دراسة إمكانية تصنيع طابوق ناري دولومايتي- مغنيسي من بدائل عراقية

م.م.رضا حميد مجيد
مدرس مساعد / المعهد التقني كربلاء / هيئة التعليم التقني

المستخلص

الهدف من هذه الدراسة هو بحث إمكانية إنتاج طابوق ناري دولومايتي- مغنيسي من صخور الدولومايت وأوكسيد المغنيسيوم وذلك لتوفر المصادر الأولية لهذه الصناعة بكميات كبيرة.أجريت الفحوص الأولية لإيجاد المكونات الكيميائية والمعدنية للمواد الأولية (الدولومايت ،السربنتين وأوكسيد المغنيسيوم) لمعرفة مدى ملائمتها لإنتاج طابوق ناري دولومايتي- مغنيسي . تم تحضير تسعة خلطات بنسب مختلفة من المواد الأولية وأحرقت عند (1550)°م بعد إجراء فحص المجهر الحراري عليها لإنتاج نماذج الكلنكر.تم دراسة تفاعلات الأطوار والتغيرات المعدنية التي حدثت داخل النماذج المحروقة بواسطة جهاز فحص حيود الأشعة السينية.

أجريت عملية التكسير والطحن والتوزيع الحجمي الحبيبي للنماذج المحروقة ، تم تشكيل نماذج الطابوق الناري بطريقة الكبس شبه الجاف بضغط (1000 كغم/سم^2) بعد إضافة 6% من المادة الرابطة (النفط الأسود) لتجنب إماهة النماذج ثم حرقت عند درجة حرارة (1550)°م.

أجريت الفحوصات العامة لنماذج الطابوق المنتجة.أثبتت الدراسة إمكانية استغلال المتوفر من المواد الأولية في القطر لإنتاج هذا النوع من الحراريات لتبطين أفران الحديد والصلب وأفران الاسمنت.

Abstract

The study aimed to investigate the ability to produce dolomite – magnesite refractory bricks from dolomite rock , Serpentine rock and magnesium oxide.

Preliminary test has been done to determine the chemical and mineralogical constitution of raw material (dolomite, serpentine and magnesium oxide)to find their suitability for production of dolomite – magnesite refractory bricks .Nine refractory body mixtures where prepared with different amounts of raw materials and fired at 1550 ^{O}C after testing the softening point to produce clinkers samples. Phase reactions and mineralogical changes that occurred in the fired mixtures were studied by mean of x-ray analysis. Crushing , grinding and grain size distribution were carried on prepared clinker. Heavy oil were used as a binder with the samples , Samples of dolomite– magnesite refractory bricks has been done by using semidry pressing with molding pressure of 1000 kg/cm^2 and firing at 1550°C .

The technological properties of sample briquettes were determined . results indicated that the raw materials could be used as possible as a source for the manufacture of dolomite – magnesite refractories mainly required for steel and cement industries in Iraq .

المقدمة

الدولومايت مادة قاعدية ذات درجة انصهار عالية،تعتبر حراريات الدولومايت من الحراريات المثالية لإمكانية استخدامها عند درجات حرارية عالية إضافة الى رخص ثمنه مقارنة مع الحراريات القاعدية الأخرى كالمغنسايت والكرومايت،لكن ميله الشديد لامتصاص الرطوبة حال دون تطور الدراسات والبحوث المتعلقة بتطويره خصوصا مع وجود مصادر المواد الاولية للحراريات البديلة في جنوب شرق آسيا مما أدى الى انحسار استخدامه،أعيد استخدامه مرة أخرى أثناء الحرب العالمية الثانية بعد انخفاض معدل تجهيز الحراريات نوع كروم - مغنسايت والمغنسايت. وقد لوحظ بأنها تستخدم بكفاءة عالية قد تصل إلى كفاءة المغنسايت[1].
الدولومايت ملح ثنائي متكون من كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم [$Ca.Mg(CO_3)_2$] .عندما يحرق الدولومايت لحد (1000)°م يحدث فقدان كبير في الوزن نتيجة تحرر ثاني أوكسيد الكاربون ويكون هذا الفقدان مصحوباً بتقلص كبير .

$$Ca.Mg(CO_3)_2 \rightarrow CaO + MgO + 2CO_2$$

أكثر استعمالات الدولومايت في تبطين أفران صناعة الحديد و الصلب و يعتبر من الحراريات المثالية نظراً لخواصه الجيدة . لكن من مساوئه كونه يميل إلى تفاعله مع الرطوبة و ثاني أوكسيد الكاربون الموجدان في الجو مما يؤدى إلى تلفه نتيجة للاجهادات الداخلية بسبب الزيادة في الحجم اثر ذلك التفاعل.لذا تعددت البحوث والدراسات لغرض منع ذلك التفاعل والحصول على طابوق دولومايتي مستقر أو شبه مستقر.

اتجهت البحوث و الدراسات إلى إمكانية إنتاج طابوق ناري دولومايتي ثابت أو شبه ثابت ومنها [1،2،3،4،5]

1- أنتاج طابوق ناري دولومايتي شبه ثابت عن طريق إضافة مواد عند تفاعلها مع مكونات الدولومايت تكون معادن ذات درجات انصهار واطئه مكونه سائل أثناء الحرق يغطي حبيبات أوكسيد الكالسيوم المسبب الرئيسي للاماهة . وبذلك تقلل من اتصال هذا الاوكسيد مع الرطوبة و ثاني أوكسيد الكاربون . كما استخدمت المخلفات النفطية كالقار والإسفلت كمادة رابطة للدولومايت تكون طبقة من الكاربون المتبقي بعد الحرق حول حبيبات أوكسيد الكالسيوم الحر و بذلك تقلل من اتصاله مع الجو المحيط[3،2،1،4،5].

2- أنتاج طابوق ناري دولومايتي ثابت ضد الرطوبة و ثاني أوكسيد الكاربون عن طريق إضافة مواد إلى الدولومايت كالسيربنتين والكاؤولين تتفاعل مع أوكسيد الكالسيوم الحر وتكوين مركبات مستقرة (لا تتأثر بالرطوبة) لعدم وجود أوكسيد كالسيوم الحر.لكن الخواص العامة لهذا الطابوق اقل مما في الطابوق الناري شبه الثابت.

3- إنتاج طابوق ناري دولومايتي- مغنيسي ثابت وشبه ثابت بإضافة اوكسيد المغنيسيوم لزيادة مقاومة الطابوق للخبث والتغير الحراري المفاجئ إضافة إلى رفع درجة التلين تحت الحمل.

إن وجود كميات هائلة من معدن الدولومايت في مناطق مختلفة من العراق تعتبر مصدر موثوق لصناعة الطابوق الناري الدولومايتي – المغنيسي .كما يعتبر الدولومايت مصدر رئيسي لإنتاج أوكسيد المغنسيوم.حيث لم تتوفر في العراق مشاريع كبيرة لاستهلاك تلك المادة منذ 1982[4].

