مجلة العلوم الإنسانية
SUST Journal of Humanities
Available at:
http://scientific-journal.sustech.edu/

الأساليب العملية في معالجة الخامات المحلية لإنتاج الحراريات الخزفية

حيدر عبد القادر أبكر عبدالله
كلية الفنون الجميلة والتطبيقية – جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا–البريد الإلكترونى: haidar@sustech.edu –

المستخلص :
تناولت الدراسة كاولين منطقة مروى شمال السودان كخام يحتوى على نسبة متوسطة من الألومينا التى تدخل فى صناعة الحراريات ورمل أبيض من منطقة خزان جبل أولياء جنوب مدينة الخرطوم وذلك لاحتوائه على نسبة عالية من السليكا . كما تم تناول نشارة خشب ناعم لتقليل الوزن ومنع التشققات بالإضافة إلى تناول الأسمنت البورتلاندى الأبيض (عينة تجارية) والجير عينة شمال مدينة بورتسودان لتحسين الخصائص . هدفت الدراسة للحصول على منتج يناسب فى استخدامه الخزفيات التى تحرق فى درجات الحرارة الدنيا والمتوسطة . أُعدت الخلطات التجريبية وحُرقت فى درجات حرارية تراوحت ما بين 1120 °م إلي 1140 °م . رصدت الخصائص السلبية والإيجابية للتجارب بعد الحرق وأنتج من بعضها كمية من الطوب الحرارى وقد تم إستخدامه فى بناء فرن للخزفيات وتم خلاله إختبار كفاءة الحراريات .
الكلمات المفتاحية : طوب – حريق – فرن .

Abstract
The study discusses both the Kaolin of Merowi in Northern Sudan as a material containing a moderate amount of alumina (which is used in the production of refractory materials) and the white sand of Jebel awliya dam south of Khartoum , which contains a large amount of silica . It also discusses the addition there to of fine wood dust (to decrease weight and stop cracking) as well as commercial white Portland cement and lime from north of Port Sudan as property – improving additives . The aim of the study is to determine a suitable product that can work in low – or moderate – fire kilns. Experimental mixes were numbered and fired to between 1120˚ and 1140˚ C to replicate the capacity of locally available kilns . Both negative and positive properties were observed after firing and after the production of a large amount of refractory bricks made from the tested materials. These bricks were used to build a kiln, through which their efficacy for refractory use was tested.
Key words: Brick – Firing - Kiln

المقدمة

تشكل صناعة الحراريات محلياً تحدياً أمام تطور صناعة الخزف والفخار إضافة إلى الأنشطة الصناعية والمعملية التى ترتبط بها والتى فى الغالب تحتاج إلى حراريات بمواصفات معينة مما جعل عملية إستيرادها مستمرة . قامت بعض المصانع المحلية بإنتاج الطوب الحرارى لإستخدامه فى بناء الأفران وبواتق الصهر كمصنع رأفت قبانى ومصنع أحمد حسن هود بالمنطقة الصناعية فى مدينة

أم درمان اللذان إستخدما كاولين جبال المرخيات فى الإنتاج والذى بدوره أعطى منتجات بها الكثير من الشوائب الحديدية التى تقلل من العمر الإستخدامى لها . من جانب آخر يلاحظ أن قمائن الفخار الشعبى والجير تشيد من الطوب الأحمر الذى يتآكل بفعل الحرارة وتحتاج إلى عمليات ترميم مستمرة . أضف إلى أن الخزافين المتخصصين لا زالوا عاجزين عن إنشاء أفرانهم الخاصة إلا بالحراريات المستوردة عالية التكلفة . لأجل ما تقدم سعت هذه الدراسة للبحث عن الإمكانات المتاحة فى تصنيع الحراريات وقد شجع في ذلك طلب إدارة جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا في إنشاء فرن لقسم الخزف بإستخدام الخامات المحلية .

أهداف الدراسة

–البحث عن الخامات المحلية المناسبة التى يمكن أن تعطى حراريات ذات كفاءة عملية مطلوبة فى مجال الخزفيات .

– المساهمة فى توطين صناعة الحراريات الخزفية .

– توفير المعلومات.

أهمية الدراسة

هذه الدراسة تفيد فى توفير معلومات تطبيقية من شأنها أن تسهم بصورة أو بأخرى فى تطوير الصناعات الخزفية وتيسر للمهتمين مدى الإستفادة أو عدمه من الخامات المحلية خاصة وأن الحراريات التى تستورد عالية التكلفة .

