

مقارنة بين مواصفات إسمنت المثنى العراقي وأنواع مختلفة من الأسمنت البورتلاندي المستورد<sup>+</sup>

## COMPARISON BETWEEN THE CHARACTERISTICS OF MUTHANNA IRAQI CEMENT AND DIFFERENT TYPES OF PORTLAND IMPORTED CEMENT

د. رائد طارق هادي الخطيب<sup>\*</sup>

### المستخلص :

يتضمن هذا البحث تحديد مواصفات أنواع مختلفة من الأسمنت والمقارنة بينها من خلال إجراء الفحوصات الكيميائية والفيزيائية على الأسمنت العراقي المنتج من معمل إسمنت المثنى وعلى أنواع متعددة من الأسمنت المستورد وهي الأسمنت الكويتي والأوكراني والهندي والشارقة. تم إيجاد النسب المئوية للمركبات الكيميائية الرئيسية ( $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_4AF$ ,  $C_3A$ ) الموجودة في الأسمنت وكذلك النسب المئوية للأكاسيد الكيميائية ( $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SO_3$ ) والفقدان عند الحرق والكلس الحر. كما تم حساب نسب كل من معامل الألومينا (AM) ومعامل السليكا (SM) ومعامل التشبع الكلسي (L.S.F). إضافة الى ذلك تم تحديد النسب المئوية لنعومة وثبات الأسمنت ولقوة الكبس فيه والزمن اللازم للتصلب. لقد وجد إن قوة تصلب كل من الأسمنت العراقي والكويتي تنشأ من المركبين ( $C_3S$ ,  $C_2S$ ) بينما بقية الأنواع تنشأ من المركب ( $C_3A$ ). كما لوحظ انخفاض نسبة معامل الألومينا عن الحدود المحددة في المواصفة القياسية في كل من الأسمنت العراقي والكويتي والهندي مما يزيد من مقاومة الأسمنت للاملاح ويقلل من حرارته للتميو، بينما كانت نسب معامل السليكا ومعامل التشبع الكلسي في جميع أنواع الأسمنت ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984. لقد وجد أيضاً أن الخواص الفيزيائية للأسمنت كالعنومة والثبات ومقاومة الأضغاط والزمن اللازم للتصلب في جميع الأنواع كانت ضمن الحدود المحددة في هذه المواصفة.

### Abstract

This research included determining the characteristics of different types of cement and comparing between them, by performing the chemical and physical testes on Muthanna Iraqi cement and many types of imported cement such as Kuwaiti, Ukrainei, Indian and Shariqa cement.

The percentages of main compounds ( $C_3A$ ,  $C_4AF$ ,  $C_2S$ ,  $C_3S$ ) in cement and the percentages of, chemical oxides ( $SiO_2$ ,  $AL_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SO_3$ ) loss on ignition and free lime were evaluated. Also the ratios of alumina modulus (AM), silica modulus

<sup>+</sup> تاريخ قبول النشر ٢٣/٤/٢٠٠٨

<sup>+</sup> تاريخ استلام البحث ١٣/٦/٢٠٠٧

<sup>\*</sup> مدرس/المعهد التقني - السماوة

(SM) and lime saturation modulus have been calculated. In addition, percentages of fineness, soundness, compressive strength and setting of cement have been specified. It was found that the setting of Iraqi and Kuwaiti cement beginning by (C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S) compounds while the other types by (C<sub>3</sub>A) compound.

A reduction in the alumina modules of Iraqi, Kuwaiti and Indian cement were noticed, while modules of silica and lime saturation in all types of cement were corresponding with the standard specification. It was also found that all physical characteristics of cement such as fineness, soundness, compressive strength and setting have been with in the limits specified by this standard.

