مجلة بحوث البناء
المجلد ١٠ العدد ١ ٢٠٢٥

تحسين خواص المونة الحرارية الكاؤولينية باستخدام الالياف

*[١] زياد ممتاز محمد، [٢] هند حسين حمد، [١] ثامر عبد الائمة عبد الرضا، [١] محمد مهدي هادي

[١] قسم مواد البناء، دائرة بحوث البناء، بغداد، العراق.
[٢] قسم العلوم النظرية، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة، جامعة بغداد، بغداد، العراق.

الخلاصة

تم في هذا البحث انتاج مونة حرارية رابطة تستخدم لربط وحدات البناء الحرارية, استخدمت مكونات المونة وهي الكروك كاؤولين كركام ناعم والكاؤولين الخام والسمنت الابيض المنتج محليا كبديل عن السمنت الحراري ومحلول سيليكات الصوديوم بنسبة اضافة ٢٪ لتشكيل المكونات الجافة ,وتم اعتماد اضافة نوع من الالياف المقاومة للحرارة وهي الالياف الزجاجية بنسب (٠,٥,٠,٧٥,١,١,٢٥)% من وزن الخليط الجاف لغرض تحسين خاصية الربط للمونة المنتجة وتم حرق جميع النماذج بدرجة حرارة ١٢٠٠م^{o} , وقد تم تهيئة ستة انواع من الخلطات منها الخلطة المرجعية والبقية تحتوي نسب مختلفة من الالياف وقد اجريت الفحوص المختبرية على نماذج المونة قبل الحرق وهي (الكثافة ,الامتصاص, المسامية، قوة الربط) كما اجريت الفحوص بعد الحرق (الكثافة , المسامية, الامتصاص, التقلص الطولي) , اظهرت نتائج الفحوص المختبرية بان الخلطة (D) المتكونة من ٧٥٪ كروك كاوؤلين ،٢٠٪ سمنت ابيض ، ٥٪ كاؤولين مع اضافة الالياف الزجاجية بنسبة وزنية ١% من المكونات الجافة كنسبة اضافية على الخليط هي الخلطة التي اعطت اعلى قوة ربط بقيمة ١,٥ N\mm^2 وكانت نتائج الفحوص الفيزيائية مطابقة للمواصفات القياسية الامريكية (ASTM C 64) حيث اظهرت تحمل حراري جيد عند الحرق بدرجة ١٢٠٠ م^{o} .

الكلمات الرئيسية: مونة حرارية، الياف زجاجية، مونة الربط.

* المؤلف المراسل: زياد ممتاز محمد - ziyad2005@yahoo.com

١.المقدمة

نظرا لزيادة الحاجة لمواد بناء ذات خواص تساعد على استخدامها في مجالات مختلفة مثل الانتاج الصناعي والبناء لذا كان التوجه لاستخدام مواد ذات خواص حرارية تساعد على توفير ميزات عديدة للمنشأ المستخدمة فيه مثل العزل الحراري عن البيئة المحيطة به ومقاومة الحرائق ومنع انتقال الحرارة والمحافظة على الطاقة من الضياع وتوفيرها ,وقد اختلفت انواع المواد الحرارية فكان الطابوق الحراري المستخدم بشكل خاص في الافران الحرارية على اختلاف انواعها واستخداماتها في الصناعات العديدة مثل انتاج الطابوق والحديد الصلب وغيرها , كما تعتبر الخرسانة الحرارية من المواد الحرارية المهمة لدخولها في العديد من الصناعات ,وتعتبر المونة الحرارية المستخدمة في الربط من المواد الحرارية المهمة والتي تعمل مع الانواع الاخرى من الحراريات للحصول على مواصفات عالية للمنتج الحراري ,ونظرا لأهمية هذه المادة فقد تنوعت البحوث في هذا المجال للحصول على مواصفات جيدة وتحسين نوع المونة الحرارية ,وقد تنوعت البحوث في مجال الحراريات ومنها البحوث في مجال انتاج مونة حرارية باستخدام عدة وسائل ومنها البحث الذي انجز من قبل مركز بحوث البناء وقام به (صبحي وعدد من الباحثين) [١] حيث استخدموا المولوكايت (الكاؤولين المحروق عند درجة١٤٠٠ درجة مئوية) كركام واستخدم السمنت الحراري وسيليكات الصوديوم لإنتاج مونة مختبرية ذات تحمل حراري يصل الى (١٥٤٠ درجة مئوية) ، في حين قام الباحثون (بهاء جورج واخرون) [٢] في بحثهم (المونة الحرارية الجاهزة ذات التصلب الهوائي) باستخدام ركام البوكسايت مع الكاؤولين وسيليكات الصوديوم لإنتاج مونة ذات تحمل حراري يصل الى (١٣٥٠ درجة مئوية) جاهزة الاستخدام تستخدم مباشرة في البناء او اللبخ للأفران ذات درجات الحرارة العالية وبذلك فأنها تعطي سيطرة نوعية عالية على الاعمال الموقعية اذ يمكن استخدامها في الاماكن التي يصعب الوصول اليها بسهولة, كما تم في البحث المنجز في دائرة بحوث البناء [٣] والذي تم فيه انتاج مونة حرارية باستخدام بدائل محلية لغرض التوفير في تكاليف المنتج اذ تم استخدام السمنت الابيض كبديل عن السمنت الحراري الالومينى المستورد كما تم استخدام الصمغ العربي كمحلول بديل عن محلول سيليكات الصوديوم.

٢.الهدف

يهدف البحث الى انتاج مواد بناء ذات ميزات وخصائص تحسن من نوعية المنتج وتجعله ذو كفاءة اعلى عند الاستخدام وفي هذا البحث حاولنا انتاج مونة حرارية خاصة تمتاز بمقاومة اعلى عند الربط وذات قابلية اعلى على مقاومة الامتصاص وذلك بإضافة نسب معينة من الالياف الزجاجية الى خليط المونة بهدف التقليل من التشققات التي تنشا في المونة.

