

تخمين صلاحية رمال الدبديبة جنوب العراق لصناعة الطابوق شبه السليكي

ستار جبار الخفاجي	فiras فيصل الحمداني
قسم علوم الارض	مركز بحوث البناء والزجاج
كلية العلوم	وزارة الصناعة
جامعة البصرة	والمعادن

(تاريخ الاستلام 2003/3/11 ، تاريخ القبول 2004/2/7)

الملخص

في البحث الحالي تم عمل ثلاث خلطات رئيسية (رمل:طين)، (80:20)، (70:30)، (60:40). وأعدت نماذج أسطوانية الشكل بأبعاد (50 × 50 ملم) بطريقة الكبس شبه الجاف وتحت ضغط كبس (300 كغم/سم²) وحرقت ضمن برنامج حرق خاص إلى درجة حرارة 1430م. تبين من نتائج الفحوص ان الطابوق المنتج يتميز بمسامية ظاهرية تتراوح بين (21.3- 25%) وبوزن نوعي يتراوح بين 2.42-2.93 وبمقاومة انضغاط تتراوح بين 257-320 نيوتن/ملم² وبمقاومة للصدمة الحرارية تتراوح بين 15 إلى أكثر من 25 دورة. وبالإمكان استخدام رمال الدبديبة بعد خلطها مع أطيان كاؤولين دويخلة لانتاج الطابوق شبه السليكي، وكانت أحسن نسبة خلط (60 % رمل:40 % طين).

Assessment of Dibdibba Sand (Southern Iraq) for the Manufacturing of Semi Silica Bricks

Sattar Jabbar Al-Khafaji
*Department of Geology
College of Science
Basrah University*

Firas Faisal Al-Hamdani
*Building and Glass Researches Center
Ministry of Industry
and Minerals*

ABSTRACT

Three different mixtures (sand:clay), (80:20), (70:30) and (60:40), were formed in a cylindrical shape of 50×50 mm, using a semi-dry pressing with 300 kg/cm² as forming pressure and then fired at 1430°C.

The results showed that the produced semi silica bricks have apparent porosity ranging from 21.3-25% with specific gravity between 2.42-2.93 N/mm² and having spelling resistance between 15 to 25 cycle.

The results show that it is possible to use a mixture of 60:40 sand:clay for the manufacture of semi silica bricks.

المقدمة

تنتشر ترسبات تكوين الدبديبة الرملية (البلايوسين) انتشاراً واسعاً في جنوب العراق وهي تتكون من ترسبات رملية خشنة تحتوي على نسب متفاوتة من الحصى، ويتم استغلال تلك الترسبات حالياً من مقالع في مناطق الزبير (مقلع جوييدة) وصفوان لأغراض البناء.

تم اختيار تلك الترسبات الرملية لمعرفة مدى صلاحيتها لصناعة الطابوق شبه السليكي الذي هو عبارة عن مادة حرارية ذات طبيعة حامضية تتكون بصورة رئيسية من السيليكا و الأليمان بهيئة كرسنوبلايت و مولاييت، يتراوح محتوى السيليكا في الطابوق شبه السليكي بين 88-93%، وتتشرط المواصفات الخاصة لهذا الطابوق أن لا يزيد محتوى أكسيد الحديد عن 1.5 % لأنها تعد مواد مصهرة تساعد على خفض درجة انصهار الطابوق بشكل كبير (Shaw, 1972).

ان خواص الطابوق شبه السليكي يقع بين خواص الطابوق السليكي و خواص الطابوق الطيني الناري حيث يمتاز هذا الطابوق بتغير خطي دائم (P. L. C.) ثابت مقارنة بالطابوق الطيني كما يمتلك هذا الطابوق مقاومة أعلى للصدمة الحرارية مقارنة بالطابوق السليكي. وبسبب خاصية التزجيج الذاتي عن طريق تكون الطور الزجاجي فان الطابوق شبه السليكي يمتاز بمقاومة عالية للخبث (Singer and Singer, 1963).

يستخدم هذا الطابوق عادة في تبطين الاجزاء السفلى من الأفران الاستراتيجية وفي بناء سقفوف الأفران (المستخدمة لإعادة الحرق وفي أفران صهر الفولاذ المكثوفة وغيرها).