## ١-المقدمة

إن الأزدهار المطرد في الحضارة، والانتشار الواسع في العمران، والتزايد المستمر في السكان قد جعل من الاسمنت مادة البناء الاولى وصورة التقدم الانشائي في العصر الحديث ورمزاً لتطور العلم وتسخيره في خدمة الاغراض البشرية [1]. والاسمنت مادة إنشائية رابطة تتصلب بوجود الماء وتمتاز بقوة ميكانيكية عالية وقوة تحمل كبيرة وله ميزات عالية في قوة التماسك والصلابة حيث يستخدم في إنشاء الجسور والسدود وفي صناعة الأنابيب والاعمدة الأسمنتية [2]. ينتج الاسمنت في العراق بمناطق مختلفة بالاضافة الى وجود أنواع مختلفة من الاسمنت المستورد كالاسمنت الكويتي والاوكراني والهندي واسمنت الشارقة ويتم التمييز بين هذه الأنواع بأستخدام طرق الفحص الكيماوية والفيزيائية حيث تعتبر الخواص الفيزيائية للاسمنت أكثر اهمية من الخواص الكيماوية[3]. لقد استخدم الكثير من الباحثين مختلف التقنيات التحليلية مثل حيود الأشعة السينية والمكرو سكوب الألكتروني لتطوير خواص الاسمنت المنتج [4]. ان المواد الأولية الأساسية التي تدخل في صناعة الاسمنت متوفرة في العراق بشكل يفوق الحاجة إليها على المدى البعيد وتتكون هذه المواد من أربعة خامات رئيسية هي حجر الكلس والصلصال والرمل وخام الحديد. ويبين الجدول رقم (1) نسب المركبات الكيماوية الموجودة في كل من هذه الخامات حسب المواصفة القياسية العراقية رقم(5) لسنة 1984 [5]. وهناك دراسات عديدة تهدف الى تحديد تأثير الإضافات على الاسمنت مثل تأثير إضافة رماد الفحم الحجري وإضافة نشارة الخشب وغيرها [6].

جدول رقم (1) النسب المئوية للمركبات الكيماوية التي يتكون منها كل من الاسمنت والمواد الأولية الداخلة بتحضيره حسب المواصفة القياسية العراقية[4]

المركب الكيماوي	الاسمنت	حجر الكلس	الصلصال	الرمل	خام الحديد
السليكا SiO <sub>2</sub>	18 - 24	1.5	41.8	88.4	5.8
الألومينا Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 - 8	0.5	10.3	2.9	5.4
اوكسيدالحديد Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 - 4	0.5	5.8	1.6	88.1
اوكسيدالكالسيوم Cao	60_ 69	53	17.2	2.8	—
اوكسيدالمغنسيوم Mgo	2 - 5	0.4	5.0	0.5	—
الكبريتات So <sub>3</sub>	0.3 - 2.7	0.4	0.4	0.4	—
الفقدان عند الحرق L.O.I	0.1 - 0.5	42.4	17.8	2.0	—

هناك طريقتان لصناعة الاسمنت أحدهما الطريقة الجافة والأخرى الطريقة الرطبة وهما تختلفان في نسبة الماء الى المواد الأخرى المستعملة فيهما [ 7 ] . ويمكن اختيار الطريقة على حسب نوع وجودة الخامات المتوفرة وطريقة طحنها وعلى حسب الوقود المستعمل. ويعتبر إسمنت المثنى المنتج بالطريقة الجافة أحد أهم منتجات الأسمنت في جنوب العراق .

يتألف مسحوق الاسمنت الناتج من خلط خاماته الرئيسية حسب المواصفة العراقية رقم(5) لسنة 1984 من أربعة مركبات كيميائية؛

ألومينات ثلاثي الكالسيوم(C<sub>3</sub>A)، ألومينو حديدت رباعي الكالسيوم (C<sub>4</sub>AF)، سليكات ثنائي الكالسيوم (C<sub>2</sub>S) وسليكات ثلاثي الكالسيوم(C<sub>3</sub>S) كما مبين في الجدول رقم (2) .

جدول رقم (2) نسب المركبات الكيميائية الرئيسية في الأسمنت

النسبة المئوية	المركب
12-7	C <sub>3</sub> A
15-11	C <sub>4</sub> AF
25-10	C <sub>2</sub> S
65-45	C <sub>3</sub> A

## ٢- معاملات الأسمنت

تسمى عوامل الربط بين الأكاسيد الموجودة في مكونات الأسمنت بالمعاملات. وتشمل هذه المعاملات معامل الألومينا ومعامل السليكا ومعامل التشبع الكلسي.

### ١-٢ معامل الألومينا (AM)

وتمثله النسبة التالية:

$$AM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \dots\dots\dots(1)$$

وتتراوح قيمة هذا العامل ما بين (1.5-2.5) وهو يحدد مكونات الطور السائل في الكلنكر، كما إن محتوى كل من أوكسيدي الألمنيوم والحديد في خليط المواد الأولية يبقى ضمن الحدود المثالية التي ينتج عنها محتوى الطور السائل بنسبة (20-30%) في الكلنكر المحترق [ 5 ] .