مشكلة الدراسة

– قلة وجود المنتجات الحرارية المصنعة محلياً ذات المواصفات المطلوبة .

– لا توجد بالبلاد جهة متخصصة فى إنتاج الحراريات الخاصة بالأفران وأدوات الرص .

– الإعتماد على إستيراد الحراريات وإهمال الدراسات التطبيقية للخامات الخزفية المحلية .

الدراسات السابقة

1/ رسالة دكتوراه (صالح،73،2005،7) بعنوان : جيولوجية ومميزات وإحتمالات التطبيقات الصناعية لبعض خامات الكاولين السودانية

من أهداف الدراسة : دراسة مميزات الكاولين السودانى من حيث خصائصه المعدنية ، الكيميائية ، الجيوتقنية وأصله وصلاحيته للإستعمالات الصناعية .

أفادت الدراسة فى تقديم تحليلات دقيقة وتجارب حرارية خاصة لكاولين منطقة مروى قيدالدراسة بهذه الورقة .

2/رسالة دكتوراه (ابكر،2013،90،130،131) بعنوان : إمكانية الإستفادة من السليكا ومساعدات الصهر الطبيعية فى التشكيل الفنى للزجاج بالسودان .

من أهداف الدراسة : الكشف عن خامات السليكا ومساعدات الصهر التى يمكن أن يستفاد منها فى تشكيل الزجاج محلياً .

أفادت الدراسة فى تقديم معلومات ووصف وتحليلات وعدة تجارب خاصة لعينة رمال جبل أولياء التى هى قيد الدراسة بهذه الورقة .

الأدوات وطرق البحث

إتخذت الدراسة المنهج التجريبي كأداة لإختبار العينات ، وقياس النتائج إعتماداً على الاسلوب Qualitative لكونها تتوافق مع طبيعة الدراسة وتسهل من تفسير النتائج . كما استعانت فى

إسلوب عملها على الآتى :

(XRF) – إستندت على نتائج التحليلات المعملية التى تمت بطريقة

– إعتمدت وحدات القياس المترى .

– تناول العينات بالوزن بالجرامات وفقاً للنسبة المئوية .

– تحضير الخلطات النهائية بطاحونة الكرات (Ball Mill).

الإستعانة بقوالب خشبية لتصنيع عينات الحراريات .

إستخدام أوانى بلاستيكية وأسطح خشبية مدهونة بزيت محركات السيارات .

– غربلة العينات بالغربالين 500 و600 ميكرون .

– إستخدام فرن إختبار يعمل بالغاز وآخر كهربائى لحرق العينات .أما المنتجات النهائية فقد حرقت فى فرن كهربائى كبير سعة 32 قدم مكعب .

تمت كل مراحل الدراسة بقسم الخزف فى جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا فى الفترة من سبتمبر 2014 إلى مارس 2015م .من خلال المحاور التالية :

المحور الأول

أ/ إختيار عينات الدراسة

***الكاولين** : تم أخذ عينة من المنطقة التى تقع على بعد 1,5 كلم تقريباً غرب مدينة مروى على هضاب جبلية . عملية تعدينه تتم بواسطة الحفر بأساليب تقليدية . تم دراسته ســابقاً وقدرت مساحته بـ 350×500 متر مربع بسمك يتراوح ما بين 2 إلى 4,5 متر . يتصف بقلة الألومينا مقارنة مع الكاولينات القياسية ، كما يتصف بالخشونة وقلة الإبيضاض . ثقله النوعى ما بين 2.55 إلى 2,69 . إنكماشه ما بين 3% إلى 4% . مؤشر لدونته يصل إلى 20,5 . نسبة الكاولين فى الخام يتراوح ما بين 59.78% إلى 77.84% . يدخل فى تكوينه المونتموريللونيت ، الموسكوفيت ، النايس والكوارتز . أما أكسيد الحديد نسبته ما بين 1,12% إلى 2,40% .

–**الرمل** : عينة منطقة جبل أولياء هى رمال بيضاء تجرفها حركة المد إلى أطراف شاطىء النيل الأبيض جنوب خزان جبل أولياء . تتكون من حبات صغيرة تتراوح معظم حجم حبيباتها ما بين 300 إلى 600 ميكرون . يتحول لونه إلى الأسمر عندما يحرق فى 900°م يحتوى على أكثر من 95% من السليكا وحوالى 8,% من مركبات الحديد .

