

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تغريد مسلم الساعدي

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك

تغريد مسلم الساعدي

جامعة بغداد / كلية التربية (إبن الهيثم) – قسم الفيزياء

تاريخ استلام البحث: 2011/2/6 - تاريخ قبول النشر: 2011/3/22

### الخلاصة

دُرِس في هذا البحث تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية لعينات سيراميكية أُستخدِمت التربة Soil كمادة أساس وأضيف لها الفحم Coal بنسب وزنية هي : (0.1 , 0.2 , 0.5 , 1 , 5 , 10 , 20) ولأربعة حجوم حبيبية , ثم كُبِست العينات بشكل أقراص قطر كل منها 25mm وحُرقت بدرجة 1100°C. حُسبت التوصيلية الحرارية بإستخدام قرص لي (Lee's disk) ثم حُسبت المسامية وإمتصاصية الماء وكثافة كل عينة. وجد أن هناك علاقة وثيقة بين التوصيلية الحرارية ونسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته , حيث تتزايد التوصيلية الحرارية للنسب الوزنية الواطئة (0.1 - 0.2) ثم تبدأ تتناقص مع تزايد نسبة الفحم في العينة , ومن جهة أخرى تتناقص التوصيلية الحرارية بزيادة الحجم الحبيبي للفحم المضاف حيث سجلت العينات ذات النسب الوزنية العالية 20% والحجم الحبيبي الخشن (600-1180)  $\mu\text{m}$  أقل قيم للتوصيلية الحرارية. يمكن الإستفادة من إنخفاض التوصيلية الحرارية لعمل عوازل حرارية سيراميكية تستخدم لتبطين أفران الطبخ والتجفيف كما يمكن توظيفها في صناعة طابوق البناء لزيادة عزله الحراري .

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تفريد مسلم الساعدي

### المقدمة

التوصيلية الحرارية هي إحدى خواص المادة التي ترتبط ارتباطاً مباشراً بتغير درجات الحرارة , وتعتمد على مسامية المادة و كثافتها والرطوبة التي تحتويها , ولا تعتمد على أبعادها. وهي تمثل كمية الحرارة المنتقلة خلال وحدة المساحة من المادة بسبب وجود فرق في درجة الحرارة أو ما يسمى بالإنحدار الحراري . ويتم إنتقال الحرارة بثلاث طرائق هي ؛ التوصيل , الحمل والإشعاع , وطبقاً للنظرية الحركية لذرات المادة فإن التوصيل الحراري في المواد جيدة التوصيل يعتمد على تحركية الإلكترونات , بينما في المواد رديئة التوصيل تكون الفونونات هي العامل الرئيس في التوصيل الحراري.[1] تعد المواد السيراميكية من المواد العازلة حرارياً لما تمتاز به من مقاومة عالية للحرارة , وقد أستخدمت في مختلف الأغراض الصناعية نظراً لتوفر المواد الأولية اللازمة لتصنيعها بكثرة في الطبيعة ورخص أثمانها بالإضافة الى سهولة تشكيلها وتصنيعها . ومن تطبيقاتها الصناعية ؛ الطابوق الحراري المستخدم في تبطين الأفران وطابوق البناء بمختلف أنواعه وغيرها من الإستخدامات . وهناك عدة عوامل تؤثر على إنتقال الحرارة في المواد السيراميكية كالمسامية , نسبة المواد المضافة , درجة حرارة الحرق وغيرها من العوامل . بالرغم من كون عملية صناعة المواد السيراميكية لا زالت محافظة على مبادئها الأساسية منذ أقدم العصور والتي تشمل على المراحل الأربعة:[2]