الجزء العملي

تهيئة و تحضير المواد الأولية

المواد الأولية التي تم تهيئتها هي(100) كغم من حجر الدولومايت و(50) كغم من مادة السيربنتين (سيليكات المغنسيوم المائية) و(10) كغم من اوكسيد المغنسيوم.وهذه الكميات كافية لتصنيع كافة النماذج المطلوبة للبحث. تم إجراء عمليات التكسير والتصغير الحجمي لأحجار الدولومايت (size reduction) بمرحلتين بواسطة كسارة فكية وطاحونة كروية, بحيث تم الحصول على مسحوق ناعم عابر من منخل رقم (100)(قطر مكافئ 178مايكرومتر) . كما أنتج مسحوق ماده السربنتين بنفس الأسلوب.

فحص المواد الأولية

التحليل الكيميائي

تم إجراء هذا التحليل في الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية للمواد الأولية(الدولومايت, السربنتين والمغنسيات) لمعرفة نسبة المكونات الأساسية للمواد الأولية والشوائب المرافقة لها والجدول (1) يبين نتائج هذا التحليل.

التحليل المعدني

تم أجراء هذا التحليل في الجهاز المركزي للتقييس و السيطرة النوعية للمواد الأولية للتأكد من نوع المواد الأولية و الشوائب المرافقة لها وذلك باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) والشكل (1) يبين نتائج هذا التحليل.

فحص المجهر الحراري

لغرض التعرف على سلوك المواد الأولية أثناء التسخين وما يرافق ذلك من تغيرات كالتقلص والتمدد والانصهار تم استعمال المجهر الحراري الموجود في مركز بحوث البناء لهذا الغرض وكما موضح بالشكل(3).

تحضير الكلنكر

تهيئة خلطات التشكيل

من خلال نتائج التحليل الكيميائي الذي أجري على المواد الأولية تم تحضير (9) تسعة خلطات من مزج نسب مختلفة من المواد الأولية المطحونة مسبقاً مع 0,5% من حامض البوريك[6] لكل خلطه لمنع تفتت الطابوق نتيجة تكون مركبات ذات معامل تمدد حجمي عالي .تم خلط المادة الأولية جيداً وامرارها على منخل رقم (100) لضمان تجانس الخليط.

تشكيل النماذج

بسبب طبيعة المواد الأولية غير اللدنة تم اختيار طريقة الكبس شبه الجاف لتشكيل النماذج . وباستخدام ضغط 1000 كغم/سم^2 عن طريق مكبس هيدروليكي تم تحضير نماذج اسطوانية ذات قطر وارتفاع متساويين (50) ملم[7]. تم بعدها تجفيف النماذج للتخلص من ماء التشكيل.

عملية الحرق

اعتماداً على نتائج فحص المجهر الحراري تم تحديد درجة الحرارة (1550)°م كدرجة حرارة لحرق نماذج البحث داخل فرن كهربائي . وتم التسخين بعدة مراحل لغاية (1550)°م.تركت النماذج عند هذه الدرجة ساعتين كزمن إنضاج،أطفأ الفرن وبقيت النماذج فيه حتى الوصول إلى درجة حرارة المختبر. ويمكن الاشارة الى ان المادة المنتجة من هذه المرحلة تعتبر كلنكر وتمثل المادة الأولية لصناعة هذا النوع من الطابوق.

فحوص ما بعد الحرق

التحليل الكيمياوي والمعدني

من أجل الكشف عن مختلف الأطوار المعدنية المتكونة في نماذج الكلنكر تمت الاستعانة بجهاز حيود الأشعة السينية(XRD) الموجود في مركز بحوث البناء لتتبع تكون المعادن في الخلطات المختلفة . كما تم إجراء التحليل الكيمياوي لمعرفة نسب المكونات الأساسية للخلطات باستخدام الطريقة الرطبة . والشكل (2) والجدول(2) يمثلان كل من نتائج التحليل المعدني والكيميائي لخلطات البحث.أما الجدول (3) فيمثل نتائج الحسابات النظرية لخلطات البحث[2].

تهيئة الكلنكر لتشكيل النماذج المختبرية.

عملية الطحن

تم إجراء عملية الطحن لنماذج الكلنكر بعدة مراحل بحيث يمر جميع ناتج الطحن خلال منخل رقم (65).

التوزيع الحجمي للنماذج

تم استخدام طريقة الرص(packing)[8] لتحديد أفضل توزيع حجمي للحبيبات وبالتالي الحصول على أفضل كثافة مفككة(Loose bulk density) والتي تعتمد على مزج نوعين من الدقائق المختلفة الحجم. حيث تم تصنيف مسحوق الكلنكر إلى جزئين،الدقائق الخشنة تم عبورها من منخل رقم (65) والناعمة عبر منخل رقم (100) شكل(4).

تحضير نماذج الطابوق الناري

عملية التشكيل

بعد إضافة 6% من النفط الأسود على مسحوق الكلنكر كمادة رابطة و خلطه جيداً بعد تسخينها إلى درجة حرارة 150 م° لضمان توزيع متجانس للمادة الرابطة خلال دقائق الكلنكر تم تشكيل نماذج قياسية بقطر وطول متساويين (50)ملم. تحت ضغط تشكيل مقداره (1000) كغم/سم^2.

عملية الحرق

تم اختيار درجة حرارة (1550)°م لحرق النماذج المشكلة و تم التسخين بثلاث مراحل ذات معدلات تسخين مختلفة. تركت النماذج عند هذه الدرجة ساعتين كزمن إنضاج،أطفأ الفرن وبقيت النماذج فيه حتى الوصول إلى درجة حرارة المختبر.

تحديد الخواص العامة للنماذج

الكثافة الظاهرية و المسامية الظاهرية

تم أتباع طريقة ارخميدس[9] لإيجاد هاتين الخاصيتين وقد استخدم الكيروسين بدل الماء لتجنب اماهة النماذج .

$$\rho = \frac{w_d}{\mathrm{Ws} - \mathrm{Wn}} \qquad (1)$$

$$P = \frac{\mathrm{Ws} - \mathrm{Wd}}{\mathrm{Ws} - \mathrm{Wn}} \qquad (2)$$

ρ = الكثافة الظاهرية ، W_s = وزن النموذج وهو مشبع بالكيروسين

P = المسامية الظاهرية ، W_n = وزن النموذج وهو مغمور بالكيروسين ، W_d = وزن النموذج وهو جاف

التغير الحجمي أثناء الحرق

تم حساب هذه الخاصية بعد تعريض النماذج إلى درجة حرارة (1550)°م ولمدة ساعتين حسب المواصفة البريطانية[9]وفق المعادلة التالية:-

$$\Delta V = \frac{V_{bf} - V_{af}}{V_{af}} * 100\% \qquad (3)$$

ΔV = التغير الحجمي ، V_{bf} = حجم النموذج قبل الحرق ، V_{af} = حجم النموذج بعد الحرق

مقاومة الانضغاط Compressive Strength

تم إجراء هذا الفحص حسب المواصفة (C133-81) [10]. وتم حساب مقاومة الانضغاط من العلاقة التالية :

$$COMP.ST = \frac{F}{A}\ (\frac{N}{m^2}) \qquad (4)$$

Comp.St= مقاومة الانضغاط ،

F = مقدار القوة المسلطة عند أول توقف (نيوتن)

A = مساحة النموذج (م^2)

مقاومة التغير الحراري المفاجئ thermal shock resistance

تم إجراء هذا الفحص حسب المواصفة الألمانية[1،3،4] (1) Din 51053 Blatt،ويتلخص الفحص بتسخين نماذج الطابوق الى (1000) °م يتبعها تبريد مفاجئ بتيار من الهواء، كررت الدورة هذه حتى تهشم النموذج أو ظهرت عليه آثار التهشم كالتشققات.استخدم الهواء بدل الماء كوسط تبريد للميل الشديد لهذا النوع من الحراريات للتفاعل مع الماء.

