

تحسين خواص الترسبات الطينية لأغراض صناعة طابوق البناء في محافظة ميسان، جنوب العراق

ستار جبار الخفاجي¹، حارث عبد الحليم السعد¹ و صفاء حسين العلي¹

الاستلام: 2011/ 3 / 15، القبول: 2011/12 / 29
الكلمات الدالة: التزهر، طابوق خفيف الوزن، "البكاز"، العمارة

المستخلص

فُيِّمَت الترسبات الطينية المنتشرة في مناطق مختارة جنوب وشمال مدينة العمارة كيميائياً ومعدنياً وفيزيائياً وبيئتاً النتائج إن الترسبات عموماً ذات طبيعة طينية غرينية تغلب فيها نسبة الغرين على باقي المكونات وهي متوسطة إلى عالية اللدونة. أشارت التحاليل الكيميائية والمعدنية إن الترسبات تتكون بصورة أساسية من السليكا (SiO_2) والألومينا (Al_2O_3) واللدان ارتبط وجودهما بوجود معدن الكوارتز كمكون معدني رئيسي، من ناحية والمعادن الطينية وخاصة المونتموريللونيت والكلورايت والكاولينيت (الغالبية في الترسبات)، من ناحية أخرى. ظهرت النسبة العالية من كربونات الكالسيوم في الترسبات الطينية بهيئة معدن الكالسيت الشائع، بالإضافة إلى ارتفاع محتوى الترسبات نسبياً من الكبريتات، وخاصة في نماذج شمال العمارة والذي ارتبط أساساً بزيادة معدلات الأملاح الذائبة (T.D.S).

هَيَأَت ستة خلطات مختلفة من الترسبات الطينية وبعض المضافات المختلفة، وشُكِّلَ منها 180 نموذجاً اسطوانياً بطريقة الكبس شبه الجاف وتحت ضغط 200 Kg/cm^2 ، بعدها جففت وأحرقت بدرجات حرق (800 و 900 و 1000)°م، على التوالي. بينت نتائج الفحوصات التقييمية للطابوق المصنع إن هناك انخفاض في نسب التقلصات بعد الحرق وتحسن في خواص امتصاص الماء ومقاومة الانضغاط والكثافة والتزهر، خاصة عند إضافة 10% و 15% من الرمل الناعم المطحون وخصوصاً عند درجة حرارة حرق (900 و 1000)°م، بحيث أمكن الحصول على طابوق بناء اعتيادي يقع ضمن الصنفين A و B من المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988، بعد أن كان الطابوق المصنع معملياً في مدينة العمارة خارج حدود المواصفة أعلاه.

أمكن الحصول على طابوق خفيف الوزن من نفس الترسبات بإضافة 10% و 15% من المادة العضوية "البكاز" الناعم، بحيث أعطت أفضل الخواص من ناحية المسامية وامتصاص الماء والكثافة القليلة ومقاومة انضغاط جيدة تتلاءم ومتطلبات الطابوق الخفيف المصنع عالمياً.

PROPERTIES IMPROVEMENT OF CLAY DEPOSITS FOR BUILDING-BRICK PURPOSES, IN MISSAN GOVERNORATE, SOUTHERN IRAQ

Sattar J. Al-Khafaji, Harith A. Al-Saad and Saffa H. Al-Ali

ABSTRACT

Chemical, mineralogical and physical evaluation of clay deposits in south and north Amarah city, southern part of Iraq shows that the deposits have a high percentage of silt and medium to high plasticity. The chemical and mineralogical analysis revealed that SiO_2 and Al_2O_3 are the main chemical components of the deposits, which indicate the high content of Quartz; from one hand and clay minerals, Montmorillonite, Chlorite and Kaolinite; on the other hand. The high percentage of CaCO_3 shows the presence of predominant Calcite, in addition to slight increase in the average of sulfate, especially in north Amarah samples, which is highly related to the increase in the average of T.D.S.

¹ رئيس باحثين، كلية العلوم، جامعة البصرة، قسم الجيولوجي
البريد الإلكتروني: Khafaji52000@yahoo.com

One hundred and eighty cylindrical samples were prepared from six mixtures of clay deposits and some different additives. The samples were formed by semi-dry method under 200 Kg/ cm² as forming pressure, then the samples were dried and fired according to firing program under (800, 900 and 1000)° C, respectively.

The physical tests show that there is an improvement in the firing shrinkage, water absorption, compressive strength and efflorescence, especially by adding 10% and 15% of fine sand under (900 and 1000)° C. The produced bricks are within the requirements of Class A and B of ISO, 25, 1988, as compared to the properties of the produced bricks by brick plants of Amarah city, which are out of the ISO, 25, 1988 limits.

Light weight bricks were produced under some conditions by adding 10% and 15% of fine bacase to clay deposits, the prepared bricks have a good porosity, water absorption, light bulk density and good compressive strength and within the limits of international standards of light weight bricks.

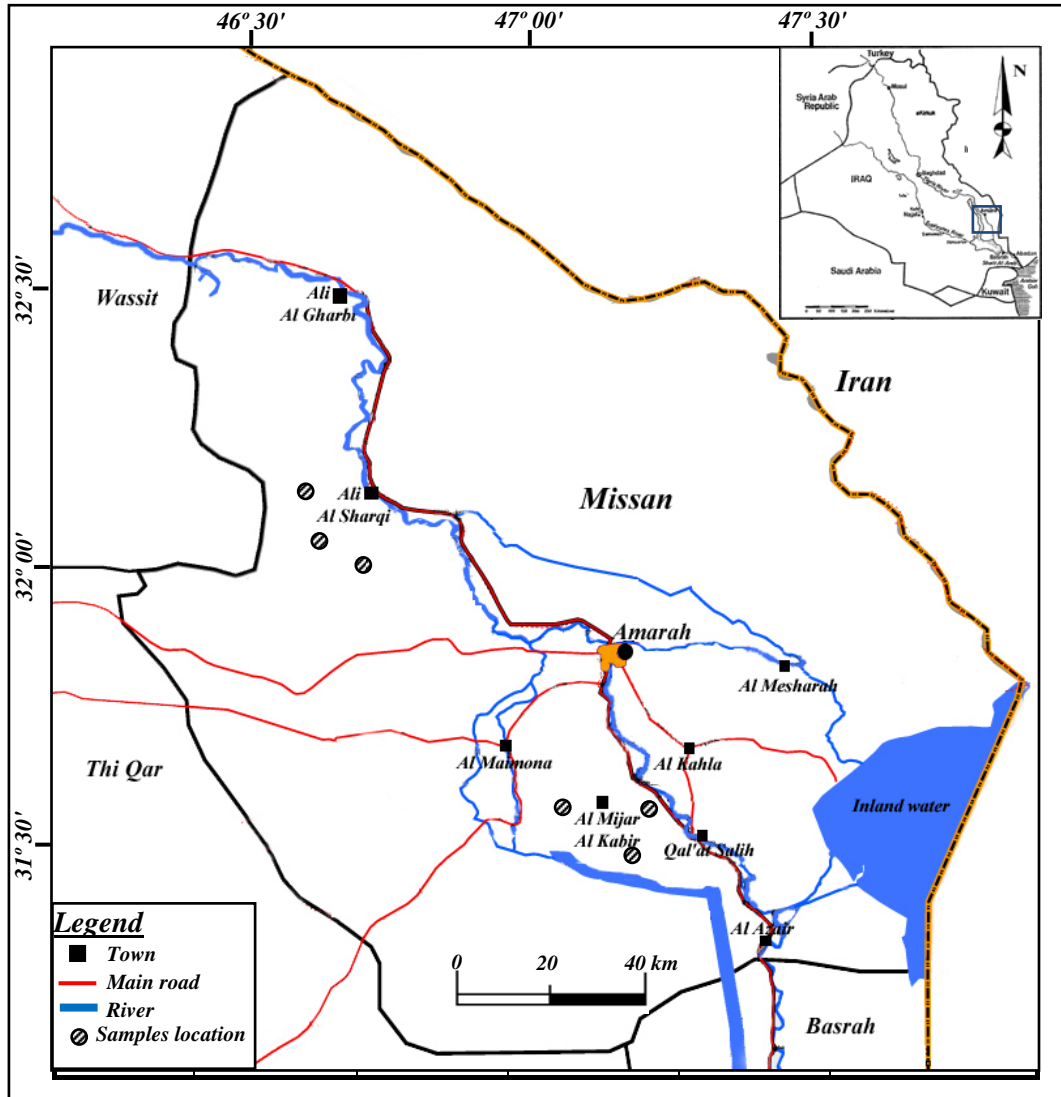
المقدمة

تنتشر معامل صناعة طابوق البناء الاعتيادي بصورة واسعة في العراق وخاصة في المنطقة الوسطى والجنوبية ضمن محافظات واسط وميسان وذي قار والنجف والمثنى وكربلاء والديوانية، وتعتمد في إنتاجها على الترسبات الفيضية الطينية كموايد أولية والمنتشرة بصورة واسعة كجزء من السهل الرسوبي والذي يكون معظمه عبارة عن ترسبات عائدة للعصر الرباعي. تنتشر في مدينة العمارة وحدها أكثر من 30 معمل تقليدي لصناعة الطابوق، تستهلك عشرات الملايين من الأطنان من الترسبات الطينية سنوياً تكون بمجملها عبارة عن تعاقبات من الطين والغرين (سعد، 1995)، تستهلك لإنتاج عشرات الملايين من الأطنان من طابوق البناء في كل من مدينتي العمارة والبصرة وبعض النواحي في مدينة العمارة المتاخمة لحدود مدينة ذي قار (اتصال شخصي، مديرية بلدية العمارة، 2009). إلا أن الطابوق المنتج من معامل مدينة العمارة يعاني من مشاكل عديدة كالتقلص والتشقق أثناء التجفيف والكبس وعمليات الحرق ويرجع ذلك إلى وجود أخطاء في عمليات الخلط والتجفيف وعدم اكتمال عمليات الحرق بصورة صحيحة، مما يسبب تكسر الطابوق ويؤدي إلى التقليل من قابلية تحمله فضلاً عن زيادة مساميته وامتصاصه للماء وارتفاع نسبة التزهر مع عدم استواء أسطحه وظهور العقد والتشققات، مما يجعله خارج حدود المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988 (جدول 1). الأمر الذي يؤدي إلى تلف حوالي أكثر من ربع كمية الطابوق المنتج وما يلحقه من خسائر مادية كبيرة.