### الخلط Mixing ← التشكيل Forming ← التجفيف Dring ← الحرق Firing

إلا أن التقنيات التي أدخلت على هذه الصناعة جعلت العملية تتم بصورة أسرع وأكثر كفاءة كما تم تحسين الكثير من خواص المواد السيراميكية كالميكانيكية والحرارية وغيرها بما يتلائم مع الظروف المختلفة التي تستخدم فيها. يتم تصنيع الطابوق وهو أحد المواد السيراميكية من التربة Soil وهي إحدى المواد الموجودة بكثرة على سطح الكرة الأرضية وتتكون من دقائق صغيرة منفصلة عن بعضها , تتحول الى عجينة مرنة قابلة للتشكيل تسمى الطين Clay بعد إضافة مقدار معين من الماء حسب نوع التشكيل والغرض المصنوعة لأجله.[2] تشير الدراسات الى أن المواد السيراميكية الخفيفة تكون أفضل عزلاً من المواد الثقيلة , لأن المواد السيراميكية الخفيفة تحتوي في تركيبها الداخلي على هواء جاف محصور على شكل مسامات , ولأن الهواء الجاف يمتلك توصيلية حرارية واطئة ؛ فإن توصيل هذه المواد يكون أوطأ من غيرها [3]. ومن هذا المنطلق إتجه الباحثون لدراسة العلاقة بين مسامية المواد السيراميكية وتوصيليتها الحرارية . ونظراً للأهمية الكبيرة لمواد البناء وتأثير عامل التوصيلية الحرارية عليها وبسبب إزداد الطلب على أمور التكيف سواء للمساكن أو البنايات التجارية والحكومية خاصة لأجواء قارية متطرفة مثل جو العراق بالإضافة أزمة الطاقة المتفاقمة , وجدنا من المناسب دراسة تلك العلاقة .

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تفريد مسلم الساعدي

### الجانب العملي

أخذت عدة قوالب من اللين المهيأ للحرق من أحد معامل الطابوق في بغداد لضمان كون المادة لها نفس تركيب الطين المستخدم في صناعة الطابوق , وبعد إجراء عملية الطحن والغرلة , تم الحصول على تراب مطحون بحجم حبيبي يتراوح بين  $(75-150)\mu\text{m}$  وأرسلت عينة منه للفحص بالأشعة السينية للتأكد من نوع المادة ومعرفة تراكيز العناصر الداخلة في تركيبها والنتائج موضحة بالشكل (1) والجدول (1) .

من جهة أخرى تم تهيئة كمية مناسبة من مادة الفحم Coal المتوافر في السوق المحلية والتي أستعملت كمادة مضافة وطحنت وغرلت بأربعة أحجام حبيبية هي :

$(75-150)\mu\text{m}$  ,  $(150-300)\mu\text{m}$  ,  $(300-600)\mu\text{m}$  ,  $(600-1180)\mu\text{m}$

ثم خلط الفحم المطحون مع المادة الأساس المتمثلة بالتربة المطحونة بواقع سبع عينات من كل حجم حبيبي من الأحجام الحبيبية المذكورة أعلاه وقد تدرجت النسبة الوزنية للفحم المضاف كالآتي :

(0.1% , 0.2% , 0.5% , 1% , 5% , 10% , 20%)

بالإضافة الى العينة الصفرية الخالية من أية إضافة للفحم , وقد هُيئت جميع العينات (المادة الأساس + المادة المضافة) بحيث كان وزن كل منها 10g .

وبعد إجراء عملية الخلط لكل عينة لكي تتجانس مكوناتها بصورة جيدة , تمت إضافة نسبة من الماء المقطر بحدود 10% , ثم كبست العينات بشكل أقراص بقطر 25mm لكل منها. وقد سلطت قوة كبس مقدارها 5ton وبزمن مقداره 5min , ثم جففت العينات ببطء ( $80^\circ\text{C}$  لمدة ساعة) لضمان عدم تشقق العينات نتيجة الإنكماش السريع , ثم حرقت العينات بدرجة ( $1100^\circ\text{C}$ ) لمدة أربع ساعات وتركت لتبرد الى اليوم التالي . والعينات جميعها مبينة بالشكل (2).

### الجانب النظري

#### 1. التوصيلية الحرارية :

إن معدل الإنتقال الحراري خلال المادة يتناسب مع الفرق بدرجات الحرارة عبر المادة والمسافة العمودية للإنسياب الحراري وعكسياً مع طول مسار الإنسياب الحراري بين مستويين لدرجة الحرارة , ويمكن التعبير عن التوصيلية الحرارية حسب العلاقة الآتية: [1]

$$\dots\dots\dots(1) \frac{dQ}{dt} = -K_{th} A \frac{dT}{dx}$$

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تفريد مسلم الساعدي

حيث أن :