### ٢-٢ معامل السليكا (SM)

وتمثله النسبة التالية:

$$SM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \dots\dots\dots(2)$$

وتتراوح قيمة هذا العامل في الكلنكر ما بين (1.9-3.2) . عند زيادة قيمة هذا العامل فإن هذا يؤدي الى زيادة نسبة تكوين كل من سليكات ثنائي وثلاثي الكالسيوم (  $C_3S, C_2S$  ) أما عند انخفاض نسبة هذا العامل فإن هذا يؤدي الى زيادة نسبة تكوين كل من المركبين ألومينات ثلاثي الكالسيوم ( $C_3A$ ) وألمينوحديديت رباعي الكالسيوم ( $C_4AF$ ) [ 7 ] .

### ٢-٣ معامل التشبع الكلسي (L.S.F)

ويمثل نسبة الكلس الحر الفعال الحقيقي في الأسمنت المنتج وتتراوح نسبته ما بين (66-102) ويحسب من المعادلة التالية [ 7 ]

$$L.S.F = CaO - 0.So_3 / 2.8SiO_2 + 1.2Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3 \dots \dots \dots (3)$$

وعندما تكون قيمة هذا العامل (102) فهذا يعني إن الأسمنت يتكون من مركب سليكات ثلاثي الكالسيوم ( $C_3S$ ) فقط بينما عندما تكون قيمة هذا العامل (66) فإن الأسمنت يتكون من مركب سليكات ثنائي الكالسيوم ( $C_2S$ ) فقط.

### ٣-٣ فحوصات الأسمنت

تجرى على الأسمنت فحوصات مختلفة لها دور فعال في إنتاج نوعية جيدة من الأسمنت بمواصفات تتطابق مع المواصفة العراقية القياسية [ 5 ] . وتصنف هذه الفحوصات بصورة رئيسية الى قسمين كيميائية وفيزيائية.

### ٣-٣-١ الفحوصات الكيميائية

وتستخدم فيها طرق التحليل الكيميائية الرطبة الكلاسيكية وتشمل الطرق الوزنية والحجمية حيث يتم تعيين المركبات الكيميائية التالية [ 7 ] :

#### ٣-٣-١-١ ثنائي أكسيد السليكون ( $SiO_2$ )

يعين وزنياً بأضافة كلوريد الأمونيوم الى النموذج ويخلط جيداً ثم يضاف كل من حامض الهيدروكلوريك وحامض النتريك . ييخر المحلول الى ما قبل الجفاف وبعد تحلل الإسمنت كلياً ترشح كتلة السليكا التي تشبه الجلي بقوامها وتغسل عدة مرات ثم ترشح ويحتفظ بالراشح جانباً. تؤخذ ورقة الترشيح مع راسبها وتوضع في جفنة بلاتينية موزونة وتحرق في فرن حراري بدرجة حرارة (1100-1200) درجة مئوية لمدة ساعة ثم تخرج الجفنة من الفرن وتوزن بعد أن تبرد.

#### ٣-٣-١-٢ أكسيد الألمنيوم والحديد ( $Fe_2O_3$ and $Al_2O_3$ )

يضاف هيدروكسيد الأمونيوم الى راسح السليكا فيترسب كل من الألمنيوم والحديد على شكل هيدروكسيدات. يتم بعد ذلك ترشيح الرواسب واحراقها ثم توزن كأوكسيد .

#### ٣-٣-١-٣ أكسيد الحديد ( $Fe_2O_3$ )

يعين بصورة منفصلة بأختزال الحديد الى حديدوز بأستخدام كلوريد القصديروز . ثم يسحج مع محلول قياسي من دايكرومات البوتاسيوم بأستخدام دليل ريدوكسي (Redox) أوباريوم داي مثل أمين . تعين نسب أوكسيد الحديد ثم تطرح نسبته من الخطوة السابقة لتعنين نسبة أوكسيد الألمنيوم ( $Al_2O_3$ ) .

### ٣-١-٤ أوكسيد الكالسيوم (CaO)

يعين بأضافة أوكزلات الامونيوم الى الراشح في الخطوة (٣-١-٢) حيث يترسب الكالسيوم ويرشح على شكل أوكزلات ثم يعاد لاذابته مرة ثانية ويسحح مع برمنكات البوتاسيوم ويحرق على شكل أوكسيد الكالسيوم .