مقاومة التلين softening resistance

تم إتباع طريقة زيكر[11] لقياس هذه الخاصية. وتتلخص بوضع نماذج بشكل مخروط زيكر وتثبيتها داخل فرن بعد إحاطتها بمخاريط زيكر ذات درجات تلين تتراوح بين (1490-1600) °م ، ثم تسخين الفرن الى درجة حرارة 1600 °م .ثم إطفاء الفرن ومقارنة التغيرات الحاصلة في نماذج البحث مع نماذج زيكر القياسية.

مناقشة النتائج

المواد الأولية

التحليل الكيميائي

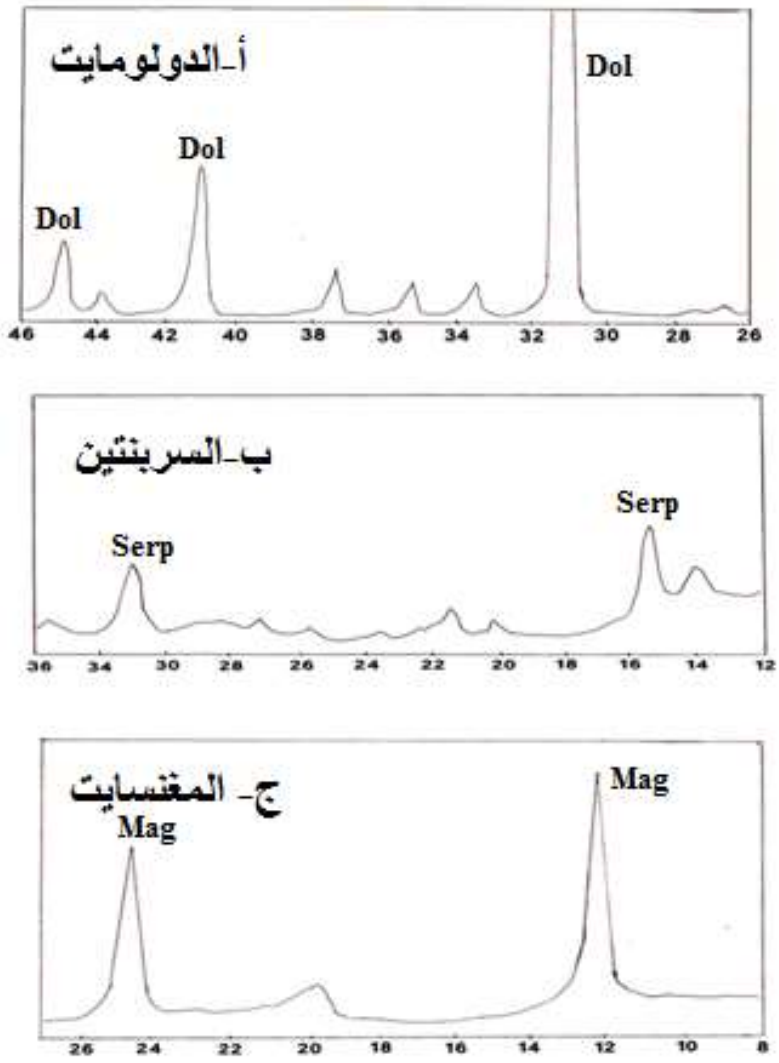
تعطي المكونات الكيميائية للمواد الأولية مؤشراً هاما للمادة المصنعة. فقد أظهرت نتائج التحليل الكيميائي للدولومايت المستخدم كمادة أولية في تصنيع الطابوق الناري الدولومايتي المنغنيسي كما مبين في الجدول(1) وجود ارتفاع بسيط في نسبة اوكسيد الكالسيوم وانخفاض في نسبة اوكسيد المغنسيوم. وأظهر الجدول(1) احتواء السربنتين على نسبة من أوكسيد الحديد الذي يعتبر من الأطوار المثبتة للدولومايت نتيجة تفاعله مع أوكسيد الكالسيوم وتكوين$\{2CaO.Fe_2O_3(C_2F)\}$ ذي درجة التلين الواطئة,والذي يعمل على خفض درجة الحرارة اللازمة للتلبيد.كما يحتوي السربنتين على نسبة عالية من اوكسيد السليكون الذي يعتبر من الاكاسيد المثبتة نتيجة تفاعله مع(CaO) لتكوين كل من $\{2CaO.SiO(C_2S)\}$و$\{3CaO.SiO(C_3S)\}$ مما يؤدي إلى خفض نسبة أوكسيد الكالسيوم الحر في المنتج النهائي.كما يبين الجدول(1) انخفاض نسبة الشوائب في المغنسايت.

الجدول (1) المكونات الكيميائية للمواد الأولية

Chemical Constituent	Raw materials		
	Dolomite	Serpentine	Magnsite
CaO%	30.69	0.3	1.21
MgO%	20.77	35.9	48.98
SiO_2%	----	38.65	0.41
A1203%	----	1.62	----
Fe_2O_3%	----	8.75	----
L.O.I%	46.6	13.0	48.41

التحليل المعدني

يتضح من الشكل (1) الذي يبين نتائج التحليل المعدني بواسطة حيود الأشعة السينية (XRD) أن معدن الدولومايت نقي جداً .كما اظهر الشكل (1) وجود السربنتين بشكل معادن مختلفة من سليكات المغنسيوم المائية مع ظهور مركبات لعنصر الحديد .و يوضح الشكل أيضاً ظهور معدن المغنسايت بشكل اوكسيد المغنسيوم متفاعل مع الماء و ثاني اوكسيد الكاربون.



شكل (١) نتائج التحليل المعدني للمواد الأولية

خواص ما بعد الحرق

المكونات الكيميائية

يتضح من نتائج الحسابات النظرية للتحليل الكيميائي كما في الجدول (2) أن جميع الخلطات عبارة عن مزج نسب مختلفة من الدولومايت والسربنتين والمغنسايت لغرض الحصول على طابوق ناري دولومايتي– مغنيسي. ففي الخلطات الثلاثة الأولى (3,2,1) نلاحظ إضافة نسبة ثابتة من المغنسايت 15% بحيث أعطت نسبة أوكسيد مغنسيوم حوالي 47% في الخلطات النهائية أما السيربنتين فقد أضيف بنسبة (30,25,20) للخلطات (3,2,1) على الترتيب بحيث أعطى نسب مختلفة من الاكاسيد لكل خلطة,كما اختلفت النسبة المولية لـ(CaO/SiO_2) حسب نسبة الإضافة.أن الغرض من هذه العملية الحصول على أطوار مختلفة حسب نسبة (CaO/SiO_2), وبالتالي دراسة تأثير هذه الأطوار على الطابوق الناري المنتج .