يتناول هذا البحث و لأول مرة في القطر دراسة إمكانية استخدام رمال الدبديبة (جنوب العراق) في إنتاج الطابوق شبه السليكي الذي يستخدم بشكل واسع في صناعة الحديد والصلب وصناعة الزجاج والسيراميك.

المواد الأولية

تقسم المواد الأولية الداخلة في صناعة الطابوق شبه السليكي إلى مادة سليكية رئيسية هي رمال الدبديبة حيث تشكل هذه المادة حوالي 60 - 80 % من وزمن الخلطة مضافاً إليها 20-40% وزناً من أليمان دويخلة كمادة رابطة، و التي تساعد على ربط رمال الدبديبة في خلطة الطابوق شبه السليكي وتحويلها إلى كتلة متماسكة ذات مقاومة كافية لغرض مناقلتها ووضعها داخل فرن الحرق.

رمال الدبديبة:

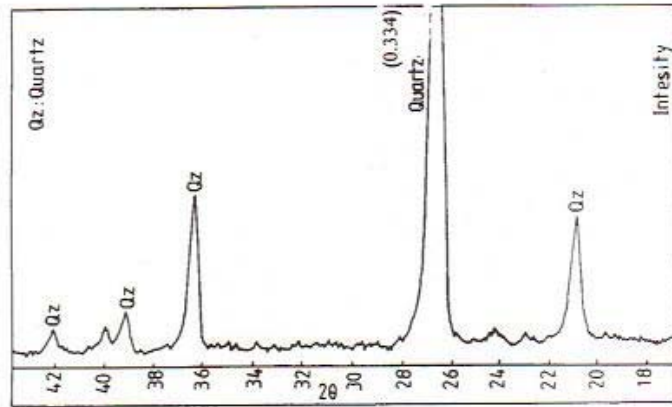
استخدم في البحث الحالي رمال الدبديبة و التي تم جلبها من منطقة الزبير (مقلع جوييدة) (شكل 1) كمادة أولية في صناعة الطابوق شبه السليكي في البحث الحالي.

أجريت الفحوص المعدنية و الكيميائية لهذه الرمال وبينت منحنيات حيود الأشعة السينية (XRD) بأن المعدن الرئيسي المكون لهذه الرمال هو معدن الكوارتز ($d=0.334 \text{ nm}$) (شكل 2). وهذا ما أظهره التحليل الكيميائي لهذه الرمال (جدول 1).

إذ يتبين ان محتوى السيليكا لا تقل عن 86 % أما الأكاسيد المتبقية فهي تمثل أكاسيد أخرى مثل Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , التي تمثل معادن الأطنان والدولومايت التي لم تظهر في المنحنيات حيود الأشعة السينية ان قلة تواجد معدن الدولومايت من جهة ولعدم عمل نماذج موجهة (Oriented samples) لتشخيص الأطنان بعد فصلها، حيث استخدم النموذج الكلي (Bulk sample) كما هو في فحص الأشعة أعلاه. كما أجري التحليل المنخلي لهذه الرمال وكانت النتائج مبينة في الجدول (2).



شكل 1: مواقع ترسبات رمال الدببة وأطنان كاؤولينايت دويخلة.



شكل 2: منحنى حيود الأشعة السينية لرمال الدبديبة.

جدول 1: التحليل الكيميائي لرمال الدبديبة.

%	الأكاسيد	ت
86.67	SiO ₂	1
7.39	Al ₂ O ₃	2
1.00	Fe ₂ O ₃	3
1.60	CaO	4
1.03	MgO	5
1.04	L. O. I.	6
99.73	Total	

جدول 2: التدرج الحبيبي لرمال الدبديبة.