: الحرارة المتدفقة لكل وحدة زمن .  $\frac{dQ}{dt}$

: إنحدار درجات الحرارة لكل وحدة طول .  $\frac{dT}{dx}$

: مساحة المقطع العرضي . A

: التوصيلية الحرارية (W/m.K)  $K_{th}$

من الطرائق المتبعة لحساب التوصيلية الحرارية للمواد السيراميكية هي قرص لي ( Lee's disk ) حيث توضع المادة العازلة بين لوح نحاس موصل (U,M) ويتم تجهيز الحرارة بملف تسخين Heating Coil يتصل بطرفي مجهز قدرة D.C Power Supply موضوع بين لوحين (C,U) وبعد معرفة درجات الحرارة ( $T_C, T_U, T_M$ ) للأقرص (C,U,M) على التوالي والطاقة الحرارية (h) بالجول المارة عبر ملف التسخين يمكن حساب التوصيلية الحرارية وفق العلاقة الآتية: [4]

$$K_h \frac{T_U - T_M}{d_s} \left[ T_M + \frac{2}{r} \left( d_M + \frac{1}{4} d_s \right) T_M + \frac{1}{2r} d_s T_U \right] \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن :

$$K_h = \frac{H_c}{\pi^2 \left[ (T_c - T_M) + 2 \left\{ d_M T_M + \frac{1}{2} d_s (T_M + T_U) + d_U T_U + d_C T_C \right\} \right]} \dots \dots \dots (3)$$

وإن :

$$H_c = VI \dots \dots \dots (4)$$

I : التيار المار (A) , V : الفولتية المسلطة (volt)

$T_C, T_U, T_M$  : درجة حرارة الأقرص C,U,M على التوالي

r : نصف قطر القرص (mm)

$d_s$  : سمك العينة (mm)

$d_s, d_U, d_M$  : سمك الأقرص C,U,M على التوالي.

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تفريد مسلم الساعدي

2. المسامية الظاهرية وإمتصاصية الماء:

يقصد بالمسامية الظاهرية Apparent Porosity نسبة إحتواء الجسم السيراميكي على المسامات المفتوحة الى الحجم الكلي , وأن الخواص الميكانيكية والمسامية تعдан من العوامل المهمة في السيطرة على عمليات التصنيع لتقدير تأثير مختلف العوامل على الخواص النهائية للمادة السيراميكية الناتجة وهناك علاقة وثيقة بين المسامية والخواص الحرارية . ويعبر عن المسامية الظاهرية بالعلاقة الآتية : [5]

$$A.P (\%) = (W_s - W_d / W_s - W_i) * 100 \%$$

..... (5)

أما إمتصاصية الماء Water Absorption ؛ فتعرف بأنها قابلية الجسم على جذب الماء خلال مساماته ويعبر عنها بنسبة مئوية , وتعتمد هذه الخاصية على العديد من العوامل مثل نوع المادة الأولية وتركيبها الكيميائي وحجم المسامات الكلي , فكلما زادت نسبة المسامية زادت قابلية الجسم على إمتصاص الماء ويعبر عن إمتصاصية الماء بالعلاقة : [6]

$$W.A (\%) = (W_s - W_d / W_d) * 100 \%$$

..... (6)

حيث أن :

$W_s$  : وزن الأنموذج وهو رطب بعد غمره بالماء وأمتلاء المسامات المفتوحة وإزالة قطرات الماء العالقة على سطح الأنموذج بقطعة قماش نظيفة بعد اخراجه من الماء .  
 $W_d$  : وزن الأنموذج جاف .  
 $W_i$  : وزن الأنموذج وهو مغمور في الماء.

### النتائج والمناقشة

يلاحظ من الشكلين ( 3 , 4 ) العلاقة بين نسبة الفحم من جهة , وإمتصاصية الماء والمسامية من جهة أخرى ولحجوم حبيبية مختلفة من الفحم المضاف . حيث يلاحظ أن إمتصاصية الماء والمسامية تبدءان بالتناقص مع زيادة نسبة الفحم حتى تصل الى قيمة دنيا تختلف باختلاف الحجم الحبيبي للفحم ثم تبدءان بالتزايد بعد ذلك وإن المكبوسات ذات الحجم الحبيبي  $(600-1180)\mu m$  تسجل أعلى قيمة من إمتصاصية الماء والمسامية , وهذا مطابق لما توصل إليه [7] D.A.Okongwu ,et.al

وبسبب إزدياد المسامية فإن كثافة المكبوسات تقل مع زيادة نسبة الفحم , كما أن المكبوسات ذات الحجم الحبيبي  $(600-1180)\mu m$  تسجل أقل نسبة كثافة كما مبين في الشكل (5) .