أما المجموعة الثانية وهي الخلطات(6,5,4) فكانت تتناظر مع الخلطات(3,2,1) سوى نسبة المغنسايت المضاف،حيث كانت نسبته 30% وكذلك بالنسبة للمجموعة الثالثة (9,8,7) , حيث كان الاختلاف الوحيد مع المجموعتين الأولى و الثانية هي نسبة المغنسايت المضاف التي كانت 45%.

الجدول (2) المكونات الكيميائية لخلطات الكلنكر

Mix. No.	Dolomite	Serp.	Magns.	SiO_2	Fe_2O_3	AL_2O_3	CaO	MgO	C/S
1	65	20	15	15.25	3.16	0.56	35.10	48.74	2.46
2	60	25	15	17.48	3.70	0.68	30.74	47.40	1.90
3	55	30	15	20.03	4.31	0.79	27.50	47.37	1.47
4	55	15	30	11.81	2.41	0.42	30.25	55.11	2.7
5	50	20	30	14.64	3.08	0.54	26.84	54.9	1.9
6	45	25	30	17.32	3.37	0.68	23.6	54.68	1.5
7	45	13	45	10.38	2.15	0.37	24.0	63.10	2.47
8	40	15	45	11.58	2.43	0.42	22.65	62.91	2.07
9	35	20	45	14.46	3.03	0.55	19.43	62.53	1.44

$C = CaO$, $S = SiO_2$, $F = Fe_2O_3$, $A = AL_2O_3$, $M = MgO$

المكونات المعدنية

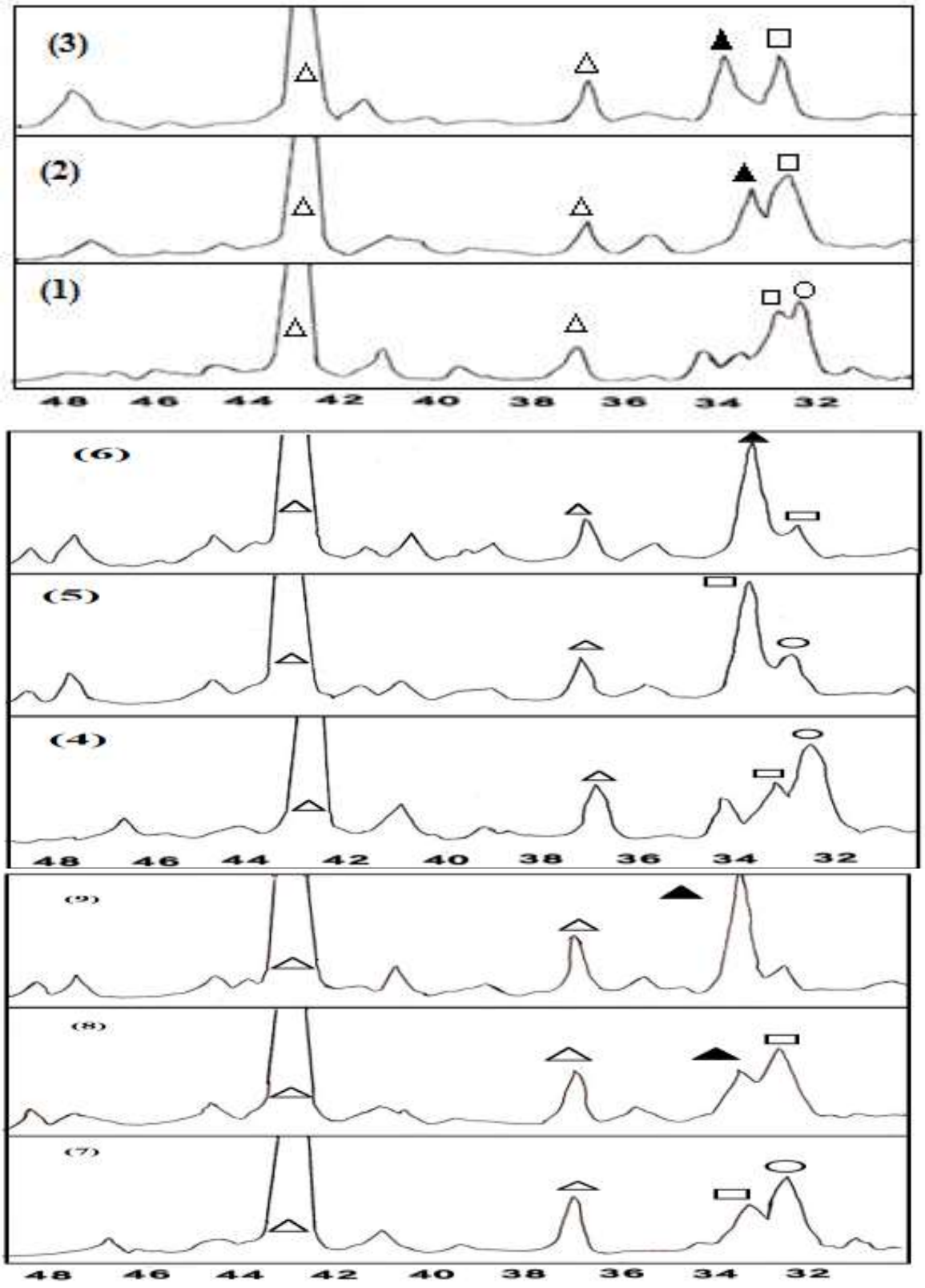
بما أن وضعية التوازن يسهل الحصول عليها في الحراريات القاعدية لذا يمكن التنبؤ بالمركبات المعدنية الناتجة من الخلطات التسعة على أساس الحسابات المعتمدة من طريقة (j-wight) [12]حيث يوضح الجدول (3) هذه الأطوار .

1- في النموذج رقم (1) كانت النسبة المولية لـ (C/S)2.46 أي أكبر من(2).لذا فان أوكسيد الكالسيوم يتفاعل مع كل (SiO_2) ليعطي (C_2S)والمتبقي من (CaO) سوف يتفاعل مع كل من (AL_2O_3 , Fe_2O_3) ليعطي(C_4AF).أما المتبقي من (CaO) فسوف يتفاعل مع (Fe_2O_3) ليعطي (C_2F).وما تبقى من(CaO) سوف يتفاعل مع C_2S ليعطي C_3S.أما MgO فيبقى بشكل حر. ومن الجدير بالذكر إن الخلطات (7,4) أعطت نفس المركبات في الخلطة (1).

2- في النموذج رقم (2) كانت النسبة المولية لـ (C/S) (1.9) أي قريبة من الرقم (2) لذا فان (CaO) سوف يتفاعل مع (SiO_2) ليعطي C_2S.والمتبقي من (SiO_2) سوف يتفاعل مع كل من(C_2S و MgO)ليعطي (C_3MS_2) .أما المتبقي من (MgO) سوف يتفاعل مع كل من(AL_2O_3 و Fe_2O_3)ليعطي كل من(MA و MF)على الترتيب والخلطات (8,5) تتشابه مع الخلطة (2) في المركبات الناتجة تقريباً لان النسبة المولية لهذه الخلطات متقاربة .