ت	رقم الغربال	الوزن المتبقى على الغربال (غم)	النسبة المئوية المتبقية للمترام
1	4 (4.76mm)	2.9	0.6
2	7 (2.83 mm)	2.7	1.2
3	16 (1.19 mm)	3.7	1.9
4	30 (600 μ)	14.2	4.7
5	50 (300 μ)	206	45.9
6	10 (150 μ)	1.5	46.2
7	200 (75 μ)	136	73.4
8	Pan	133	100 %
9	الوزن الكلي للنموذج	500 gm	

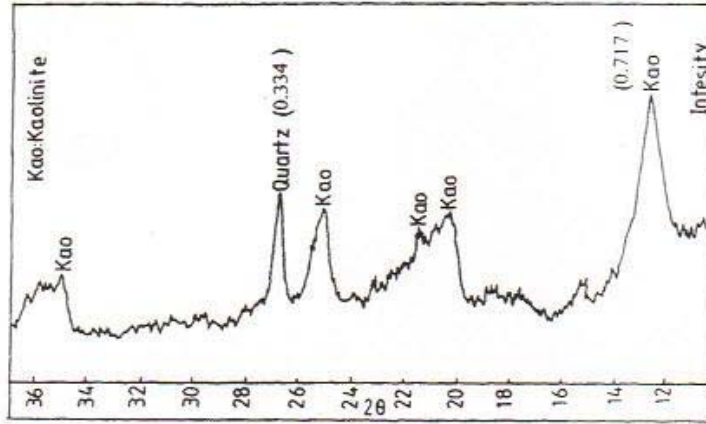
كاؤولين دويخلة:

تتواجد ترسبات أطيان الكاؤولين في الصحراء الغربية من العراق في منخفض الكعرة ضمن منطقة دويخلة (شكل 1). تمتاز هذه الأطيان بلونها الأبيض المائل الى الرصاصي مقارنة بترسبات أطيان الكاؤولين منطقة الحسينيات في الصحراء الغربية أيضاً، التي تمتاز بلونها للأحمر لاحتوائها على نسبة عالية من أكسيد الحديد Fe_2O_3 تصل الى 8%.

تم التركيز في البحث الحالي على أطيان كاؤولين دويخلة البيضاء اللون لخواصها الأفضل مقارنة بأطيان كاؤولين الحسينيات الحمراء اللون، حيث يعد أكسيد الحديد من الشوائب غير المرغوب بها في صناعة حراريات شبه السيلكا.

أجريت الفحوص المعدنية و الكيميائية و الفيزيائية للكاؤولين. وبينت منحنيات حيود الأشعة السينية (شكل 3) بأن هذه الأطيان تتكون بصورة رئيسية من معني الكاؤولينايت ($d=0.717$ nm) والكوارتز. وبيّن الجدول (3) التحليل الكيميائي لنموذج من ترسبات هذه الأطيان، حيث لوحظ ان المركبات الأساسية التي تشكل حوالي 96.6% من هذه الأطيان هي L. O. I., Al_2O_3 , SiO_2 أما بقية المحتويات و التي تعد مواد مصهرة (Flux) فهي قليلة لا تتجاوز نسبتها 2.4%. وهذا يعني ان المقاومة الحرارية جيدة لهذه الأطيان في درجات الحرارة العالية، ويؤكد ذلك فحص المجهر الحراري (شكل 4)، إذ لم يظهر نموذج الطين بعد حرقه بدرجة حرارة 1400م أي مؤشرات لبداية حدوث عملية التلين (Softening).

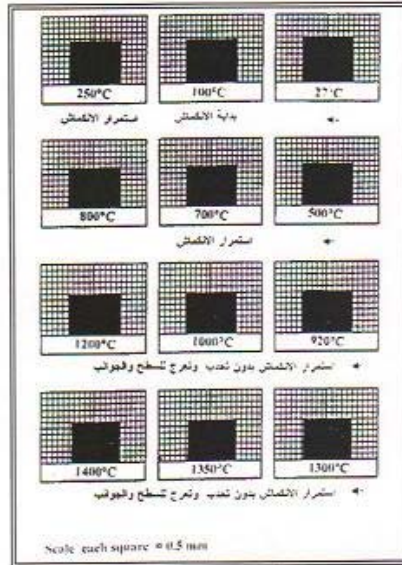
من الناحية الفيزيائية فان أطيان كاؤولين دويخلة تمتاز بلدونة عالية حيث يصل حد اللدونة plastic limit الى 32 و ذات حد سيولة Liquid limit يصل الى 46 أما التدرج الحجمي الحبيبي لهذه الأطيان الذي تم تحديده باستخدام طريقة الهيدروميتر فهو مبين في الجدول (3).



