تحسين الخواص الكيميائية للأسمنت العراقي بإضافة مواد محلية مستخلصة من النفايات الزجاجية

مثنى عبد الحسن عبود الهلال *هدى ريحان محصر الكيم

جامعة البصرة – مركز أبحاث البوليمر – قسم علوم المواد

*الجامعة التقنية الجنوبية – الكلية التقنية الهنسيه/البصرة – قسم تقنيات هندسة البيئة والتلوث

The improvement of the chemical properties for Iraqi cement by adding local materials to extracted from waste

Muthanna A. A. Alhelal and Huda R. M. Algaim*

Sciences of Materials Department, Polymer Research Center, University of Basrah, Basrah, Iraq.

*Environmental and Pollution Department, Basrah Technical College, South Technical University, Basrah, Iraq

Abstract

In this paper we get improvement of the chemical properties for Iraqi cement by adding the powder of glass and it became appropriate for several applications like the cementation process for the oil wells. We had a chemical analysis for a sample of Iraqi cement which get from Um Qaser factory (Basrah) and for many samples of the imported cement by the South Oil Company. The powder of glass was mixed with Iraqi cement in ratio (0.02) from the weight of cement, and we had the chemical analysis again. This result was compared with primary result for the Iraqi cement without filler and knowing the change in chemical properties and comparison the new cement with the imported cement to know the similarities between them. We get good results in improvement of chemical properties for the Iraqi cement in many directions and became appropriate for several applications and the property of resistance to sulfates, salt and acids which improved too. In this paper the recycling of glass waste in the environment which study by adding the powder of glass to Iraqi cements.

المستخلص

تضمن هذا البحث تطوير الخواص الكيميائية للاسمنت العراقي من خلال إضافة مسحوق الزجاج له ليصبح ملائما لعدة تطبيقات منها تسميت آبار النفط حيث قمنا بالتحليل الكيميائي لعينات من الاسمنت العراقي المأخوذ

من معمل أسمنت أم قصر في محافظة البصرة و عينات من الاسمنت المستورد من قبل شركة نفط الجنوب لتسميت الآبار ومن ثم تطوير الاسمنت العراقي من خلال خلط المواد المضافة والمتمثلة بمسحوق الزجاج في بحثنا هذا مع أسمنت أم قصر بنسبة (0.02) من وزن الاسمنت و إعادة إجراء الفحوصات الكيميائية له و مقارنة نتائجها مع النتائج الأولية لاسمنت أم قصر بدون مضاف و معرفة التغير الحاصل في الخصائص و كذلك مقارنته مع الاسمنت المستورد لمعرفة مدى قرب الخواص الكيميائية بين النوعين و إمكانية الحصول على نفس خواص هذا الاسمنت ولقد حصلنا على نتائج جيدة حيث تحسنت الخواص الكيميائية للاسمنت العراقي بعدة اتجاهات مما يجعله ملائما لتطبيقات متعددة ومن الصفات التي تم تحسينها هي مقاومة الأملاح و الكبريتات و الحوامض. كما إن هذا البحث قدم طريقة لتدوير النفايات الزجاجية في البيئة من خلال تحويلها إلى مسحوق الزجاج الذي استخدم كمادة مضافة للاسمنت في بحثنا هذا.

المقدمة

الاسمنت هو مادة ناعمة إذا أضفنا لها الماء نحصل على مونة لزجة ، تتحول لصلدة بعد فترة من الزمن في الماء أو الهواء على حد سواء ، و بالتالي نقول إن للاسمنت خواص هايدروليكية أي إن للأسمنت الكفاءة على بدأ التصلب و الوصول إلى حالته الصلبة النهائية تحت الماء نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية المختلفة و تكوين منتجا مقاوما لتيارات الماء . لذلك فان للاسمنت دور هام كمادة لاحمة مسئولة عن التلاصق بين المواد المختلفة و هذا الدور يظهر في استخدامات الاسمنت بكثرة في الأعمال الإنشائية و المعمارية (1) . يعود تاريخ صناعة الاسمنت إلى عام 1845 , حيث قام إسحاق جونسن بحرق خليط من الطين و الجير في درجات حرارة عالية ليتكون الكلنكر الذي قام بطحنه بعد ذلك ليحصل على مادة تحوي على مركبات المادة الإسمنتية القوية و التي تشابه تقريبا مركبات الاسمنت البورتلاندي في العصور الحديثة (2) .