### ٣-١-٥ أوكسيد المنغيسيوم (MgO)

يؤخذ الراشح المتخلف من ترسيب الكالسيوم ،ويضاف له فوسفات الأمونيوم - ثنائي القاعدة  $[(NH_4)_2 HPO_4]$  وهيدروكسيد الامونيوم .يترسب المنغيسيوم على شكل فوسفات المنغيسيوم ،يرشح الراسب ويحرق ثم يوزن على شكل بايروفوسفات المنغيسيوم  $(Mg_2P_2O_7)$  ثم يحسب أوكسيد المنغيسيوم المكافئ.

### ٣-١-٦ ثالث أوكسيد الكبريت ( $SO_3$ )

تترسب الكبريتات بأضافة كلوريد الباريوم بعد إذابه المحلول الحامضي للأسمنت .يرشح الراسب ويحرق على شكل كبريتات الباريوم  $(BaSO_4)$  وتحسب نسبة  $(SO_3)$  المكافئة له.

### ٣-١-٧ فقدان عند الحرق (Loss on Ignition)

ويرمز لها (L.O.I) وتعني هذه العملية إزالة الماء من الأسمنت المنتج بعد تميئه (Hydrated) وذلك بتسخينه بدرجة (500) درجة مئوية وتساعد هذه العملية أيضاً على إزالة جزيئي الماء المتحدة مع الجبس (ماء التبلور).

### ٣-١-٨ الكلس الحر (Free Lime) ( $CaO_F$ )

يعين بأستخلاصه من نموذج الأسمنت باستعمال أثلين كلايكول  $(CH_2OH)$  الجاف الساخن وتسحيح المحلول القاعدي الناتج مع حامض الهيدروكلوريك (1.0) عياري بأستخدام دليل مناسب ، وتحسب النسبة المئوية للكلس الحر كما يلي:

$$Freelime = \frac{0.028 \times Acid Normalitr \times Acid Volume \times 100}{wt.of Sample} \dots\dots\dots(4)$$

ان مدى هذه النسبة يجب ان يكون (0-2%) حسب الموصفات القياسية [ 5 ] .

### ٣-٢ الفحوصات الفيزيائية

#### ٣-٢-٢ النعومة Fineness

هناك عدة طرق لتعيين نعومة الإسمنت مثل طريقة بلين (Blaine) وطريقة تعيين الخصاصية .وتعتمد طريقة بلين على تحديد مساحة السطح النوعي للأسمنت بقياس الزمن الذي يستغرقه مرور حجم معين من الهواء خلال طبقة محددة من الأسمنت ذات نفاذية معينة. ويعتمد عدد وحجم المسام الموجود في طبقة محددة من الأسمنت ذات النفاذية المعينة على حجم دقائق ذلك الأسمنت وهي العامل المحدد لسرعة مرور الهواء خلال تلك الطبقة .

وتحدد المواصفة القياسية العراقية رقم ( 5 ) لسنة 1984 للأسمنت الاعتيادي بأن لا يقل سطحه النوعي عند فحصه عن (2500) سنتيمتراً مربعاً للغرام الواحد من الأسمنت.

### ٣-٢-٢ الثبات (التمدد) Soundness

يعرف فحص التمدد بفحص الثبات والسلامة وتستخدم طريقة الحمام الموصد (Autoclave) لأجرائه. في هذه الطريقة يعين التغيير في طول قوالب فحص طولها (252.5) ملم بعد معالجتها في قدر الضغط بدرجة حرارة بخار ضغطه (21) كغم/سم<sup>2</sup> وذلك لمدة ثلاث ساعات بعد رفع الضغط خلال مدة (45) دقيقة، ويجب أن لا يتعدى التغيير في الطول نسبة (0.8%) حسب المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 [5].