شكل 3: منحنى حيود الأشعة السينية لأطيان الكاؤولين.

جدول 3: الفحوص الكيميائية والفيزيائية لأطيان الكاولين (النتائج هي معدل لثلاث قيم).

النتائج	الفحوص
48.0	الكيميائية SiO ₂
35.9	Al ₂ O ₃
0.95	Fe ₂ O ₃
1.37	CaO
0.31	MgO
0.57	SO ₃
13.0	L. O. I.
أكثر من 1400 م°	الفيزيائية درجة التصل الحراري م°
حُرقت بدرجة حرارة 1000-25 م° و كان مقدار الانكماش هو 12 % وحُرقت بعدها بدرجة حرارة 1400-1000 م° وكان مقدار الانكماش 6%	مقدار الانكماش % Deformation
2.7-2.6	الوزن النوعي
2.39	الكثافة الكلية غم/سم ³
14	دالة الذلوة
%14 (> 0.01mm)	رمل Sand
% 31 (0.01 – 0.002 mm)	غرين Silt
% 55 (< 0.002 mm)	طين Clay



شكل 4: تعيين درجة انصهار أطيان الكاولين باستخدام المجهر الحراري.

طرائق العمل

تهيئة الخلطات: المكونات ونسبها:

تشمل مكونات خلطة الطابوق شبه السليكي بشكل عام على السيليكا (مسحوق رمال الدبذبة) مع مادة رابطة (أطيان كاؤولين دويخلة) و الماء.
تم غريلة رمال الدبذبة بغيرال رقم 30 (600 مايكرون) ولوحظ بان95% من النموذج مر من الغريال اعلاه، اما الجزء المتبقى فوق الغريال والبالغ 5% من وزن النموذج فقد تم طحنه واعيد امراره من الغريال رقم 30.

أما أطيان الكاؤولين فقد تم طحنها وأمرارها من غريال 100 (150 مايكرون).

تم عمل ثلاث خلطات رئيسية هي:

i. رمل: طين (20:80).

ii. رمل: طين (30:70).

iii. رمل: طين (40:60).

تم خلط كل خلطة من الخلطات الثلاث أعلاه على حدة مدة 5 دقائق يدوياً وهي جافة، أظيف اليها الماء بنسب تتراوح بين 7-11 % اعتمادا على محتوى الأطيان في الخلطة، وتم إعادة خلطها وامرار الخليط الرطب ككل من غريال رقم (6). ان الهدف من العملية الأخيرة هو الحصول على نموذج متجانس في توزيع المواد الأولية و بنفس محتوى الرطوبة، وبعد ذلك يكون النموذج (لكل خلطة على حدة) جاهز لعملية القولية و التشكيل.

الكبس و التجفيف:

تجري عملية تشكيل الطابوق شبه السليكي اعتيادياً بمكابس ميكانيكية وان محتوى الرطوبة في حالة الكبس الميكانيكي تتراوح بين 7-11 % وزناً. حيث ان هذا النوع من الكبس يسمى عادة بالكبس شبه الجاف (Budnikov, 1964).

تم عمل نماذج الطابوق شبه السليكي الأسطوانية الشكل قطرها 50 ملم وارتفاعها 50 ملم باعتماد الضغط الميكانيكي، حيث تم كبس الخلطات الثلاثة (أ، ب، ج) في داخل القالب المخصص عن طريق تسليط الضغط بمساعدة مكبس هيدروليكي وفي اتجاه واحد فقط وبضغط كبس 300 كغ/سم² (Gilchrist, 1977).

تم تجفيف نماذج الخلطات الثلاثة بدرجة حرارة 60م لمدة ثلاثة أيام للحصول على رطوبة متبقية داخل النماذج لا تزيد على 1.0% وزناً (Chesters, 1973).