يتكون الاسمنت من ثلاث مكونات أساسيه وهي كربونات الكالسيوم الموجودة في الحجر الكلسي و السيلكا الموجودة في الرمل والطين والالومينا (اوكسيد الألمنيوم)(3). وهنالك عده أنواع من الاسمنت منها الاسمنت البورتلاندي العادي والاسمنت البورتلاندي السريع التصلد والاسمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة والاسمنت المقاوم للأملاح والكبريتات والاسمنت الألوميني وغيرها و تأخذ هذه الأنواع اسمها من طبيعة استعمالها (4) .

دخل الاسمنت في العصر الحديث الكثير من مجالات التطبيق التي لم تكن موجودة قبل عدة عقود من السنين , فنجد مثلا انه لم يقتصر على الدخول في إنشاء ناطحات السحاب و الأبراج السياحية العالية و التفنن في أشكالها فحسب و إنما أصبح ضرورة قصوى في العديد من مجالات الصناعة (5,6) .

إن أولى الأبحاث التي بدأت بهدف تطوير الاسمنت و تحسين خواصه و تعدد استخداماته بدأت في كل من فرنسا و ألمانيا و ذلك باستعمال الجير المطفأ Slaked lime والرمل الذي(اثبت جودة في النوعية) على أن لا يكون بتماس مستمر مع الماء وخاصة مع ماء البحر (7) . هذه المسالة التي تعتبر من السلبيات هي التي دعت إلى البحث عن سمنت يتصلب بوجود الماء وهذا ما تم اكتشافه على يد البناء جوزيف اسبدن Joseph Aspdin حيث لم يتوفر البوزلان في انكلترا فاستمرا البحث حتى عام (1824م) وحصل هذا البناء على براءة اختراع (8) .

وهذا الاسمنت المائي يكون لونه رمادي مشابه إلى حجر الكلس المستخرج من جزيرة بورتلاند القريبة من الساحل الجنوبي لانكلترا و منها اخذ الاسمنت البورتلاندي تسميته . إن أول اسمنت بورتلاند أنتج عام (1840م)

من قبل باركر الذي سماه بالأسمنت الروماني وقد تميز بليونة معينة وقد استعملت أحجار تم جلبها من جزيرة شيبي Sheppy الواقعة في مصب نهر التايمز التي استعملت في إنتاج الاسمنت بعد حرقها وسحقها .

بعد هذا الاكتشاف ظهر ما يسمى بالاسمنت الطبيعي Natural Cement وكان ذلك في انكلترا وفرنسا وروسيا و مكونات هذا الاسمنت بصورة عامة يحتوي على (70%) كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ و (20%) سيلكا SiO_2 و (10%) ألومينا Al_2O_3 وهذا المكونات هي المركبات الأساسية للإسمنت الحالي , ولكن كانت هنالك مشكلة وهي إن هذا النوع يتلف بسرعة بسبب تصلبه السريع.

إن التطورات السريعة التي جرت على الاسمنت في فرنسا من قبل العالم فايكات Vicat كانت تتم بخلط الماء مع حجر الكلس والطين بنسبة أربعة أجزاء إلى جزء واحد والتي تسحق وتحرق ومن ثم تسحق مرة ثانية فينتج الاسمنت المشابه للإسمنت البورتلاندي العادي ولو انه لم يكن بنفس النعومة, و منذ ذلك الوقت و لحد ألان تطورت صناعة الأسمنت فاختلفت أنواعه المنتجة ولكن لازال الخليط الرئيسي للإنتاج هو الطين والكلس (9) .

تعد صناعة الاسمنت في الوطن العربي بشكل عام و في العراق بشكل خاص من الصناعات الغير متقدمة بالمقارنة مع مثيلاتها في الدول الأخرى حيث لم تتطور معامل إنتاج الاسمنت من تاريخ دخول هذه الصناعة إلى البلد و إلى يومنا هذا , فقد نشأت صناعة الاسمنت في العراق واتسعت على أساس وجود المواد الأولية بصورة كبيرة جدا حيث هنالك طبقات كلسيه تعرف جيولوجيا بكلس الفرات مما دعا إلى إقامة مشاريع كبيرة في تلك المناطق و بعد ذلك أقيمت مشاريع أخرى في مناطق مختلفة من العراق . كان أول إنتاج للاسمنت في البلد في شهر آب من سنة 1949 (10) . إن من أهم الأسباب التي أدت إلى تأخر صناعة الاسمنت في العراق هو تأثر إنتاجها بشكل كبير بالظروف السياسية و ما تبعها من ظروف اقتصادية صعبة لعدة عقود من الزمن و إذا أخذنا بنظر الاعتبار الإحصائية التي نشرها موقع الاتحاد العربي للاسمنت و مواد البناء سنة 2004 نلاحظ فارق كبير بين الطاقة التصميمية و الإنتاج الفعلي للاسمنت في العراق بينما نلاحظ إن دولا أخرى مثل قطر و لبنان تنتج الاسمنت بكامل طاقتها التصميمية (11) .