–**الجير** : عينة تجارية مصنعة فى بورتسودان حيث يكثر الحجر الجيري مصدر الخام بشمال المدينة . لونه أبيض وحبيباته خشنة قليلاً. يحتوي علي كربونات الكالسيوم.

–**الطلق** : عينة تجارية .أستخدم كمصدر لكربونات الماغنزيوم وأكسيد السليكون .

–**الأسمنت البورتلاندى** : عينة تجارية بيضاء يوجد فى الأسواق المحلية بكثرة . يعرف بأنه يتألف من سليكات ألومنيات الجير المعقدة وبحسب ما ذكره (Sharles,2001,1033) يتألف من (High Limed Calcium Silicates) .

–**نشارة الخشب** : نشارة ناعمة مجمعة من ورش قطع الأخشاب البيضاء والسمراء . يحتوى على المسامير فى بعض الأحيان مما يتطلب فحص يدوى وأحيانا بإستخدام المغنطيس لإستخراجها .

–**فحم نباتى** : تم تناوله بعد جرشه وتمريره بالغربال مقاس فتحته 2 ملم .

ب/ تحليل العينات

إستندت الدراسة على نتائج تحليل كاولين منطقة مروى وإستخرجت متوسط مكوناتها من الدراسات السابقة(صالح،2005،73) وهى مبينة بالجدول رقم(1) وذلك لأن عينات المنطقة تعدن بصورة تختلط فيها كل الأنواع .

أما الرمال فقد أجرى فحصها بطريقة (XRF) ونسبها مبينة بالجدول رقم (1) . الأسمنت البورتلاندى الأبيض والجير فهى عينات تجارية .

جدول رقم (1) نسب مكونات العينات من خلال الفحص بطريقة XRF)

	Sio_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MnO	M_9O	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	LOI
كاولين مروى	56.84	28.23	1,68	,02	,25	,16	,10	,63	1,73	,07	10,40
رمل جبل أولياء	95.45	2	,8	,1	,1	,3	,1	,5	,2	,1	,01

ج/ الإعدادات الأولية :

– تم عمل قالب من الخشب لطوبة حرارية بالأبعاد 24,3×10,5×6,5 سم وذلك ليتوافق أبعاد الطوب بعد الإنكماش مع القياسات المثالية للطوب الحرارى (Frderick,2001,4) وهى 23×10,1×6,3 سم أو يكون مقارباً له .

– أيضاً تم تنفيذ قالب من الخشب والبلاستيك لطوبة حرارية خاصة لحمل أسلاك المقاومة داخل الفرن بأبعاد 26,3×21,5×7,3 سم .

*تم تنفيذ قالب خشبى خاص ببلاط الرص بالأبعاد: 49,3×30,5×3 سم .

*تم تكليس كمية من الكاولين فى درجة حرارة 1100°م ثم تم طحنه وغربلته بالمصفى قياس 600

وبنفس المصفى تم غربلة الرمل . الكاولين غير المكلس بعد وزن مقاديره للخلطات تم بله بالماء لوحده ثم تصفيته بالمصفى قياس 600 . وزنت خلطات العينات كما هى مبينة بالجدول رقم (2) .

جدول رقم (2) نسب مكونات الخلطات التجريبية

أرقام التجارب	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
كاولين	70	70	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	25
كاولين مكلس	–	–	20	–	–	18	–	–	30	25	20	15	–
رمل	25	20	–	25	25	20	30	40	15	20	25	20	25
طلق	–	–	–	–	2,5	2	2,5	5	–	–	–	–	–
أسمنت	–	–	–	–	2,5	–	10	5	10	10	15	20	25
جير	–	–	–	–	2,5	–	–	–	–	5	5	10	25
نشارة خشب	5	10	10	10	7,5	5	7,5	5	–	5	5	10	–
فحم نباتى	–	–	–	–	–	–	–	5	–	–	–	–	–

المحور الثانى :

أ/ تشكيل النماذج :

تم وزن 2 /كجم من كل خلطة ومزجت بمقدار لتر ماء حتى تجانست مكوناتها ثم على سطح لوح خشبى مدهون بزيت محركات السيارات وضعت القوالب بعد عزلها بالزيت ثم كبست عليها عجائن الخلطات يدوياً ورفعت عنها القوالب . تركت النماذج المشكلة فى جو الغرفة لمدة إسبوعين بغرض التجفيف . تلاحظ أن الخلطات التى إحتوت على الأسمنت أو الجير قد تماسكت وتصلبت مكوناتها بسرعة بعد كبسها بنحو ربع ساعة وأصبحت أكثر متانة بعد الجفاف وامتازت باستواء الأسطح وقلة الإنكماش .