٣- الجانب العملي

٣-١ المواد الاولية

٣-١-١ السمنت الابيض

وهو احد انواع السمنت البورتلاندي والذي يصنع بنفس طريقة تصنيع السمنت البورتلاندي العادي مع اضافة بعض المواد منها الكاؤولين الابيض او الحجر الجيري الطباشيري مع تقليل كميات اوكسيد الحديد، ولقد تم استخدامه في هذا البحث لإنتاجه محليا وانخفاض كلفته كمادة مضافة بديلة عن السمنت الالومينى العالي المقاومة للحرارة والذي يتم استيراده واستخدامه عادة في صناعة الحراريات، ويبين الجدول رقم (١) التحليل الكيميائي للسمنت المستخدم ,وتم اجراء التحليل الكيميائي له لمعرفة مكوناته ، وتم اختيار السمنت الابيض دون السمنت البورتلاندي الاعتيادي لان الاخير يحتوي على نسبة اقل من الالومينا ونسبة اعلى من الحديد وهذا يجعله اقل تحملا للحرارة كما اجري التحليل الفيزيائي للسمنت وكانت النتائج مطابقة للمواصفة القياسية العراقية رقم (٥) لسنة ٢٠١٨ [٤] المبينة في الجدول رقم (٢).

جدول رقم (١) نسب الاكاسيد المكونة للسمنت الابيض

الاكاسيد	السمنت الابيض %
L.O.I	٣,٣٤
SiO_2	٢١,٧١
Al_2O_3	٦,٢٨
Fe_2O_3	٠,٠٢
SO_3	٣,٠
CaO	٦٤,٣٢
MgO	١,٣٠
Total	٩٩,٩٧

جدول رقم (٢) الخواص الفيزيائية للسمنت الابيض مقارنة مع متطلبات المواصفة العراقية رقم ٥

الفحص	النتيجة	حدود المواصفة العراقية رقم ٥ لسنة ٢٠١٨ السمنت الابيض
النعومة سم^2/غم	٤١٧٤	٢٥٠٠ كحد ادنى
وقت التماسك		
الابتدائي(دقيقة)	٥٠	٤٥ كحد ادنى
النهائي(ساعة)	٣:٠٠	١٠ كحد اعلى
مقاومة الانضغاط (نت/م^2)		
عمر ٣ ايام	٢٧	١٥ كحد ادنى
عمر ٧ ايام	٣٤	٢٣ كحد ادنى

٣-١-٢ الكاؤولين الخام

تعتبر اطيان الكاؤولين ذات التركيب الكيميائي $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ من اهم انواع المعادن الطينية والتي تشمل ايضا اطيان المونتمورلينات والإلايت، استخدمت هذه الاصناف في الكثير من الصناعات ومنها صناعة الطابوق والسمنت والورق والعوازل الكهربائية والبلاستك بسبب الصفات الجيدة التي تكسبها للمنتج ،ويعتبر الكاؤولين من الاطيان المتبلورة ذات بلورات متناهية في الصغر تتراوح اقطارها من µm(١-١٠) وتعود معظم خواصه الى صغر حجم بلوراته وشكلها المسطح, ومن الصناعات المهمة التي تدخل اطيان الكاؤولين فيها هي صناعة الطابوق والمواد السيراميكية والحراريات كالخرسانة الحرارية والمونة الحرارية اضافة الى صناعة العوازل الكهربائية والبلاستك بسبب الصفات الجيدة التي تكسبها للمنتج ، ويكون اما كمادة اساسية مثل ركام المولوكايت [١] (كاؤولين محروق بدرجة ١٤٠٠درجة مئوية) او كمواد مضافة الى الخلطات للاستفادة من مقاومتها العالية للحرارة بسبب احتوائها على اكاسيد الالومينا والسيليكا او لزيادة قوة الربط قبل الحرق بين المكونات بسبب لدونتها العالية ،ويتم جلب اطيان الكاؤولين عادة من منطقة دويخلة في الصحراء الغربية واستخدم في هذا البحث لأغراض الربط وزيادة اللدونة ويبين الجدول رقم (٣) التحليل الكيميائي للكاؤولين الخام والذي يظهر مكوناته الاساسية الالومينا والسليكا وانخفاض نسبة الحديد فيه مما يساعد

جدول رقم (٣) نسب الاكاسيد المكونة للكاؤولين الابيض

الاكاسيد	الكاؤولين الابيض %
L.O.I	١٢,٣٥
SiO_2	٤٦,٤٥
Al_2O_3	٣٦,٢٦
Fe_2O_3	١,٢٣
SO_3	معدوم
CaO	٣,٠٧
MgO	٠,٤٢
Total	٩٩,٧٨

٣-١-٣ كروك كاؤولين

وهو كاؤولين طبيعي تم عجنه بالماء وتشكيله على شكل كرات صغيرة ثم حرقه بدرجة حرارة تصل الى ١٢٠٠ درجة مئوية وتكسيره ثم طحنه باستخدام الطاحونة بتقنية الطرد المركزي الى التدرج المطلوب ليمر أكثر من 95 %على الاقل من غربال رقم ٤٠ (٤٢٥ µm) ولم يزيد المتبقي منه على غربال رقم ٢٠ (٨٥٠ µm) عن ٠,٥ % مطابقا بذلك متطلبات المواصفة الامريكية ASTM C64ويبين الجدول رقم (٤) التحليل الكيميائي للكروك كاؤولين.