إن من أهم المجالات الصناعية التي دخل الاسمنت فيها هي الصناعة النفطية و من المعروف أن الدول العربية من اكبر مصدري النفط و بطاقة إنتاجية كبيرة حيث إن اقتصاد معظمها يتوقف بشكل كبير على الموارد النفطية بل إن بعضها يتوقف اقتصادها بشكل كامل على الموارد النفطية , و هذا يعني بطبيعة الحال إنها أكثر الدول حاجة إلى الاسمنت الخاص بتسميت الآبار الذي تستورده بمبالغ طائلة من الدول المالكة لهذه الصناعة إذ لا تمتلك الدول العربية معامل لإنتاج الاسمنت الخاص بتسميت الآبار (Class G) ما عدا جمهورية مصر العربية التي تملك معمل واحد في منطقة طرة .

إن المقارنة بين إنتاج الاسمنت و إنتاج النفط في العراق هي التي كانت نقطة الانطلاق لهذا البحث بهدف تطوير الاسمنت العراقي و محاولة إنتاج الاسمنت الخاص بتسميت الآبار النفطية و منافسة المنتوج العالمي . و يعد هذا البحث الخطوة الثانية على طريق تحسين خواص الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي المنتج محليا بتحسين الخواص الكيميائية له حيث قمنا في المرحلة الأولى بدراسة تطوير الخواص الفيزيائية له (12) بإضافة نفس المادة و بنفس نسبة الإضافة للحصول على مختلف أنواع الاسمنت من إضافة مادة مسحوق الزجاج المتوفر محليا بكثرة و التي يمكن الحصول عليها أيضا من عملية تدوير النفايات الزجاجية .

المواد وطريقة العمل

استخدمت في هذا البحث مواد محلية, الاسمنت المستخدم في هذه الدراسة هو الاسمنت العراقي البورتلاندي الاعتيادي والمنتج من قبل معمل أم قصر للاسمنت (Um-Qasur factory cement) ويوضح الجدول (1) الخواص الفيزيائية للاسمنت المستخدم والتي تم اختيارها طبقا" للمواصفة 1978 :part3: (B.S. 4450) حيث تم إجراء جميع هذه التحليلات الكيميائية للاسمنت المستخدم بالاستعانة بمختبرات معمل اسمنت أم قصر وفقا للمواصفة التالية (1972 :part2: B.S. 4450) ويوضح الجدول (2) للخواص الكيميائية للاسمنت المستخدم.

جدول (1) : الخواص الفيزيائية للاسمنت المستخدم

Property	Actual	Standard
Soundness (Le chatelier expansion test)	5mm	≤ 10mm
Finenness [Residue on B.S. sieve No. 170 (90 μm)]	7.1%	≤ 10%
Setting time I-Initial II-Final	180 (min) 250 (min)	≥ 60 min ≤ 600 min

جدول (2) : الخواص الكيميائية للاسمنت المستخدم

Oxide	Percentage	Standard
Silica, SiO_2	22.3	
Alumina, Al_2O_3	5.6	
Ferrie Oxide, Fe_2O_3	3.3	
Lime, CaO	60.1	
Magnesia, MgO	3.3	< 4
Sulfur Trioxide, SO_3	1.6	< 3
Alkalis	0.8	
Loss on lgnition	1.4	<1.5
Insoluble residue	0.8	<1.5
Total	99.2	

أما مسحوق الزجاج المستخدم كمضاف هو عبارة عن نفايات زجاجية تم جمعها و تنقيتها من الشوائب الغريبة و تجفيفها و طحنها في أداة طحن يدوية (الهاون) لتأهيلها إلى المرحلة الثانية من الطحن بواسطة مطحنة كهربائية

ثم قمنا بنخلها بمنخل مختبري قياس (75 µm) فما دون . تخلط هذه المادة بالاسمنت بنسبة (2%) من وزن الاسمنت لأنها النسبة الأكثر تأثيرا في خواص الاسمنت (11) , و كانت عملية الخلط على مرحلتين و هي المرحلة اليدوية و مرحلة الخلط بواسطة المطحنة الكهربائية لضمان تجانس المادتين . حيث أخذنا من كل نوع من أنواع الاسمنت المذكورة في هذا البحث عينة بمقدار (100 gm) و كانت طريقة إضافة مسحوق الزجاج إلى عينة الاسمنت العراقي هي بوضعها في إناء و إضافة ما نسبته (2%) من وزنها من مادة مسحوق الزجاج و من ثم غلق الإناء بشكل محكم و رجه بطرق و اتجاهات مختلفة يدويا لمدة عشرة دقائق و بعد ذلك تم إفراغ الخليط في الطاحونة و تشغيلها لمدة خمسة دقائق بصورة متقطعة و بعد ذلك تم نخل الخليط بالمنخل المختبري المذكور في البحث أيضا و ذلك لضمان تجانس المادتين .