3- في النموذج رقم (3) كانت النسبة المولية لـ (C/S) (1.47) أي أقل من (2) لذا فان كل من (CaO) يتفاعل مع (SiO_2) ليعطي (C_2S) , والمتبقي من (SiO_2) سوف يتفاعل مع كل من (C_2S وMgO) ليعطي (C_3MS_2),والمتبقي من (SiO_2) سوف يتفاعل مع (C_3MS_2) و(MgO) ليعطي (CMS) ,أما المتبقي من (MgO) فيتفاعل مع(AL_2O_3 وFe_2O_3) ليعطي MA و MF على الترتيب.أما الخلطات (9,6) فقد أعطت نفس المركبات الموجودة في الخلطة (3) وذلك لتشابه النسب المولية لـ (C/S) في هذه الخلطات .

أما الشكل (2) فيبين نتائج التحليل المعدني بواسطة حيود الأشعة السينية(XRD) للخلطات التسعة المحروقة . فقد أظهرت جميع الخلطات وجود (MgO,C_2S,C_3S) .المعدنين (CMS, C_3MS_2) ظهرا في الخلطات (9,6,3) مع المعادن (C_2S,C_3S) , لذا فان التحليل المعدني يؤكد صحة الحسابات النظرية وتطابقها مع التحليل الكيميائي .



شكل (2) نتائج التحليل المعدني لنماذج الكلنكر

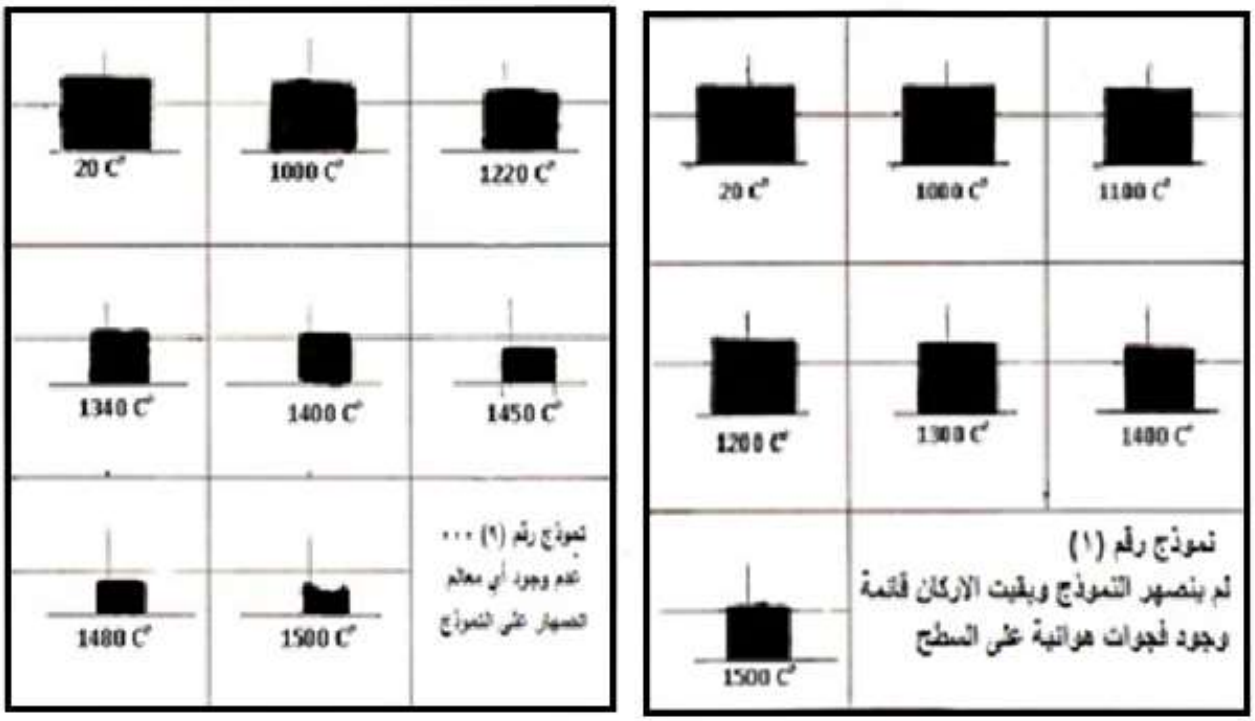
C_3S = O , MgO = Δ , C_2S = □ , C_3MS_2 = ▲

الجدول (3) المكونات المعدنية لخلطات الكلنكر

Mix No.	C/S	MgO	C_3S	C_2S	C_4AF	C_2F	MF	MA	C_3MS_2	CMS
1	2.46	48.74	13.93	33.24	2.43	5.44	----	----	----	----
2	1.90	44.82	----	38.4	----	----	4.6	1.0	11.2	----
3	1.47	38.9	----	----	-----	----	5.4	1.14	48.0	2.8
4	2.7	55.11	24.43	15.5	1.94	2.99	----	----	-----	----
5	1.9	54.84	----	42.03	----	----	3.4	0.43	----	----
6	1.5	47.24	----	----	----	----	4.6	1.0	43.72	3.29
7	2.47	63.1	11.87	20.84	1.94	2.45	----	----	----	----
8	2.07	62.32	----	33.24	1.92	----	3.0	----	----	----
9	1.44	56.07	----	----	----	----	3.8	0.71	34.8	4.69

فحص المجهر الحراري

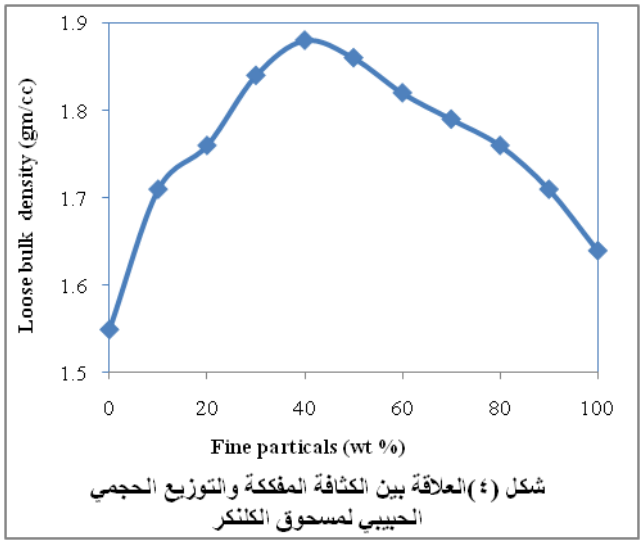
يبين الشكل (3) نتائج فحص المجهر الحراري لنموذجي الكلنكر (1،9) بدرجة حرارة (1500)°م . حيث يبين عدم انصهار النموذجيين عند هذه الدرجة الحرارية. كما يبين الشكل أن مقدار التقلص في النموذج (9) أكثر من النموذج (1) . وذلك لان النموذج (9) يحتوي على مركبات ذات درجات انصهار واطئة التي تعمل على زيادة نسبة التقلص بسبب تكوينها للطور السائل بكمية عالية. بصوره عامة يؤكد هذا الفحص تحمل هذه النماذج لدرجة حرارة (1500)°م دون حدوث انصهار.