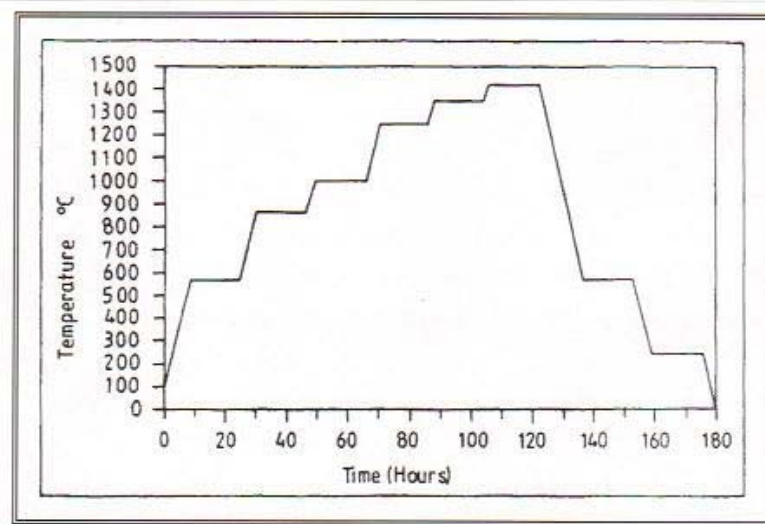
عمليات الحرق:

تمثل عملية الحرق المرحلة الأخيرة من مراحل تصنيع الطابوق شبه السليكي، حيث تعد فترة حرق الطابوق شبه السليكي بضمنها فترة التبريد فترة طويلة نسبياً مقارنة بفترة حرق الحراريات الأخرى

يرجع طول فترة الحرق الى أن التغيرات الحجمية التي تحدث في الطابوق شبه السليكي بنوعها التحول الطوري (Conversion) و التحول العكسي (Inversion) تستوجب أن يكون معدل التسخين أو (التبريد) بطيئاً ليحتوي هذه التغيرات الحجمية فضلاً عن ضرورة الضمان تحول جميع الكوارتز الى أحد أو كلا الطورين الترايدمايت و الكريستوبلايت بإعطاء فترة إبقاء (Soaking time) طويلة عند درجة الحرارة القصوى. لذلك فإن كمية الحرارة المطلوبة للحرق في كل مرحلة تختلف عن الأخرى باختلاف التفاعلات التي تحدث في كل مرحلة (Norton, 1968).

استخدم في هذا البحث برنامج الحرق السريع (شكل 5) حيث كان معدل رفع درجة الحرارة يساوي 1م/ دقيقة لغرض السيطرة على التغيرات الحجمية المرافقة للتحويلات متعددة الأطوار للسليكا التي تكون فيها الطابوقة عرضة للتمزق، فقد أدخلت فترة إبقاء (Soaking time) في برنامج الحرق عند عدد من مناطق التحويلات العكسية و الطورية لإعطاء فترة زمنية كافية بين تغير حجمي و آخر بهدف تقليل أثر الاجهادات الداخلية المؤثرة على الطابوقة الواحدة و الناتجة عن هذه التغيرات الحجمية.

الجدول (4) يتضمن معدلات التسخين و التبريد لبرنامج الحرق السريع (أو التوقفات) التي أعطيت فيها الطابوقة فترة الإبقاء التي بلغت 6 مراحل بين 27-1430 م° عند التسخين ومرحلتين بين 1430-27 م° عند التبريد (شكل 5)، (الحمداني، 1997).



شكل 5: برنامج الحرق السريع.

جدول 4: برنامج الحرق السريع.