تم إحضار عينات من نوعين من الاسمنت المستورد لشركة نفط الجنوب المستخدم في تسميت الآبار النفطية (Class G) و هما البلجيكي و المصري و ذلك لتحليلهما و مقارنة نتائج العمل بهما . و بذلك أصبحت لدينا أربعة نماذج من الاسمنت و هي (اسمنت عراقي بدون مضاف , اسمنت عراقي يحوي على المادة المضافة , اسمنت Class G بلجيكي و أسمنت Class G مصري) . تم تحليل هذه العينات كيميائيا في مختبرات معمل اسمنت أم قصر .

النتائج و المناقشة

قبل البدء بتحليل نتائج إضافة مسحوق الزجاج على الخواص الكيميائية للاسمنت المستخدم في الدراسة يجب معرفة المكونات الأساسية لهذا الاسمنت (البورتلاندي الاعتيادي) و مدى تأثير زيادتها أو نقصانها على الخواص الكيميائية له و حدود تغير هذه المكونات التي تحوله من نوع إلى نوع آخر , و كما هو معروف فأن الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي يتكون بالأساس من أربعة مركبات رئيسية و هي :

1-سليكات الكالسيوم الثلاثية	C_3S=Tricalcium Silicate
2- سليكات الكالسيوم الثنائية	C_2S= Dicalcium Silicate
3-الومينات الكالسيوم الثلاثية	C_3A=Tricalcium aluminate
4- الومينات الكالسيوم الرباعي الحديدي	C_4AF=Tetracalicium Alumino Ferrite

و الجدول (3) يبين فعالية هذه المركبات الأربعة في الاسمنت عند إضافة الماء حيث يبدأ تفاعل الاسمنت و تأثير نسبها على هذا التفاعل :

جدول(3) : فعالية المركبات الأربعة في الاسمنت عند إضافة الماء

المركب / الفاعلية	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
قيمته الأسمنتية	جيد	جيد	ضعيف	ضعيف
سرعة التفاعل	وسط	بطيء	سريع	بطيء
كمية الحرارة المنطلقة	وسط	قليلة	كبيرة	قليلة
الاسم التكنولوجي	Alite	Belite	Aluminate phase	Ferrite phase
الشوائب التي تكون ضمن المركب	Al_2O_3,Fe_2O_3 MgO	Al_2O_3,Fe_2O_3 Na_2O,K_2O,SO_3	F_2O_3,Na_2O $K_2O,(MgO)$	MgO,SiO TiO_2

إن نسب هذه المركبات يتم حسابها عن طريق معادلات تطبيقية معملية ولهذا تكون النسب تقريبية ولكنها تبقى المركبات الأساسية للأسمنت والجدول (4) يبين نسب هذه المركبات .

جدول (4) : النسب القياسية للمركبات الرئيسية للأسمنت البورتلاندي الاعتيادي

الصيغة الكيمائية	الرمز	النسبة المئوية
Tricalcium silicate	$3CaO.SiO_2$	50
Dicalcium silicate	$2CaO.SiO_2$	20
Tetracalcium aluminate	$3CaO.A1_2O_3$	10
Tetracalcium aluminoferrite	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	10
Magnesium oxid	MgO	10

توجد عدة أنواع من الاسمنت البورتلاندي و منها :

1 – الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي (المستخدم في هذا البحث) . Ordinary Portland Cement

2 – الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب . High Early Strength Portland Cement

3 – الاسمنت البورتلاندي واطئ الحرارة . Low Heat Portland Cement

4 – الاسمنت البورتلاندي المقاوم للأملاح . Sulfate Resisting Portland Cement

5 – الاسمنت البورتلاندي عالي الالومينا . High Aluminate Cement

6 – الاسمنت البوزلاني . Pozzolanic Cement

7 – سمنت آبار النفط . Oil Well Cement

8 – سمنت التمدد . Expansive Cement

9 – الاسمنت الأبيض . White Cement

و يعتمد تغير الاسمنت من نوع إلى آخر على تغير النسب للمركبات المذكورة في الجدول (4) , و سوف نعتمد بتحليل النتائج التي حصلنا عليها على الأنواع الأربعة الأولى من الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي و هي (الاعتيادي و السريع التصلب و واطئ الحرارة و المقاوم للأملاح) .