إن احتواء المواد الأولية على نسب عالية من الأملاح، كألاح الكربونات والكبريتات يؤدي إلى ظهور ظاهرة التزهر التي تسبب تآكل الطابوق مستقبلاً عند تعرضه للجو نتيجة تميؤ الأملاح الموجودة على سطح الطابوق وبالتالي تهشمه بمرور الزمن ومن ثم التقليل من عمر المنشأ وسقوطه (الحديثي والرمضاني، 1987)، فضلاً عن احتواء الترسبات الطينية على نسبة عالية من معدن المونتموريللوناييت الذي يجب التعامل معه بحذر عند صناعة الطابوق كونه قابل للتمدد الحجمي وحساس للتجفيف (Al-Kass and Al-Khalissi, 1983)، وبالتالي يجب السيطرة على عمليات التجفيف.

يهدف هذا البحث إلى إجراء تقييم للترسبات الطينية في مدينة العمارة من الناحية الكيميائية والمعدنية والفيزيائية وتحديد إمكانية معالجة المشاكل التي تعاني منها وإمكانية وضع الحلول والمعالجة الممكنة من خلال تحسين خواصها باستعمال بعض الإضافات الطبيعية كرمال الكتيان الرملية وبنسب مختلفة والمنتشرة بصورة واسعة شرق العمارة، ومتابعة السيطرة على عمليات التجفيف والحرق مختبرياً للوصول إلى طابوق بناء جيد مطابق للمواصفات العراقية، فضلاً عن إمكانية تصنيع طابوق خفيف الوزن ذو مقاومة انضغاط جيدة ويقع ضمن مواصفات الطابوق الخفيف من نفس الترسبات وتحت نفس الظروف من خلال معرفة تأثير إضافة مادة "البكاز" وبنسب مختلفة، والتي هي عبارة عن مخلفات عضوية تطرح بكميات كبيرة كنتاج ثانوي لصناعة السكر في معمل السكر في العمارة.

شملت منطقة الدراسة اختيار المناطق المحيطة بمجموعة معامل طابوق منطقة المجر (جنوب العمارة) والمناطق المحيطة والواقعة شمال العمارة بالقرب من ناحية الكمييت، وتقع منطقة الدراسة ضمن خطي تشريق 47°15' - 46°30' وخطي تسميل 32°15' - 31°15' (شكل 1).



شكل 1: خريطة منطقة الدراسة موضّحاً عليها مواقع النماذج

جدول 1: المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1988

Class	Min. of Compressive Strength (N/ m ²)		Max. of Water Absorption (%)		Efflorescence Max.
	Average of 10 bricks	One brick	Average of 10 bricks	One brick	
A	18	16	20	22	Slight
B	13	11	24	26	Slight
C	9	7	26	28	—

المواد الأولية وطرائق العمل

■ المواد الأولية

اختيرت ستة مواقع مقترحة لأغراض النمذجة وبواقع ثلاثة مواقع لكل منطقة وعلى عمق (50 – 100) سم، وتم تقييم الترسبات فيزيائياً وكيميائياً ومعدياً.

■ التحليل الحجمي الحبيبي

أجري فحص التحليل الحجمي الحبيبي وفقاً للمواصفة ASTM: C775 – 79, 1989، إذ اختير وزن معين من النموذج بعد إمراره من منخل ذي حجم 2 ملم للتخلص من الأحجام الحبيبية التي قد تتواجد مع الحجم الرملي، ثم مرر الناتج من منخل ذي حجم 63 مايكرون لفصل الجزء الطيني الغريني عن الجزء الرملي وبالطريقة الرطبة، وبالتالي إيجاد وزن الرمل المتبقي على المنخل بعد التجفيف، أما جزء الطين والغرين النازل من المنخل فقد استخدمت طريقة المكثاف (Hydrometer) لإيجاد نسبة كل منهما.

■ حدود أتربيرغ

تم إجراء الفحص طبقاً للمواصفة ASTM, D4318 – 84, 1986 لإيجاد كلاً من حدي السيولة واللدونة ومعامل اللدونة، وبالتالي بيان إمكانية تشكيل هذه الترسبات وإعدادها للصناعات السيراميكية.

■ الفحوصات الكيميائية والمعدنية

جفت النماذج ثم ربت (Quartering) لاختيار نموذج ممثل، وتمثلت بتحليل ثلاثة نماذج مختارة من كل منطقة وتحليلها للأكاسيد الرئيسية L.O.I, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O, SO₃، كما حددت كمية الأملاح المذابة الكلية (TDS) قبل وبعد الغسل المتكرر بالماء لبيان فعل عمليات الغسل المتكرر للتقليل من الأملاح الموجودة في الترسبات. أما الفحوصات المعدنية، فقد تضمنت التحليل المعدني للترسبات باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية نوع Panalytical Xpert PRO MPD وقد تم اعتماد ASTM cards لـ Chao (1960) لتشخيص المعادن الرئيسية غير الطينية الداخلة في تركيب نماذج الترسبات في منطقتي الدراسة. أما المعادن الطينية فقد هيأت مجموعة من الشرائح كنماذج موجهة (Oriented slides) قسمت إلى شرائح غير معاملة ومعاملة بمادة الأثيلين غلايكول لمدة ساعة وبدرجة حرارة 60° م وأخرى مسخنة إلى درجة 500° م لمدة ساعة واحدة، وشخصت المعادن الطينية حسب الطرائق المتبعة من قبل Thorez (1976) وCaroll (1970).

■ تهيئة الخلطات

تم اختيار 3 كغم من ترسبات كل موقع، حيث نُفعت بالماء العادي لمدة 72 ساعة لضمان تفكك جزئياتها بالكامل ثم مررت من منخل حجم فتحاته 1 ملم، بعدها جفف النازل من المنخل بالهواء وطحن ومرر من منخل ذو فتحات 400 مايكرون لغرض تهيئتها للخلط وتشكيل نماذج اسطوانية الشكل باستخدام قالب فولاذي بقطر 3.82 ملم.

■ المضافات

اقترح إضافة الرمل الناعم المطحون والمختار من الكتبان الرملية لمنطقة الطيب، شرق العمارة، كونها ذات أحجام ناعمة وذات فرز جيد ومتوفرة بكميات كبيرة وغير مستغلة كمصدر قريب لمنطقة الدراسة، إذ تم غسل وطحن الرمل إلى 200 مايكرون واستخدامه كمضاف لمعرفة مدى تأثيره على الخواص العامة للطابوق المنتج، أما المضافات الصناعية فتمثلت بإضافة مادة "البكاز" بعد تجفيفها وطحن ألياقها بصورة جيدة إلى حجم ناعم 300 مايكرون ثم مررت من منخل 200 مايكرون للحصول على حجم أصغر، لأن الأحجام الخشنة ربما تجعل حافات الطابوق الناتج خشنة. ومن الجدير بالذكر إن مادة "البكاز" المضافة هي أحد المخلفات الصناعية لمعمل السكر في العمارة والتي تنتج بكميات كبيرة سنوياً وهناك حاجة للتخلص منها.

■ الخلط والتشكيل

اقترحت ستة خلطات لكل منطقة من مناطق الدراسة (جدول 2). تمثل الخلطة (1) الترسبات كما هي وبدون أي مضاف، بينما مثلت الخلطة (2) الترسبات بعد معاملتها بحامض HCl وبتركيز 10% لمعرفة مدى تأثيره لإزالة أو التقليل من كربونات الكالسيوم، بينما تمثلت الخلطتين (3) و (4) بإضافة 10% و 15% على التوالي من رمال الكتبان الرملية إلى الترسبات، وتمثلت كل من الخلطتين (5) و (6) بإضافة 10% و 15% من مادة "البكاز" إلى الترسبات لمعرفة مدى تأثيرها وإمكانية إنتاج طابوق مسامي خفيف ذو مقاومة انضغاط جيدة.

جدول 2: الخلطات المقترحة في تصنيع الطابوق

Mix No.	Raw material (%)	Additives (%)	
		Sand	Bacase
1	100	–	–
2	100, treated with 10% HCl	–	–
3	90	10	–
4	85	15	–
5	90	–	10
6	85	–	15

شكل 180 نموذج (قالب) باستخدام قالب فولاذي اسطواني وبواقع 90 قالب لكل منطقة بالطريقة شبه الجافة وباستخدام ضغط مقداره 200 كغم/سم² ولجميع الخلطات وبإضافة (6 – 8) % ماء تشكيل للخلطات (1 و 2 و 3 و 4) بينما تطلب إضافة 15% ماء تشكيل للخلطتين (5 و 6) المتكونة من الترسبات و"البكاز".