جدول رقم (3) فروقات الإنكماش بين عينات الخلطات بعد التجفيف و الحرق فى1100°م

	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
طول الطوبة وهى لينة (سم)	26,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,2	24,2	24,3
طول الطوبة بعد الجفاف (سم)	24,1	22	22,5	22,2	22,6	22,6	23,5	23,3	23,8	23,7	23,7	23,5	23,7
نسبة الإنكماش بعد الجفاف %	8,4	9,5	7,4	8,6	7	7	3,3	4,1	2,1	2,5	2,1	2,9	2,3
طول الطوبة بعد الحرق(سم)	23,2	21,4	22,3	21,7	21,9	22,1	22,8	22,7	23	23	23,1	22,9	تالف
نسبة الإنكماش بعد الحرق %	11,8	11,9	8	10,7	9,9	9,1	6,2	6,6	5,4	5,4	5,4	5,4	-

جدول رقم (4) نتائج أثر الحرق عينات الطوب

أرقام الخلطات	أثر الحرق	الصلاحية
A	تآكل العينة وإنصهار جانب منها	غير صالح
B	هش ، خفيف الوزن ، متشقق	غير صالح
C	خفيف الوزن متشقق	غير صالح
D	هش سهل الكسر والتفتت	غير صالح
E	مستوى السطح ، متوسط الهشاشة	صالح
F	تآكل العينة ، خفيف الوزن متشقق	غير صالح
G	بداية تآكل ، هش	غير صالح
H	متين ، متشقق	غير صالح
J	ظهور تشققات طرفية	غير صالح
K	صلب ، مقوس قليلاً ، خفيف الوزن	غير صالح
L	مستوى ليست به عيوب	صالح
M	متين ، متشقق قليلاً	صالح

ب/ الحرق

وضعت النماذج المصنعة من الخلطات فى فرن إختبار يعمل بالغاز وحُرقت تدريجياً لمدة ساعتين بغرض التخلص من الرطوبة وتلافى التكسر ثم حُرقت لمدة 4 ساعات حتى بلوغ 1140°م . أُستخرجت بعد 16 ساعة فتلاحظت آثار مختلفة عليها كما هى مبينة بالجدول رقم (4) . أُعيد عمل نماذج أخرى من الخلطتين (E) و (L) وبعد الجفاف حُرقتا فى فرن إختبار كهربائى لمدة 6 ساعات حتى بلغت الحرارة 1120°م ثم بعد التبريد وضعت عليها أسلاك المقاومة الحرارية داخل الفرن وأُعيد حرقها فلم يلاحظ عليها آثار سلبية .

ج/ الإنتاج

إعتمدت الدراسة العينتين (E) و (L) فأنتجت من الأولى3008 طوبة حرارية ومن الثانية 340 طوبة حرارية خاصة بوضع أسلاك المقاومة عليها داخل الفرن ، كما أنتج منها (6) بلاطات رص . بعد جفاف الطوب تم تسخين كل دفعة منها لمدة يوم فى فرن كهربائى سعة 32 قدم فى درجات حرارة بين 100 و200°م ثم حرقها لمدة 14 ساعة لكل دفعة حتى بلوغ 1100°م وذلك لمحدودية طاقة تشغيل الفرن المستخدم . تلاحظ أثناء الحرق بين 900 و1100°م خروج دخان خفيف خانق ذو رائحة كريهة وصعود لهب أزرق عبر منافذ الفرن العلوية . بعد تفريغ كل شحنة طوب تلاحظ أيضاً ترسبات لمادة صفراء تغير من لون الجدار الداخلى للفرن . كما اتضح أن مستويات حرق الطوب جيدة فى الأعلى بعكس الطوب فى الأسفل .