يبين الجدول (5) النسب التقريبية للمركبات الرئيسية للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي للأنواع الأربعة المذكورة .

جدول (5) : نسب المكونات الأربعة الأساسية في الاسمنت البورتلاندي لأربعة أنواع منه

نوع الاسمنت / المركب	الاعتيادي	سريع التصلب	واطئ الحرارة	مقاوم للأملاح
C_3S	40	50	25	40
C_2S	30	21	45	40
C_3A	11	9	6	4
C_4AF	11	90	14	9

حيث تأثر هذه النسب في سير التفاعلات الخاصة بكل نوع من أنواع الاسمنت مع الماء و التي تسمى تفاعلات الاماهة (Hydration Reactions) , حيث تتحد المركبات الأربعة الأساسية للاسمنت مع الماء . و يتجمد الاسمنت عند تفاعل الماء مع مركب الومينات ثلاثي الكالسيوم (C_3A) و كما في المعادلة التالية :

$$C_3A+6H_2O \longrightarrow C_3A.6H_2O$$

و إذا وجد الجبس في مزيج الاسمنت فأن الالومينات تتحد به و بالماء كما في المعادلة التالية , و تنخفض بذلك سرعة تجمد الاسمنت (10)

$$C_3A +3(CaSO_4.2H_20) +25H_2O \longrightarrow C_3A.3CaSO_4.31H_2O$$

أما المركبات الإسمنتية الثلاثة فان اتحادها بالماء يعلل بأنه احتمال تفاعل جزيئاتها مع عدد غير محدد من جزيئات الماء كما في المعادلات التالية :

$$C_2S +XH_2O \longrightarrow C_2S.XH_2O$$
$$C_3S+XH_2O \longrightarrow C_2S.(X-1)H_2O + Ca(OH)2$$
$$C_4AF+XH_2O \longrightarrow C_3A.6H_2O+CaO.Fe_2O_3(X-6)H_2O$$

إن زيادة الزمن اللازم لأنجماد الاسمنت يعطينا قابلية تشغيل (Workability) كافية لكي يتم السيطرة على العجينة الإسمنتية أو الصبات الكونكريتية .

و انطلاقا من الجدول (5) سوف نقوم بتفسير النتائج التي حصلنا عليها من تحليل الاسمنت المنتج في معمل اسمنت أم قصر و مدى إمكانية تحضير بعض الأنواع من الاسمنت بإضافة مادة مسحوق الزجاج . كما و سوف نقارن النتائج المستحصلة بعد الإضافة بنظيراتها من نوعين من الاسمنت الخاص بتسميت آبار النفط و المستوردة من الخارج لصالح شركة نفط الجنوب و هما (البلجيكي و المصري) . و الجدول (6) يبين نتائج تحليل النماذج الخاصة بهذا البحث و التي تم إجراء التحليلات الكيميائية لها في مختبرات معمل اسمنت أم قصر .

الجدول(6) : نتائج تحليل نماذج الاسمنت المستخدم في البحث

المركبات	اسمنت عراقي بدون مضاف	اسمنت عراقي بعد الإضافة	اسمنت Class G مصري	اسمنت Class G بلجيكي
SiO_2	20.30	21.90	20.46	21.40
Al_2O_3	5.86	6.68	4.08	4.16
Fe_2O_3	3.56	3.32	4.64	4.84
CaO	60.21	57.63	62.45	62.62
MgO	4.34	4.38	2.42	2.83
SO_3	2.02	1.97	1.36	1.21
L.O.I	2.75	3.92	2.13	1.02
Totel	99.04	99.80	97.54	98.08
F.CaO	0.67	0.8	0.78	1.23
Ins.res.	0.23	0.19	0.20	0.18
SM	2.15	2.27	2.35	2.38
AM	1.65	0.90	0.88	0.86
L.S.F	88.83	92.6	94.32	90.77
C_3S	39.82	36.92	57.57	48.89
C_2S	29.74	27	15.31	24.55
C_3A	9.51	12.65	2.97	2.84
C_4AF	10.82	10	14.11	14.71

و من استخراج قيم (C_3S,C_2S,C_3A,C_4AF) الخاصة بنماذج الاسمنت العراقي قبل و بعد إضافة مسحوق الزجاج في هذا البحث من الجدول (6) و مقارنتها بالقيم القياسية لهذه المركبات للاسمنت البورتلاندي في الجدول (5) نحصل على النتائج في الجدول (7) .