جدول رقم (٤) نسب الاكاسيد المونة للكروك كاؤولين

الاكاسيد	كروك كاؤولين %
L.O.I	٠,٣١
SiO_2	٥٩,٦٢
Al_2O_3	٣٢,٣٤
Fe_2O_3	٠,٩٤
SO_3	٢,٧٤
CaO	١,٢٧
MgO	١,١٧
Total	٩٧,٣٩

٣-١-٤ الالياف الزجاجية

تجهز الالياف الزجاجية على شكل كرات بيضاء اللون وهي عبارة عن حزمة من الخيوط الزجاجية يبلغ عددها ٤٠ خيط زجاجي ويتألف الخيط الواحد من ٢٠٤ شعيرة زجاجية, وان الالياف الزجاجية من اكثر المواد استخداماً في الصناعة والتسليح وبأشكالها المختلفة, بسبب قوة شدها العالي وكثافتها النوعية الواطئة, وبسبب كونها مادة خاملة كيمياوياً وتعتبر من المواد الرخيصة وتوجد انواع مختلفة من الالياف الزجاجية اعتماداً على كمية الاكاسيد المعدنية المضافة الى السليكا في عملية انتاجها, الالياف التي تم استخدامها في هذا البحث هي من نوع (E) وتمتاز بقوة شد عالية وقد تم تقطيع خيوط الالياف الى اطوال صغيره لا تتجاوز ٤ ملم باستخدام قاطعة يدوية[٥], ويبين الجدول رقم (٥) خواصها الفيزيائية ومكوناتها الكيميائية, ان السبب الرئيسي لاستخدام هذا النوع من الالياف هو كثافتها النوعية الواطئة التي تساهم بصورة فعالة في تخفيض كثافة المونة الحرارية, ويبين الشكل رقم (١) نموذج من الالياف الزجاجية.

شكل رقم (١) الالياف الزجاجية

جدول رقم (٥) نسب الاكاسيد والخواص الفيزيائية للألياف الزجاجية

الاكاسيد	%
SiO_2	٥٤
Al_2O_3	١٤
CaO	١٧,٥
MgO	٤,٥
B_2O_5	١٠
الخواص الفيزيائية	نتيجة الفحص
الكثافة غم/سم^3	٠,٢
قوة الشد نت/مم^2	٣٤,٥

٣-١-٥ سيليكات الصوديوم

تم استخدام مادة سيليكات الصوديوم المتوفرة محليا في الاسواق بأسعار مناسبة والمبينة خواصها في الجدول رقم (٦) وقد تم تخفيفها بماء الاسالة بنسبة ٢٪ للحصول على محلول مائي يضاف الى الخليط الجاف وبنسب معينة.

جدول رقم (٦) مواصفات سيليكات الصوديوم

SiO_2%	Na_2O%	النقاوة	البومية
٣٣,٧-٣٣,١	١٤,٦-١٤,٢	٤٨-٤٧,٥	٥٢,٣٠-٥١,٥٠

٣-٢ خلط المواد الاولية

بعد ان تم تهيئة المواد الاولية واجراء الفحوص المختبرية لها ومطابقتها مع المواصفات العالمية ,تم تهيئة (٥) خلطات وبنسب خلط مختلفة من هذه المواد والتي تشمل الكروك كاؤولين كمادة اساسية واضيف لها السمنت الابيض كمادة رابطة في جميع الخلطات كما اضيف الكاؤولين الابيض اليها ,في حين اضيفت الالياف بنسب مختلفة ,وخلطت جيدا لضمان تجانس الخليط الجاف، تم تهيئة نماذج المونة بإضافة محلول سيليكات الصوديوم المائي الى الخليط الجاف ،واجريت عملية الخلط باستخدام خلاط كهربائي لضمان الحصول على التجانس والقوام المطلوب وحسب المواصفة القياسية الامريكية ASTM C199-84 [٧] ويبين الجدول رقم (٧) تفاصيل الخلطات ونسب خلط المواد الاولية.

جدول رقم (٧) تفاصيل مكونات خلطات المونة الحرارية ونسب الخلط للمواد الاولية

رمز الخلطة	كروك كاؤولين %	سمنت ابيض %	كاؤولين خام %	الياف زجاجية %
Aref.	٧٥	٢٠	٥	٠
B	٧٥	٢٠	٥	٠,٥
C	٧٥	٢٠	٥	٠,٧٥
D	٧٥	٢٠	٥	١
E	٧٥	٢٠	٥	١,٢٥

٣-٣ تهيئة النماذج

تم تشكيل النماذج باستخدام قوالب قياسية بالأبعاد cm(٥*٥*٥) وبعدد (٨) نماذج لكل خلطة استنادا الى دراسة سابقة [١] وتم حرقها بدرجة حرارة واحدة (١٢٠٠) درجة مئوية لاختبار تأثير الالياف على خواص المونة وبالأخص فحص قوة الربط Bonding Strength قبل الحرق حسب المواصفة الامريكية ASTM C198-02 [٧] وذلك بتقطيع طابوق حراري عدد (3) الى نصفين متساويين تربط بالمونة المهيئة حيث توضع المونة على وجه نصف الطابوقة الاول ثم يوضع نصف الطابوقة الثاني على المونة بعد وضع مساند قطر (3mm) لتحديد سمك مونة الربط على هذا المقدار وتضغط باليد ويعدل سطح المونة ويرفع الزائد منها من جوانب الطابوقة وتكرر الخطوات للطابوقتين الاخريين ، وبعدها تترك النماذج عند درجة حرارة المختبر لمدة (٢٤) ساعة ثم توضع بعدها في فرن التجفيف بدرجة حرارة(١١٠) درجة مئوية بنفس الفترة الزمنية اعلاه ثم تخرج من فرن التجفيف وتترك لتبرد في درجة حرارة المختبر لأجراء الفحوص المختبرية لها قبل الحرق ,ويبين الشكل رقم (٢) النموذج المهيأ لفحص قوة الربط بعد التجفيف ,تم حرق النماذج المجففة ولجميع الخلطات وبدرجة حرارة ١٢٠٠ درجة مئوية ويبين الشكل رقم (٣) النماذج بعد الحرق.

