تقييم صلاحية أطيان تكويني إنجانة والمقدادية لأغراض صناعة الطابوق، في تلول الكند، محافظة نينوى

ميادة صبحي جودي[1] و نور ضياء بدر[2]

الاستلام: 04/ 05/ 2011، القبول: 29/ 12/ 2011
الكلمات الدالة: طابوق، أطيان المونتمورلونايت، الكالسايت،رمل نهري، المواد الصهورة

المستخلص

نظراً لحاجة محافظة نينوى لصناعة الطابوق من الأطيان، فقد اعتمدت هذه الدراسة على أطيان تكويني إنجانة والمقدادية في منطقة تلول الكند لدراسة قابلية هذه الأطيان لإنتاج طابوق البناء، وعليه تم دراسة 23 نموذج، تم نمذجتها وتكسيرها وإجراء الفحوصات الكيميائية، الفيزيائية والمعدنية ومن ثم تهيئتها للتشكيل بإتباع طريقة البثق لتحضير نماذج طابوق مختبرية بأبعاد (2.5 x 3.85 x 7.5) سم، بعد تخمير كل نموذج بإضافة الماء للترطيب لمدة 5 أيام، تم تجفيف النماذج لمرحلتين بدرجة حرارة الغرفة لمدة 48 ساعة وعلى درجة 110º م بفرن التجفيف لمدة 24 ساعة. تم دراسة المتغيرات التالية: المقياس الحبيبي لنموذج ممثل للمنطقة بالكامل واتخذ المقاسين (150 – و 150 +) مايكرون، إضافة نسب من الرمل النهري (10 و 20) %، درجات حرارة الحرق (800، 750 و 700)º م. وتم الحرق وفق برنامج معين وبزمن إنضاج لمدة ساعتين. أجريت الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية والمعدنية لغرض معرفة مدى مطابقتها مع متطلبات المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1993. وبينت النتائج أن خواص أطيان تلول الكند ملائمة لإنتاج الطابوق بدرجة الحرق 800º م، إذ أظهرت نتائج جيدة لبعض النماذج والتي تتفق مع متطلبات المواصفة.

EVALUATION OF SUITABILITY OF CLAYSTONES FOR BRICK INDUSTRY FROM INJANA AND MUKDADIYA FORMATIONS, IN AL-KAND HILLS, NAENAVA GOVERNORATE

Mayada S. Jodi and Noor Dh. Bader

ABSTRACT

According to the needs of Naenava Governorate for manufacturing building fired-bricks the, this work was conducted to evaluate the suitability of the exposed claystones within Injana and Mukdadiya formations in Al-Kind Hills region for such industry. Twenty three clay samples were subjected to crushing, quartering, dividing, and then testing to indicate their chemical, physical and mineralogical properties. The samples were extruded to have dimensions of (2.5 x 3.85 x 7.5) cm, which were then dried at room temperature for 48 hr and for 24 hr at 110° C, using laboratory oven. Different variables were studied including particle size reduction of representative sample for the whole region (+ 150 and – 150) μ, adding river sand (10 and 20) %, and then changing in firing temperature (700, 750 and 800º C). The firing of the brick samples were carried out at a certain program; for 2 hr socking time.

The resulted samples were tested for their physical, mechanical and mineralogical properties and then the results were compared with the requirements of the Iraqi Standard Specification No.25, 1993. The results indicated that the claystones under study were suitable for brick manufacturing. The test results of some samples fired at 800º C were found in accordance with the mentioned standard specification.

[1] معاون رئيس مهندسين، هيأة المسح الجيولوجي العراقية، ص.ب. 986، علوية، بغداد، العراق
[2] مهندس، هيأة المسح الجيولوجي العراقية، ص.ب. 986، علوية، بغداد، العراق

المقدمة

يعد طابوق البناء من المواد الإنشائية المهمة في الإعمار، إذ تستورد كميات كبيرة لتغطية النقص في الكميات المطلوبة، ولعدم وجود معامل إنتاج الطابوق في محافظة نينوى والإقبال المتزايد من قبل المستثمرين لإقامة هذه الصناعة، فقد تم إعداد هذه الدراسة لتقييم صلاحية أطيان منطقة تلول الكند التابعة لتكويني إنجانة والمقدادية في ناحية ألقوش، محافظة نينوى. تم ذلك بإعداد دراسة مختبريه لإنتاج طابوق البناء طبقا لمتطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1993، بإتباع طريقة البثق للتشكيل والحرق في درجات حرارية مختلفة (700، 750 و 800)°م. ولابد من الإشارة الى أن المنطقة غير مأهولة بالسكان ولا يوجد فيها نشاط زراعي وتتوفر فيها طرق مبلطة وأخرى ترابية.

- **الدراسات السابقة والهدف**

تتوفر عدة دراسات عن صناعة الطابوق، واهم هذه الدراسات هي:

- قام معله وآخرون (2001A and B و 2002) بإعداد دراسة عن تكويني إنجانة والمقدادية في مناطق عديدة من العراق كمحافظات ديالى، صلاح الدين وكركوك،
- قام معله وآخرون (2001C) بإعداد دراسة عن تكوين إنجانة في منطقة الحمدانية جنوب شرق الموصل لغرض التقييم النوعي و الكمي للترب الطينية لأغراض صناعة الطابوق الطيني في جنوب الموصل (محافظة نينوى)، إذ بينت الدراسة إمكانية إنتاج الطابوق من صنف B وأوصى بمحاولة إنتاج الطابوق بطريقة الكبس لتحسين المواصفات.
- قام Al-Kass *et al.* (1985) بإعداد دراسة عن "تأثير حبيبات الكلس الناعمة في الترب على خواص الطابوق المنتج" التي قام بها، حيث أشارت إلى أن زيادة الحرق الى أكثر من 850°م يؤدي إلى نقصان مقاومة الانضغاط وتزايد امتصاص الماء، كما إن وجود الكلس بالنعومة المقاربة للتربة المستخدمة في صناعة الطابوق، لا تؤدي إلى تشقق النموذج.
- أشار Gonzalez *et al.* (1998) إلى إمكانية إنتاج طابوق بناء مثقب بإضافة نسبة من الكاربونات (25 و 20 %) ونسبه قليلة من أوكسيد الحديد (Fe_2O_3).