جدول (7) : قيم المركبات الأساسية للاسمنت لنماذج الاسمنت العراقي قبل و بعد الإضافة مقارنة بالقيم القياسية

نوع الاسمنت / المركب	القيمة القياسية (أسمنت بورتلاندي اعتيادي)	اسمنت عراقي بدون مضاف	أسمنت عراقي بعد الإضافة
C_3S	40	39.82	36.92
C_2S	30	29.74	27
C_3A	11	9.51	12.65
C_4AF	11	10.82	10

و كذلك من مقارنة النتائج التي حصلنا عليها من إضافة مسحوق الزجاج للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي العراقي مع القيم القياسية للمركبات الأربعة الأساسية لأنواع الاسمنت البورتلاندي في الجدول (5) نحصل على الجدول (8) .

جدول (8) : مقارنة بين الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي العراقي بعد الإضافة و أنواع من الاسمنت البورتلاندي

نوع الاسمنت / المركب	اسمنت عراقي بعد الإضافة	اسمنت سريع التصلب	اسمنت واطئ الحرارة	اسمنت مقاوم للأملاح
C_3S	36.92	50	25	40
C_2S	27	21	45	40
C_3A	12.65	9	6	4
C_4AF	10	90	14	9

من النتائج التي حصلنا عليها في الجدول (7) نستنتج إن الاسمنت العراقي بعد إضافة مسحوق الزجاج له بنسبة (0.02) تغيرت قيم المركبات الأساسية له بنسب معينة إلا إنها بقيت ضمن الحدود القياسية للاسمنت العراقي كما و إنها لم تبتعد كثيرا عن القيم القياسية العالمية حيث هبطت قيمة ثلاثي سليكات الكاليسيوم (C_3S) من (39.82) إلى (36.92) في حين إن القيمة القياسية لها هي (40) و كذلك بالنسبة لثنائي سليكات الكاليسيوم (C_2S) التي هبطت قيمتها من (29.74) قبل الإضافة إلى (27) بعد الإضافة , أما بالنسبة لثلاثي ألومينات الكاليسيوم (C_3A) فعلى العكس حيث زادت قيمتها من (9.51) إلى (12.65) لتجتاز بذلك القيمة القياسية العالمية للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي و التي تبلغ (11) في حين إن قيمة رباعي الومينات الكاليسيوم (C_4AF) قد انخفضت بمقدار ضئيل لتصبح (10) بعد الإضافة بعد أن كانت قيمتها قبل الإضافة هي (10.82) أي إنها لم تخرج عن الحدود القياسية العالمية أو المواصفات العراقية . إن هذه النتائج يثبتها أيضا الجدول (8) حيث بالمقارنة مع ثلاثة

أنواع من الاسمنت نجد إن قيم المركبات الأربعة الأساسية للاسمنت البورتلاندي العراقي بعد الإضافة لم تقترب من مثيلاتها في الأنواع الثلاثة المستخدمة للمقارنة بمقدار ملفت للنظر .

بالعودة للجدول (6) و مقارنة نتائج التحليل التي تم الحصول عليها للاسمنت العراقي بعد الإضافة مع نتائج التحليل لعينات الاسمنت المستورد و الخاص بتسميت آبار النفط و بالاستعانة بالخواص الكيميائية القياسية لهذا النوع من الاسمنت حسب مواصفات المعهد الأمريكي للبترول (API) و المذكورة في الجدول (9) (12) .

جدول(9) : الحدود القياسية لنسب المركبات الكيميائية الواجب توفرها في الاسمنت الخاص بتسميت آبار النفط حسب المواصفات القياسية للمعهد الأمريكي للبترول (API)

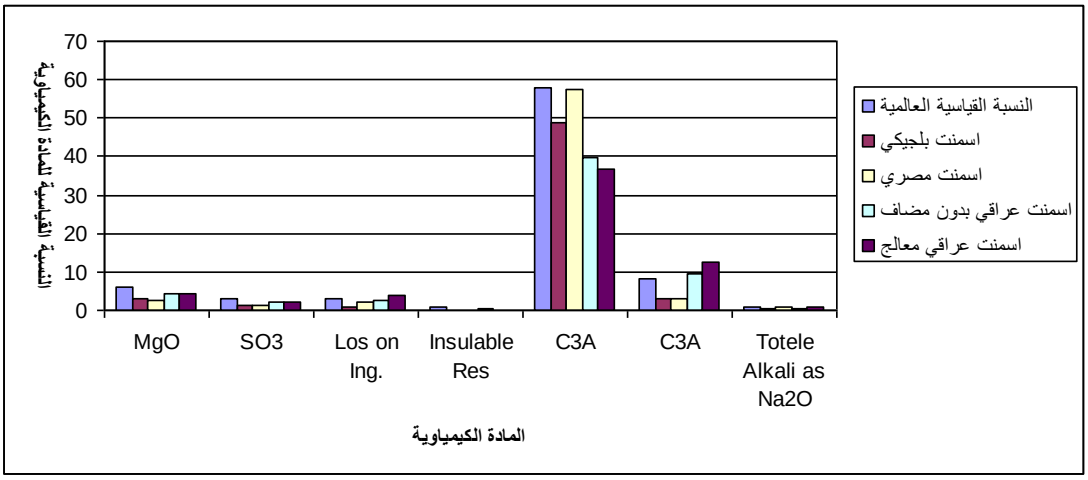
المركبات الكيميائية	النسبة
MgO max %	6.0
SO_3 max %	3.0
Loss on Ing. Max %	3.0
Insoluble Res. Max %	0.75
C_3S max %	48 – 58
C_3A max %	8.0
Total Alkali as Na20%	0.75

