

توزيع العناصر الرئيسية والثانوية والأثرية في الاسمنت البورتلندي العراقي

ساهرة محمد عثمان المحاضبي
مختبر فيزياء الإنشائي
المركز القومي للمختبرات الإنشائية

سالم محمود عبد الله الشباغ
قسم علوم الأرض - كلية العلوم
جامعة كربلاء

(تاريخ الاستلام 2002/4/29 ، تاريخ القبول 2003/5/5)

المختص

تناولت الدراسة الحالية توزيع كميات العناصر الرئيسية بأمانة ووزن (Al_2O_3 و CaO و Fe_2O_3 و SiO_2) والثانوية بأمانة ووزن (Cl و K_2O و MgO و MnO و Na_2O و P_2O_5 و TiO_2) والعناصر الأثرية (Co ppm و Cu و Ni و Zn) ومحتوى الكبريتات بأمانة ووزن من كل من الحر والمسرود غير ذاتية والتعامل بالحق في (38) نموذجاً تمثل أنواع مختلفة من الاسمنت البورتلندي المنتج في (13) محملاً عراقياً خلال الفترة المحصورة بين 1997 و 1998. حيث تركزت في مكون التركيب الكيميائي وعلاقته بطبيعة المواد الأولية أو المزيج الخام وظروف الإنتاج من الحرق والتبريد وأخيراً فضلاً عن محتوى الاطوار الأساسية لاسمنت البورتلندي الاعتيادي والمعلوم بالمساح الكبريتية والابيض.

Distribution of Major, Minor and Trace Elements in Iraqi Portland Cement

Salem M. A. Al-Dabbagh
Department of Geology
College of Science
Mosul University

Sahra M. O. Al-Maadhidee
Ninevah Construction Lab.
National Center of Conv. Labs.

ABSTRACT

The present study deals with the distribution of major oxides (Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , SiO_2 wt%), minor oxides (Cl , K_2O , MgO , MnO , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2 wt%), trace elements (Co , Cu , Ni , Zn ppm.) and the constituents of free lime, insoluble residue and loss on ignition in (38) representing different types of portland cement produced at (13) Iraqi factories during the interval 1997 / 1998. The study is concerned with variation in the chemical composition in relation to the nature of raw material or raw mix, burning, cooling and storing conditions and the content of major phases in ordinary, sulfate resistance and white portland cement.

المقدمة

وتم عامة وبشكل روتيني في مواقع الإنتاج تحليل الأسمنت البورتلندي العراقي الى مكوناته الكيميائية لأغراض السيطرة النوعية حسب المواصفة العراقية رقم (5) لسنة (1984)، تشمل التحاليل المذكورة على إيجاد تركيز (wt%) Al_2O_3 و CuO و Fe_2O_3 و MgO و SiO_2 و SO_2 و فقدان وتحرق (L. O. I.) والمواد غير الذائبة (I. R.) علاوة على حساب قيمة معامل الانحلال الجيري (%LSF) وكمية طور ألومينات الكالسيوم الثلاثية (C3A)، حسب المواصفة القياسية المذكورة أعلاه، فان قيمة (%LSF) تتراوح بين (102-66) . غير ان هذا المدى الواسع من قيم (LSF) يسمح بقبول منشوح بمواصفات متباينة، اما الزامية لتكثيف التصوية من طور (C3A) فلها مثل قيمة تل على كمية الجسيم (Gypsum) المتطوَّب اشتمها الى الاسمنت البورتلندي العراقي لتجنب تسببه الخصلب (Flash setting). ان حساب كمية طور (C3A) يستند على افتراض نسبة مشاركة نظرية محددة من الألومينا (Al_2O_3)، وان لكمية التصوية تختلف قليلا او كثيرا عن ما هو مقدر فعلا من طور (C3A)، وعليه فان اضافة الجسيم على اساسها قد يؤثر في أداء الاسمنت البورتلندي العراقي كفاءة تشغيلية. كما ان الكمية المضافة من الجسيم تحدد ايضا على محتوى الفلويات ونوعية الاسمنت البورتلندي. من ملاحظة العامة لطبيعة المواد الأولية وفروقات الانحلال تؤدي الى الاعتقاد بان الاسمنت البورتلندي يقبل في حد ما الصخور المتحجرة حراريا (تسميا). وما يدعم هذا الاعتقاد هو تشخيص بعض معادن الصخور الجيرية المتحولة (مثل: Larnite) في الاسمنت البورتلندي. وعليه فان سنوك العناصر الكيميائية يتحدد بنسب اعادة توزيعها في الانحلال الجديدة المتكونة خلال مراحل تحرق والتزويد (وربما الحزن) من خطوط انتاج الاسمنت البورتلندي. حيث الترسبة الحالية بتوزيع الاكسيد الرئيسية % وزنا (Al_2O_3 و CaO و Fe_2O_3 و SiO_2) والثانوية % وزنا (Cl و K_2O و MgO و MnO و Na_2O و P_2O_5 و TiO_2) والعناصر الاثرية ppm. (Co و Cr و Cu و Ni و Zn) علاوة على نسبة الملوحة (%wt) المعدل بالتحرق (LOI) والمواد غير الذائبة (IR) والكلور (CL) ومقارنة معدلات التبدلات اعلاه بعلاقتها بظروف انتاج اسباج الاسمنت البورتلندي (الاعقدي والمقاوم للملح كبريتية والبيض) المنشأة في المعمل العراقي.