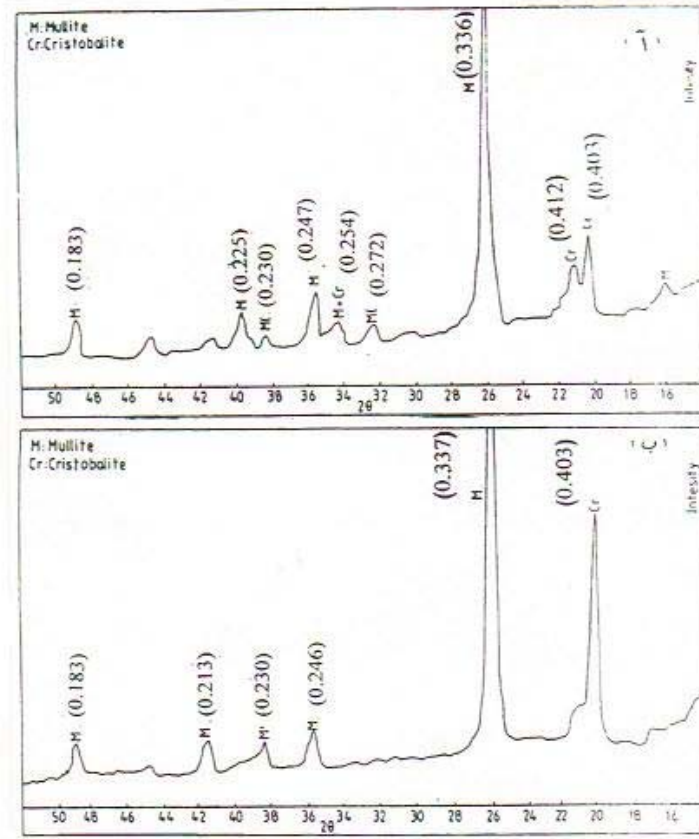
الزمن ساعة	معدل خفض درجة الحرارة °م/ساعة	درجة الحرارة °م	الزمن ساعة	معدل رفع درجة الحرارة °م/ساعة	درجة الحرارة °م
التبريد			التسخين		
14.28	60	573-1430	9.1	60	573-27
16.5	--	573	16.5	--	573
5.38	60	250-573	4.95	60	870-573
16.5	--	250	16.5	--	870
3.71	60	27-250	2.17	60	1000-870
			16.5	--	1000
			4.17	60	1250-1000
			16.5	--	1250
			1.67	60	1350-1250
			16.5	--	1350
			1.33	60	1430-1350
56.37			16.5	--	1430
			122.39		المجموع
المجموع الكلي لزمان برنامج الحرق = 178.76 ساعة					

أما الطور الثاني فهو طور الكريستوبلايت الناتج عن تحول السيليكا بمساعدة الممعدنات مثل أكاسيد الحديد و الكربونات، كما أشارت الى ذلك نتائج التحليل الكيماوي (جدول 1) أما فيما يخص طور الترايدمايت فانه عادة يحتاج الى أملاح الصوديوم و البوتاسيوم لكي يتكون ويبقى مستقرا ولكن في حال غياب هذه الأملاح فان الترايدمايت المتكون يكون غير مستقر وسرعان ما يتحول الى طور الكريستوبلايت الأكثر استقرارا كما هو الحال في منحنيات حيود الأشعة السينية للطابوق شبه السليكي المصنع في البحث الحالي (شكل 6 أ، ب) حيث لم يتكون طور الترايدمايت.

المسامية الظاهرية:

اعتمدت المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C20 في حساب قيم المسامية الظاهرية. يبين الجدول (5) نتائج فحوص هذه الخاصية للخلطات الثلاثة، ويلاحظ زيادة قيم المسامية الظاهرية بازدياد محتوى الرمل في خلطة الطابوق شبه السليكي، حيث ان زيادة الرمل في الجسم السيراميكي يعمل على زيادة المسامية (تركيب مفتوح) هذا بالإضافة الى أن التحول التام للكوارتز الى الترايدمايت أو

الكرستوبلايت اللذان لهما تركيب بلوري مفتوح مقارنة بالكوارتز الأقل انفتاحا والتي تعمل أيضا على زيادة المسامية الظاهرية (Grimshow, 1971).



شكل 6: أ- منحنى حيود الأشعة السينية لنموذج من الطابوق المحضر من الخلطة (رمل 20%:طين 80%). ب- منحنى حيود الأشعة السينية لنموذج من الطابوق المحضر من الخلط (رمل 60%:طين 40%).

الوزن النوعي الحقيقي:

اعتمدت المواصفة القياسية البريطانية (BS 1902- 3.4) وبين الجدول (5) نتائج فحوص الوزن النوعي الحقيقي للخلطات الثلاثة.

