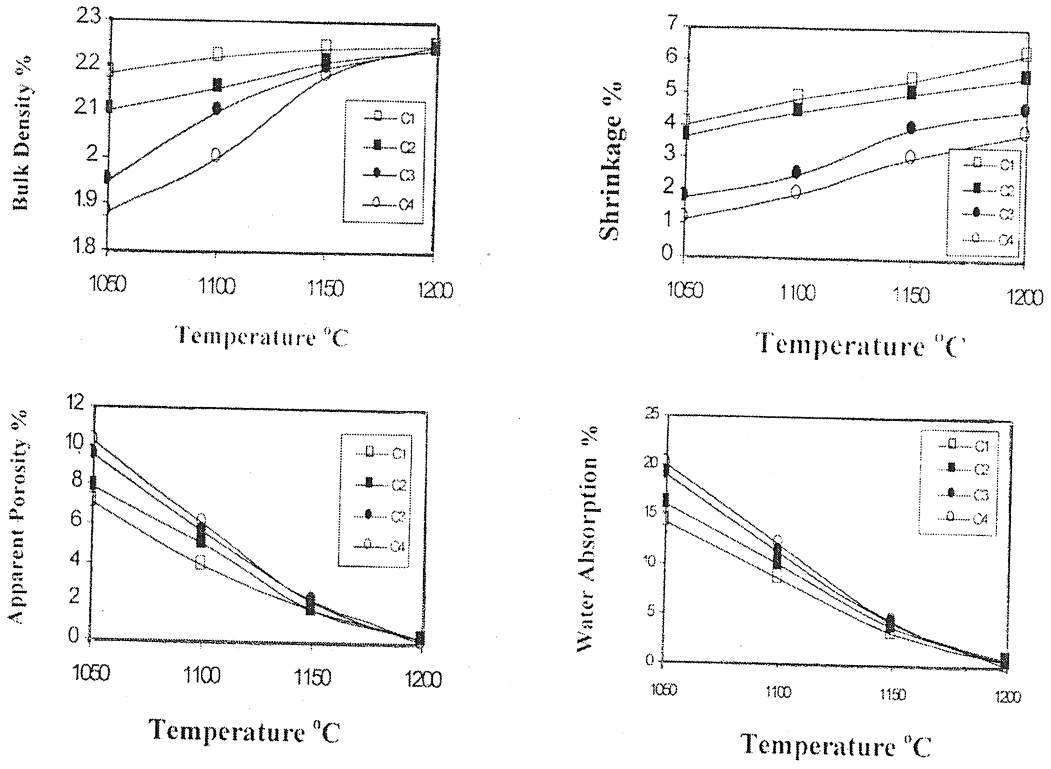
1. المواصفة القياسية العراقية رقم 1627، 1991
2. ASTM (C279-80) 1989
3. GOST 900/400 Budnikove, 1964



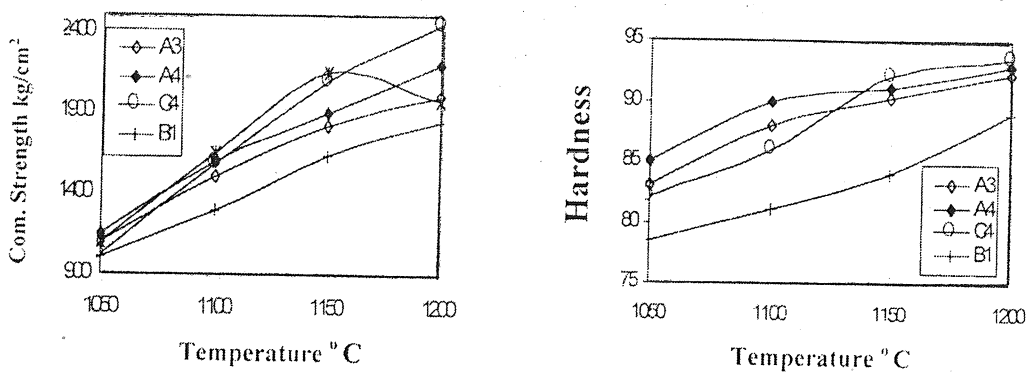
شكل 5: علاقة الخواص الفيزيائية (الكثافة الكلية وامتصاصية الماء والتقلص الطولي والمسامية الظاهرية) مع تغير درجات حرارة الحرق لنماذج المجموعة A.