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تغريد مسلم الساعدي

كما يلاحظ من الشكل (6) أن التوصيلية الحرارية تقل مع إزدياد نسبة الفحم في المكبوسة , وأن المكبوسات ذات الحجم الحبيبي  $(600-1180)\mu\text{m}$  تسجل أقل القيم للتوصيلية الحرارية . ولتفسير هذه النتائج :

إن الكربون يشكل مانسبته حوالي 60% من الفحم الأمر الذي يجعل منه مصدراً جيداً للطاقة عند إحتراقه اثناء عملية تلييد المكبوسات مما يرفع من درجة حرارة المكبوسة ويجعلها تمر بالطور الزجاجي الذي يساعد على زيادة كثافة المكبوسات والمتمثل بالحدود الدنيا لإمتصاصية الماء والمسامية [8]

أما بالنسبة لإزدياد إمتصاصية الماء والمسامية للمكبوسات عند النسب العالية من الفحم والحجوم الحبيبية الكبيرة , فتفسر على أن الحبيبات الكبيرة من الفحم ربما لا تتمكن من الإحتراق بصورة تامة مما لا يوفر لها الفرصة لزيادة درجة حرارة المكبوسة بصورة كافية . [7] . وإن صغر حجم حبيبات الفحم وقلة نسبتها ربما يساعد على تجانس مكونات المكبوسة وبالتالي يوفر الفرصة للمسامات المتكونة لتسريب الغاز المتولد بداخلها نتيجة الحرق الى خارج جسم المكبوسة .

[8] وبالتالي زيادة كثافة المكبوسة وزيادة التوصيلية الحرارية وقد حصلنا على ذلك عند الحجم الحبيبي  $(75-150)\mu\text{m}$  ولنسبة فحم تراوحت بين 0.1-0.2% .

أما الشكلان (8,7) فيوضحان العلاقة بين التوصيلية الحرارية والكثافة , التوصيلية الحرارية والمسامية على التوالي حيث يلاحظ أن تناقص كثافة المكبوسة الناتج عن زيادة المسامية يؤدي الى تناقص التوصيلية الحرارية والذي يفسر كالآتي :

أن النسب العالية من الفحم والحجوم الحبيبية الكبيرة منه يعطي الفرصة لتولد مسامات مملوءة بالغاز المتحرر نتيجة الإحتراق وأن وجود المسامات الحاوية على الفجوات الهوائية يؤدي الى تغير ميكانيكية إنتقال الحرارة من التوصيل الى الحمل , مما يؤدي الى تشتت الفيض الحراري المار بالمكبوسات وإعاقة تدفق الحرارة وبالتالي تناقص التوصيلية الحرارية . [9]

### الإستنتاجات

- إن أصغر قيمة للتوصيلية الحرارية سجلت عند إستخدام نسبة 20% من الفحم ولحجم حبيبي  $(600-1180)\mu\text{m}$  وأن أعلى قيم للتوصيلية الحرارية سجلت عند إستخدام الحجوم الحبيبية الصغيرة والنسب الواطئة من الفحم .
- يمكن الإستفادة من المناطق التي حصل فيها نقصان للمسامية لدراسة الخصائص الميكانيكية للمكبوسات .
- إستبعاد الحجوم الحبيبية الخشنة والنسب الوزنية العالية للفحم لأنها تجعل المكبوسات هشة وعرضة للتفتت , كما يظهر على العينات (25 , 26 , 27 , 28) المعروضة في الشكل (2) .
- يمكن الإستفادة من إنخفاض التوصيلية الحرارية للمكبوسات لعدة أغراض منها ؛ تبطين أفران الطبخ والتجفيف وعمل عوازل حرارية جيدة بين السطوح لمنع تسرب الحرارة , كما يمكن الإستفادة منها عند تصنيع طابوق البناء , بعد التأكد من الخواص الميكانيكية للمكبوسات وهذا ما سنبحثه في الدراسة القادمة (إن شاء الله) .

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تفريد مسلم الساعدي

• يمكن الإستفادة من القطع الصغيرة والناعمة من الفحم التي تعد من مخلفات عملية الغريلة حيث يتم رميها قرب مواقع حرق الخشب بعد أخذ القطع الكبيرة لبيعها كفحم , وبهذا يمكن أن نتخلص من أحد مصادر تلوث البيئة .