شكل رقم (٢) نموذج لربط طابوقتين بالمونة بعد التجفيف

شكل رقم (٣) نماذج خلطات المونة المصنعة بعد الحرق

٣-٤ الفحوص المختبرية:

تم اجراء عدد من الفحوص المختبرية على النماذج المهيئة وقد اجريت الفحوص على النماذج بعد التجفيف بدرجة حرارة ١١٠ درجة مئوية وبعد الحرق بدرجة حرارة ١٢٠٠ درجة مئوية وتمت مقارنة النتائج للنماذج المحتوية على الالياف الزجاجية مع نتائج فحص الخلطة المرجعية لمعرفة مدى تأثير الالياف على خواص المونة المهيئة وشملت الفحوص التالية:

٣-٤-١ فحص الكثافة:

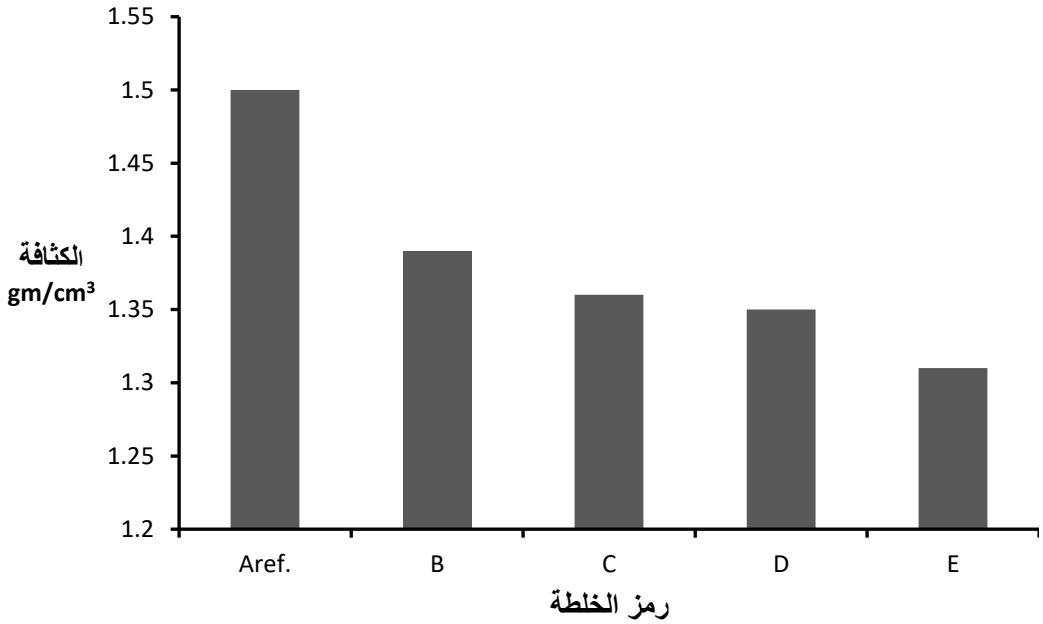
يعتبر فحص الكثافة من الفحوص المهمة التي تساعد في ضمان جودة المونة وملائمتها للاستخدام المحدد وتساعد في تحديد خواص المنتج مثل المقاومة للحرارة والضغط كما تشير الى اسلوب توزيع المواد ضمن الخلطة ونوع وحجم الفجوات المتكونة داخل البنية الهيكلية للمونة والتي تؤثر على قيم الكثافة للمنتج ,وقد اجري الفحص على نماذج المونة المجففة بدرجة حرارة ١١٠ م^{o} والمحروقة بدرجة حرارة ١٢٠٠ م ويبين الجدول رقم (٨) نتائج الفحص للمونة قبل الحرق فيما يوضح الجدول رقم (٩) قيم الكثافة بعد الحرق, كما يوضح الشكل رقم (٤) نتائج فحص الكثافة بعد الحرق.

جدول رقم (٨) نتائج فحوص المونة الحرارية الكاؤولينية بعد التجفيف بدرجة ١١٠ درجة مئوية

رمز الخلطة	كروك كاؤولين %	سمنت ابيض %	كاؤولين خام %	الالياف الزجاجية %	الكثافة gm/cm^3	الامتصاص %	المسامية %
Aref.	٧٥	٢٠	٥	٠	١,٥٤	٢٣,٤٢	٣٦,٤٢
B	٧٥	٢٠	٥	٠,٥	١,٤٣	٢٥,٢٤	٣٨,٣٧
C	٧٥	٢٠	٥	٠,٧٥	١,٤٠	٢٧,٣٢	٤٠,١٢
D	٧٥	٢٠	٥	١	١,٣٨	٢٨,٩٤	٤٠,٨٢
E	٧٥	٢٠	٥	١,٢٥	١,٣١	٣٠,٢٨	٤١,٤٩

جدول رقم (٩) نتائج فحص المونة الحرارية الكاؤولينية بعد الحرق بدرجة حرارة ١٢٠٠ درجة مئوية

رمز الخلطة	كروك كاؤولين %	سمنت ابيض %	كاؤولين خام %	الياف الزجاجية %	الكثافة gm/cm³	الامتصاص %	المسامية %
Aref.	٧٥	٢٠	٥	٠	١,٥٠	٢٤,٩٤	٣٩,٥٣
B	٧٥	٢٠	٥	٠,٥	١,٣٩	٣٠,١٩	٤٢,٦٢
C	٧٥	٢٠	٥	٠,٧٥	١,٣٦	٣٠,٦٨	٤٣,٥٠
D	٧٥	٢٠	٥	١	١,٣٥	٣٢,٨٦	٤٣,٩٠
E	٧٥	٢٠	٥	١,٢٥	١,٣١	٣٣,١٠	٤٤,٩