المحور الثالث

أ/ تم عمل تصميم لفرن وتنفيذ هيكله من الزوى6,3 ×5, سم . مكسو بصاج معدنى من الخارج . الأبعاد الخارجية للهيكل هى125× 200×200 سم كما زود بعربة متحركة على قضيب كما هو مبين بالصورة رقم (16) . ثم تبطين تجويف الفرن بالصوف الحرارى ثم أُعدت مونة من الخلطة رقم (E) بالجدول رقم (2) وإستخدم الطوب الحرارى المنتج فى بناء الفرن من الداخل وزودت بفتحتين على السقف وفتحتين على الباب . بعد إكتمال البناء أصبحت الأبعاد الداخلية للفرن 67× 123×170 سم. تم وضع أسلاك تسخين من سبيكة النيكل كروم بسمك 3 ملم فى المجارى المخصصة لها بالطوب . ثم توصيل الفرن بثلاثة خطوط كهرباء إضافة للخط الأرضى وزود بمفتاح كهربائي وحساس من نوع (K) ملحق بجهاز رقمى لقراءة درجات الحرارة .

ب/ التشغيل

بعد جفاف مونة البناء فى 10 أيام تم تشغيل الفرن وهى محملة ببعض الخزفيات غير المحروقة وذلك بصورة متقطعة لمدة يوم دون أن تتجاوز درجات الحرارة 200°م وذلك بغرض تلافى آثار الرطوبة. ثم شُغل فى اليوم التالى لمدة 10 ساعات ونصف فبلغت 900°م تم تعبئة الفرن بأعمال خزفية مزججة وشُغلت مرة أخرى لمدة 12 ساعة ونصف فبلغت 1100°م . أيضاً أجرى إختبار كفاءة الفرن لخمس مرات أخرى لبلوغ 1100°م .

ج/ الملاحظات :

تلاحظ أن مدة الحرق لبلوغ 1100°م وهى محملة بالأعمال قد إنخفضت ما بين11 و 11 ساعة ونصف . أيضاً عند تشغيل الفرن بكل طاقته أول مرة فقد تدفقت كمية من الماء المحبوس بين الطوب والجدار المعدنى للفرن خاصة عند عندما بلغت درجة الحرارة ما بين 700 و800°م . كما أن حشوات المونة التى سدت بها الفراغات الصغيرة بين طوب السقف من الداخل قد تطايرت أجزاء منها .

مناقشة نتائج التجارب

يعرف بأنه كلما إزدادت نسبة الألومنيا فى الحراريات فإنه يعطى منتج يتحمل درجات الحرارة العالية تحت التحميل ويقاوم الخبث والصدمات الحرارية والتقشر(خليل،2007،248،249) غير أن نسبة الألومنيا فى عينة كاولين الدراســـة غير قياسية لأجل ذلك إختصرت الدراسة البحث للحصول على حراريات بمواصفات تناسب الإستخدامات الحرارية المنخفضة . وإستعاضــت بأن تكون المنتجات أقرب إلى حراريات السليكا وذلك بإضافة الرمل ، ولتخفيف وزن المنتج إضيفت نشــارة الخشــب . أما تناول الكاولين المكلس فهو معمول به فى مجال صناعة الطوب الحراري غير أن الدراسة لم تعتمد عليه كثيراً (Jeff,2009,69) وذلك لأن تحضيره يتطلب تكليسه حتى مرحلة توقف الإنكماش كما يتطلب معدات خاصة لجرشه وإستخدامه كمادة مخشنة وهذا ما لم يتوفر مما إستدعى تكليسه فى 1100°م وطحنه ثم غربلته ومع ذلك فقد أعطى نتائج إيجابية ملموسة .

تناول الجير فى الخلطات بالرغم من أنه يعجل من تماسك الشكل ويحافظ على إستواء الأسطح ويقلل الإنكماش إلا أنه بعد الحــرق لأكثــر من 1100°م يــؤدى إلى تشــوه الشكل وصهــره لأن ما يحتويــه من كربونات الكالسيوم يبدأ فى الإنصهار إبتداءاً من 825°م فما فوق (البدري،2002،203).

للأسمنت الأبيض كذلك تأثير إيجابــى على تماسك مكونات الخلطات بعد عجنها بالماء وتشكيلها فهو يعطى أسطح مستوية ويقلل الإنكماش ويزيد من الصلابة لكن بعد الحرق يحدث تشققات كثيرة على المنتج فيصبح هش البنية .

بقدر ما تكون نسبة النشارة فى الخلطة أقل من 10% تكون متماسكة قبل الحرق و زيادة نسبته بعد الحرق يعطى تجاويف كثيرة ويجعل المنتج هشاً . كما إتضح أنها أثناء الحرق تؤثر سلباً على أسطح الفرن

بإفرازه لمواد كبريتية ، وإصدار دخان خانق كما أنه يجعل جو الحرق به لهب أزرق ناتج عن إحتراق الغازات ويتطلب ذلك التعامل بوسائل السلامة تفادياً للأضرار الصحية .