شكل(٣) فحص المجهر الحراري لنماذج الكلنكر(١،٩)

التوزيع الحجمي الحبيبي

يبين الشكل (4) العلاقة بين الكثافة المفككة لمسحوق الكلنكر مع التوزيع الحجمي الحبيبي له . فقد أظهر الشكل أن الكثافة المفككة تزداد بزيادة التدرج الحبيبي لمسحوق الكلنكر . كما إن أعلى كثافة يمكن الحصول عليها كانت عند خلط 60% من الجزء الخشن و 40% من الجزء الناعم فعند هذه النسبة تكون نسبة الفراغات أقل ما يمكن[8] . و بالتالي يمكن استخدامها في تهيئة خلطات الطابوق الناري لغرض الحصول على أفضل كثافة في الطابوق المنتج .



شكل (٤)العلاقة بين الكثافة المفككة والتوزيع الحجمي الحبيبي لمسحوق الكلنكر

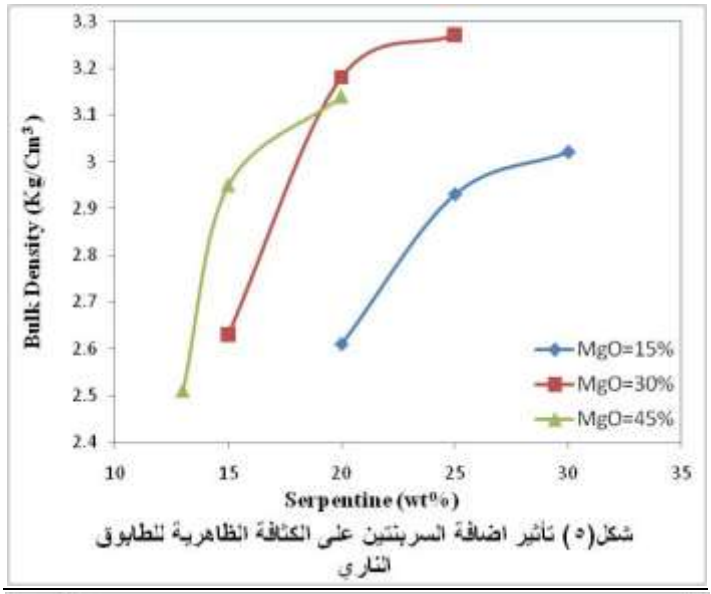
خواص الطابوق الناري

الكثافة الظاهرية

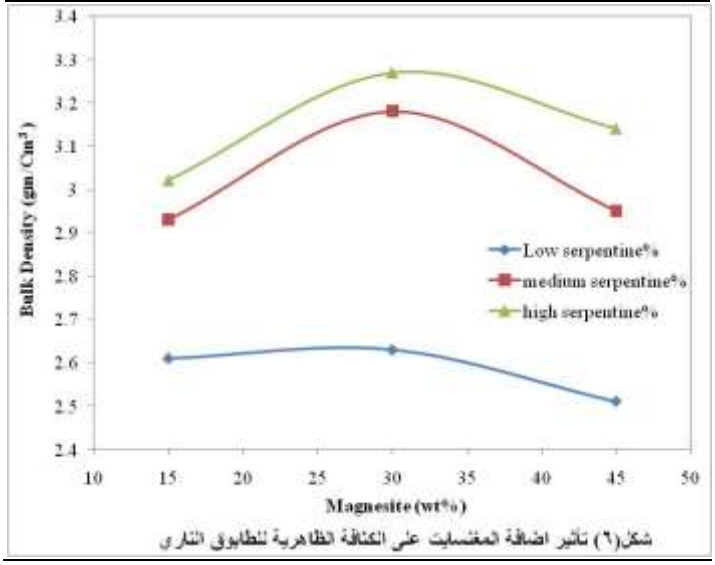
يبين الجدول (3) نتائج الكثافة الظاهرية لنماذج الطابوق الناري الدولومايتي – المغنيسي المحروقة بدرجة (1500)°م .
كما يبين الشكل (5) تأثير إضافة السربنتين على الكثافة الظاهرية لهذه النماذج. فبزيادة نسبة السربنتين تزداد الكثافة بصورة واضحة لان إضافة السربنتين تؤدي إلى تكوين مركبات ذات وزن نوعي عالي مثل (C_2S) إضافة إلى تكوين مركبات ذات درجة انصهار واطئة تؤدي إلى زيادة الطور السائل ومن ثم زيادة الكثافة لان الطور السائل يتغلغل داخل المسامات مؤدياً إلى تقليل حجم الفراغات الكلي وبالتالي زيادة كثافته .
كما يبين الشكل (6) تأثير إضافة أوكسيد المغنسيوم على الكثافة الظاهرية للطابوق المنتج . فعند إضافة 30%من MgO نلاحظ ارتفاع الكثافة الظاهرية أكثر من نسبة الإضافة البالغة 15% حيث يعمل هذا الاوكسيد كمادة صهورة عند هذه النسبة 30% وبزيادة إضافة الاوكسيد 45% نلاحظ انخفاض الكثافة مرة أخرى.

جدول (3) الخواص العامة لنماذج البحث

Mix. No.	Bulk Density gm/Cm^3	Apparent porosity%	Comp. strength Kg/Cm^2	Thermal shock resist.(cycle)	Softening point ^oC	Vol. change After firing %
1	2.61	23.5	795	>30	>1650	0
2	2.93	19.0	1288	>30	>1650	-0.2
3	3.02	13.4	1581	27	>1650	-0.2
4	2.63	20.0	1208	>30	>1650	-0.2
5	3.18	14.2	1467	19	1550	-0.6
6	3.27	7.8	2180	19	1550	-0.7
7	2.51	22.0	1106	>30	>1650	-0.1
8	2.95	18.0	1346	26	>1650	-0.1
9	3.14	13.1	1732	23	1550	-0.4