■ التجفيف والحرق

جففت جميع النماذج هوائياً لمدة يومين متتاليين، بعدها جففت بدرجة حرارة 100° م لمدة 48 ساعة لضمان حصول تجفيف تام وضمان خروج أكبر نسبة من ماء التشكيل وبالتالي ضمان عدم حصول تشققات خلال مرحلة التجفيف. بعدها أحرقت القوالب بدرجات حرارية مختلفة (800، 900 و 1000° م على التوالي)، وفقاً لبرنامج حرق خاص مع زمن إنضاج ساعة واحدة لمعرفة مدى تأثير درجات الحرارة على خواص الطابوق المنتج.

■ الفحوصات التقييمية

أجريت الفحوصات التقييمية على النماذج المحروقة وتضمنت فحوصات اللون وفحوصات التقلص الطولي والحجمي حسب المواصفة ASTM, C326 – 82, 1989 والكثافة الكلية والمسامية وامتصاص الماء حسب المواصفة ASTM, C20 – 87, 1989. أما الفحوصات الميكانيكية المتمثلة بفحص مقاومة الانضغاط، فقد أجري حسب المواصفة ASTM, C773 – 88, 1989، بينما أجرى فحص التزهر حسب المواصفة العراقية ISO, 25, 1988 وذلك لتقييم نماذج الطابوق المنتج ومعرفة مدى مطابقته للمواصفات العراقية والعالمية.

■ النتائج والمناقشة

■ الشكل الخارجي واللون

تميزت عموم نماذج الطابوق المصنع المحروق بدرجات الحرق (800 و 900 و 1000)° م باستواء أسطحها واستقامة حافاتها (الشكل 2)، عدا بعض نماذج الخلطتين (5 و 6) والذي استخدم فيها "البكاز" كمادة مضافة، حيث لوحظ وجود بعض التشققات وبالأخص عند درجة الحرق 1000° م، وقد يعزى ذلك إلى سرعة خروج الغازات المتولدة أثناء الحرق وخاصة CO₂ الناتج من تفكك CaCO₃ (Cultrone et al., 2001). كما لوحظ تغاير بسيط في حجوم النماذج نتيجة التقلص الحاصل أثناء الحرق.

ظهرت النماذج بألوان مختلفة تبعاً لدرجات الحرق، تدرجت من البني الفاتح المصفر، عند درجة حرارة 800° م تتحول تدريجياً إلى اللون الأصفر عند الانتقال إلى درجات حرارة (900 و 1000)° م (الشكل 2). بينما تميزت نماذج الطابوق المصنعة من المعامل الواقعة قرب مناطق الدراسة بعدم استواء أسطحها وعدم انتظام أبعادها ووجود الكثير من الشقوق والتلثامات السطحية وزيادة نسبة العالية لظاهرة التزهر (الشكل 3).



شكل 2: استقامة الحافات وتدرج ألوان النماذج المصنعة مع درجات حرارة الحرق المختلفة



شكل 3: خواص الطابوق المُصنَّع من المعامل القريبة من مناطق الدراسة

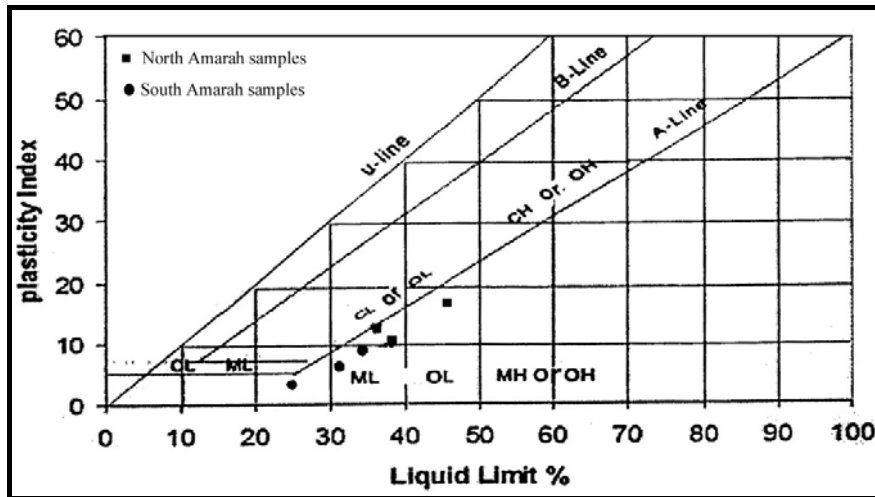
■ التحليل الحجمي الحبيبي

بينت نتائج التحليل الحجمي الحبيبي (جدول 3) إن نماذج الترسبات قيد البحث هي ذات طبيعة طينية غرينية تغلب فيها نسبة الغرين على باقي المكونات (الطين والرمل) وبصورة عامة فإن مناطق الدراسة متشابهة في محتواها من الطين والغرين والرمل، إلا أن نماذج مناطق شمال العمارة تميزت بمحتواها القليل من الرمل بالمقارنة مع نماذج مناطق جنوبي شرق العمارة، ومن خلال النتائج تبين إن معدل نسب الأجزاء الناعمة (الطين + الغرين) في جنوب العمارة كان 88.9% و92% في مناطق شمال العمارة، مما يعني زيادة المساحة السطحية للحبيبات الأمر الذي يستدعي زيادة كمية الماء اللازم للتشكيل وتغطية سطوح الحبيبات الناعمة للوصول إلى حدود مقبولة لحدود السيولة واللدونة (Budinkove, 1964). وقد لوحظ من خلال حدود "اتريغ" إن نماذج مناطق شمال العمارة ذات معامل لدونة أعلى من نماذج جنوب العمارة بسبب زيادة نسبة المعدن الطيني المونتموريلونائيت المسؤول عن خواص اللدونة (Grim, 1968) على حساب المعادن الطينية الأخرى كالكاولينائيت والكلورائيت والإلايت، إذ إن معامل اللدونة هو مؤشر على نسبة الرطوبة التي تبقى فيها التربة بحالة اللدونة (معله وآخرون، 2007).

جدول 3: نتائج فحوصات التحليل الحجمي الحبيبي وحدود "أثيربرغ" لنماذج مناطق الدراسة

Location	Sample	Grain size analysis (%)			Atterberg limits		
		Clay	Silt	Sand	L.L	P.L	P.I
مناطق المجر (جنوب العمارة)	A1	37	50	13	31.7	25	6.7
	A2	33	60	7	26.8	23.8	3
	A3	31	56	13	34.6	24.8	9.8
	Average	33.6	55.3	11.1	31.03	24.53	6.5
مناطق الكميث (شمال العمارة)	B1	35	57	8	38	27.7	10.3
	B2	29	64	7	35.7	24.7	11
	B3	41	50	9	45.7	28.5	17.2
	Average	35	57	8	39.8	26.96	12.83

كذلك وجد زيادة في نسب المعادن غير الطينية المرافقة (الكالسايت والكوارتز) ذات التأثير العالي على اللدونة. كما أن نسبة الغرين في نماذج جنوب العمارة كانت أقل من مثيلتها في نماذج شمال العمارة، مما يؤدي إلى قلة اللدونة بسبب وجود علاقة عكسية بين الحجم الحبيبي واللدونة (Grim, 1968). ومن خلال التصنيف الموحد (U.S.C.S) فإن نماذج ترسبات جنوب العمارة من نوع متوسطة اللدونة، بينما كانت نماذج ترسبات شمال العمارة من نوع متوسطة -عالية اللدونة (شكل 4).



شكل 4: مخطط اللدونة لنماذج شمال وجنوب العمارة (ASTM, 2487 – 85)

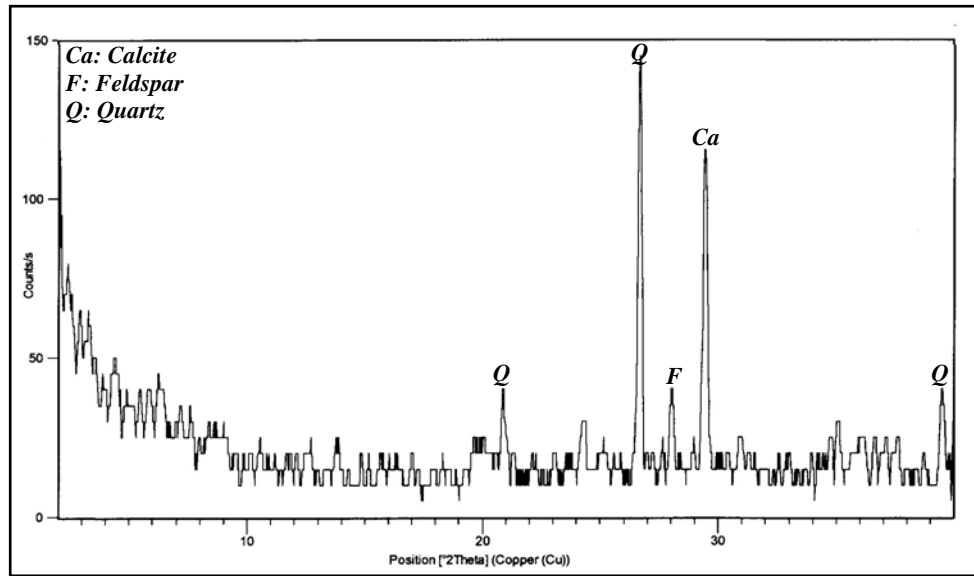
■ التحليل الكيميائي والمعدني

إن نتائج التحليل الكيميائي للترسبات هي بمثابة تقييم للترسبات من حيث محتواها من الأكاسيد والعناصر المفيدة والضارة والتي تحدد مدى ملائمتها لصناعة الطابوق. أوضحت التحاليل الكيميائية للأكاسيد الرئيسية (الجدول 4) إن السليكا هو المكون الرئيس في الترسبات، حيث كانت معدلات السليكا في نماذج شمال العمارة هي الأكبر (39.26%) وربما يعزى ذلك إلى ارتباطها بزيادة محتوى تلك الترسبات من الغرين (ذات المحتوى العالي من معدن الكوارتز)، كما بينته نتائج الأشعة السينية الحادة (الشكل 5)، علماً إن ارتفاع السليكا في بعض الحالات قد يؤدي إلى وجود سليكا حرة (على شكل كوارتز) مما يؤدي بالتالي إلى تقليل اللدونة وتقليل الانكماش أثناء التجفيف (Budinkove, 1964 and Grimshaw, 1971). أما أكسيد الألمنيوم فقد كانت معدلاته متساوية نسبياً في كل من نماذج جنوب العمارة وشمال العمارة (الجدول 4). ويعتبر هذا الأوكسيد من الأكاسيد المهمة والحاكمة في الصناعات السيراميكية ومنها صناعة الطابوق لقابليته على إعطاء مقاومة عالية للمنتوج ويجعله مقاوم لدرجات حرارة الحرق دون أن ينصهر (Ryan, 1978).