نقترح دراسة تأثير مواد مضافة أخرى مثل البنتونايت ونشارة الخشب ومخلفات الحيوانات Animal dung لتحسين خواص العزل الحراري للمواد السيراميكية .

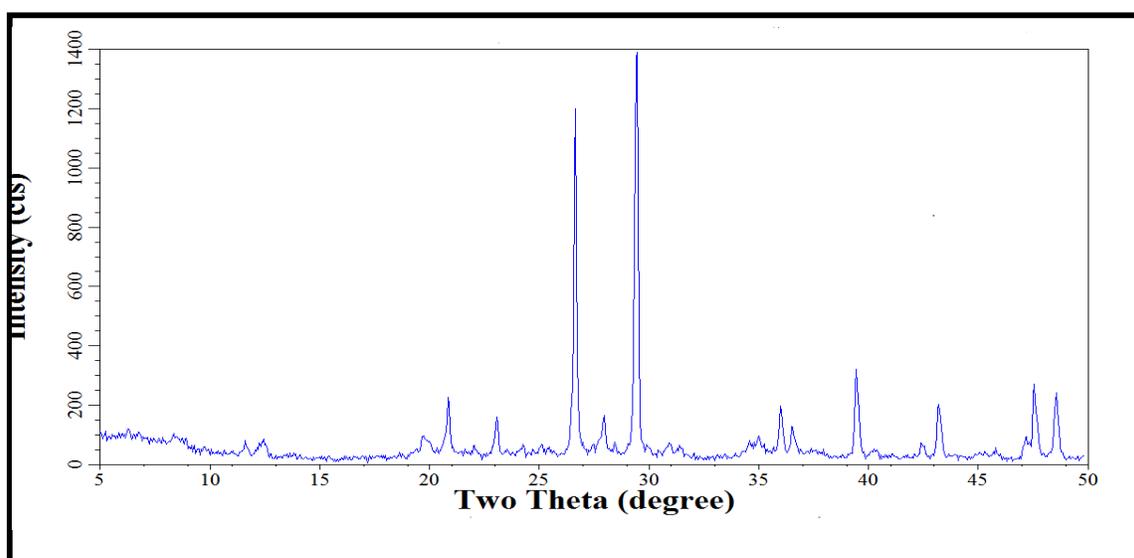
### المصادر

1. Charles Kittle, (2005) " Introduction to Solid State Physics " , 8th ed. , John Wiley & Sons.
2. <http://www.gobrick.com/>,(Dec2006), Brick Industry Association ,1-7.
3. [http://www.new-learn.info/learn/.../clear/thermal/.../Thermal conductivity roperties/.html](http://www.new-learn.info/learn/.../clear/thermal/.../Thermal%20conductivity%20properties/.html).
4. D. M. Price & Mark Jarratt , (Oct. 2000)" Thermal Conductivity of PTFE and PTFE Composite",Proceedings of the Twenty-Eight Conference of the North American Thermal Analysis Society, 579-584.
5. Sadek Deboucha & Roslan Hashim, ( 2010) ," Effect of OPC and PFA cement on stabilised peat bricks", Int. J. Phys. Sci., **5** (11), 1671-1677.
6. E.A.Okunade, (2008), "The Effect of Wood Ash and Sawdust Admixtures on the Engineering Properties of a Burnt Laterite – Clay Brick " , J.App.Sci.,**8**(6),1042-1048.
7. D.A.Okongwu & V. Paranthaman , (1989)" Effect of Particle Size of Coal Additive on the Burnt Properties of Clay Brick" , Ceramic Bulletin ,**68**(11),1963-1966.
8. Jin-Ho Jung , Jung When Yoo , Jin-Uk Lee & Hyung-Tae Kim , (2005)" Application of Coal Wastes to Clay Bricks and Investigation of Their Physical Properties " ,Ind.Eng.Chem.,**11**(2)175-179.
9. Joshua FOLARANMI, Leonardo Journal of Sciences, (2009) " Effect of Additives on the Thermal Conductivity of Clay" **14** , 74-77.