شكل(٥) تأثير اضافة السربنتين على الكثافة الظاهرية للطابوق الناري

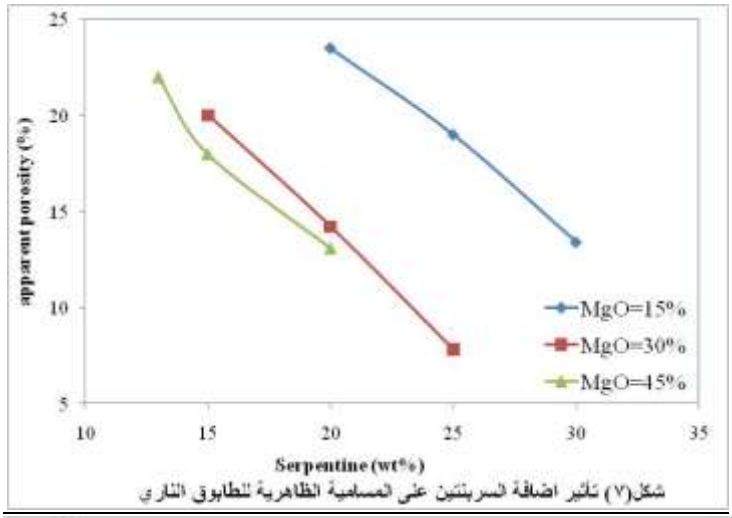


شكل(٦) تأثير اضافة المغنسايت على الكثافة الظاهرية للطابوق الناري

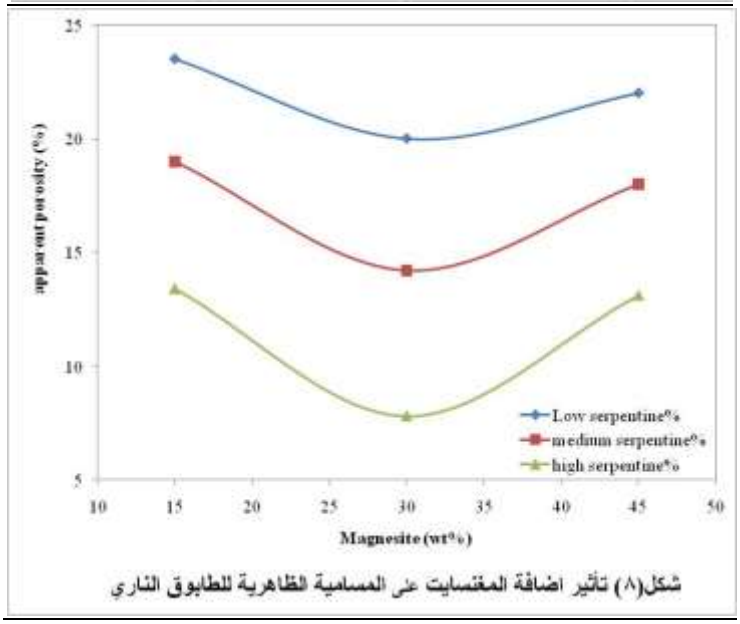
المسامية الظاهرية

يبين الشكل (7) تأثير إضافة السربنتين على خفض المسامية الظاهرية لنماذج الطابوق المنتج . فعند النسب الواطئة كانت المسامية عالية لانخفاض نسبة الاكاسيد الصهورة , وبزيادة نسبة السربنتين تزداد هذه المركبات و بالتالي زيادة الطور السائل الذي يعمل على خفض المسامية نتيجة لتغلغله داخل المسامات .

كما يبين الشكل (8) تأثير إضافة المغنسايت على المسامية الظاهرية حيث نلاحظ انخفاض المسامية لنماذج الطابوق المضاف إليها 30% مغنسايت أي الحاوية على نسبة 55% تقريباً من أوكسيد المغنسيوم , لان هذا الاوكسيد يعمل كمادة صهورة عند هذه النسبة . كما يوضح الجدول (3) هذه الحالة .



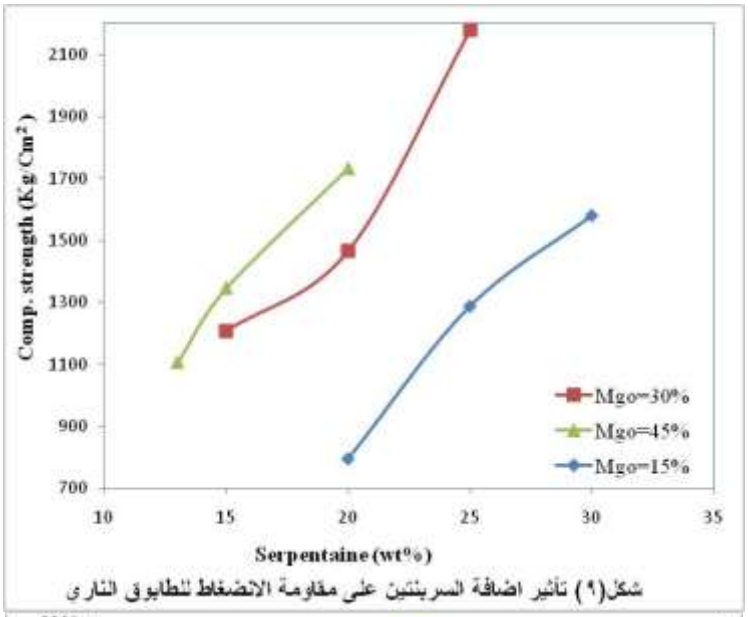
شكل(٧) تأثير اضافة السربنتين على المسامية الظاهرية للطابوق الناري



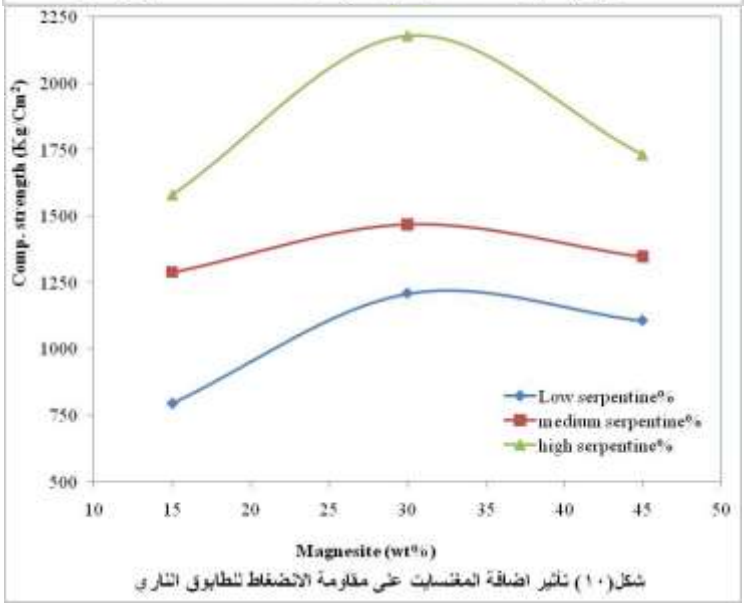
شكل(٨) تأثير اضافة المغنسايت على المسامية الظاهرية للطابوق الناري

مقاومة الانضغاط

يوضح الشكل (9) تأثير إضافة السربنتين على زيادة مقاومة الانضغاط لنماذج الطابوق الناري المنتج لان زيادة إضافة السربنتين تؤدي إلى زيادة الكثافة وخفض المسامية . كما يبين الشكل (3) تأثير إضافة المغنسايت على مقاومة الانضغاط .



شكل(٩) تأثير اضافة السربنتين على مقاومة الانضغاط للطابوق الناري



شكل(١٠) تأثير اضافة المغنسايت على مقاومة الانضغاط للطابوق الناري

مقاومة التغير الحراري المفاجئ

يبين الجدول (3) نتائج مقاومة الصدمة الحرارية لنموذج الطابوق المنتج. فقد أظهرت الخلطات (1،2،4،7) مقاومة عالية للتغير الحراري المفاجئ (أكثر من 30 دورة) . إن السبب الرئيسي لهذه الظاهرة هو ارتفاع المسامية لهذه النماذج واحتواءها على C_2S الذي يتميز بمقاومته العالية للتغير الحراري المفاجئ مقارنة بـ C_3S .كما يعود انخفاض مقاومة التغير الحراري المفاجئ لبقية النماذج لانخفاض مساميتها.كما ساهمت زيادة نسبة اوكسيد المغنسيوم في رفع المقاومة ضد التغير الحراري المفاجئ.