وتهدف الدراسة الحالية إلى إمكانية إنتاج طابوق البناء وفق المواصفات العراقية من أطيان تلول الكند بالاعتماد على خطوات العمل المتبعة بالمعامل، مع إضافة بعض التحسينات على خواص المنتج بتقليل المقاس الحبيبي لبعض العينات وإضافة الرمل النهري.

- **جيولوجية المنطقة**

منطقة الدراسة عبارة عن تلال مرتفعة شبه منعزلة بفعل أعمال التعرية التي تسببها سيول الأمطار والرياح وتتخللها وديان عميقة وضيقة، وتقع المنطقة ضمن الجزء الشمالي لأقدام الجبال (Youkhanna and Hradeeky, 1978). تركيبياً تمثل المنطقة طية محدبة تمتد محورها شرق – غرب، وقد تمت الدراسة على الجناح الجنوبي من هذه الطية، ويصل ميل الطبقات الى 60° نحو الجنوب.

طريقة العمل

- **الأعمال الحقلي**

أجريت الأعمال الحقلية من قبل بعض منتسبي المكتب الإقليمي للهيأة العامة للمسح الجيولوجي العراقية في نينوى، وجمعت عينات بزنة 10 كغم بعد حفر قناة طولية وعمودية على ميل الطبقات وعلى طول المكشف الواحد وبعمق نصف متر، والتقط نموذج واحد من الرمل النهري في محافظة نينوى بزنة 5 كغم.

الأعمال المختبرية

- **تهيئة المواد الأولية**

— **المواد الخام (الأطيان):** تم تكسير النماذج الملتقطة من منطقة تلول الكند (كل نموذج على حدة) الى حجوم حبيبية لا تتجاوز 4 ملم باستخدام كسارة فكية، وبعدها تم تقسيم وتربيع النماذج الى عدة أجزاء، إذ يمكن للجزء أن يمثل النموذج الأصلي، والتقطت عينات لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية والمعدنية.

التقطت عينة ممثلة للمنطقة بالكامل، إذ تم غربلتها على غربال 150 مايكرون المتبقية والمارة (150 + و150 -) مايكرون لدراسة تأثير تقليل المقاس الحبيبي للعينات على خواص طابوق البناء، والتقطت عينات لإجراء التحاليل. كما تم انتخاب النموذجين K20 و K21 بعد التكسير والغربلة على المنخل 2 ملم، لاستخدامها في تحضير عينات الطابوق باستخدام المضاف (الرمل النهري 10% و 20%، على التوالي) ودراسة تأثير الإضافة في تحسين خواص طابوق البناء والتقطت عينات لإجراء التحليل الكيميائي.

– **المواد المضافة:** استخدم الرمل النهري كمضاف بعد غربلته على مقاس 1.6 ملم وأجريت عليه فحص التحليل الكيميائي الكامل.

- **فحص المواد الأولية**

– **التحليل الكيميائي:** اجري التحليل الكيميائي للمواد الأولية والمضافة بطريقة التحليل الرطب، حسب سياقات هيأة المسح الجيولوجي العراقية، السياق 21 للمختبرات الكيميائية (Al-Janabi *et al*., 1992)، والنتائج مبينة في الجدول (1). كما أن الجدول (2) يبين نتائج التحليل الكيميائي للعينتين المنتخبتين (K20, K21) والرمل النهري المضاف، بعد الغربلة.

جدول 1: التحليل الكيميائي للمواد الأولية

التركيب الكيميائي (%)									رمز النموذج
SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	L.O.I	Na_2O	K_2O	
35.47	5.01	10.13	21.08	3.50	0.06	22.65	0.62	1.59	K2
39.16	3.41	8.59	21.33	3.80	< 0.07	19.66	0.74	1.30	K3
40.08	4.16	10.59	19.83	5.4	< 0.07	17.38	0.91	1.51	K4
40.24	4.38	9.13	19.96	4.2	< 0.07	17.01	–	–	K6
44.04	6.33	13.24	13.16	3.95	0.04	15.89	0.19	2.33	K11
41.31	4.84	9.88	17.31	4.43	0.15	18.79	0.17	1.83	K13
41.22	5.69	10.18	18.3	4.7	< 0.07	18.84	–	–	K14
41.62	5.69	10.39	14.72	6.12	1.10	17.01	0.78	1.87	K15
40.30	5.92	11.67	16.50	3.84	0.04	18.95	0.22	1.71	K17
40.72	3.39	9.30	19.83	5.20	< 0.07	18.01	0.89	1.36	K18
41.96	4.74	10.7	18.3	4.7	< 0.07	18.43	–	–	K20
41.5	4.06	8.86	19.13	4.2	0.22	19.14	–	–	K21
42.10	5.92	11.06	14.53	5.67	0.04	17.33	0.62	1.97	K22
43.58	3.16	8.46	18.73	4.30	< 0.07	17.50	0.96	1.42	K23
38.82	3.15	8.89	21.48	4.0	< 0.07	19.71	0.79	1.25	K25
39.20	7.43	10.37	14.54	6.16	0.22	18.43	0.75	1.80	K28
42.01	6.57	11.66	13.73	5.62	0.22	16.87	0.62	2.14	K29
37.88	5.56	10.87	18.88	3.76	0.01	20.83	0.15	1.28	K30
41.62	6.65	11.16	13.34	7.33	0.02	16.48	0.63	2.04	K32
41.75	6.25	11.18	14.16	6.25	0.03	17.10	0.59	1.93	K33
41.21	6.33	11.27	14.73	5.95	0.03	17.14	0.59	1.99	K34
41.66	3.86	8.63	18.18	4.8	< 0.07	18.02	–	–	K – 150*
42.22	3.17	8.74	17.91	4.1	< 0.07	17.63	–	–	K + 150*
70.33	2.18	8.66	8.68	1.3	< 0.07	6.89	–	–	S**