### ٣-٢-٣ مقاومة الأنضغاط (Compressive strength)

يجري فحص مقاومة الأنضغاط على مكعبات، مساحة كل وجه (25سم<sup>2</sup>)، تصب في رمل قياسي، ويحضر مكعب الفحص من خلط (185غم) من الأسمنت مع (555)غم من الرمل الجاف بمالج على سطح مستوي غير مسامي لمدة دقيقة واحدة. ثم يضاف الماء بمقدار (74) سنتيمتر مكعب ويخلط المزيج مدة أربع دقائق بدرجة (20) درجة مئوية. يصب المزيج في قالب ويرص مدة دقيقتين بماكنة إهتزاز، ويوضع بعد ذلك لمدة أربع وعشرين ساعة في جو رطوبته النسبية (90%)، ويغطى سطحه لمنع تبخر الماء ويحفظ المكعب بعد ذلك في ماء بدرجة حرارة (20) درجة مئوية. تفحص ثلاث مكعبات في جهاز كابس وهي ما تزال مبتلة، وذلك بعد ثلاثة أيام من رفعها من ماكنة الاهتزاز ثم تفحص ثلاث مكعبات غيرها بعد سبعة أيام. ويجري في الفحص تحميل المكعب بقوة انضغاط بمعدل 9722 نت. تحسب مقاومة الأنضغاط من معدل التكسر لثلاث مكعبات بالنيوتن مقسوماً على المساحة المعرضة للحمل بالملمتر المربع. أن مقاومة الأنضغاط للأسمنت الأعتيادي بعد ثلاثة ايام من صب القوالب يجب ان لا تقل عن 15 نت لكل ملمتر مربع، ويجب أن لا تقل بعد سبعة أيام من صب القوالب عن 23 نت لكل ملمتر مربع حسب المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 [5].

### ٣-٢-٤ زمن التصلب (Setting)

يعين زمن تصلب الإسمنت بجهاز فايكات (Vicat) حسب المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984. والتصلب مرحلتان تصلب أبتدائي (Initial set.) وتصلب نهائي (Final set.) فالتصلب الأبتدائي هو الفترة الزمنية الواقعة بين بدء إضافة الماء الى الأسمنت الجاف وبين توقف نفاذ ابرة جهاز فايكات في عجينة الأسمنت عند مسافة لا تزيد على 5 ملم من قاعدة الجهاز. أما التجمد النهائي فهو الفترة الزمنية الواقعة بين بدء إضافة الماء الى الأسمنت الجاف وبين ظهور أثر ابرة أخرى تستبدل بها الأولى في الجهاز، على عجينة الأسمنت دون ظهور الأثر الدائري للجزء الدائري المثبت حولها. وتستخدم في الفحص عجينة ذات قوام قياسي حيث تنزل فيها ابرة جهاز فايكات الى مسافة (5-7) ملم من قاعدة قالب الجهاز. يعين القوام بتحضير العجينة بنسب مختلفة من الماء وفحص نزول المرور فيها. ويحدد في المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 أن لا يقل زمن التجمد الأبتدائي عن ساعة واحدة وأن لا يزيد زمن التجمد النهائي على عشر ساعات [5].

### ٦-النتج والمناقشة

تم إجراء الفحوصات الكيماوية والفيزيائية على نماذج من الأسمنت العراقي المنتج في معمل إسمنت المثنى وعلى نماذج مختلفة من الأسمنت المستورد كالأسمنت الكويتي والأوكراني والهندي وإسمنت الشارقة لقد وجد إن قوة تصلب كل من الأسمنت العراقي والكويتي في الأيام الأولى بعد صبه تنشأ من المركبين ثنائي وثلاثي سليكات الكالسيوم

( $C_2S, C_3S$ ) وذلك لارتفاع نسبة هذين المركبين وخاصة في الأسمنت العراقي وانخفاض نسبة المركب ألومينات ثلاثي الكالسيوم ( $C_3A$ ) كما مبين في الجدول رقم (3) . كذلك يبين هذا الجدول ان قوة تصلب الأنواع الأخرى من الأسمنت تنشأ من المركب ( $C_3A$ ) وذلك لارتفاع نسبته فيها وانخفاض نسبة المركبين ( $C_2S, C_3S$ ) . ان انخفاض نسبة المركب ( $C_3A$ ) تؤدي الى انخفاض معامل الألومينا (AM) وهذا يؤدي الى انخفاض الحرارة المتولدة من التميؤ .