يمكن أن نحصل على المقارنة الواردة في الجدول (10) :

الجدول (10) : نسب المركبات و العناصر الكيميائية لعينات الاسمنت المستخدمة في البحث بالمقارنة مع النسبة القياسية العالمية (API) للاسمنت الخاص بتسميت آبار النفط (CLASS G)

المركبات الكيميائية	النسبة القياسية العالمية (API)	النسبة في الاسمنت البلجيكي Class G	النسبة في الاسمنت المصري Class G	النسبة في الاسمنت العراقي الاعتيادي (أم قصر)	النسبة في الاسمنت العراقي المعالج
MgO max %	6.0	2.83	2.42	4.34	4.38
SO_3 max %	3.0	1.21	1.36	2.02	1.97
Loss on Ing. Max %	3.0	1.02	2.13	2.75	3.92
Insoluble Res. Max %	0.75	0.18	0.20	0.23	0.19
C_3S max %	48 – 58	48.89	57.57	39.82	36.92
C_3A max %	8.0	2.84	2.97	9.51	12.65
Total Alkali as Na_2O%	0.75	0.52	0.70	0.57	0.71

و من رسم النتائج في الجدول (10) نحصل على الشكل (1) :



الشكل(1) : نسب المركبات و العناصر الكيميائية لعينات الاسمنت المستخدمة في البحث بالمقارنة مع النسبة القياسية العالمية (API)

يتبين لنا من النتائج المذكورة في الجدولين (6) و (10) و الشكل (1) إن القيم التي تم الحصول عليها من التحليل بعد إضافة مسحوق الزجاج هو زيادة متوقعة في أوكسيد السليكون (SiO_2) من 20.3 في الإسمنت العراقي بدون مضاف إلى 21.9 بعد إضافة مسحوق الزجاج بينما قيمته في الإسمنت المصري 20.46 و في البلجيكي 21.4 و هذا بسبب إن الزجاج يتكون بصورة رئيسية من أكاسيد السليكا و أيضا زيادة ملحوظة في أكاسيد الألمنيوم (Al_2O_3) حيث من المعلوم إن أكاسيد الألمنيوم و الحديد عادة تكون ذائبة في الماء حيث تعطي هيدروكسيدات مائية ذائبة :

$$AL_2O_3 + 3H_2O = 2AL(OH)_3$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3$$

و هذا يعني تغير في قيم كل من قيم C_2S , C_3S , C_3A , C_4AF و هي ما بدت واضحة من القيم التي تم الحصول عليها .

أما في قيم CaO فقد انخفضت بشكل ملحوظ من 60.21 إلى 57.63 بينما قيمته في الاسمنت المصري 62.45 و في البلجيكي 62.62 و ذلك بسبب تغير قيم النسب الأصلية للأكاسيد التي يتكون منها الاسمنت حيث بتغير قيم أوكسيد الكالسيوم يتحول الإسمنت البورتلاندي العادي إلى الإسمنت البورتلاندي واطئ الحرارة و ذلك بزيادة نسبة C_3S و زيادة نسبة C_2S بالدرجة الأولى و يتم ذلك بتقليل حجر الكلس $CaCO_3$ في المواد الأولية و زيادة السليكا و ذلك من خلال إضافة مسحوق الزجاج .