* نموذج ممثل لخليط من جميع نماذج منطقة الدراسة، تم غربلته على المقاسين (150 – و 150 +) مايكرون

** الرمل النهري المضاف

– لم تحلل

جدول 2: التحليل الكيميائي للنماذج المنتخبة بعد الغربلة

التحليل الكيميائي (%)								رمز النموذج
SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	L.O.I.	
64.32	2.2	9.43	0.25	9.97	1.56	< 0.07	8.98	*S
43	4.85	9.36	0.53	17.92	4.35	< 0.07	18.49	**K20
46.2	4.4	8.73	0.48	17.92	3.35	< 0.07	17.34	**K21

* الرمل النهري بعد الغربلة (1.6 ملم)
** الأطيان بعد الغربلة (2 ملم)

- **الفحوصات الفيزيائية**

أجريت الفحوصات الفيزيائية (فحص اللدونة، تحليل المقاس الحبيبي) للمواد الأولية الطينية بطريقة حساب قوام التربة وحدود أتربرك (ASTM D4318, AASHTO T89)، والنتائج مبينة في الجدول (3).

جدول 3: الفحوصات الفيزيائية للمواد الأولية

تحليل المقاس الحبيبي (%)			معامل اللدونة			رمز النموذج
Clay	Silt	Sand	L.L (%)	P.L (%)	P.I	
52	23	25	42.81	23.84	18.96	K2
37	29	34	31.76	10.07	13.69	K3
31	28.5	40.5	29.31	18.48	10.83	K4
53	29	18	37.58	20.78	16.80	K6
54	37	9	53.81	22.43	24.38	K11
27	28	45	22.16	19.31	2.85	K13
32	23	45	30.33	20.31	10.01	K14
26	28	46	30.55	19.31	11.24	K15
54	32	14	38.785	23.104	15.681	K17
35	33	31	27.59	20.15	7.44	K18
37	22	41	30.53	18.73	11.8	K20
33.5	18	48.5	26.51	17.33	9.18	K21
43	26	31	30.46	17.49	12.97	K22
33	32	34	26.25	18.19	8.06	K23
35	53	12	29.71	12.80	16.91	K25
29.0	23.5	47.5	45.78	24.33	21.46	K28
43.0	30.0	27.0	44.15	24.69	19.46	K29
54	28	18	41.67	25.80	15.87	K30
32	33	35	35.96	21.16	14.79	K32
31	33	36	38.43	20.47	17.95	K33
37.8	26.2	36.0	32.28	21.36	10.92	K34
48	27	25	33.05	20.78	12.27	K – 150*
26	31	43	27.03	17.43	9.6	K + 150*

* نموذج ممثل لخليط من جميع نماذج منطقة الدراسة، تم غربلته على (150 – و 150 +) مايكرون

- **التحليل المعدني**

أجري تحليل الأشعة السينية (XRD) بجهاز Shimadzu 7000 (ياباني المنشأ)، لبعض النماذج الطينية لتحديد التراكيب المعدنية في الأطيان، والنتائج مثبتة في الجدول (4).

جدول 4: التحليل المعدني للأطيان

المواد الأولية	XRD	
	المعادن الطينية	المعادن غير الطينية
أطيان تلول الكند	مونتمورلونايت، كاؤولينايت، باليكورسكايت ونسبة قليلة من معدن الألايت	كالسايت، كوارتز، ونسبة قليلة من الألبايت والدولومايت والجبسم

- **تحضير النماذج المختبرية**

تم تحضير نماذج الطابوق المختبرية بإتباع طريقة البثق للتشكيل بأبعاد (2.5 x 3.85 x 7.5) سم، بعد تخمير كل نموذج بإضافة الماء لمدة خمسة أيام لتوزيع التجانس الرطوبي، و بقائها مدة أطول بالمحتوى الرطوبي المناسب يسمح بتفكك الكتل الطينية المتحجرة. كما تم تحضير نماذج طابوق من العينتين K20 و K21 بعد غربلتهما على منخل 2 ملم، ثم خلطهما مع نسبة من الرمل النهري (10% و 20%) على التوالي وتم ترقيمهما Ks20 و Ks21.

— **التجفيف:** تم تجفيف النماذج المحضرة على مرحلتين:
المرحلة الأولى: تجفيف النماذج بدرجة حرارة الغرفة لمدة 48 ساعة.
المرحلة الثانية: تجفيف النماذج في فرن التجفيف الكهربائي بدرجة حرارة 110º م لمدة 24 ساعة.

بعد الانتهاء من التجفيف تم قياس أوزان وأبعاد النماذج قبل عملية الحرق.