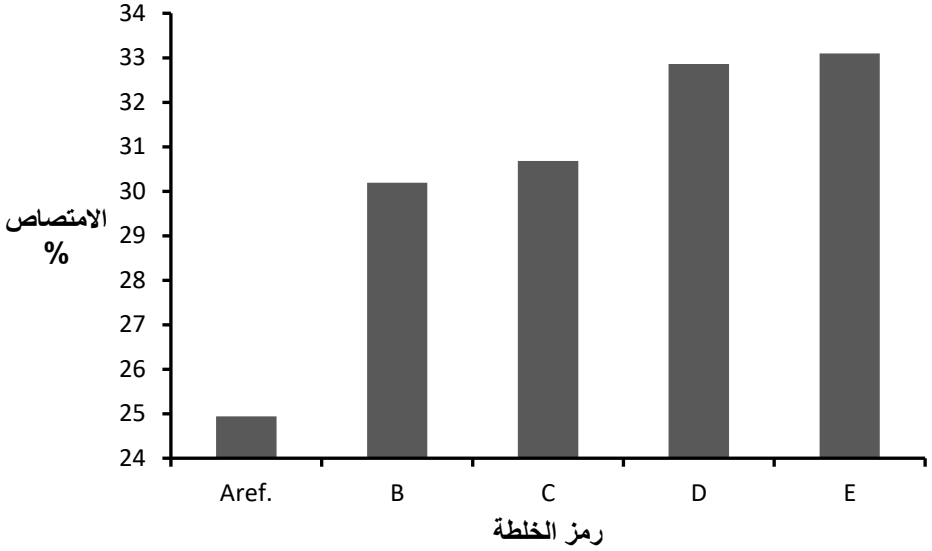


شكل رقم (٤) نتائج فحص الكثافة النماذج المونة بعد الحرق

٣-٤-٢ فحص الامتصاص:

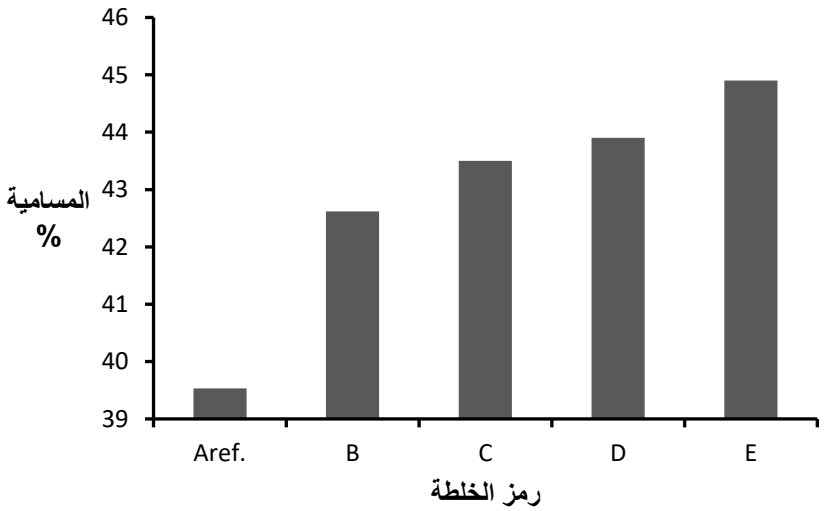
يتأثر امتصاص المونة بشكل ونوع المسامات المتكونة عند التشكيل وبعد الحرق ويتأثر بنوع المكونات الداخلة في صناعة المونة وقابليتها على امتصاص الماء، وقد اجري الفحص على نماذج المونة المجففة والمحروقة وكما مبين في الجدول رقم (٨) والجدول رقم (٩) على التوالي، ويبين الشكل رقم (٥) نتائج فحص الامتصاص بعد الحرق.

شكل رقم (٥) نتائج فحص الامتصاص لنماذج المونة بعد الحرق



٣-٤-٣ المسامية:

تتأثر نتائج فحص المسامية بكثافة المنتج وقد اجري الفحص على نماذج المونة المجففة والمحروقة ولجميع نسب الخلط من الالياف ويبين الجدول رقم (٨) نتائج الفحص للمونة المجففة في حين يبين الجدول رقم (٩) النتائج بعد الحرق، ما الشكل رقم (٦) يبين النتائج بعد الحرق.



شكل رقم (٦) نتائج فحص المسامية لنماذج المونة بعد الحرق

٣-٤-٤ فحص قوة الربط:

ويعتبر من اهم الفحوص الخاصة بمونة الربط حيث تشير نتائج الفحص الى مدى نجاح المونة ومطابقتها للمواصفات العالمية عند ربط وحدات الطابوق الحراري عند الاستخدام، اجري الفحص لنماذج المونة المشكلة ولجميع نسب الاضافة من الالياف الزجاجية، اضافة الى الخلطة المرجعية لغرض المقارنة ومعرفة تأثير الالياف على خاصية الربط وتم الفحص بأسلوب الانثناء لقياس معاير الكسر باستخدام طريقة النقاط الثلاثة وحسب المواصفة ASTM C198-02، تم احتساب القيم حسب المعادلة التالية:

$$MOR= 3PL/ 2bd^2 \quad \text{----------} \quad (١)$$

حيث ان:

MOR = معاير الكسر (N/mm^2)

P = القوة المسلطة عند الفشل (N)

L = المسافة بين المساند (mm)