التغير الحجمي

يوضح الجدول (3) مقدار التغير الحجمي بعد الحرق . فقد أظهرت الخلطات نتائج متقاربة في التقلص أثناء الحرق . فقد أظهرت النماذج انخفاض بسيط في الحجم عدا الخلطات (5،6،9) .إن هذه الاستقرارية في الحجم بعد الحرق تؤكد استقرار التفاعلات التي حدثت أثناء الحرق .

نقطة التلين

أظهرت نتائج فحص نقطة التلين لنماذج الطابوق الحراري المحروق عند (1500)°م ثباتية معظم النماذج للانصهار وعدم حدوث أي تشوه أو ميلان سوى النماذج (5،6،9) ، فقد عانت هذه النماذج من التلبيد الشديد فقد كانت سطوحها ملساء إضافة إلى عدم وجود حافات في جوانبها ، إن هذه الملاحظات دليل لاقترابها من نقطة التلين . أما بقية النماذج فقد بقيت بشكلها الذي وضعت فيه.

أما نماذج زيكر القياسية (نماذج المقارنة) المرقمة (23،26،28،29،30،31،32) فقد تأثرت بشكل أو بآخر بهذه الدرجة الحرارية ، فقد عانا النموذجين (23،26) من تشوه واضح واختفاء حافات جوانبها ، أما بقية نماذج المقارنة فقد أصبحت جدرانها ملساء بشكل واضح نتيجة لحصول تلبيد فيها .

إن نتائج نقطة التلين لنماذج البحث (1،2،3،4،7،8) تؤكد ان درجة تلينها أكثر من 1650م .

الاستنتاجات

1- من نتائج التحليل الكيميائي للمواد الأولية يمكن استنتاج الآتي

أ- افتقاد الدولومايت للاكاسيد المثبتة (SiO_2, Fe_2O_3, AL_2O_3) يؤكد وجوب إضافة مواد مثبتة بكمية عالية نسبياً لغرض الحصول على ناتج خالي من أوكسيد الكالسيوم الحر .

ب- احتواء السربنتين على كمية جيده من الاكاسيد المثبتة يؤكد أمكانية إضافته للدولومايت لغرض الحصول على ناتج خالي من أوكسيد الكالسيوم الحر

ج- ارتفاع نقاوة المغنسايت واحتواءه على نسبة 50% من المواد المفقودة أثناء الحرق (CO_2,H_2O) يؤكد ضرورة إضافة ضعف الكمية لغرض الحصول على نسبة المطلوبة.

2- أما نتائج الكلنكر فقد دفعت إلى الاستنتاجات التالية

أ- أظهرت نتائج التحليل المعدني بواسطة حيود أشعة السينية (XRD) لخلطات الكلنكر وجود تشابه مع نتائج التحليل المعدني المحسوبة نظرياً من نتائج التحليل الكيميائي للمواد الأولية , مما يدل على أن التفاعلات الكيميائية قد وصلت إلى حالة التوازن عند درجة (1500)°م.

ب- إن أفضل توزيع حجمي لمسحوق الكلنكر والذي يعطي أفضل كثافة مفككه لهذا المسحوق كان عند خلط 60% وزنا من الحبيبات الخشنة (0.2-1) ملم و 40% من الحبيبات الناعمة.

3- أما فيما يتعلق بنتائج الطابوق الناري الدولومايتي – المغنيسي :-

أ- إن زيادة إضافة السربنتين مع بقاء نسبة (MgO) ثابت تؤدي إلى زيادة كل من الكثافة ومقاومة الانضغاط و التقلص الحجمي و خفض المسامية بسبب تكون أطوار ذات درجات انصهار واطئة .

ب- إن زيادة إضافة (MgO) لحد 55% تؤدي إلى زيادة كل من الكثافة و مقاومة الانضغاط ومقدار التقلص الحجمي , أما أذا ازدادت نسبة (MgO) أكثر من 55% فان الخواص أعلاه تنخفض ،لان (MgO) عند النسبة 55% يعمل كمادة مصهرة للدولومايت ويعمل كمادة رافعة لدرجة الانصهار أذا ازدادت نسبته أكثر من 55%.

ج- ارتفاع مقاومة التغير الحراري المفاجئ و نقطة التلين لجميع النماذج سوى النماذج (9,6,5), فقد أظهرت انخفاض واضح في هاتين الخاصيتين بسبب تأثير المركبات ذات درجات الانصهار الواطئة إضافة لتأثير المغنسايت.

د- يمكن توقع ارتفاع مقاومة جميع النماذج للخبث والتلين تحت الإجهاد(refractoriness under load) بسبب ارتفاع نسبة المغنيسيا في النماذج.

ـ التوصيات

يوصى أن تنال الموضوعات التالية قدرا من الاهتمام

1- دراسة تأثير اوكسيد المغنسيوم المحروق بدرجات حرارية عالية على الطابوق الناري الدولومايتي - المغنيسي .

2- إجراء دراسة بحيث تشمل نسب واسعة لاوكسيد المغنسيوم .

3- إجراء تجارب معملية بحيث تؤخذ نتائج الدراسة بعين الاعتبار .

المصادر

1. G.B . Rothenbry, “Refractories materials” , 1st ed , park Ridge . New jersey , USA , 1976 , pp. (1-2.81.87) .
2. Rait . J . & Green . A.T . "A study of reaction between dolomite & various materials" , Iron & steel inst . , Report No. 28 .
3. G.Lamey & S.F. abdul – rahman, “The suitability of Iraqi dolomite for the manufactore of stable and semi-stable refractory bricks” R.P 60/79, B.R.C , S.R.F , 1979.
4. مجيد . رضا حميد، "تقييم حجر الدولومايت العراقي لمعرفة مدى صلاحيته لصناعة الحراريات" ، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم الهندسة الكيمياوية/الجامعة التكنلوجية، 1989.
5. L.G. girgis & G. gad, ”refractory aspects of some Dolomitic magnesite rocks”, J. appl. Chem., 1970, vol. 20 , pp.(234-239)
6. M . I . Taylor , W.F ford & J . white , "The mechanism of boric oxide effect in magnesite refractories" , Tran . Brit . ceram . soc ., vol 68 . no 4 , 1969 , p 173 .
7. ASTM standard , part 17 , 1982 .
8. Anil N . patankar and G , mandal , "The packing of some non spherical solid particle" , Trans , brit , cer , soc . , vol . 79 , 1980 , p 59 .
9. British standard method for testing refractory materials , B.S, 1902, part B , 1967.
10. ASTM standard , vol . 15.01, c133-81 , 1989 .
11. Iso recommendation / international organization for standardization , "determination of pyrometric cone equivalent (refractoriness) " 1st ed . , 1966 .
12. M . A Serry and M . S . Attia . "Thermal equilibrium and properties of some MgO – dolomite refractories" , Trans , brit , cer , soc . vol . 84 , 1985 . p 142 .