— **الحرق:** تم حرق النماذج المختبرية المحضرة بدرجات حرارية مختلفة (700، 750 و 800º م) وبفترة إنضاج حراري لمدة ساعتين. وقد تم إتباع برنامج حرق 3º م في الدقيقة الواحدة خلال الدوام الرسمي لمدة ستة ساعات تقريباً، وفي اليوم التالي تسريع معدل الحرق الى 10º م في الدقيقة الواحدة وبقاء النموذج لمدة ساعتين كفترة إنضاج، وتم إخراج النموذج في اليوم الثالث بعد أن برد الفرن. واجري هذا العمل بسب عدم إمكان بقاء الفرن في اليوم الأول لإتمام عملية الإنضاج الحراري، لذلك تم لاحقا إجراء تجربة على نماذج أخرى من نفس المنطقة لملاحظة الفرق بين الحرق المستمر وإعادة الحرق في اليوم الثاني، وكانت النتائج متشابه.

- **الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية للنماذج بعد الحرق**

أجريت الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية وفقاً لمتطلبات المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1993 الموضحة في الجدول (5). إذ تم تقييم المظهر الخارجي بعد الحرق، والنتائج مبينة بالجدول (6). كما تم تقييم الطابوق بإجراء الفحوصات (التقلص الطولي، امتصاص الماء، مقاومة الانضغاط)، والنتائج مبينة في الجدول (7). إن تأثير تقليل المقاس الحبيبي بالغربلة على منخل 2 ملم للعينتين K20 و K21، وإضافة رمل نهري بعد الغربلة على منخل 1.6 ملم بنسبة 10% و 20%، على التوالي على الخواص الفيزيائية والميكانيكية مبينة في الجدول (8).

جدول 5: المواصفة العراقية 25 لسنة 1993

صنف الطابوق	الحد الأدنى لقوة الانضغاط (كغم/ سم^2)	الحد الأعلى لنسبة امتصاص الماء (%)	التزهر
A	180	20	خفيف
B	130	24	متوسط
C	90	26	عالي

جدول 6: المظهر الخارجي للنماذج مع اختلاف درجات حرارة الحرق

رقم النموذج	اللون			الكتل البيضاء			التشققات		
درجة الحرارة (° م)	700	750	800	700	750	800	700	750	800
K2	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	قليلة جداً	قليلة	كثيرة	لا توجد	قليلة جداً	قليلة جداً
K3	بني محمر	بني فاتح	بني محمر	لا توجد	كثيرة	كثيرة جداً	قليلة	قليلة	قليلة
K4	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	لا توجد	قليلة جدا	كثيرة	لا توجد	لا توجد	قليلة
K6	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	لا توجد	لا توجد	كثيرة	قليلة جداً	قليلة جداً	قليلة
K11	بني فاتح	بني	بني محمر	لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد
K13	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	لا توجد	قليلة	قليلة	قليلة	لا توجد	لا توجد
K14	بني غامق	بني	بني	لا توجد	قليلة	قليلة	قليلة جداً	لا توجد	لا توجد
K15	بني فاتح	بني فاتح	بني	قليلة	قليلة جدا	قليلة	قليلة	لا توجد	لا توجد
K17	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	قليلة	لا توجد	كثيرة جداً	قليلة	لا توجد	كثيرة
K18	بني محمر	بني	بني محمر	قليلة	قليلة جدا	كثيرة	قليلة جداً	قليلة جداً	قليلة
K21	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	قليلة	لا توجد	كثيرة جداً	لا توجد	لا توجد	قليلة
K22	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	قليلة جداً	قليلة جدا	كثيرة جداً	قليلة جداً	قليلة جداً	قليلة
K23	بني محمر	بني فاتح	بني محمر	قليلة جداً	قليلة	كثيرة جداً	قليلة جداً	لا توجد	قليلة
K25	بني فاتح	بني	بني محمر	لا توجد	لا توجد	كثيرة جداً	قليلة جداً	قليلة	قليلة
K28	بني محمر	بني غامق	بني محمر	لا توجد	لا توجد	قليلة جداً	لا توجد	لا توجد	لا توجد
K29	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	لا توجد	لا توجد	قليلة	لا توجد	لا توجد	لا توجد
K30	بني فاتح	بني فاتح	بني محمر	لا توجد	قليلة جداً	كثيرة	كثيرة	كثيرة	لا توجد
K32	بني غامق	بني غامق	بني محمر	لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد
K33	بني غامق	بني غامق	بني محمر	لا توجد	لا توجد	لا توجد	قليلة جداً	قليلة جداً	كثيرة
K34	بني محمر	بني غامق	بني محمر	لا توجد	لا توجد	قليلة جدا	لا توجد	لا توجد	لا توجد
K – 150	بني فاتح	بني فاتح	بني	لا توجد	قليلة جداً	قليلة جدا	قليلة	لا توجد	قليلة جداً
K + 150	بني فاتح	بني محمر	بني محمر	لا توجد	قليلة	قليلة جدا	لا توجد	لا توجد	لا توجد

النتائج والمناقشة

- **خواص المواد الأولية**

— **الخواص المعدنية والكيميائية:** من التحليل المعدني (XRD) للأطيان المدروسة والمدرجة نتائجها في الجدول (4)، نلاحظ احتوائها على معادن غير طينية وبشكل أساسي معدني الكالسايت والكوارتز، وبشكل ثانوي الألبايت والدولومايت، كما نلاحظ ظهور المعادن الطينية بشكل أساسي، معدن المونتموريلونايت وبشكل ثانوي معادن الپاليكورسكايت والكاؤولينات والإلايت. أما نتائج التراكيب الكيميائية للمواد الأولية المبينة في الجدول (1) فإنها تبين ترابط التركيب المعدني مع المكونات الكيميائية. إذ أن النماذج تحتوي على نسبة من CaO تتراوح بين (13 - 21) % ويعود وجودها بشكل أساسي إلى الكالسايت وبشكل ثانوي إلى التركيب الطيني للمونتموريلونايت، كما تحتوي على نسبة من المواد الصهورة (Na_2O, K_2O, MgO, Fe_2O_3). إذ تتباين هذه النسب مع اختلاف تواجد المركبات المعدنية للمواد الأولية، كما إن تواجد المواد الصهورة يقلل من درجة الإنضاج الحراري بتقليل درجة حرارة التلبيد للطين ويضعف مقاومته للحرارة العالية (Shestoperov, 1988 and Baccour *et al*., 2008).