جدول 4: نتائج التحليل الكيميائي لنماذج مناطق الدراسة

Location	Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	T.D.S PPM	L.O.I %
		%									
مناطق المجر (جنوب العمارة)	A1	35.28	14.5	2.8	15.5	3.4	0.83	1.56	1.35	17664	21.5
	A2	30.25	15.6	2.6	16.1	3.7	1.23	0.95	1.44	-	23.1
	A3	40.6	14.4	1.8	15.4	3.03	1.41	1.35	1.38	18012	20.8
	Range	30.25 – 40.6	14.4 – 15.6	1.8 – 2.8	15.4 – 16.1	3.03 – 3.7	0.83 – 1.41	0.95 – 1.56	1.35 – 1.44	17664 – 18012	20.8 – 23.1
	Average	35.37	14.83	2.4	15.66	3.41	1.15	1.28	1.39	17838	21.8
مناطق الكويت (شمال العمارة)	B1	40.4	15.1	2.5	16.3	2.9	1.12	1.89	1.51	19500	24.1
	B2	38.16	13.6	0.98	17.3	2.8	0.94	1.24	1.63	-	25.3
	B3	39.21	14.1	1.35	18.4	3.61	1.31	1.39	1.70	18610	22.1
	Range	38.16 – 40.4	13.6 – 15.1	0.98 – 2.5	16.3 – 18.4	2.8 – 3.61	0.94 – 1.31	1.24 – 1.89	1.51 – 1.70	18610 – 19500	22.1 – 25.3
	Average	39.26	14.26	1.61	17.33	3.10	1.15	1.50	1.61	19055	23.83

- غير محلل



شكل 5: مخطط XRD المعادن الرئيسية في أحد النماذج الكلية المختارة من منطقة الدراسة

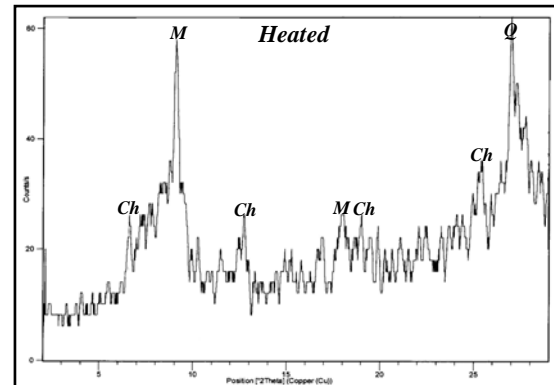
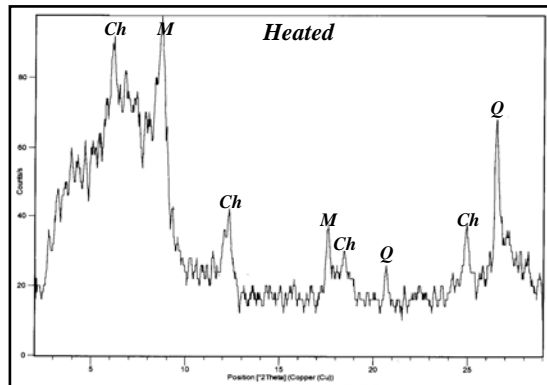
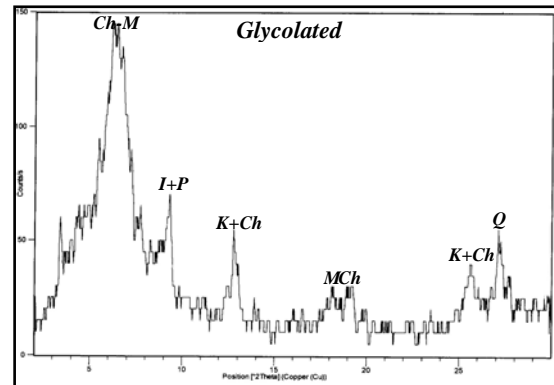
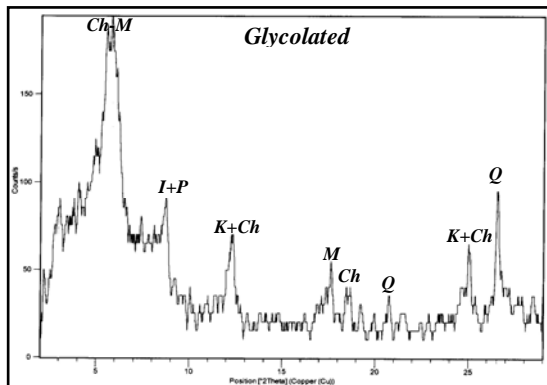
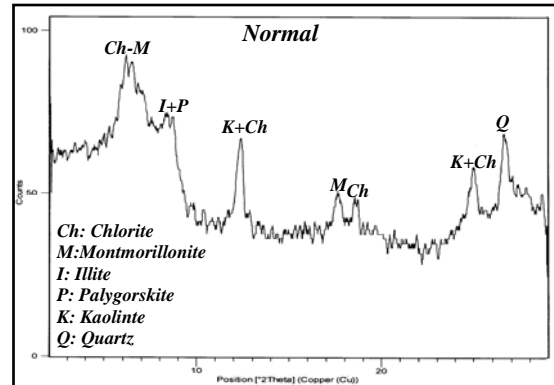
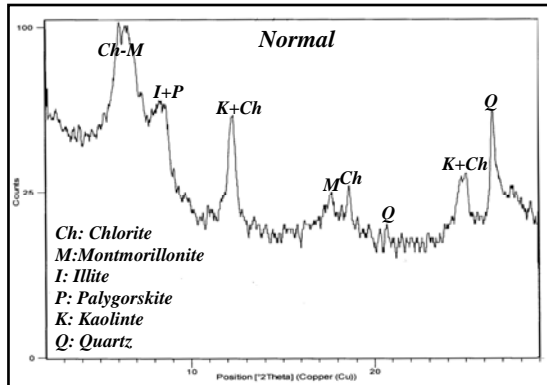
لوحظ ارتفاع نسبي في معدلات أكسيد الحديد في نماذج جنوب العمارة بالمقارنة مع معدلاته في نماذج شمال العمارة (الجدول 4). ويعد هذا الأوكسيد من الأوكاسيد المصهرة التي قد تلون المنتج السيراميكي (الطابوق) باللون البني أو الأحمر وخاصة عند درجة حرارة 900° م وعند وجوده بهذه النسب (Grimshaw, 1971).

إن الزيادة الواضحة في معدلات تواجد أكسيد الكالسيوم في نماذج منطقتي الدراسة (الجدول 4) يشير بوضوح إلى غلبة وجود كاربونات الكالسيوم على المكونات الأخرى في النماذج والذي ظهر على هيئة معدن الكالسايت كمعدن غير طيني (الشكل 5). الأمر الذي يستدعي محاولة التقليل من محتوى ترسبات هذه المناطق من الكاربونات من خلال استخدام الغسل بحوامض مخففة كحامض HCl أو CH₃COOH ولفترات عديدة قبل البدء بعملية الخلط، وهذا ما أفرزته النتائج فعلاً من خلال معاملة بعض النماذج بحامض HCl، حيث قلت نسبة الكاربونات من 20% إلى 9%، أي بنسبة 50% تقريباً، ولو أن هذه الطريقة مكلفة بعض الشيء إلا إنها تعطي نتائج جيدة، إن النسب العالية من مفقودات الحرق (L.O.I) (الجدول 4) قد دعمت وجود الكاربونات بشكل واضح في النماذج.

أرتبط وجود أكسيد المغنيسيوم الذي ظهر بمعدلات متساوية تقريباً في منطقتي الدراسة بوجوده ضمن تركيب المعادن الطينية كالمونتموريلوناييت والكلورايت والباليجورسكايت بصورة رئيسة مع مساهمة بسيطة لمعدن الدولومايت، وهذه المعادن قد ظهرت بصورة واضحة ضمن مخططات الأشعة السينية (الشكلين 6 و 7) وخاصة بالنسبة للمونتموريلوناييت الذي يشكل النسبة الأكبر بين المعادن الطينية الأخرى والذي تعتمد عليه خواص التجفيف. يعد هذا الأوكسيد من الأوكاسيد المصهرة (Flux) وأن تحرره على شكل MgO مصاحباً لـ CaO يؤدي إلى زيادة المتحرر من CO₂ وبالتالي زيادة الضغط داخل الجسم السيراميكي وظهور التشققات وزيادة نسب كل من الامتصاصية والمسامية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن CaCO₃ يتفكك بالحرارة إلى CaO و CO₂، إذ يتفاعل الأول مع الماء أو الرطوبة لتكوين

$Ca(OH)_2$ مما يؤدي إلى انتفاخ وتكسر الطابوق عند غمره بالماء خلال الفحص، والثاني يزيد المسامية وبالتالي زيادة امتصاص الماء. أما بالنسبة للأكاسيد القلوية، فقد احتوت الترسبات على معدلات متساوية تقريباً من K_2O ، إلا أن معدلات Na_2O كانت أعلى في نماذج شمال العمارة (الجدول 4). وأصبح مجموع معدلاتهما أكبر في نماذج شمال العمارة (3.07%) ونماذج جنوب العمارة (2.84%) وبذلك يكون مجموع معدلتهما أكبر من 2% الأمر الذي يؤدي في هذه الحالة إلى التسريع من تكون الطور الزجاجي بوجود الحديد في درجة حرارة 900° م (Serry et al., 1985).