فيما يتعلق بجودة المنتجات فأن الملاحظات السالبة المتمثلة فى تطاير أجزاء من حشوات مونة بناء الفرن فقد تلاحظ لاحقاً توقفها ويعزى ذلك بأن التغيرات الحرارية المفاجئة هى التى تجعل الأماكن الساخنة عرضة للتمدد بينما الأجزاء البعيدة لم تصلها الحرارة بنفس القدر فلا تحدث التكسرات والتشققات (الجندي،2006،78).

تجدر الإشــارة إلى أن الحراريــات المنتجة قد أعطت فاعليتها عملياً من خلال تجربتها فى تصنيع فرن للخزفيات قد إمتاز بتوزيع جيد لدرجات الحرارة أسفل وأعلى ووسط فراغه وقد تلاحظ ذلك من خلال مستويات نضج الأعمال المزججة التى حُرقت فيه لعدد من المرات . فيما يتعلق بالخصائص الميكانيكية وتحمل الأحمال وغيرها من مواصفات المنتجات فهى تعنى بالجوانب الهندسية لدراستها بتعمق أكثر لأجل ذلك إكتفت الدراسة بالتوصل إلى منتج يمكن أن يستعان به فى بناء الأفران الخزفية منخفضة الحرارة وذلك وفقا للخصائص العامة المطلوبة من مقاومة التأكسد، العزل الكهربي وغيره (عبد الغني،2007،232) .

نتائج الدراسة

*أثبتت الدراسة عملياً أنه بالإمكان تناول كاولين منطقة مروى ورمل جبل أولياء و نشارة الخشب والكاولين المكلس فى إنتاج حراريات تصلح للإستخدامات فى درجات الحرارة المنخفضة بحدود 1140°م .

*كما أثبتت أنه بالإمكان تصنيع أدوات حرق الخزفيات (الأفران وأدوات الرص) بالعينات التى أكدت عليها الدراسة .

المصادر والمراجع العربية

1/ أبكر ، حيدر عبد القادر ،(2013) . إمكانية إستخدام السليكا ومساعدات الصهر الطبيعية فى التشكيل الفنى للزجاج بالسودان ، كلية الدراسات العليا ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ، السودان .

2/ البدرى ، على حيدر صالح، (2002) . التقنيات العلمية لفن الخزف – التزجيج والتلوين ، كلية الفنون ، جامعة اليرموك ، الأردن .

3/ الجندى ، إبراهيم على ، (2006) . الأمن الصناعى وحماية البيئة من التلوث ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، القاهرة .

4/ خليل ، محمد أحمد ، (2007) . الوقود – الأفران – الحراريات – دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، القاهرة .

5/ عبد الغنى ، أحمد عهدى ، (2007) . تكنولوجيا الإنتاج وخواص المواد الهندسية ، دار الكتب الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، القاهرة .

6/ صالح ، صالح على ،(2005) جيولوجية ومميزات وإحتمالات التطبيقات الصناعية لبعض خامات الكاولين السودانية ، جامعة النيلين ، السودان .

المصادر والمراجع الاجنبية:

1/ Sharles A. Harper,(2001). Haud Book Of Ceramics Glasses and Diamonds, Mc GRAW – Hill, New York.

2/ Frderick L. Olsen, (2001) The Kiln Book, Third Edition,Krause Publications, USA.

3/ Jeff Zamek, (2009) The Potters Studio Clay and Claze Haud Book, Quary Books, U.S.A.

ملحق الصور:

صورة رقم(1) عينة الجير

صورة رقم(2) عينة الكاولين

صورة رقم(3) عينة الاسمنت

صورة رقم(4) نشارة خشب

صورة رقم(5) عينة الفحم

صورة رقم(6) القوالب

صورة رقم(7) الخلطات الحرارية

صورة رقم(8) نموذج لطوبة خاصة بوضع الأسلاك

صورة رقم(9) طوبة مشطب

صورة رقم(10) نماذج الطوب

صورة رقم(11) طوبتين بعد الحرق

صورة رقم (12) الهشاشة

صورة رقم (13) الفرن قبل التشطيب

صورة رقم (14) هشاشة ناتجة عن زيادة نسبة النشارة

صورة رقم (15) الفرن من الداخل

صورة رقم (16) الفرن من الخارج