أما بالنسبة للتحليل الكيميائي للنموذجين K20 وK21 بعد الغربلة على منخل 2 ملم والمبين نتائجهما في الجدول (2)، فنلاحظ انخفاض نسبة CaO إلى 17.92%، أي أن نسبة من الكتل المتجمعة الخشنة (المحتوية على الكالسايت) تم حجزها بالغربلة وهذا يحسن خصائص الطابوق.

جدول 7: الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية للنماذج بعد الحرق

رقم النموذج	التزهر	درجة حرارة 800° م			درجة حرارة 750° م			درجة حرارة 700° م		
		مقاومة الانضغاط (كغم/ سم^2)	امتصاص الماء (%)	الانكماش الطولي (%)	مقاومة الانضغاط (كغم/ سم^2)	امتصاص الماء (%)	الانكماش الطول (%)	مقاومة الانضغاط (كغم/ سم^2)	امتصاص الماء (%)	الانكماش الطولي (%)
K2	معدوم	236.9	19.9	0.91	194	18.5	- 0.14	252.2	16	0.05
K3		100.3	19.3	0.46	88.3	18.4	- 0.29	65.13	16.3	- 0.18
K4		181.9	19.4	0.09	205.3	17.4	- 0.29	161.5	15.9	- 0.37
K6		260.1	19.3	0.3	241.3	18.1	- 0.7	227.3	16.2	- 0.43
K11		224.1	20.2	- 0.7	231.6	20.3	- 0.7	167.9	19.3	- 0.23
K13		184.7	20.8	0.77	157.4	17.9	- 0.24	130.1	16.6	- 0.49
K14		146.8	18.4	0.7	196.5	17.8	- 1.06	163.9	17.3	- 1
K15		233.5	17.9	0.3	156.5	17.4	- 0.3	178.2	17	- 0.16
K17		246.5	17.1	1.17	235.2	18.8	- 0.69	193.8	15.7	- 0.6
K18		71.5	17	0.49	121.8	16.8	- 0.65	100.9	15.6	- 0.46
K20		311	17.8	0.89	191	18.9	- 0.19	136	17	- 0.38
K21		165.2	18	0.97	220.2	17.2	- 0.38	226.1	15.8	- 0.44
K22		227.0	16.6	0.83	209.6	17.1	0.00	199.4	16.5	- 0.33
K23		176.1	18.7	0.19	118.1	17.4	- 1.13	112.3	16.2	0.23
K25		132.4	20.3	0.27	91.3	18.6	- 0.24	119.6	17.5	- 0.23
K28		304.2	16.2	0.4	359.9	15.7	0.2	274.3	14.6	0.4
K29		206.2	20.8	0.37	181.5	19.6	0.24	163.1	18.2	0.00
K30		171	18.9	0.79	216.4	17.2	- 0.47	315.8	16	- 0.14
K32		257.5	15.6	0.00	329.8	15.8	- 0.2	256.6	14.4	- 0.13
K33		370	14.8	- 0.4	328.5	16.1	0.1	234.9	16.7	0.3
K34		355.5	14.3	- 0.13	367.9	15.4	0.1	344.4	16.2	0.6
K – 150*		184.9	17.5	0.63	157.1	17.2	0.58	71.2	16.3	0.00
K + 150*		217.4	17.6	0.56	181.2	16.8	0.14	139.9	15.9	- 0.44

* نموذج ممثل لخليط من جميع نماذج منطقة الدراسة، تم غربلته على (150 – و 150 +) مايكرون

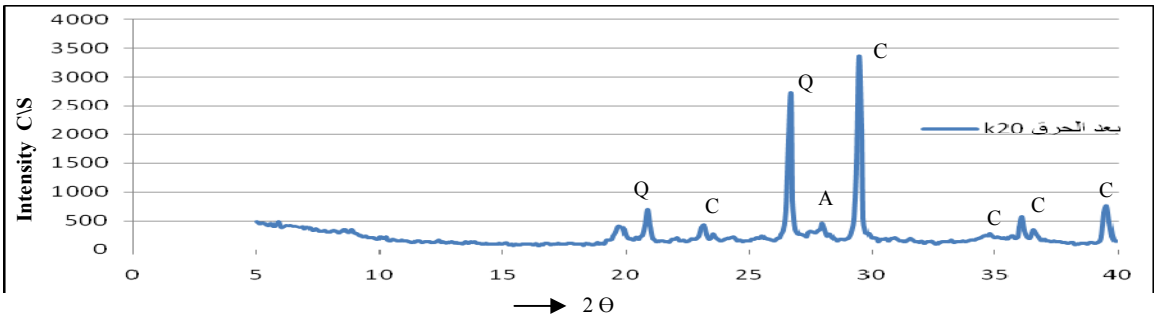
جدول 8: الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية للنماذج المحروقة قبل وبعد الإضافة