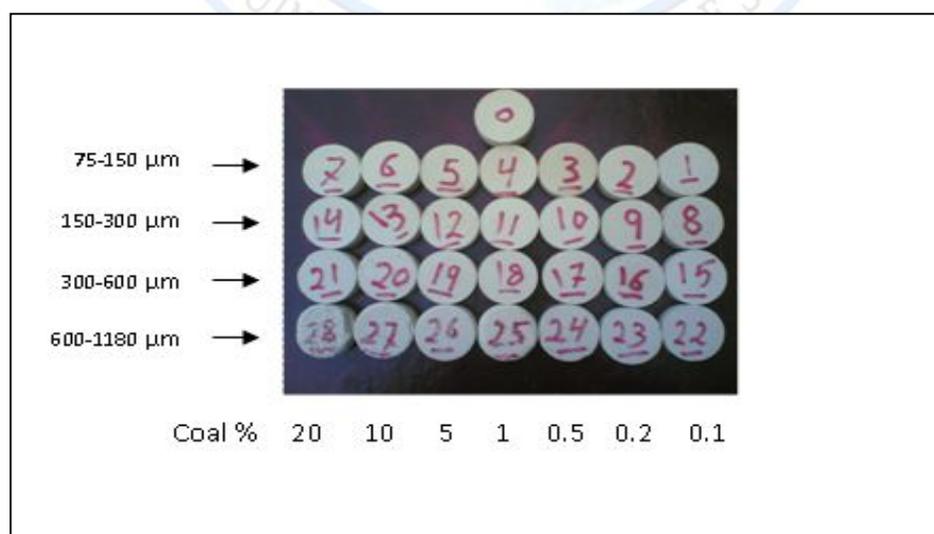
دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تفريد مسلم الساعدي

الجدول (1): التحليل الكيميائي للتربة المستعملة قبل الحرق

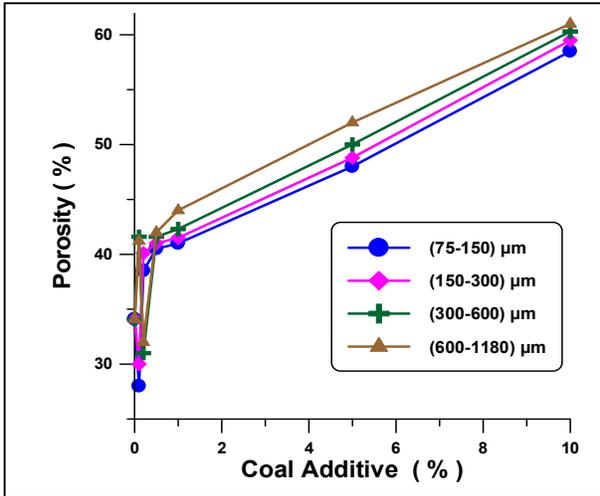
المكونات	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.T
النسبة الوزنية %	41.97	18.92	7.57	5.30	4.09	1.44	0.97	0.68	0.08	18.50



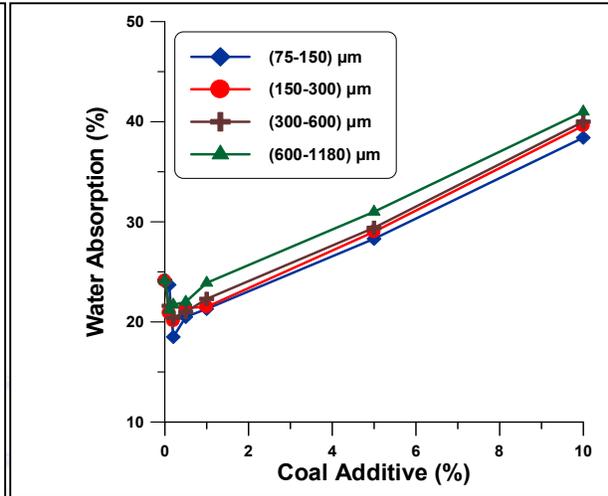
الشكل (2): صورة فوتوغرافية للعينات بعد الحرق