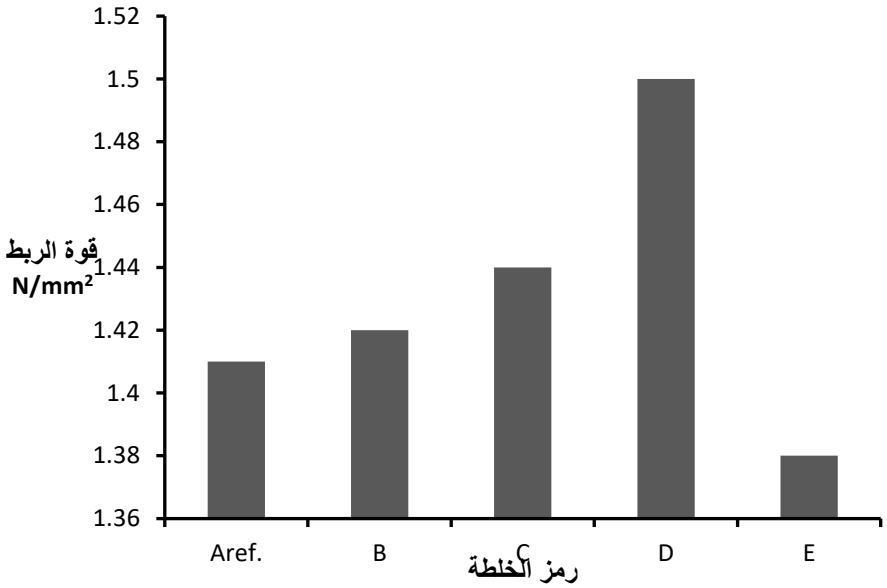
b = عرض النموذج (mm)

d = سمك النموذج (mm)

قيمت نتائج الفحص حسب متطلبات المواصفة الامريكية ASTM C64، وكما مبين في الجدول رقم (١٠) في حين يبين الشكل رقم (٧) نتائج فحص قوة الربط قبل الحرق.

جدول رقم (١٠) نتائج فحص قوة الربط حسب حدود المواصفة الامريكية ASTM C64

رقم الخلطة	A	B	C	D	E
قوة الربط قبل الحرق N/mm^2	١,٤١	١,٤٢	١,٤٤	١,٥٠	١,٣٨
التحمل الحراري عند الحرق بدرجة حرارة ١٢٠٠ ^{o}م	غير منصهر	غير منصهر	غير منصهر	غير منصهر	غير منصهر



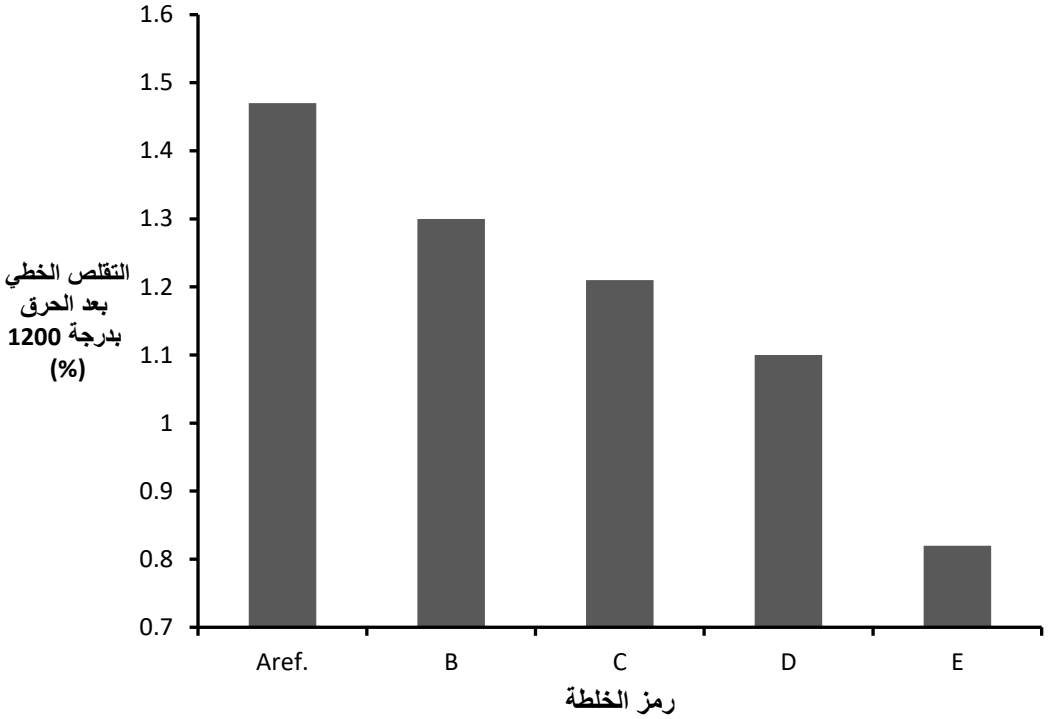
شكل رقم (٧) نتائج فحص قوة الربط للمونة قبل الحرق

٣-٤-٥ فحص التقلص الخطي بعد الحرق:

تم اجراء الفحص لنماذج المونة بعد الحرق لدرجة حرارة ١٢٠٠م^{o} ولجميع نسب الاضافة من الالياف الزجاجية اضافة الى الخلطة المرجعية لغرض المقارنة وكما مبين في الجدول رقم (١١) في حين يبين الشكل رقم (٨) نتائج الفحص بعد الحرق.

جدول رقم (١١) نتائج فحص التقلص الخطي لنماذج المونة بعد الحرق

رقم الخلطة	A	B	C	D	E
التقلص الخطي عند درجة حرارة C^{o} 1200 %	١,٤٧	١,٣	١,٢١	١,١	٠,٨٢