رقم النموذج	درجة حرارة 800° م			درجة حرارة 750° م			
	مقاومة الانضغاط (كغم/ سم^2)		امتصاص الماء (%)	الانكماش الطولي (%)	مقاومة الانضغاط (كغم/ سم^2)		امتصاص الماء (%)	الانكماش الطولي (%)
	رطبة	جافة			رطبة	جافة		
K20	311	400.5	17.8	0.89	191	260.0	18.9	- 0.19
K21	165.2	288.5	18	0.97	220.2	328.6	17.2	- 0.38
Ks20	186.6	393.8	18.1	0.21	239.4	334.9	17.1	- 0.35
Ks21	92.7	242.9	19.7	0.26	154.6	353.6	16.9	0.06

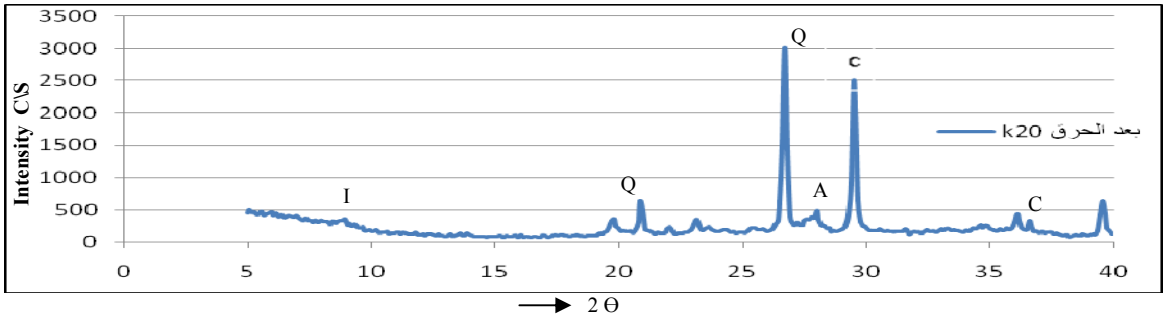
– **الخواص الفيزيائية**: تشير نتائج الفحوصات الفيزيائية للمواد الأولية (جدول 3) التي تشمل كل من تحليل المقاس الحبيبي وفحص اللدونة للطين المبين إلى أن المقاس الحبيبي للأطيان متباينة اعتماداً على تباين نسبة المعادن الطينية وغير الطينية (Grim, 1962). أما بالنسبة لمعامل اللدونة فان الأطيان الموجودة تتصف باللدونة العالية بسبب تواجد المونتموريلونايت بالدرجة الأولى والپاليكورسكايت بالدرجة الثانية، فضلاً عن وجود معادن غير طينية (كالسايت، كوارتز، البايت) تقلل اللدونة، وبذلك نحصل على حد رطوبي ملائم للبثق، إذ أن معامل اللدونة (PI) المسموح لإنتاج الطابوق بالبثق يتراوح بين (10 - 30) وحد السيولة (L.L) المسموح يتراوح بين (40 - 60) % وحد اللدونة (P.L) يتراوح بين (15- 35) % (Gonzalez *et al*., 1998).

- **تأثير تغير درجة حرارة الحرق على الطابوق**

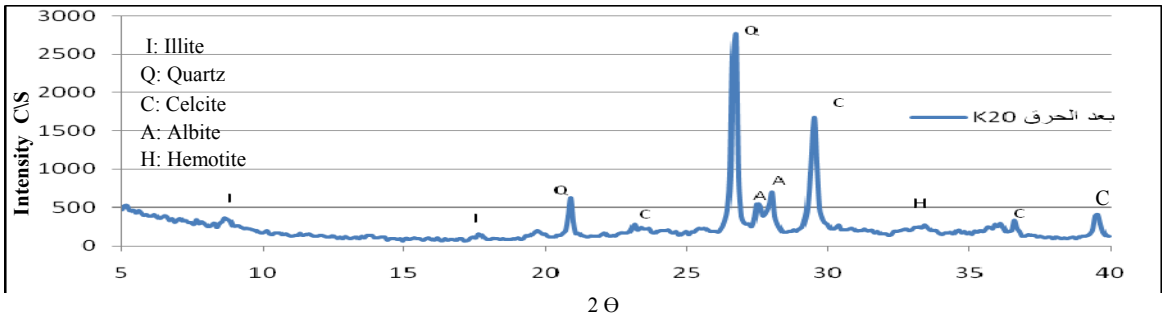
نلاحظ تغير المظهر الخارجي للطابوق المختبري بارتفاع درجات حرارة الحرق (جدول 6)، إذ أن بعض النماذج تبدو ذات شكل متجانس ولون بني محمر وسطح أملس، إذ يتغير اللون الى بني غامق بارتفاع درجات حرارة الحرق في بعض النماذج، وبعضها الآخر يبدو ذو لون بني فاتح ويحوي على بعض الشقوق السطحية، وهذا يعود الى ارتفاع نسبة أوكسيد الكالسيوم عن 17%، إذ تبدأ ظهور كتل بيضاء بارتفاع درجات حرارة الحرق الى 800º م الناتجة عن التحلل الجزئي لكاربونات الكالسيوم في النموذج التي تسهم في إضعاف النموذج، وكما مبين ذلك بالتحليل المعدني بعد الحرق للنموذج K20 بدرجات حرارة مختلفة، إذ نلاحظ انخفاض قمم الكالسايت بالنموذج (الأشكال 1، 2 و 3) (Cultrone *et al*., 2004).