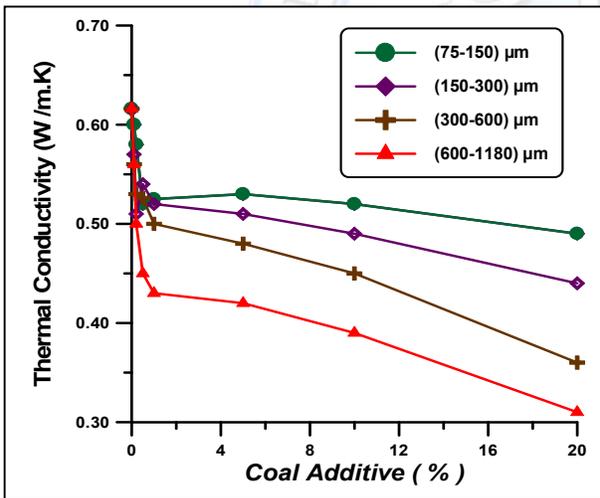
دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك  
تفريد مسلم الساعدي



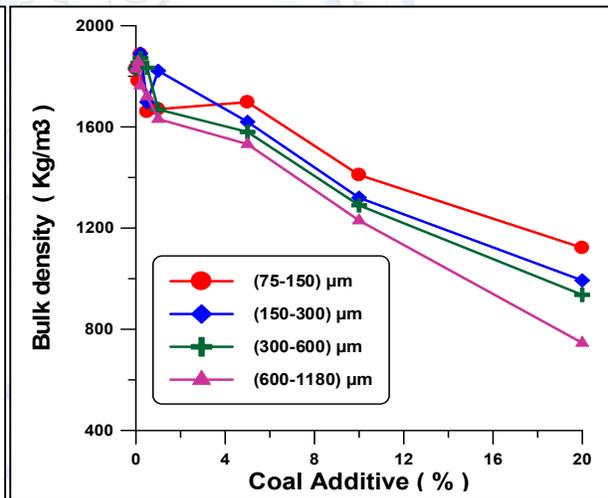
الشكل (4) : تأثير الفحم المضاف على مسامية المكبوسات لحجوم حبيبية مختلفة .



الشكل (3) : تأثير الفحم المضاف على إمتصاصية الماء للمكبوسات لحجوم حبيبية مختلفة .



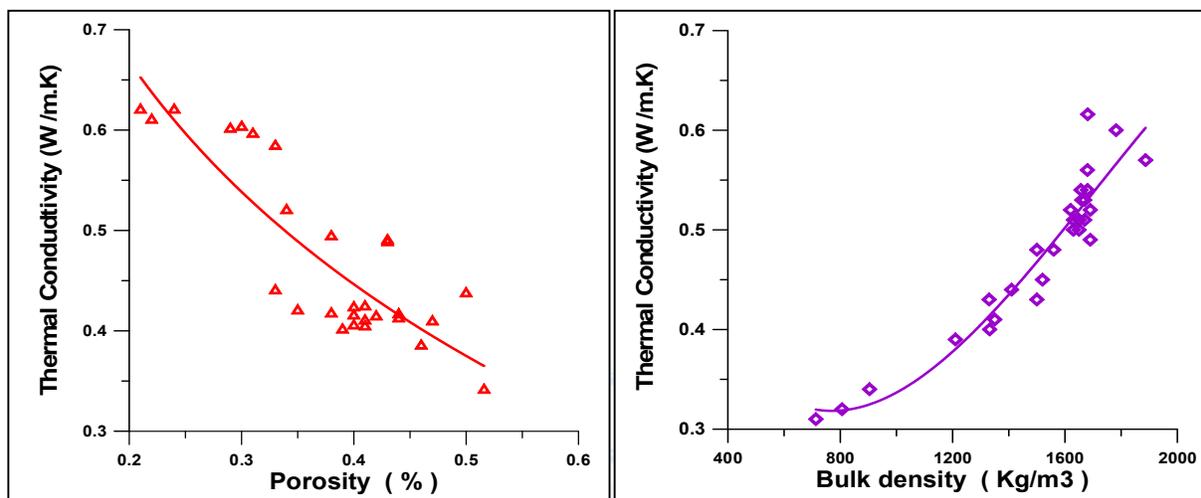
الشكل (6) : تأثير الفحم المضاف على التوصيلية الحرارية للمكبوسات لحجوم حبيبية مختلفة .



الشكل (5) : تأثير الفحم المضاف على كثافة المكبوسات لحجوم حبيبية مختلفة .

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته على التوصيلية الحرارية للسيراميك

تفريد مسلم الساعدي



الشكل (7) : العلاقة بين كثافة المكبوسات و التوصيلية الحرارية . الشكل (8) : العلاقة بين مسامية المكبوسات و التوصيلية الحرارية .