شكل رقم (٨) نتائج فحص التقلص الخطي بعد الحرق لدرجة ١٢٠٠م°

٤- المناقشة

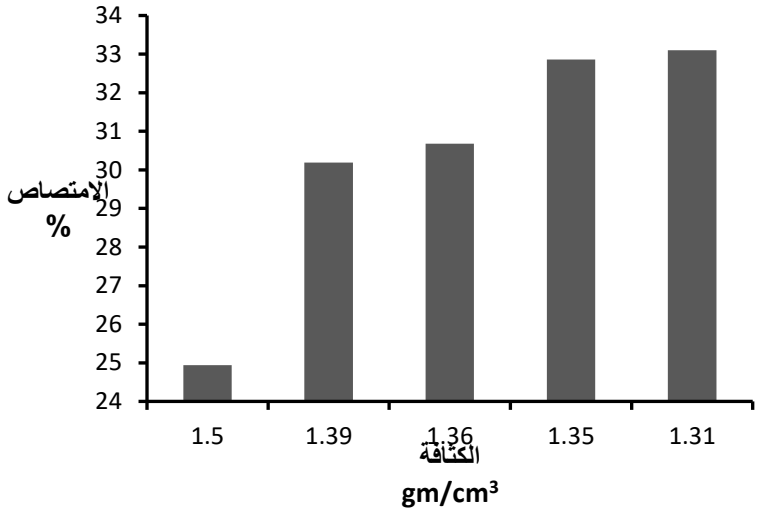
٤-١ الكثافة

نلاحظ من نتائج فحص الكثافة للنماذج بعد التجفيف بدرجة ١١٠ م° وبعد الحرق بدرجة ١٢٠٠ م° ان قيم الكثافة تنخفض مع زيادة نسب الاضافة من الالياف الزجاجية ويزداد الانخفاض مع زيادة نسبة الالياف ويعود ذلك الى استبدال جزء من الخليط الجاف للمونة والمكون من مواد ذات كثافة عالية (الكروك كاؤولين والكاؤولين الخام والسمنت الابيض) بنسبة من الالياف الزجاجية ذات الكثافة المنخفضة (٠,٢غم|سم^{3} وقد اظهرت النتائج المبينة في جدول رقم (٩) وشكل رقم (٤)انخفاض الكثافة بنسبة (٠,٠٧,٠,٠٩,٠,١,٠,١٢) للخلطات (B,C,D,E)على التوالي للنماذج المحروقة بدرجة ١٢٠٠م° مقارنة مع الخلطة المرجعية (A).

٤-٢ الامتصاص

تعتبر خاصية الامتصاص للمونة من الصفات التي تؤثر سلبا عليها عند الاستخدام وتتأثر هذه الخاصية بكثافة المونة وقد اظهرت النتائج للنماذج المجففة والمحروقة ان امتصاص المونة يزداد مع زيادة نسب الاضافة من الالياف ومع انخفاض الكثافة ويعود ذلك الى ان استبدال المادة الجافة للخليط بالألياف مما يؤدي الى تكون نوع من المسامات بين المادتين المختلفة تسمح بدخول الماء او نفاذ الغازات وهو مؤشر غير جيد للمونة وتوضح النتائج

المبينة في الجدول رقم (٩) والشكل رقم (٥) ان الامتصاص ارتفع بنسبة (٠,٢١٪) للخلطة B عن الخلطة المرجعية في حين استمر الارتفاع ليصل الى نسبة (٠,٢٥٪) للخلطة E مقارنة مع امتصاص الخلطة المرجعية للنماذج بعد الحرق وهي احد اسباب عدم زيادة نسبة الاضافة من الالياف الى المونة ويبين الشكل رقم (٩) العلاقة العكسية بين الكثافة والامتصاص بعد الحرق.



شكل رقم (٩) العلاقة بين خاصية الكثافة والامتصاص لنماذج المونة بعد الحرق

٤-٣ المسامية

يعتبر فحص المسامية مؤشرا واضحا على النتائج التي يتم الحصول عليها في فحوص الكثافة والامتصاص وقد تم اجراء الفحص لنماذج المونة المجففة والمحروقة وتشير النتائج المبينة في الجدول رقم (٩) والشكل رقم (٦) الى ارتفاع قيم المسامية مع ارتفاع قيم الامتصاص وزيادة نسبة الالياف في النماذج وهذا يعود الى ان التلاصق بين الالياف والخليط اقل من الالتصاق بين دقائق الخليط للمونة مما يؤدي الى تكون فراغات في الخليط تزيد من مسامية الجسم.

٤-٤ قوة الربط

يعتبر هذا الفحص من اهم الفحوص الخاصة بالمونة لأنه مؤشرا على قوة الترابط بين وحدات البناء الحرارية سواء كانت طابوق حراري او وحدات خرسانية حرارية ولابد من توفر قوة كافية لربط وحدات البناء قبل الحرق في الافران وبعد عملية الحرق تحافظ المونة على تماسك وحدات البناء مع بعضها اثناء الاستخدام , وتأتي اهمية الالياف بالذات لتحسين قوة الترابط قبل وبعد الحرق حيث لوحظ ازدياد القوة مع ارتفاع نسبة الالياف كونها تربط

دقائق المادة مع بعضها البعض وتجعل من الصعب تكسر المونة وتقلل من التشقق الذي يحصل بعد التجفيف وبالتالي تحسين خواص المنتج ونلاحظ من نتائج الفحص المبينة في الجدول رقم (١٠) والشكل رقم (٧) ارتفاع قوة الربط قبل الحرق مع زيادة نسبة الالياف بسبب البنية الهيكلية القوية للألياف الزجاجية والتي تنعكس على البنية الهيكلية للمونة المحتوية عليها واستمر الارتفاع في القيم للخلطات (B,C,D) في حين عاد وانخفض للخلطة (E) والتي تحوي نسبة اضافة ١,٢٥٪ من الالياف وهذا يعود الى ان كمية الخليط للمونة انخفض الى حد كبير في الخليط مما قلل من تكون هيكل متماسك من المادة الرابطة لمكونات المونة.

٤-٥ التقلص الخطي بعد الحرق

يرتبط التقلص الخطي للمونة بعد الحرق بعدة خواص اهمها المسامية وقوة الربط اذ يحدث التقلص في الاجسام عادة عند وجود نسبة من المسامات في الهيكل للمادة مما يسمح بخروج الغازات الناتجة من احتراق المواد العضوية وتكون اطوار جديدة وانصهار اثناء الحرق تؤدي الى انكماش في الجسم وحدوث التقلص الخطي ,اضافة الى فقدان الماء السطحي عند الحرق مما يسبب بخروج الماء الداخلي الى السطح وفقدانه ومع استمرار الفقدان للماء الداخلي يحدث الانكماش وتطهر التشققات في الجسم المحروق[٨] ,ونلاحظ من نتائج الفحص والمبينة في الجدول رقم (١١) والشكل رقم (٨) ان قيم التقلص تنخفض مع زيادة نسب الالياف وهذا يرجع الى استبدال جزء من خليط المونة الذي يحتوي على السمنت الابيض وسيليكات الصوديوم والكاؤولين والتي تتأثر بالحرارة والاحتراق مما يسبب في انبعاث غازات وانصهار مواد تعمل على ملئ المسامات المتكونة وبالتالي حدوث تقلص في الجسم.