شكل 1: تحليل الأشعة السينية للنموذج K20 بعد الحرق بدرجة 700º م



شكل 2: تحليل الأشعة السينية للنموذج K20 بعد الحرق بدرجة 750º م



شكل 3: تحليل الأشعة السينية للنموذج K20 بعد الحرق بدرجة 800º م

أما بالنسبة للانكماش الطولي بارتفاع درجات حرارة الحرق (جدول 7)، فأن تغير طول الطابوقة بعد الحرق بنسبة قليلة ولا يمكن الأخذ به، وسبب ذلك يعود إلى وجود نسبة من المواد الصهورة بالأطيان التي تقلص المنتج الحراري بارتفاع درجات الحرارة، فضلاً عن وجود نسب مختلفة من الكالسايت، إذ تعمل ارتفاع درجات الحرارة إلى تحرر CO_2 وحدوث فراغات تحد من عملية الانكماش، كما أن وجود نسبة من الرمال (مواد غير لدنة) تقلل نسبة الانكماش للنماذج (Karaman *et al*., 2006).

كما نلاحظ زيادة نسبة امتصاص الماء بارتفاع درجات حرارة الحرق للنماذج، بسبب زيادة نسبة الفراغات والفجوات الناشئة في النماذج المختبرية جراء تحرر الغازات من المواد الأولية بالحرق، وبالأخص غاز ثاني أوكسيد الكاربون (Gonzalez *et al*., 1998 and Shestoperov, 1988)، بالرغم من ذلك إن جميع النتائج المستحصلة تقع ضمن حدود المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1993، حيث لا تزيد عن 24% (جدول 5).

أما بالنسبة لتأثير زيادة درجة حرارة الحرق على مقاومة الانضغاط (جدول 7) إذ نلاحظ تباين القيم وذلك لاختلاف نسب الرمال والأطيان والمعادن غير الطينية والمواد الصهورة المرافقة لهذه المعادن، إذ يؤثر تباين وجودها على السلوك الحراري للأطيان أثناء الحرق. كما أن وجود كتل الكالسايت متجمعة تضعف البنية الهيكلية للنموذج، وهذا عمل على تغيرات في جسم الطابوق، ففي بعض النماذج يؤدي الارتفاع في درجات الحرارة إلى زيادة مقاومة الانضغاط وفي البعض الآخر نلاحظ العكس. أما عملية طحن المادة الأولية ومجانستها بشكل جيد كما في النموذج K + 150 فنلاحظ زيادة الحرق إلى 800º م تعمل على زيادة مقاومة الانضغاط، وهذا يعود إلى تقوية وتلبيد الطابوق بزيادة درجات الحرارة، على شرط أن يتم تبريدها تدريجياً بعد الحرق، وذلك يخص منتجات طابوق البناء المحصورة بالمدى الحراري (750 – 950)º م (Shestoperov, 1988 and Kornilov, 2005). ومن جانب آخر، فان النماذج التي تحوي على نسبة CaO > 15 %، فان درجة حرارة الحرق (750º م) مع فترة إنضاج لمدة ساعتين تعد مناسبة للوصول بالمنتوج إلى درجة فخر ملائمة، وفقاً لمتطلبات طابوق البناء (المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1993) وذلك لتلافي الكتل البيضاء الناتجة من التحلل الجزئي لكاربونات الكالسيوم التي تضعف الطابوقة وتشوه المظهر الخارجي (Al-Kass, 1985).

- **تأثير تغيير الحجم الحبيبي على خواص الطابوق المنتج**

باختيار نموذج ممثل لمجموعة أطيان منطقة تلول الكند، تم طحنه وغربلته على غربال (150 – و 150 +) مايكرون (جدول 6) نلاحظ تجانس المظهر الخارجي للنموذجين وخلوهما من التشققات والكتل البيضاء، وهذا يعود إلى تقليل الحجم الحبيبي، فان زيادة نعومة المادة الأولية أدت إلى تنعيم حجم حبيبات الكلس وأصبحت مقاربة لمقاس الطين. كما أن انتشارها بصورة متجانسة بالنموذج وإحاطة حبيبات الطين لحبيبات الكلس يحد من امتصاصها للرطوبة، على عكس مما كانت عليه قبل الطحن، فان وجودها متجمعة تظهر على سطح النموذج بشكل كتل بيضاء ناتجة من التحلل الجزئي لكاربونات الكالسيوم (Al-Kass, 1985). أما تأثير تقليل الحجم الحبيبي على الخواص الفيزيائية والميكانيكية (جدول 7)، فان قيم نسبة امتصاص الماء بقيت بنفس المدى المسموح ولم تتغير. أما بالنسبة لمقاومة الانضغاط فنلاحظ زيادة درجة الحرق إلى 800º م أدت إلى زيادة في قيم مقاومة الانضغاط، وخصوصاً النموذج K + 150، ومقدارها 217.4 كغم/ سم^2، بالرغم من احتوائها على نسبة 17.91% CaO.

- **تأثير إضافة نسب من الرمل النهري للطابوق**

تأثير إضافة نسب من الرمل النهري (10% و 20%) إلى الأطيان المنتخبة (K20 و K21)، على التوالي بعد الغربلة على منخل 2 ملم، ويلاحظ نقصان في نسبة الانكماش مع زيادة نسبة الامتصاص ونقصان في مقاومة الانضغاط (جدول 8) بالحالتين الجافة والرطبة عند الحرق بدرجة حرارة 800º م، ويعود هذا إلى أن إضافة مادة غير لدنة تؤثر على الخواص الفيزيائية والميكانيكية، ولكن الهدف من الإضافة هو لتقليل نسبة كاربونات الكالسيوم، ولو جزئيا، لدونة العينة وتأثير ذلك على تحسين خواص الطابوق بما فيها تحسين المظهر الخارجي وتجانس الشكل من حيث الكتل البيضاء والشقوق، إذ نلاحظ إن النموذج Ks20، بعد إضافة 10% رمل نهري مع غربلة الطين على مقاس 2 ملم، أعطى مقاومة انضغاط 186.6 كغم/ سم^2 ونسبة امتصاص ماء 18.1%. وان زيادة النسبة إلى 20% من الرمل النهري أدت إلى نقصان مقاومة الانضغاط وزيادة امتصاص الماء (جدول 8).