أما الكبريتات (SO_3) العامل المؤشر لوجود أملاح الكبريتات، فقد اتضح انه أكثر نسبياً في مناطق شمال العمارة عنه في جنوب العمارة. وقد ارتبط ذلك بزيادة معدلات الأملاح الذائبة (TDS) في نماذج شمال العمارة بالمقارنة مع نماذج جنوب العمارة (الجدول 4). إلا أنه ونظراً لتغلب وجود CaO على SO_3 بصورة عامة في الترسبات قيد الدراسة فقد اعتبر أن CaO موجود بهيئة $CaCO_3$ وليس $CaSO_4$ وهو العامل الأكثر تأثيراً.



شكل 7: مخطط XRD للمعادن الطينية في أحد النماذج المختارة، شمال العمارة عند المعالجات المختلفة

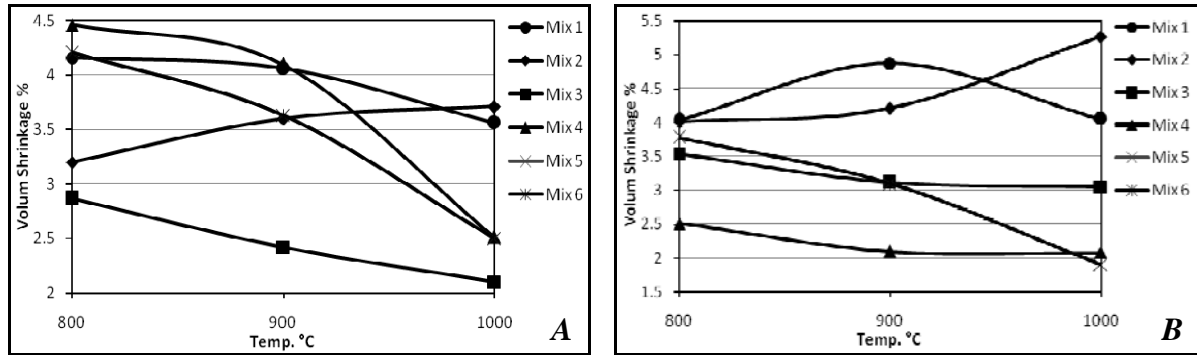
شكل 6: مخطط XRD للمعادن الطينية في أحد النماذج المختارة، جنوب العمارة عند المعالجات المختلفة

■ الفحوصات التقييمية

— **التقلص الطولي والحجمي:** بلغت نسبة التقلصات الطولية والحجمية في الخلطة (1) بدون مضاف والخلطة (2) المعاملة بحامض HCl بين 1.20% و 1.72% للتقلص الطولي وبين 3.2% و 4.16% للتقلص الحجمي، على التوالي (الجدول 5). إن زيادة التقلصات الطولية والحجمية مع زيادة درجات حرارة الحرق عموماً وخاصة بين (900 – 1000)° م (الشكل 8) مع وجود بعض الاستثناءات يشير إلى أن المعادن الطينية وخاصة المونتموريللونيت والكلورايت والكاؤولينايت قد بدأت بفقدان ماء تبلورها عند الحرق، إضافة إلى فقدانها ماء التشكيل في المراحل الأولى من الحرق، بحيث تميل هذه المعادن بعد تحولها إلى أطوار أخرى وتفاعلها مع مكونات الخلطة الأخرى إلى تكوين أطوار معدنية جديدة كمعادن الجيلينايت ($Ca_3Al_2SiO_7$) واللاستونايت ($CaSiO_3$) والدايوسايد ($CaMgSi_2O_6$) وكذلك الأنورثايت ($CaAl_2Si_2O_8$) خصوصاً مع توفر نسبة كبيرة من الكالسيوم الناتج من تحلل كربونات الكالسيوم (Dondi et al., 1998B and Cultrone et al., 2001 and 2004).

وقد لوحظ بصورة عامة انخفاض نسبة التقلصات الطولية والحجمية عموماً (الجدول 5) في نماذج الطابوق المحضر من الخليطين (3 و 4) (مضاف 10% و 15% رمل، على التوالي) (الشكل 8). وربما يرجع سبب ذلك إلى إن إضافة الرمال قد قللت من مجموع الأملاح القابلة للذوبان في الماء ويقلل كذلك من مجموع ثالث أكسيد الكبريت وذلك لقابلية السليكا (الموجودة في هذه الرمال) للتفاعل مع العناصر القلوية والموجودة بنسبة لا بأس بها كعناصر مصهرة في الترسبات قيد البحث (الجدول 4) وتكون أطوار زجاجية كسليكات الصوديوم والبوتاسيوم (معله وآخرون، 2007). وقد لوحظ إن قيمة التقلصات في الطابوق المحضر هي أقل في حالة إضافة 15% رمال بالمقارنة عند إضافة 10% رمال، وخاصة عند الانتقال من درجات الحرارة من 800° م إلى 1000° م وبالتحديد عند الخلطة (4)، مما يؤكد فعالية الرمل كمضاف في خفض نسبة التقلص (الشكل 6).

أما بالنسبة لنماذج الطابوق المحضر من الخليطين (5 و 6) فقد لوحظ إن هناك انخفاض واضح في نسب التقلصات الحجمية خاصة في درجتي الحرارة 900 و 1000° م (الجدول 5)، مما يشير بوضوح إلى دور المادة العضوية الإيجابي في خفض نسب التقلص الطولي والحجمي في الطابوق الخفيف المصنع نسبة إلى الطابوق العادي وقد وجد إن نسبة 15% من "البكاز" الناعم المضاف تعطي أقل القيم من التقلصات (الشكل 6) ويبدو إنها تساهم في تقليل التقلصات عند الحرق والتجفيف.



شكل 8: علاقة التقلص الحجمي للنماذج المصنعة مع تغير درجة حرارة الحرق (A) شمال العمارة، (B) جنوب العمارة

— **امتصاص الماء والمسامية:** تراوحت نسب المسامية في الخلطة (1) بين (32.430 – 35.430) % وامتصاص الماء بين (20.597 – 22.544) % (الجدول 5). ولوحظ زيادة قيمها عموماً مع زيادة درجات الحرق، بحيث وصلت إلى أعلى قيمة لها عند درجة حرارة 1000° م (الشكل 9)، وقد يعود ذلك أساساً إلى احتواء الترسبات على نسبة عالية من الكربونات والتي تتفكك عادة ما بين (750 – 950)° م محررةً CO_2 تاركةً فراغات، مما أدى إلى أن تكون قيمها خارج حدود المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988. بينما ترجع قلة نسب كل من المسامية وامتصاص الماء في الخلطة (2) (الجدول 5) إلى فعل حامض HCl في تفكيك $CaCO_3$ وتقليل نسبتها مما يؤدي إلى قلة نسبتها أساساً وقلة المتحرر من CO_2 عند الحرق الذي يساهم عادة بزيادة المسامية.

تحسنت قيم كل من امتصاص الماء والمسامية كثيراً عند إضافة 10% و 15% من الرمل عند الخليطين (3 و 4) (الجدول 5)، بحيث أمكن الحصول على طابوق صنف A حسب متطلبات المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988، مما يشير إلى دور السليكا في الرمل المضاف في التفاعل مع كل من CaO والقلويات وتكوين أطوار معدنية جديدة خاصة

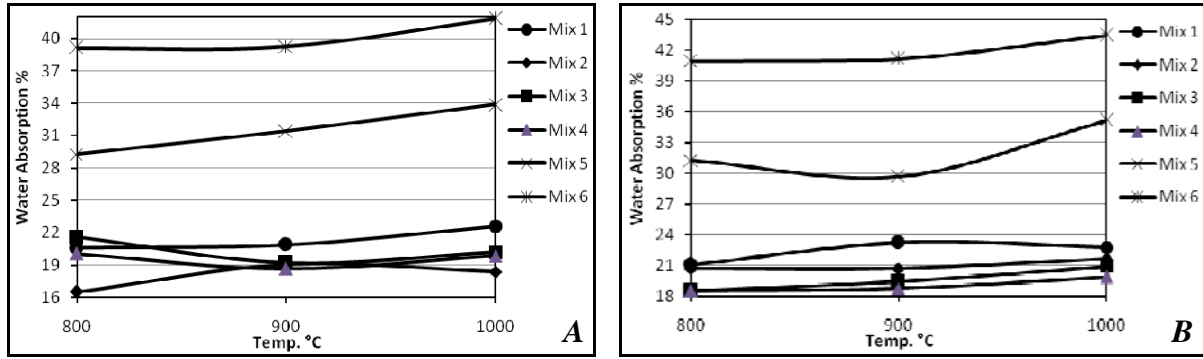
عند درجة حرارة 1000 °م، بالإضافة إلى غلق بعض الفراغات بفعل الطور الزجاجي المتكون، على العكس من ذلك عند الخلطين (5 و 6) والخاصتين بإضافة 10% و 15% من "البكاز" (الجدول 5)، فإن قيم المسامية وامتصاص الماء قد وصلت إلى أقصاها وخاصة عند الخلطة (6) (إضافة 15% من "البكاز")، حيث تم الحصول على طابوق خفيف نو مسامية وامتصاص تقع ضمن مواصفات الطابوق الخفيف (Al-Marahleh, 2005).