ان الطابوق شبه السليكي يخضع لتغير ثابت في الوزن النوعي خلال عملية الحرق مع عملية إعادة التبلور وتحول الكوارتز الى أحد أو كلا الطورين التريديمائيت و الكريستوبلايت و التي تتراوح بين 2.31-2.28 على التوالي. أما طور المولايت الناتج من حرق أطيان الكاؤولين فانه يمتلك وزن نوعي يصل الى 3.1 ويلاحظ من الجدول (5) زيادة الوزن النوعي للطابوق شبه السليكي اعتمادا على زيادة كمية الأطيان في الخلطات الثلاثة بسبب زيادة طور المولايت ذو الوزن العالي و الذي يعتمد أيضا على زيادة محتوى الألوينا Al_2O_3 في الخلطة، (Mohanty et al., 1982).

جدول 5: فحوص الطابوق السليكي للخلطات الثلاثة.

المواصفات البريطانية*	الخلطات			الخلطات الفحوص
	الخلطة ج رمل : طين 40 : 60	الخلطة ب رمل : طين 30 : 70	الخلطة أ رمل:طين 20 : 80	
21-24	21.3	23.5	25	المسامية الظاهرية %
2.9-2.95	2.93	2.65	2.42	الوزن النوعي الحقيقي
273	320	296	257	مقاومة الانضغاط كغم/سم ²
0.5	0.1	0.3-0.4	0.7-0.8	التمدد الخطي الدائمي % / 1400م / 2ساعة
21-25	25 <	25	15	مقاومة الصدمة الحرارية (دورة)

*Singer and Singer (1963).

مقاومة الانضغاط:

تعتمد مقاومة انضغاط الطابوق شبه السليكي بصورة غير مباشرة على التركيب المعدني للمواد الأولية (رمل الدبديبة و الكاؤولين النويخله) وبصورة مباشرة على مدى مطابقة خواص المواد الأولية وكبس النماذج بالمواصفات المطلوبة فضلا عن اعتماده على مدى تجانس عجينة الكبس وكون برنامج الحرق كاملا أم ناقصاً.

اعتمدت المواصفة القياسية البريطانية (BS 1902-4.3) وبين الجدول (5) نتائج الخلطات الثلاثة، ويشير الجدول (5) الى أن زيادة كمية الأطيان في الخلطة وزيادة طور أو بلورات المولايت الأبريسية الشكل أدت الى زيادة مقاومة الانضغاط. في حين أن زيادة كمية الرمل في الخلطة يعني زيادة المسامات و الفراغات المتروكة و بالتالي يؤدي إلى نقصان في مقاومة الانضغاط، لذا فان مقاومة انضغاط الطابوق شبه السليكي تعتمد على التركيب المعدني للطابوق المنتج و الذي يعتمد بدوره على برنامج الحرق المستخدم و بالتحديد درجة الحرارة القصوى.

التمدد الخطي الدائم (بإعادة التسخين):

يتعرض الطابوق شبه السليكي أثناء استخدامه الى تغيرات تكون من النوع الدائمي الثابت غير المعكوس Irreversible ترافق تحولات الكوارتز الطورية الى الترايمايت و الكرسنوبلايت، إذ يصاحب هذه التغيرات ازدياد في حجم الطابوقة مع انخفاض الوزن النوعي الحقيقي للأطوار البلورية الناتجة عن التحولات المتعددة للسليكا أثناء عملية الحرق.

اعتمدت المواصفة القياسية البريطانية (BS 1902- 5.1) بإعادة التسخين إلى درجة حرارة 1400م ولمدة إبقاء ساعتين عند درجة الحرارة القصوى وبيّن الجدول (5) نتائج هذا الفحص.

ويلاحظ ان مقدار التمدد الخطي الدائمي لنماذج الطابوق السليكي الخلطة (أ) ذات المحتوى العالي من السليكا هي أكبر مقارنة بتلك العائدة للخلطة (ج). وتعزى هذه الحالة الى أن كمية الكوارتز المتبقي غير المتحول كانت أكبر في الخلطة (أ) منها في الخلطة (ج) (Chesters, 1973).