- **التزهر**

لوحظ من خلال فحص التزهر إن جميع النماذج تعد قابليتها معدومة للتزهر، حسب متطلبات المواصفة العراقية 25 لسنة 1993.

الاستنتاجات والتوصيات

- إتباع الدرجة الحرارية 800º م أعطت نتائج جيدة لبعض النماذج التي تحتوي على نسبة CaO أقل من 15%.
- يمكن الاستفادة من الأطيان التي تحتوي على نسبة CaO اكبر من 15% بعد إجراء المعالجات التالية:
  - تقليل المقاس الحبيبي أعطى نتائج أفضل من ناحية المظهر الخارجي والفحوصات الفيزيائية والميكانيكية للنموذج K + 150.
  - إضافة 10% من الرمل النهري أعطى نتائج أفضل من إضافة 20%، بالنسبة لفحوصات الطابوق.
- كما نوصى بإعداد نماذج بالمقاس المعملي وحرقها معملياً لمقارنتها بالنتائج السابقة ومطابقتها للمواصفات.

المصادر

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية. المواصفة القياسية رقم 25، 1993، الطابوق المصنوع من الطين.

معله، خلدون عباس، سعود، قيس جاسم، خميس، ضياء بدر والسعدي، نوال، 2001A. التقييم النوعي والكمي للتربة المتكلسنة من نهر داقوق جاي لأغراض صناعة طابوق البناء الطيني في محافظة التاميم. هيأة المسح الجيولوجي العراقية، تقرير داخلي رقم 2700.

معله، خلدون عباس، سعود، قيس جاسم، خميس، ضياء بدر، السعدي، نوال وعبد الله، أحلام، 2001B. التقييم النوعي والكمي للترب الطينية المتطبقة لأغراض صناعة طابوق البناء الطيني في منطقة إنجانة محافظة ديالى. هيأة المسح الجيولوجي العراقية، تقرير داخلي رقم 2715.

معله، خلدون عباس، روفائيل، باسم، السعدي، نوال، عبد الله، أحلام وفياض، كوكب، 2001C. التقييم النوعي والكمي للترب الطينية لأغراض صناعة طابوق البناء الطيني في جنوب الموصل محافظة نينوى. هيأة المسح الجيولوجي العراقية، تقرير داخلي رقم 2725.

معله، خلدون عباس، خميس، ضياء بدر، سعود، قيس جاسم ،السعدي، نوال وعبد الزهرة، عماد، 2002. التقييم النوعي والكمي الأولي للطينة المتطبقة لصنع طابوق البناء الطيني شرق تكريت. محافظة صلاح الدين. هيأة المسح الجيولوجي العراقية، تقرير داخلي رقم 2807.

Al-Kass, R., Hadi, M., Khalil, N. and Al-Takarli, S., 1985. Effect of fine calcite grains present in the soil on the properties of clay bricks. Building Research Center.

Al-Janabi,Y., Al-Saadi, N., Zainal, Y., Al-Bassam, Kh. and Al-Delaimi, M., 1992. Work Procedures of Iraq Geological Survey, Part 21, Chemical Laboratories. GEOSURV, int. rep. no. 19.

Baccour, H., Medhioub, M., Jamoussi, F. and Mhiri, T., 2008. Densification Behavior of a Red Firing Tunisian Triassic Clay. American Jour. Appl. Scien., No.5, Vol.3, p. 263 − 269.

Cultrone, G., Sebastian, E., Elert, K., Torre, M., Cazalla, O. and Navarro, C., 2004. Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks. Jour. European Ceramic Society, Vol.24, No.3, p. 547 − 564.

Gonzalez, I., Galan, E., Miras, A. and Aparicio, P., 1998. New uses for brick making clay materials from the Bailen area, southern Spain. Clay Minerals, Vol.33, p. 453 − 465.

Grim, R., 1962. Applied Clay Mineralogy. McGraw-Hill Book Co., INC, p. 52 − 71.

Kornilov, A.V., 2005. Reasons for the different effects of calcareous clays on strength properties of ceramics. Glass and Ceramics, Vol.62, No.12, p. 30 − 32.

Karman, S., Ersahin, S. and Gunal, H., 2006. Firing temperature and firing time influence on mechanical and physical properties of clay bricks. Jour. Scientific Industrial Research, Vol.65, p. 153 − 159.

Shestoperov, S., 1988. Road and Building Materials. (English translation, S. Semyonov), Mir Publisher, Vol.1, p. 320 − 348.

Youkhanna, R.Y. and Hradecky, P., 1978. Report on regional geological mapping in Alqosh and surrounding areas. GEOSURV, int. rep. no. 904.

About the authors

Mrs. Mayada S. Jodi graduated from University of Technology in 1997 with B.Sc. degree in Civil Engineering and got her M.Sc. in Building Materials in 2000, she joined GEOSURV in 2001. Currently, she is working as Responsible of clay material in GEOSURV, as Assistant Chief Engineer. She has six documented reports and two published papers.

Mailing address: S.C. of Geological Survey and Mining,
P.O. Box 986, Baghdad, Iraq

Mrs. Noor Dh. Bader graduated from University of Technology in 2006 with B.Sc. degree in Material Engineering, and joined GEOSURV in 2007. Currently, she is working as a Material Engineer in the Hydro and Biometallurgical Laboratory in GEOSURV. She has six documented reports and two published papers.

Mailing address: S.C. of Geological Survey and Mining,
P.O. Box 986, Baghdad, Iraq