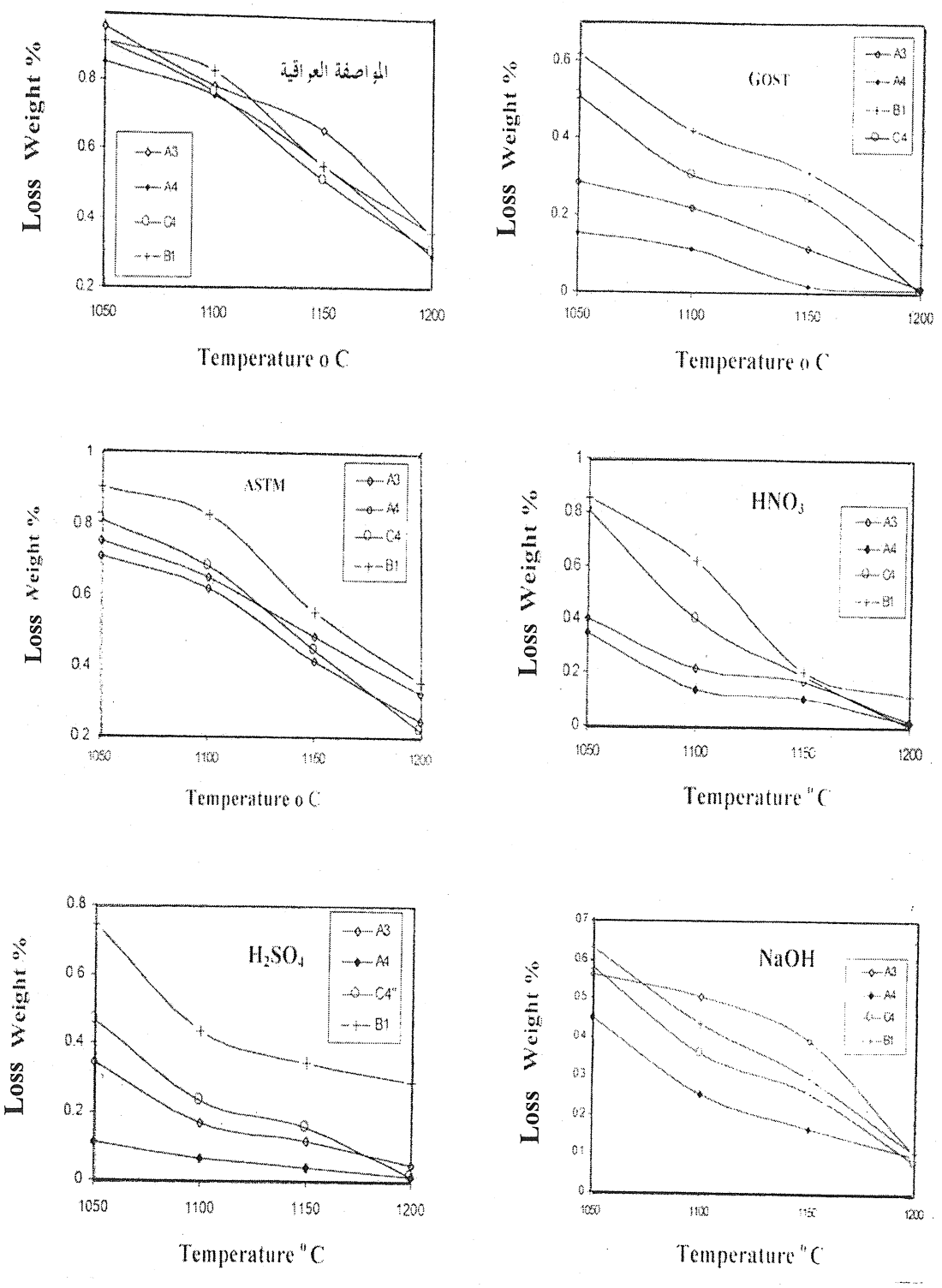
شكل 6: علاقة الخواص الفيزيائية مع تغير درجات حرارة الحرق لنماذج المجموعة B.