ومن الجدير بالذكر فإنه لوحظ انهيار قسم من النماذج عند فحص امتصاص ويعود ذلك إلى ضعف مقاومة نماذج الطابوق المصنع للرطوبة بسبب تفاعل CaO مع الماء وتحوله إلى $Ca(OH)_2$.

جدول 5: نتائج الفحوصات التقييمية للطابوق المصنع من مناطق الدراسة

Mix No.	Temp. (°C)	Linear Shrinkage (%)	Volume Shrinkage (%)	Water Absorption (%)	Bulk Density (gm/cm ³)	Apparent Porosity (%)	Compressive Strength (N/mm ²)	Efflorescence			
مناطق الكمية (شمال العمارة)	1	800	1.31	4.16	20.597	1.627	33.521	26.420	M – S		
		900	1.25	4.06	20.853	1.640	32.577	16.822	M – S		
		1000	1.20	3.56	22.544	1.570	35.430	15.250	S		
	2	800	1.28	3.2	16.501	1.710	29.468	12.154	M – S		
		900	1.35	3.60	19.064	1.650	31.468	13.351	M – S		
		1000	1.72	3.71	18.370	1.680	30.892	20.363	S – N		
	3	800	1.25	2.87	21.553	1.667	30.942	25.870	M – S		
		900	1.20	2.42	19.203	1.673	30.130	18.935	S – N		
		1000	1.08	2.10	20.172	1.550	36.524	13.94	S – N		
	4	800	1.35	4.46	20.027	1.666	33.370	25.870	S – N		
		900	1.20	4.10	18.631	1.691	31.511	24.659	N		
		1000	1.12	2.51	19.858	1.749	34.741	21.901	N		
	5	800	1.50	3.94	29.247	Kg/m ³	1250	41.989	Kg/cm ²	56.725	S – N
		900	1.35	2.44	31.408		1210	44.282		44.328	S – N
		1000	1.25	2.08	33.880		1440	48.797		30.866	N
	6	800	2.11	4.21	39.107	Kg/m ³	1280	50.081	Kg/cm ²	40.320	S – N
		900	1.80	3.63	39.256		1272	49.578		35.840	S – N
		1000	0.91	2.50	41.837		1267	53.040		26.738	N
مناطق المجر (جنوب العمارة)	1	800	1.047	4.036	21.102	1.654	31.602	31.153	M – S		
		900	1.570	4.872	23.238	1.626	36.160	29.063	M – S		
		1000	1.470	4.05	22.764	1.613	35.768	24.477	S		
	2	800	1.434	4.01	20.450	1.641	33.740	20.17	M – S		
		900	1.532	4.206	20.711	1.660	34.388	22.37	M – S		
		1000	1.830	5.269	21.644	1.600	35.417	26.702	S – N		
	3	800	1.508	3.536	18.510	1.687	31.239	39.842	M – S		
		900	1.308	3.117	19.468	1.665	32.434	35.603	S		
		1000	1.290	3.05	20.926	1.651	33.470	33.201	S – N		
	4	800	1.308	2.512	18.539	1.689	31.325	30.662	M – S		
		900	1.047	2.10	18.745	1.686	31.607	22.134	S – N		
		1000	0.785	2.081	19.866	1.650	30.610	21.136	N		
	5	800	1.40	2.929	31.256	Kg/m ³	1421	44.441	Kg/cm ²	106.952	S – N
		900	1.350	2.597	29.654		1360	43.387		98.560	S – N
		1000	0.780	2.140	35.163		1276	48.407		79.791	N
	6	800	1.31	3.78	40.888	Kg/m ³	1264	51.720	Kg/cm ²	79.79	S – N
		900	1.21	3.10	41.179		1256	52.112		62.720	S
		1000	0.81	1.90	43.458		1250	53.924		49.019	N

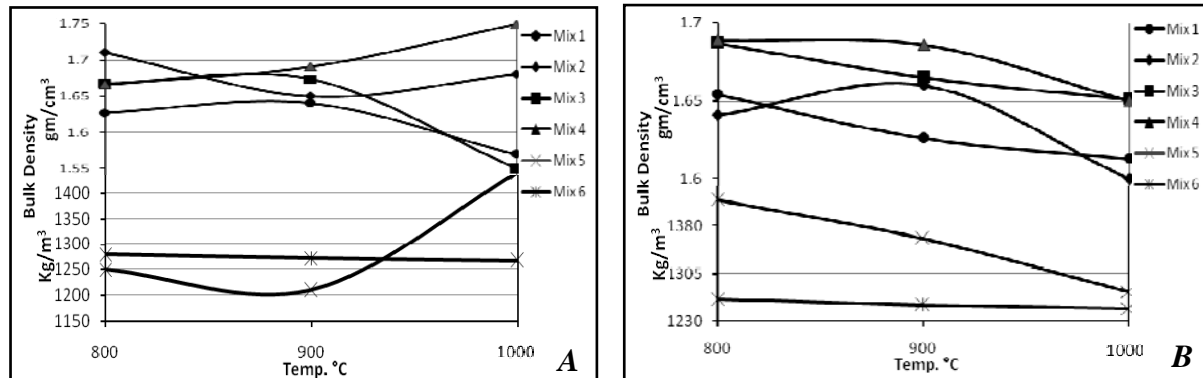
– النتائج هي معدل لـ 5 نماذج في كل فحص



شكل 9: علاقة امتصاص الماء للنماذج المصنعة مع تغير درجة حرارة الحرق (A) شمال العمارة، (B) جنوب العمارة

— **الكثافة الكلية:** ترتبط قيم الكثافة الكلية للطابوق المصنع بما يمتلكه ذلك الطابوق من مسامية، إذ أن هناك علاقة عكسية بين المسامية والكثافة الكلية للطابوق. وقد لوحظ إن هناك زيادة في قيم الكثافة مع ازدياد درجات الحرارة عموماً وخاصة الخلطتين (1 و 2) ولعموم النماذج وفي كلتا منطقتي الدراسة (الشكل 10)، بحيث وصلت إلى أقصى قيم لها عند درجة حرارة 1000° م (الجدول 5).

إن الزيادة الواضحة في قيم الكثافة الكلية في الخلطتين (3 و 4) وخاصة عند درجة حرارة 1000 °م يشير إلى زيادة نسبة المتكون من الأطوار المعدنية الجديدة كال ولاستوناييت ذو الكثافة 2.90 غم/سم³ والأنورثايت 2.67 غم/سم³ وغيرها (الشكل 10)، إضافة إلى تكون بعض المنصهرات السائلة التي غلقت المسام بعد تصلبها أثناء عملية التبريد.

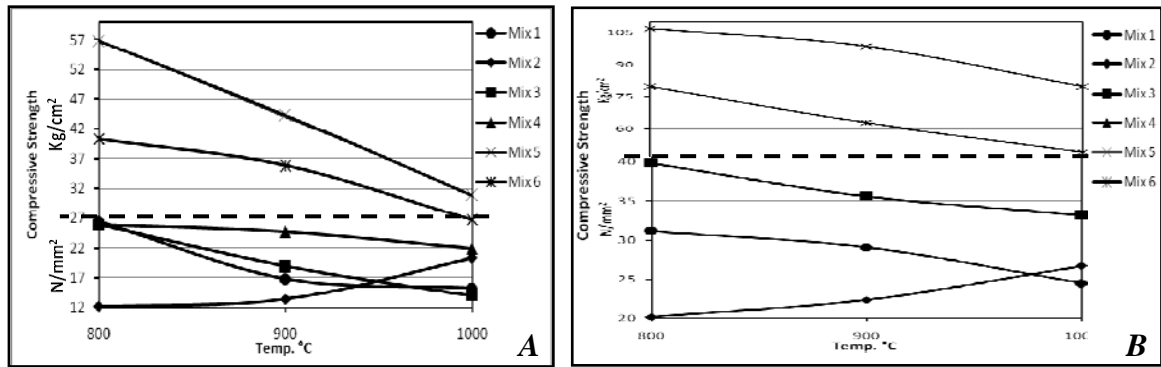


شكل 10: علاقة الكثافة الكلية للنماذج المصنعة مع تغير درجة حرارة الحرق (A) شمال العمارة، (B) جنوب العمارة

إن معظم الطابوق المصنع من رواسب منطقة الدراسة ذات قيم متساوية تقريباً بالكثافة واختلف عن ذلك الطابوق المصنع بإضافة 10% و 15% "بказ" (الخلطتين 5 و 6)، حيث انخفضت قيم الكثافة بنسبة 25% وخاصةً عند الخلطة (6) نتيجةً لاحتراق "البказ" وتطايره، مما أدى إلى خلق فراغات إضافية في جسم الطابوقة، إضافةً إلى الفراغات الأصلية مما أدى إلى زيادة المسامية وانخفاض قيم الكثافة الكلية بحيث أصبحت تتراوح ما بين 1250 كغم/سم³ في الخلطة (6) إلى 1440 كغم/سم³ في الخلطة (5) وخاصةً في نماذج طابوق منطقة جنوب العمارة، وهذا يعني أن أقل كثافة يمكن الحصول عليها عن إضافة 15% "بказ" وهو مؤشر جيد للحصول على طابوق خفيف (Al-Marhaleh, 2005).