جدول رقم (3) نسب المركبات الكيميائية الرئيسية في الأسمنت

نوع الأسمنت	$C_3A$	$C_4AF$	$C_2S$	$C_3S$
عراقي (المتى)	1.83	15.40	23.92	49.14
كويتي	2.37	15.97	27.38	45.78
أوكراني	10.52	10.07	31.08	37.00
هندي	7.15	12.71	29.51	39.70
الشارقة	6.69	10.07	19.90	52.62

ان نشؤ كامل القوة للأسمنت يقوم على نسبة معتدلة من سليكات ثنائي الكالسيوم وعلى نسبة كبيرة من سليكات ثلاثي الكالسيوم [ 8 ] . وهذا يتطابق مع نتائج فحوصات الأسمنت العراقي كما هو موضح في الجدول رقم (3) . ويبين هذا الجدول ايضاً ان نسبة المركب ألومينو حديدت رباعي الكالسيوم ( $C_4AF$ ) في جميع أنواع الأسمنت كانت تقريباً ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية [5] عدا إسمنت الشارقة. ان الزيادة في نسبة المركب ( $C_4AF$ ) والانخفاض في نسبة المركب ( $C_3A$ ) تؤدي الى الحصول على إسمنت مقاوم لأملح الكبريتات الذائبة في مياه المستنقعات والمياه الجوفية ومياه البحر . يبين الجدول رقم (4) انخفاض قيمة معامل الألومينا في كل من الأسمنت العراقي والكويتي والهندي عند الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية [5] بينما كانت هذه القيمة في كل من الأسمنت الأوكراني والشارقة ضمن هذه الحدود . ان انخفاض قيمة معامل الألومينا (AM) يؤدي الى انخفاض لزوجة الطور السائل وزيادة في مقاومة الأسمنت لأملح بالإضافة الى تكوين عجينة للأسمنت ذات تصلب بطيء وتقلص قليل وحرارة تميؤ منخفضة . أما عند ارتفاع قيمة هذا العامل فأن هذا يؤدي الى زيادة تكوين مركب ( $C_3S$ ) والتقليل من تكوين المركب ( $C_4AF$ ) بالإضافة الى الصعوبة في الحرق والزيادة في صرف الوقود.

ان قيم معامل السليكا (SM) في جميع أنواع الأسمنت كانت ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية [5] كما مبين في جدول رقم (4) . ان ارتفاع قيمة هذا العامل يؤدي الى صعوبة في الحرق وارتفاع بنسبة الكلس الحر بالإضافة الى انخفاض العمر الإنتاجي للطابوق الناري . أما انخفاض قيمة هذا العامل فأنه يؤدي الى تحسين قابلية الاحتراق في الفرن وتكوين سائل بيئي بكثرة . كذلك كانت قيم معامل التشبع الكلسي (L.S.F) لجميع أنواع الأسمنت ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية [5] كما مبين في الجدول رقم (4) . ان الارتفاع في قيمة هذا العامل يؤدي الى صعوبة في الحرق وبتيء في تصلب الأسمنت المنتج بالإضافة الى زيادة تكوين المركب ( $C_3S$ ) .

الجدول رقم (5) يبين نتائج الفحوصات الكيميائية على أنواع الأسمنت المختلفة . لقد وجد ان نسبة كل من ثاني أكسيد السليكون ( $SiO_2$ ) وثالث أكسيد الألمنيوم ( $Al_2O_3$ ) وأكسيد الكالسيوم ( $CaO$ ) وثالث أكسيد الكبريت ( $SO_3$ ) كانت ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية [5] . ان انخفاض في نسبة المركب ( $Al_2O_3$ ) يؤدي الى التقليل من تكوين المركب ( $C_3A$ ) وهذا يؤثر بدوره على قوة الأسمنت بعد عملية الصب وكذلك يؤدي الانخفاض في

نسبة ( $\text{SiO}_2$ ) الى زيادة تكوين السائل البيئي بينما يؤدي الارتفاع في نسبة هذين الأوكسجين الى صعوبة في الحرق عند إنتاج الأسمنت.