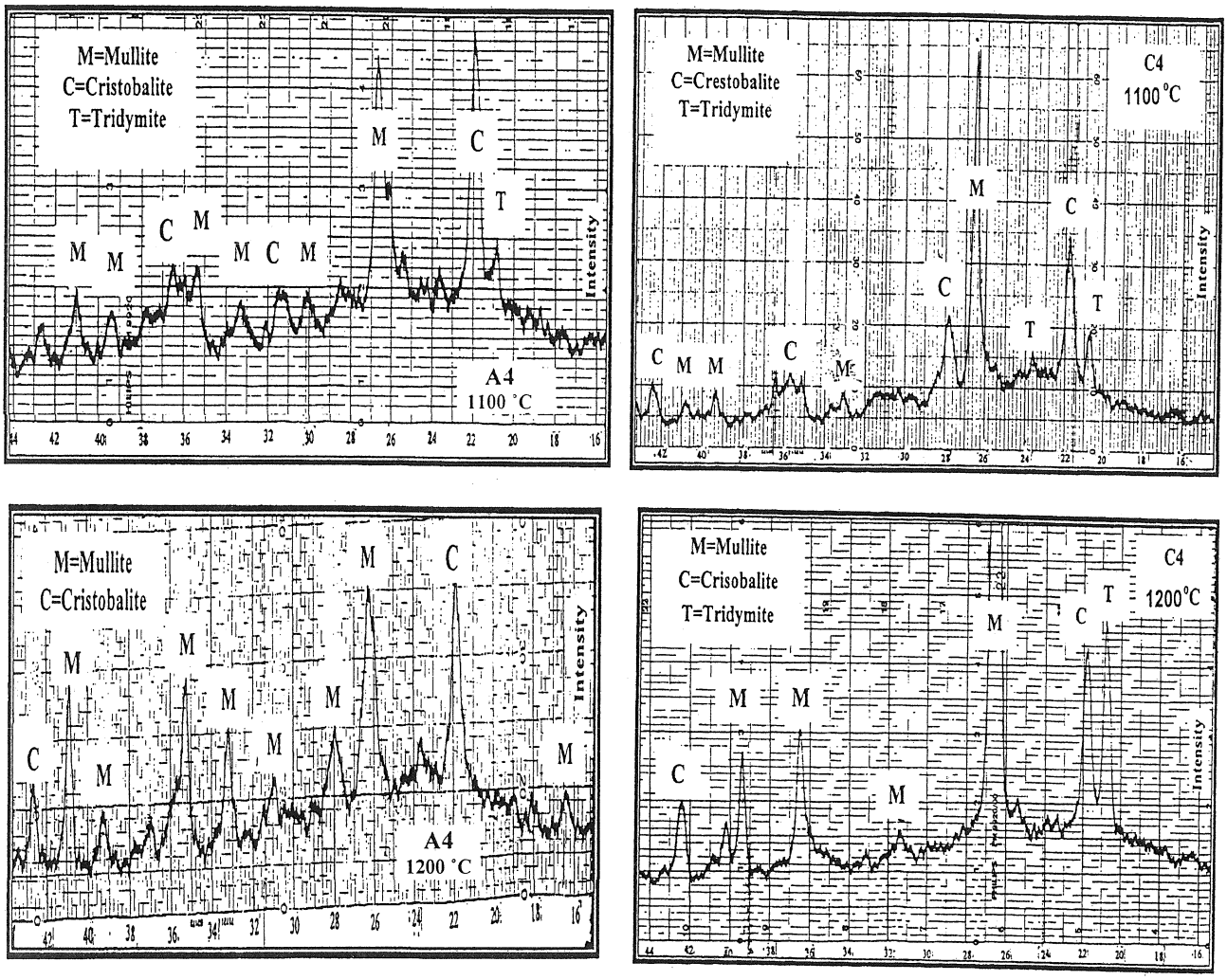
شكل 7: علاقة الخواص الفيزيائية مع تغير درجات حرارة الحرق لنماذج المجموعة C.



شكل 8: علاقة الخواص الميكانيكية مع تغير درجات حرارة الحرق للنماذج المختارة (A3,A4,B1,C4).



شكل 9: علاقة المقاومة الكيميائية (الفقدان بالوزن %) مع تغير درجات حرارة الحرق باستخدام المواصفات العالمية (GOST, ASTM) والمواصفة العراقية وعند الغمر بـ (H_2SO_4, HNO_3, NaOH).



شكل 10: مخططات الأشعة السينية الحائدة للنماذج (A4, C4) والمحروقة بدرجات حرارة 1100, 1200 م°.

جدول 6: المتطلبات الفيزيائية والكيميائية للبورسلين الكيميائي المصنـــع وفقـــاً للمواصفات الأمريكية ASTM والمحروق بدرجات حرارة 1200 م˚طبقاً لـــ (www.lantecp.com) ومقارنته مع مواصفات النماذج المصنعة.