مقاومة الصدمة الحرارية:

ان قابلية المادة الحرارية للمحافظة على شكلها الأصلي دون تشقق أو تشضي أو تقشر عند تعريضها الى تغيرات مفاجئة في درجات الحرارة هي ما تسمى بمقاومة الصدمة الحرارية (Shaw, 1972).

إن مقاومة الطابوق شبه السليكي للصدمة الحرارية تعتمد بدرجة رئيسية على التركيب المعدني للطابوق وبالتحديد على نسبة طور الكرسنوبلايت فيه و التي تعتمد بدورها على كمية السليكا الموجودة في الخلطة و على برنامج الحرق المستخدم، إذ تتحسن مقاومة التشضية بنقصان نسبة الكرسنوبلايت. إن نقصان كمية السليكا في خلطة الطابوق شبه السليكي تعني نقصان كمية الكرسنوبلايت المتكونة وتكون طور المولايث الثابتة حرارياً. وهذا يعني أن زيادة كمية الأطنان في خلطة الطابوق شبه السليكي تحسن بدرجة كبيرة مقاومة الطابوق للصدمة الحرارية وكما موضح في جدول (5) (Nandi, 1987).

الاستنتاج

- 1- بالإمكان استخدام رمال الدبديبة بعد خلطها مع أطنان كاؤولين دويخلة لإنتاج الطابوق شبه السليكي.
- 2- تؤثر كمية الأطنان المضافة على خواص الطابوق شبه السليكي بدرجة كبيرة و ان افضل نسبة إضافية تم التوصل اليها في البحث الحالي هي الرمل: أطنان (60 : 40).
- 3- تزداد المسامية الظاهرية بازدياد نسبة الرمل الى الطين حيث بلغت حوالي 25% في حين انخفضت الى 21.3% عند زيادة كمية الأطنان المضافة من 20 الى 40%.
- 4- ان زيادة كمية السليكا في خلطة الطابوق شبه السليكي تؤدي الى إنتاج طابوق ذو وزن نوعي أقل مقارنة بخلطة الطابوق شبه السليكي ذات المحتوى العالي من الأطنان.

- 5- تزداد مقاومة انضغاط الطابوق شبه السليكي ذات المحتوى العالي من الأطنان بسبب تكون طور الموليت الأبري الشكل مقارنة بالطابوق شبه السليكي ذات المحتوى العالي من طور الكرسنوبلايت في حالة زيادة نسبة السليكا في الخلطة.
- 6- تتحسن خاصية مقاومة الصدمة الحرارية في الطابوق شبه السليكي بازدياد كمية الأطنان في الخلطة.

المصادر العربية

- الحمداني، فراس فيصل عبد الحميد، 1997. جيوكيميائية ومعدنية صخور السلكريت والرمال السليكية في الصحراء الغربية وصلاحيتها في صناعة الطابوق السليكي، أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، كلية العلوم، 167 صفحة.

المصادر الاجنبية

- Budnikov, P.P., 1964. The technology of ceramics and refractories. The M.I.T. Press, Cambridge, Mass, 647p.
- Chesters, J.H., 1973. Refractories production and properties. The iron and steel Institute, London, 553p.
- Gilchrist, J.D., 1977. Fuels Furnaces and Refractories. International Series on materials science and technology, Vol. 21 Oxford Pergamon, 353p.
- Grimshaw, R.W., 1971. The chemistry and physics of clays and Allied ceramic materials (4th ed), Ernest Been, London, 1024p.
- Mohanty, P.N., Singh, P.N. and Singh, G.D., 1982. Silica- A critical study part 1 and part 2, Refractories J. No. 2, 9-14 and No. 3, pp.10-17.
- Nadi, D.N., 1978. Handbook Refractories total. McGrow-Hill publishing company Ltd. New Delhi, 212p.
- Norton, F.H., 1968. Refractories. fourth edition, McGrow-Hill Book Company 450p.
- Shaw, K., 1972. Refractories and their uses. 103, Applied Science publisher, London, 269p.
- Singer, F. and Singer, S.S., 1963. Industrial ceramics. New York, Chemical Publisher Co., INC, 1455p.