جدول رقم (4) معاملات الأسمنت

معامل التشبع الكلسي L.S.F	معامل السليكا SM	معامل لألومينا AM	نوع الأسمنت
91.09	2.36	0.77	عراقي(المتني)
89.17	2.27	0.80	كويتي
89.03	2.20	1.83	اوكراني
88.94	2.17	1.28	هندي
93.42	2.61	1.40	الشارقة

جدول رقم (5) النسب المئوية لنتائج الفحوصات الكيماوية على أنواع الأسمنت

نوع الأسمنت	ثاني أوكسيد السليكون $\text{SiO}_2$	أوكسيد الالمنيوم $\text{Al}_2\text{O}_3$	أوكسيد الحديديك $\text{Fe}_2\text{O}_3$	أوكسيد الكالسيوم $\text{CaO}$	أوكسيد المغنيسيوم $\text{MgO}$	ثالث أوكسيد الكبريت $\text{SO}_3$	الفقدان عند الحرق L.O.I	الكلس الحر $\text{CaO}_F$
عراقي(المتني)	21.30	4.00	5.06	63.05	2.93	2.15	0.93	1.44
كويتي	21.60	4.25	5.25	62.57	1.94	1.60	1.66	1.02
أوكراني	20.70	6.09	3.31	61.65	1.72	2.47	2.78	1.00
هندي	20.74	5.37	4.18	61.48	1.96	2.54	2.57	0.90
الشارقة	20.79	4.64	3.31	63.26	2.70	2.50	1.79	0.95

عند ملاحظة نسبة ثالث أوكسيد الحديد ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) في جدول رقم(5) نجد ان هناك زيادة في نسبة هذا الأوكسيد في كل من الأسمنت العراقي والكويتي، بينما تطابق هذه النسبة في الأنواع الأخرى من الأسمنت مع الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية[5]. إن الزيادة في نسبة ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) تؤدي الى تمدد ومن ثم تشقق الأسمنت المنتج بالإضافة الى خفض حرارته للتميو، أما إنخفاضه فإنه يؤدي الى زيادة معامل السليكا وصعوبة في الحرق. يبين الجدول رقم(5) إن نسبة أوكسيد المغنسيوم في كل من الأسمنت الكويتي والأوكراني والهندي قد إنخفضت عن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية[5]، بينما تطابقت نسبة هذا الأوكسيد في كل من الأسمنت العراقي والشارقة مع حدود هذه المواصفة. إن الأنخفاض في نسبة ( $\text{MgO}$ ) يؤثر على عملية الحرق حيث يؤدي الى انخفاض قابلية الحرق وهذه بدورها تؤدي الى انخفاض فعالية سليكات الكالسيوم.

كذلك يبين النتائج إن نسبة الفقدان عند الحرق(L.O.I) في الأسمنت العراقي كانت ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 بينما كانت هذه النسبة في جميع الأنواع الأخرى من الأسمنت مرتفعة عن هذه الحدود كما يبين في الجدول رقم(5). ان الارتفاع في نسبة الفقدان عند الحرق يعني إن الكلنكر قد تعرض بإفراط للتميو أو إن حجر الكلس قد أضيف بكمية غير قياسية مما يؤثر على نوعية الأسمنت الناتج. كما يبين الجدول رقم(5) إن أوكسيد الكالسيوم الحر ( $\text{CaO}_F$ ) في جميع أنواع الأسمنت كانت ضمن الحدود المحددة في هذه المواصفة. إن الكلس الحر يتحول مع الزمن الى أيدروكسيد الكالسيوم ثم الى كربوناته فيزداد حجماً ويسبب ذلك الى تمدد أو تشقق المنشأة الكونكريتية.



لقد بينت نتائج قياس النعومة لجميع أنواع الأسمنت إنها كانت ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 كما مبين في الجدول رقم (6). إن زيادة نعومة الأسمنت تساعد على زيادة قوة خلطة مع الرمل والتقليل من نسبة تفتت وتمدد المادة الخرسانية المتكونة منه بالإضافة الى زيادة قابلية هذه المادة على التشكيل والتماسك وعدم النفاذية. كما يبين الجدول رقم (6) إن قابلية التمدد (الثبات) لجميع أنواع الأسمنت كانت أيضاً ضمن الحدود المحددة في هذه المواصفة ، حيث وجد إن التغير في قوالب الفحص لم يتعدى الحد الاعلى (0.8%). إن الزيادة في الطول عن هذه النسبة يكون أما بسبب زيادة نسبة الكلس الذي يتحد مع الأكاسيد الحامضية في خليط الأسمنت أثناء عملية التصنيع أو بسبب زيادة نسبة أكسيد المغنيسيوم أو الكبريتات في الأسمنت.

كذلك تبين النتائج في جدول رقم (6) إن كل من مقاومة الانضغاط وقابلية التشكيل لجميع أنواع الأسمنت كانت ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية رقم (5) لسنة 1984 .