و لضمان سرعة كافية لتفاعل C_2S لتطوير القوة هنالك إجراء يجب اتخاذه و هو زيادة نعومة طحن الإسمنت واطئ الحرارة و كذلك الزجاج وامرارهما من منخل ذو قياس صغير جدا (75 µm)

و يلاحظ جليا زيادة في نسبة أوكسيد المغنيسيوم MGO من 4.34 في الاسمنت العراقي بدون مضاف إلى 4.38 بعد الإضافة بينما يلاحظ ان قيمة هذا الأوكسيد في الاسمنت المستورد هي 2.42 للمصري و 2.83 للبلجيكي حيث من المعلوم إن أملاح و أكاسيد المغنيسيوم تقلل من زمن التماسك لكنها في الوقت ذاته تحسن مقاومة الانضغاط المبكرة و تؤثر سلبا عليها في الأعمار اللاحقة (فترات زمنية متقدمة) و تؤدي إلى صدأ حديد التسليح .

أما بالنسبة لقيم أكاسيد الكبريت و بالتحديد حامض الكبريتيك اللامائي $SO_3^{=}$ فلم تتغير كثيرا حيث إن زيادة هذا المركب في الإسمنت يؤدي إلى تلف الخرسانة و ذوبانها و لكن القيم التي حصلنا عليها هي ضمن حدود المواصفات العراقية القياسية لهذا المركب و هي اقل من 2.5 .

الاستنتاجات

نستنتج من هذا البحث إن اسمنت أم قصر (المنتج العراقي) يمكن تطوير خواصه الكيميائية بإضافة مواد رخيصة جدا و متوفرة محليا بكثرة أو قد تكون على شكل نفايات (الزجاج في بحثنا هذا) . حيث استنتجنا إن إضافة مادة مسحوق الزجاج بنسبة (2%) من وزن الاسمنت يقوم بتغيير قيم المركبات الكيميائية الأساسية المكونة لمادة الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي وهذا التغيير يؤدي بدوره إلى زيادة مقاومة الاسمنت للأملاح والكبريتات والحوامض وتصبح قيم هذه المركبات قريبة جدا من القيم المقابلة لها في تركيب الاسمنت المستخدم في تسميت الآبار النفطية (Class G) و الذي يستورد من الخارج و يكلف البلد أثمان باهظة , وان هذه النتائج تمثل خطوة كبيرة في طريق تصنيع الاسمنت الخاص بتسميت الآبار (Class G) محليا.

المصادر

1– **د.محمود أحمد إمام ,(2010)** ."كتاب خواص المواد و اختباراتها ج2 ", جامعة القاهرة.

2 - **R.Mensi and A.Kallel,(1987).** Les materiaux de construction, polycope for the Civil engineering materials course, College of Engineering, University Tunis II, First edition.

3 - **I.M.Kamal , F.M.Falih and A. Ahmed ,(2002).**"Iraqi Polymersl(1):25-34.

4 – **رعد جعفر مهدي, (2006)**,"تحضير وتقييم أداء بعض الملدنات الفائقة الجديدة لتحسين خواص خرسانة الاسمنت البورتلاندي –اطروحة ماجستير"،كلية العلوم ، جامعة البصرة.

5 - **D.Walton etal,(2003).**"Drilling fluid and cementing improvements reduced per-ft drilling costs by 10%, World Oil. 39-47 .

6 - **S.H. Bittleston, J. Ferguson and I.A. Frigaard,(2002).** Mud removal and cement placement during primary cementing of an oil well , Journal of Engineering Mathematics 43**:** 229–253.

7 –**B.Y.Min , W.K.Choi and K.W.Lee ,(2010).**Volume reduction of dismantled concrete wastes generated from KRR-2 and UCP,Republic of Korea,1045 daedeokdaero,Yusung,Daejeon,305-353.

8 – **S.Pelipenko and I.A.Frigaard,(2004).**Mud removal and cement placement during primary cementing of an oil well-Part2,stady-state displacements, Journal of Engineering Mathematics,48:1-26.

9 – **Sandeep Kumar Pedam,(2007).**"Determining strength parameters of oil well cement",University of Texas at Austin.

10 – **Arina Binti Sauki and Sonny Irawan,(2010).**"Effects of pressure and temperature on well cement degradation by supercritical CO_2",International Journal of Engineerig & Technology IJET-IJENS,10(4).

11 – **مثنى عبد الحسن عبود , هدى ريحان محصر , عيسى جاسم خليفة , محمد توفيق عبيد ,(2010).**" دراسة تأثير إضافة مسحوق الزجاج على خاصية التصلب لخلطة إسمنتية " , مجلة الكوفة للفيزياء (عدد خاص بمؤتمر الكوفة الأول للفيزياء) , ISSN,2077 – 5830 .

12 – **مثنى عبد الحسن عبود , هدى ريحان محصر , رعد جبار عبادي ,(2012).**"تطوير الخواص الميكانيكية للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي للوصول إلى الخواص القياسية للاسمنت الخاص بتسميت آبار النفط الخام" , مجلة البصرة العلوم (أ) , 26,1,86-99 .