٥.الاستنتاجات

من نتائج الفحوص المختبرية التي اجريت على نماذج المونة قبل وبعد الحرق الى درجة حرارة ١٢٠٠ م^{o} نستنتج التالي:

١.اضافة الالياف الزجاجية ولجميع نسب الخلط الى خليط المونة يعمل على تقليل الكثافة ويزداد انخفاض قيم الكثافة مع زيادة نسبة الالياف.

٢.اضافة الالياف الزجاجية تؤدي الى زيادة قيم الامتصاص للمونة قبل وبعد الحرق.

٣. اضافة الالياف الى المونة تعمل على زيادة نسبة المسامية قبل وبعد الحرق.

٤.اضافة الالياف الى المونة تؤدي الى زيادة قوة الربط وتزداد القوة مع ارتفاع نسب الاضافة.

٥.وجود نسبة من الالياف الزجاجية في المونة تقلل من التقلص الخطي بعد الحرق.

٦.أفضل خلطة تم الحصول عليها هي الخلطة (D) والتي تحتوي على نسبة ١٪ من الالياف الزجاجية حيث اعطت قوة ربط بقيمة ١,٥N/mm^2 قبل الحرق وهي اعلى قيمة من بين باقي الخلطات وهي اهم صفة لمونة الربط وبكثافة ١,٣٥ gm/cm^3 وتقلص خطي ١,١٪ بعد الحرق الى درجة ١٢٠٠ م^{o} وكانت مطابقة للمواصفات العالمية.

٧.كان لزيادة نسبة الاضافة من الالياف الى ١,٢٥٪ للخلطة (E) تأثير سلبي على قوة الربط والتي انخفضت الى ١,٣٨ N/mm^2.

٦.التوصيات

من نتائج البحث والتي استندت على الفحوص المختبرية لنماذج المونة نوصي بإيجاد بدائل تستخدم للإضافة الى مكونات المونة مما يؤدي الى زيادة قوة الربط مع تحسين لباقي مواصفات المونة كاستخدام الالياف الكاربونية لإنتاج مونة حرارية رابطة ذات مواصفات عالية والعمل على تسويقها في الاسواق المحلية كبديل عن المونة المستوردة.

٧.المصادر

[١] الجباري, صبحي (١٩٩٢) "المونة الحرارية" بحث (النشرة العلمية ٨) - مركز بحوث البناء.

[٢] جورج, بهاء (٢٠٠١) "المونة الحرارية الجاهزة ذات التصلب الهوائي" بحث (النشرة العلمية) - مركز بحوث البناء.

[٣] ممتاز, زياد (٢٠١٦) "انتاج مونة حرارية باستخدام بدائل متوفرة محليا " بحث (النشرة العلمية) – مركز بحوث البناء.

[٤] المواصفة القياسية العراقية للسمنت البورتلاندي (I.Q.S) ,٢٠١٨, رقم ٥.

[5] Abel W. Ourgessa and other (2024), "Sustainable materials from alkali-activated waste fiberglass and waste refractory" Open journal Ceramics, V20, Article100678, PP2.

[6] ASTM Standard, C199 (1984) "Standard Test Method for Pier Test for Refractory Mortars1".

[7] ASTM Standard, C198 (1984) "Standard Test Method for Cold Bonding".

[8] Yanbin Zhu, Yi Wu, Linhui Wan, Xiling Zhou (2025), " Effect of Different Mineral Admixtures on the Dry Shrinkage and Mechanical Properties of Mortar", Journal of Architectural Research and Development Volume 9, Issue 2, PP52-59.

Building Research Journal
Volume 10 Number 1 2025

Improving the Properties of Kaolinite Refractory Mortar using Fibers

[*1] Ziad M. Muhammad, [2] Hind H. Hamad, [1] Thamer A. Abdul-Reda, [1] Muhammad M. Hadi

[1] Ministry of Construction, Housing, Municipalities and Public Works / Building Research Directorate, Baghdad, Iraq.
[2] Theoretical Science Department, College of Physical Education and Sport Sciences, University of Baghdad, Baghdad, Iraq.

ABSTRACT

In this research, a thermal bonding mortar was developed for use in bonding thermal building units such as thermal bricks and thermal concrete blocks of various sizes, types, and applications in industrial furnaces. The mortar was composed of kaolin as a fine aggregate, raw kaolin, and locally produced white cement as an alternative to thermal cement. A 2% addition of sodium silicate solution was also included to form the dry mix. A heat-resistant fiber, namely fiberglass, was incorporated at varying ratios of 0.5%, 0.75%, 1%, and 1.25% by weight of the dry mixture to enhance the bonding properties of the mortar resulting in six types of mixtures, including a reference mix and five others containing the different fiber percentages. Laboratory tests were conducted on the mortar samples before burning (density, absorption, porosity, bonding strength). After which all samples were burned at a temperature of 1200°C, followed by after burning tests (density, porosity, absorption, longitudinal shrinkage). The test results indicated that mixture (D), consisting of 75% kaolin clay, 20% white cement, and 5% raw kaolin with the addition of 1% fiberglass by weight of the dry ingredients, exhibited the highest bonding strength of 1.5 N/mm². The physical test results conformed to the American Standard Specifications (ASTM C64), confirming good thermal resistance at the specified burning temperature of 1200°C.

Keywords: Thermal mortar, Fiberglass, Bonding mortar.

* Corresponding Author: Ziad M. Muhammad - ziyad2005@yahoo.com