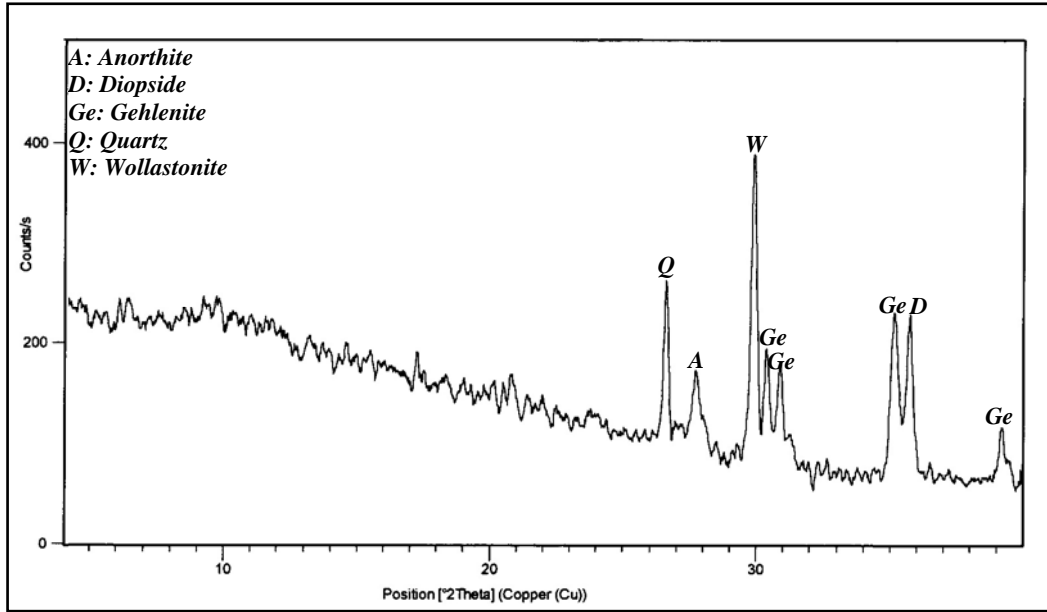
— **مقاومة الانضغاط:** تعتبر مقاومة الانضغاط إحدى الخواص الميكانيكية المهمة للطابوق التي تحدد مقاومته للكسر (Shaw, 1972) وهي خاصية مهمة عند نقل الطابوق من معامل الصناعة إلى مواقع الاستخدام. بينت النتائج (الجدول 5) إن هناك علاقة خطية واضحة بين قيم مقاومة الانضغاط للطابوق المصنع والكثافة الكلية، وقد لوحظ انخفاضاً نسبياً في قيم مقاومة الانضغاط مع زيادة درجة حرارة الحرق في معظم الخلطات المقترحة، ما عدا الخلطة (2) التي تبين إن هناك زيادة نسبية في قيم مقاومة الانضغاط مع زيادة درجة الحرارة (الشكل 11)، بحيث تصل إلى أعلى قيم لها عند درجة حرارة 1000° م بعد أن كانت قيمها خارج حدود المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988. وربما يرجع ذلك إلى فقدان وتحلل جزء كبير من $CaCO_3$ نتيجة المعاملة بحامض HCl قبل الخلط، وهذا ساعد على اكتمال تحلل $CaCO_3$ بسرعة مسبباً تولد مسامات وفراغات امتلأت فيما بعد بالمادة المصهرة الزجاجية التي ساهمت بزيادة مقاومة الانضغاط، وخاصة عند درجة حرارة 1000° م، بحيث أصبحت ضمن حدود المواصفة العراقية، على عكس الخلطة (1) غير المعاملة بالحامض والتي لم يزال منها $CaCO_3$ جزئياً، حيث كانت فيها قيم مقاومة الانضغاط أعلى نسبياً في كلتا منطقتي الدراسة، وقد لوحظ أن هناك تحسن في قيم مقاومة الانضغاط في الخلطتين (3 و4)، وكانت أفضل القيم عند إضافة 15% رمل ناعم ذو حجم 200 مايكرون. وقد يعزى ذلك إلى أن الحجم الحبيبي الناعم للرمال المضافة والخلط الكبير ساعد على تفاعل الرمال مع المحتوى الطيني وتقليل لدونتها وملء الفراغات بين الحبيبات وبالتالي زيادة مقاومة الانضغاط نتيجة لتكون الأطوار المعدنية الجديدة التي تمتلك بنية تركيبية ذات صلابة عالية (Mason and Berry, 1968).

لعب المضاف العضوي (البكاز) (10% و15%) دوراً كبيراً في خفض من مقاومة الانضغاط، بحيث أمكن الحصول على طابوق ذو مقاومة انضغاط ملائمة. إلا أن قيم مقاومة الانضغاط للطابوق الخفيف المنتج من ترسبات جنوب العمارة كانت أعلى نسبياً بالمقارنة مع قيمها للطابوق المنتج من ترسبات شمال العمارة، ولكنها جميعاً ضمن متطلبات الطابوق الخفيف، حيث لم تقل مقاومة الانضغاط عن 25 كغم/سم³ (Al-Marhleh, 2005).



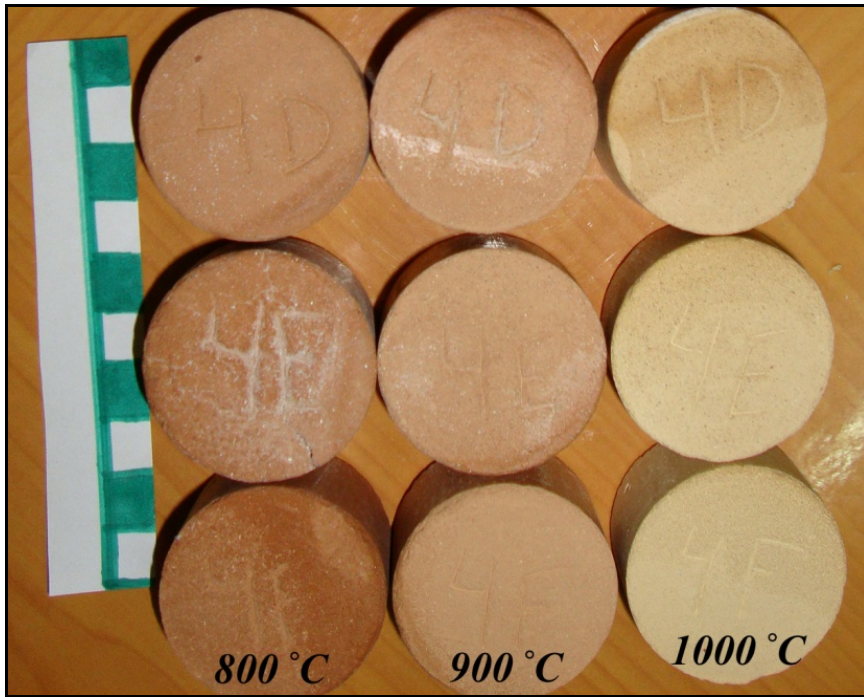
شكل 11: علاقة مقاومة الانضغاط للنماذج المصنعة مع تغير درجة حرارة الحرق (A) شمال العمارة، (B) جنوب العمارة

— **التزهر:** ارتبطت ظاهرة التزهر أساساً بوجود أملاح كل من كربونات وكبريتات الكالسيوم الموجودة أساساً ضمن الترسبات المصنع منها الطابوق، إذ غالباً ما يظهر الطابوق المتزهر بلون أبيض إلى أبيض مصفر (Dondi et al., 2002B). بينت نتائج فحص التزهر (الجدول 5) واعتماداً على معايير المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988 والبريطانية 1985, BS: 3921، إلى خفيفة، وخاصة في طابوق الخلطة (1) التي تم فيها غسل الترسبات بصورة دورية قبل إجراء عملية التصنيع. تتحول بعدها درجة التزهر من خفيف إلى معدوم في الخلطة (2) المعاملة بحامض HCl لتتحول من خفيف إلى معدوم تقريباً في الخلطة (3) المستعمل فيها مضاف الرمل 10% لتصل إلى معدوم تقريباً في الخلطة (4) عند زيادة نسبة مضاف الرمل إلى 15% وخاصة مع زيادة درجة حرارة الحرق إلى 1000° م، مما يشير إلى الدور الذي تلعبه السليكا الناعمة في التفاعل مع كل من كربونات وكبريتات الكالسيوم وبالتالي التخفيف منها وإزالتها عند هذه الدرجة الحرارية (Singh, 1970) نظراً لقابلية السليكا على توفير ما تحتاجه الأطوار المعدنية من SiO_2 لتتفاعل مع الأكاسيد الأخرى الناتجة من تفكك الأملاح مثل CaO و MgO , SO_3 وغيرها لتكوين تلك الأطوار.



شكل 12: مخطط XRD يوضح المعادن الرئيسية المتكونة بعد الحرق لخلطة مختارة بدرجة حرارة 1000 °م

لوحظ إن الطابوق المصنع من الخليطين (5 و6) والخاصة بإضافة 10% و15% "بكاز" (الجدول 5) قد قلت فيها ظاهرة التزهر وأصبحت معدومة تقريباً وخاصةً عند درجة حرارة 1000 °م (الشكل 13). وهذا يعني إنه بالإمكان السيطرة على ظاهرة التزهر بزيادة درجة حرارة الحرق وزيادة زمن الإنضاج، مع الأخذ بنظر الاعتبار نوع المضاف، حيث تبين إن استخدام الرمل الناعم كمضاف ذو تأثير ايجابي في التقليل والسيطرة على مشكلة التزهر التي يعاني منها الطابوق المنتج من معامل مدينة العمارة، حيث كانت درجة تزهرة متوسطة إلى شديدة وهي خارج متطلبات المواصفة العراقية 25 لسنة 1988.