الخاصية	القيمة	الفحص (المواصفة)	الدراسة الحالية لعدد من النماذج المختارة (المدى)
الوزن النوعي	2.25- 2.35	-	2.15- 2.2
إمتصاصية الماء %	< 0.5%	ASTM C373	0- 0.5
مقاومة الأحماض (الفقدان بالوزن %)	< 4%	ASTM C279	0.29- 0.85
درجة حرارة الحرق ˚C	1250 to 1300	-	1050- 1200
الكثافة غم/سم^3	2.32	-	2.1- 2.28
مقاومة الإنضغاط كغم/سم^2	816	ASTM C773	1000- 2100

جدول 7: المتطلبات الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للبلاط البورسليني غير المزجج المقاوم للأحماض والمصنع وفقاً للمواصفة العراقية (1627/1991) ومقارنته مع مواصفات النماذج المصنعة.

الخاصية	المتطلبات	الدراسة الحالية
إمتصاصية الماء	2 % كحد أقصى	0- 4 %
مقاومة الإنضغاط	713.3 kg/cm^2 كحد أدنى	1020- 2450 kg/cm^2
مقاومة الأحماض	لا يتجاوز الفقدان بالوزن على 1.5 %	0.015- 0.85 %
مقاومة القاعدة	–	0.08-0.631

الاستنتاج

1. امكانية تصنيع أجسام بورسلينية مقاومة للأحماض والقواعد من المواد الخام المحلية الطبيعية (اطيان دويخلة الكاؤولينة،رمل ام أرضمة السليكي)، والمخلفات المنزلية من الزجاج، كما يمكن تصنيع هـــذه الأجسام من الكاؤولين ومخلفات الزجاج فقط دون الحاجة لإضافة الرمل السليكي.
2. صلاحية مخلفات الزجاج كمادة مصهرة بديلة عن الفلدسبار في تصنيع البورسلين قيد البحث وفعاليتها في خفض درجات الحرارة اللازمة لاتمام عملية التلبيد.
3. ان افضل نسبة لمخلفات الزجاج المضافة حققت المواصفات المطلوبة للبورسلين قيد البحث هي 20% مخلفات زجاج، عند الحرق بدرجة حرارة 1200 م˚. وان افضل خلطات أعطت افضل المواصـــفات هي الخلطات التي تكونت من 80ـــ85 % كاؤولين 15ـــ20 % زجاج.

المصادر العربية

المواصفة القياسية العراقية رقم (1627)، 1991. البلاط السيراميكي غير المزجج المقاوم للأحماض. الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، ص 7,8.

حسن، أحمد فالح، 2001. دراسة إمكانية إستثمار خامات الكاؤولين والسليكا العراقية في إنتاج مواد سيراميكية مقاومة للأحماض. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة التكنولوجية، 142ص.

المصادر الاجنبية

ASTM, (C279-88), 1989. Chemical-Resistant Masonry Units. Annual Book of ASTM Standard, Vol.15.01.

ASTM, (C326-82), 1989. Drying and firing shrinkage of Ceramic Whiteware clays. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 15.02.

ASTM, (C373-88), 1989. Water Absorption, Bulk density apparent porosity, apparent specific gravity of fired Whiteware products. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 15.02.

ASTM, (C773-88), 1989. Compressive (Crushing) Strength of Fired Whiteware Materials. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 15.02.

ASTM, (C775-79), 1989. Particale-size analysis of Wihteware clays. Annual Book of ASTM Standard Vol. 15.02.

Budnikov, P.P., 1964. The Technology of Ceramic and Refractories. M.I.T. Press, Cambridge, 647p.

Carty, W. and Senapati, U., 1998. Porcelain-Raw Materials, Processing, Phase Evolution and Mechanical Behavior. J. Am. Ceram. Soc., Vol.81, No.1, pp.3-20.

Carty, W.M., 1999. The colloidal nature of Kaolinite. J. Am. Ceram. Soc. Bull., Vol.78, No.8, pp.72-76.

Kingery, W.D., Bowen, H.K. and Uhlmann, D.R., 1976. Introduction to ceramics, 2nd Edition, John Willey and Sons, Inc. New York, 1032p.

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2002. 6th Edition.

Warrier, K.G.K., Mukundan, P., Pillai, K.P. and Damondaran, A.D., 1989. Partical Size of Quartz and the Vitrification of Porcelain Bodies. Interceram., Vol.38, No.5, pp.19-21.

www.ansi.org., Granitifiandres Test Result against Industry Standards.

www.lantecp.com., Lantee Ceramic Saddles.

www.coorstek.com., Material Properties Standard.