جدول رقم (6) الفحوصات الفيزيائية على أنواع الأسمنت

زمن التصلب (Setting)				مقاومة الأنضغاط Compressive strength		الثبات Soundness by Auto.	النعومة Fineness  Blaine cm <sup>2</sup> /gm	نوع الأسمنت
Final Set.		Initial Set.		7days N/mm <sup>2</sup>	3day N/mm <sup>2</sup>			
Hr.	Min.	Hr.	Min.					
3	13	2	14	29.0	21.0	0.19	3220	عراقي (المنقى)
3	40	2	50	27.0	18.8	0.04	3100	كويتي
3	35	2	45	37.1	23.7	0.05	4000	أوكراني
3	40	2	35	33.1	25.0	0.06	3180	هندي
3	40	2	20	35.1	23.5	0.09	3300	الشارقة

### الاستنتاجات

- أظهرت النتائج أن قوة تصلب الأسمنت العراقي والكويتي في الأيام الأولى بعد صبه تتشأ من المركبين (C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S) بينما ينشأ تصلب أنواع الأسمنت الأخرى من المركب (C<sub>3</sub>A).
- انخفاض نسبة معامل الألومينا في كل من الأسمنت العراقي والكويتي والهندي مما يؤدي الى زيادة مقاومة الأسمنت للأملاح وتكوين عجينة ذات تصلب بطيء وتقلص قليل وحرارة تميؤ منخفضة.
- ان نسبة معامل السليكا ومعامل التشبع الكلسي في جميع أنواع الأسمنت كانت مطابقة للحدود المحددة في المواصفة القياسية العراقية.

٤. إرتفاع نسبة ثالث أكسيد الحديد ( $Fe_2O_3$ ) عن الحدود القياسية في كل من الأسمنت العراقي والكويتي مما يؤدي الى تمدد الأسمنت وخفض حرارة تميئه.
٥. إنخفاض نسبة أكسيد المغنسيوم ( $MgO$ ) في كل من الأسمنت الكويتي والأوكراني والهندي عن الحدود القياسية وهذا الأنخفاض يؤدي الى إنخفاض قابلية الحرق للأسمنت.
٦. تميز الأسمنت العراقي بنسبة فقدان عند الحرق ضمن حدود المواصفة القياسية بينما كانت هذه النسبة مرتفعة عن هذه الحدود في أنواع الأسمنت الأخرى وهذه الأرتفاع يعني إن الكلنكر قد تعرض بأفراط للتميؤ أو إن حجر الكلس قد أضيف بكمية غير قياسية.
٧. ان الأكاسيد الكيماوية ( $CaO_F$ ،  $CaO$  ،  $AL_2O_3$ ،  $SiO_2$ ) في جميع أنواع الأسمنت كانت ضمن الحدود القياسية.
٨. ان خواص الأسمنت الفيزيائية كالنعومة والثبات وقوة التحمل والقابلية على التشكيل لجميع أنواع الأسمنت كانت ضمن الحدود القياسية مما يجعل الأسمنت يلبي المتطلبات العملية.

#### المصادر:

- 1- د.أحمد علي العريان، د.عبد الكريم محمد عطا. *تكنولوجيا الخرسانة* . عالم الكتب، القاهرة، ١٩٨٩.
- ٢- د.محمد يوسف محمد ، د.محمد توفيق عانوس . *مقدمة في علم الكيمياء للمهندسين* . دار معارف ، الإسكندرية، ١٩٨٧.
- 3-Encyclopeedia Britannic Art ice "Specifications and Test for Portland cement" page 5-23, (<http://www.britannica.com/eb/article-76642/cement>), form internet 2007 .
- 4-Popoff, N.J. "Blended cements" concrete technology seminar MSU-CTS no.5, Michigan state university ,1991.
- 5-المواصفة القياسية للأسمنت رقم (5).هيئة المواصفات والمقاييس العراقية ، ١٩٨٤.
- 6-Jackson, Neil, Dhir, Ravindrak, "Civil Engineering Materials"5th edition, Hong Kong,1996.
- 7-Lea,F.M." *The chemistry of cement and concrete*", 1989.
- 8- كوركيس عبد أدم *إدخال الى الكيمياء الصناعية* ، ١٩٨٣ .