شكل 13: تغاير درجة التزهر في النماذج المصنعة مع درجات حرارة الحرق المختلفة

الخلاصة والاستنتاجات

يمكن استنتاج ما يلي من الدراسة الحالية:

- إن ترسبات منطقتي الدراسة ذات طبيعة طينية غرينية تغلب فيها نسبة الغرين على باقي المكونات وهي تتدرج من نوع متوسطة اللدونة، في مناطق جنوب العمارة إلى متوسطة - عالية اللدونة، في مناطق شمال العمارة.
- تبين من خلال التحليل الكيميائي والمعدني إن السليكا (SiO_2) هو المكون الرئيس للترسبات والذي ظهر بهيئة معدن الكوارتز وارتبطت زيادتها بزيادة محتوى الترسبات من الغرين وهي ذات معدلات أعلى نسبياً في مناطق شمال العمارة وإن الزيادة الواضحة في معدلات CaO في كلتا منطقتي الدراسة تشير بوضوح إلى غلبة وجود كاربونات الكالسيوم كمكون ملحي رئيس ظهر على هيئة معدن الكالساييت كمعدن غير طيني رئيسي.
- ارتبط وجود MgO بالدرجة الأساس بوجوده ضمن تركيب المعدن الطيني المونتموريللونائيت والكلورايت والبايغورسكايت التي ظهرت كمكونات معدنية رئيسية للترسبات في منطقة الدراسة.
- كان مجموع الأكاسيد القلوية المصهرة 3.07% الأمر الذي ساعد على تسريع تكون الطور الزجاجي بوجود الحديد الذي كانت معدلاته في الترسبات ذات قيم مقبولة.
- ارتبطت زيادة وجود SO_3 في منطقتي الدراسة بزيادة معدلات الأملاح الذائبة (TDS) بحيث كانت معدلاتها في منطقة شمال العمارة أكثر مما هي عليه في منطقة جنوب العمارة.
- إن إضافة 10% رمل ناعم (الخلطة 3) و 15% رمل ناعم (الخلطة 4) قد أدى إلى انخفاض نسبة التقلصات الطولية والحجمية في الطابوق المصنع، بالمقارنة مع نسبة التقلصات في الطابوق المصنع من الخلطتين (1 و 2)، بحيث كانت أفضل النتائج عند إضافة 15% رمل للخلطة (4) وخاصة عند درجة حرارة 1000° م.
- كان دور مادة "البكاز" المضافة إيجابياً في خفض نسبة التقلصات، بحيث أعطت أفضل النتائج عند إضافة 15% (الخلطة 6)، إذ كانت نسبة التقلصات في الطابوق الخفيف المصنع من الخلطتين (5 و 6) أقل منها في الطابوق العادي المصنع من الخلطات الأخرى.
- تحسنت خواص الطابوق المصنع، بحيث أمكن الحصول على طابوق بناء اعتيادي من الخلطة (1) يرقى إلى الصنف B من المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988 وخاصة عند درجة حرارة 900° م، بينما أمكن الحصول على طابوق بناء اعتيادي من الخلطة (3) يرقى إلى الصنف A من المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1988 وخاصة عند درجة حرارة 900° م. كما أمكن الحصول على طابوق خفيف ذو مسامية وامتصاص ماء ومقاومة انضغاط جيدة يتلاءم ومتطلبات الطابوق الخفيف، خاصة عند إضافة 15% "بكاز".
- إن الزيادة الواضحة في قيم الكثافة الكلية عند درجة حرارة 1000° م في الخلطتين (3 و 4) يشير إلى زيادة المتكون من الأطوار المعدنية الجديدة كال ولاستونائيت والجيلينايت، فضلاً عن غلق بعض المسام ببعض المنصهرات المتصلبة بعد التبريد، وإن معظم الطابوق الاعتيادي المصنع من ترسبات منطقة الدراسة متساوي تقريباً في الكثافة.
- أمكن الحصول على أقل كثافة كلية للطابوق الخفيف المصنع من إضافة 15% "بكاز" (الخلطة 6) (1256 كغم/سم³).

شكر وتقدير

نتقدم بالشكر والتقدير إلى دائرة البحث والتطوير في وزارة التعليم العالي والبحث العلمي لدعمها وتمويلها مشروع البحث وتوفير بعض المستلزمات المطلوبة والتشجيع على إجراء البحوث التطبيقية خدمة لبلدنا العزيز.

المصادر

- الحديثي، عادل إبراهيم والرمضاني، خيرية عبد الله، 1987. صناعة الطابوق الطيني من الترب المحلية، مجلة بحوث البناء، المجلد 6، العدد 1، ص. 1 - 31.
- الخفاجي، ستار جبار، 2001. معدنية وجيوكيميائية أطيان الفلنت في الصحراء الغربية وملائمتها لصناعة الحراريات. أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة بغداد، كلية العلوم، 153 ص.
- سعد، كاظم شنته، 1995. الخصائص الزراعية لترب ضفاف نهر دجلة في منطقة السهل الرسوبي. رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية، قسم الجغرافية، جامعة البصرة، 200 ص.
- معله، خلدون عباس، سعود، قيس جاسم، خميس، ضياء بدر، جبو، باسم روفائيل، السعدي، نوال أحمد، كاظم، ماجد عبد الأمير، 2007. التقييم المختبري لاستخدام الرواسب الطينية النيوجينية في تصنيع طابوق البناء. مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية، المجلد/ 3، العدد/ 2، ص 1 - 5.
- المواصفة القياسية العراقية (ISO) رقم 25، 1988. الطابوق المصنع من الطين (الأجر)، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، ط1، ص5.
- Al-Kass, R.M. and Al-Khalissi, I.Q., 1983. Drying properties of brick clay in Iraq. Jour. Building Research, Vol.12, No.2, p. 1 – 16.
- Al-Marahleh, G., 2005. Production of light weight ceramic tiles from local materials. American Jour. Applied Science, Vol.2, No.4, p. 778 – 783.

- ASTM, C20, 1989. Apparent porosity water absorption, Apparent specific gravity and bulk density of burned refractory brick and shapes by boiling water. Annual Book of ASTM Standard, Vol.15.02, p. 5 – 7.
- ASTM, C326-82, 1989. Drying and firing shrinkage of ceramic white ware clays. Annual Book of ASTM Standard, Vol.15.02, p. 86 – 87.
- ASTM, C773-88, 1989. Compressive (Crushing) strength of fired white ware materials. Annual Book of ASTM Standard, Vol.15.02, p. 245 – 246.
- ASTM, C775-79, 1989. Particle size analysis of white ware clays. Annual Book of ASTM Standard, Vol.15.02, p. 248 – 253.
- ASTM, D4318-84, 1986. liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.08, p. 769 – 784.
- Bondi, M., Ercolani, G.J., Gabbri, B. and Marsigli, M., 1998B. An approach to the chemistry of pyroxenes formed during the firing of Ca-rich silicate ceramics. Clay Minerals, Vol.33, p. 443 – 452.
- B.S., 3921, 1985. British Standard Specification for clay bricks. British Standard Institution, 20pp.
- Budinkove, P.P., 1964. The technology of ceramics and refractories. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 647pp.
- Carroll, D., 1970. Clay Minerals: A guide to their X-ray identification”. Geol. Soc. Amer., Special Paper, 126, Colorado, 80pp.
- Chao, G.Y., 1969. 2θ (Cu) table for common minerals. Geological Paper 69-2, Ottawa, Canada, 43pp.
- Cultrone, G., Sebastian, E., Cazalla, O., Nechor, M., Romero, R. and Baguar, M.G., 2001. Ultra-sound and mechanical tests combined with ANOVA to evaluate brick quality. Ceramic international, Vol.27, p. 401 – 406.
- Cultrone, G., Sebastian, E., Elert, k., Torr, M.J., Cazalla, O., and Navarro, C., 2004. Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks. Jour. European Ceramic Society, Vol.24, p. 547 – 564.
- Dondi, M., Guarini, G., Raimondo, M. and Raffini, A., 2002B. Orimulsion fly ash in clay bricks- part: Chemical stability of ash-bearing products. Jour. Ceramic Society, Vol.22, p. 1749 – 1758.
- Grim, R.E., 1968. Applied Clay Mineralogy, 2nd edit. McGraw-Hill, New York, 422pp.
- Grimshaw, R.W., 1971. The chemistry and physics of clays and allied ceramic materials, 4th edit. Ernest Benn, London, 1024pp.
- Mason, B. and Berry, L.G., 1968. Elements of Mineralogy. W. H., Freeman & Company, San Francisco, 550pp.
- Ryan, W., 1978. Properties of Ceramic Raw Material, 2nd edit. In: SI, metric units. Pergamon Press, New York, 113pp.
- Serry, M.A., Naga, S.M. and Kabesh, A.M., 1985. Firing characteristics of Sinai kaolins. Interceram., No.5, p. 59 – 61.
- Shaw, K., 1972. Refractories and their uses, 103. Applied Science Publishers, London, 269pp.
- Singh, R., 1970. Efflorescence, its causes and control. T.I., 1/70, Baghdad.
- Thorez, J., 1976. Practical identification of clay Minerals. Glclottced, Belgium, 89pp.