طرائق العمل

النماذج:

خلال فترات زمنية مختلفة من عام (1998-97) تم زيارة (13) معملا والمعمل على (38) نموذجاً بوزن لا يقل عن (7 kpm) من الاسمنت البورتلندي العراقي وبواقع ثلاثة نماذج من كل معمل (بمستلزام معمل سميت اجنوب) وكما موضح في الجدول (1) . ونوزعت النماذج على النحو التالي: (21) نموذجاً من الاسمنت البورتلندي الاعقدي و (14) نموذجاً من الاسمنت البورتلندي المقاوم للملح كبريتية و (3) نماذج من الاسمنت البورتلندي الأبيض.

جدول 1: معلومات تصديرية عن إنتاج الإسمنت المنتجة في الجزائر الحقيقية.

نوع الإسمنت المنتج	اسم المصنع	تاريخ الخط الإنتاج		رقم النموذج
		العام	الشهر	
إستراتيجي	مصنع إسمنت بنغازي	1991	أغسطس	1
		1997	نوفمبر 1997	2
		1997	سبتمبر 1997	3
مقارم للكهربائيات	مصنع إسمنت حمزة القويك الكبير	1992	أغسطس	4
		1997	نوفمبر 1997	5
		1997	أكتوبر 1997	6
		1997	أغسطس 1997	7
إستراتيجي	مصنع إسمنت ماريش الجديد / الترميم الأول	1997	نوفمبر 1997	8
		1997	سبتمبر 1997	9
		1997	أغسطس 1997	10
إستراتيجي	مصنع إسمنت ماريش الجديد / الترميم الثاني	1997	نوفمبر 1997	11
		1998	أغسطس	12
		1998	أغسطس	13
إستراتيجي	مصنع إسمنت الشاهين	1998	أغسطس	14
		1998	أغسطس	15
		1998	أغسطس	16
مقارم للكهربائيات	مصنع إسمنت القلم	1993	أغسطس 1993	17
		1997	نوفمبر 1997	18
		1994	نوفمبر	19
إستراتيجي	مصنع إسمنت كريمة	1993	أغسطس	20
		1997	نوفمبر 1997	21
		1997	سبتمبر 1997	22
إستراتيجي	مصنع إسمنت القنوجة	1997	أغسطس	23
		1997	نوفمبر 1997	24
		1997	أغسطس 1997	25
إستراتيجي	مصنع إسمنت كريمة الكبير	1997	نوفمبر 1997	26
		1997	نوفمبر 1997	27
		1997	سبتمبر 1997	28
إستراتيجي	مصنع إسمنت الحمراء الجديدة	1997	نوفمبر 1997	29
		1997	نوفمبر 1997	30
		1998	أغسطس 1998	31
مقارم للكهربائيات	مصنع إسمنت كرملاء	1997	نوفمبر 1997	32
		1997	أغسطس 1997	33
		1997	نوفمبر 1997	34
مقارم للكهربائيات	مصنع إسمنت الشلوب	1997	أغسطس	35
		1997	نوفمبر 1997	36
مقارم للكهربائيات	مصنع إسمنت الشكبي	1997	أغسطس	37
		1997	نوفمبر 1997	38

تباين نماذج الأسمنت البورتلندي قيد الدراسة بلونها حيث تظهر نماذج الأسمنت البرتغالي باللون
لورانسى لعلاج أو لتلاز، إلى اللون الأخضر، واللون الأبيض للأسمنت الأبيض؛ أما نماذج الأسمنت
المفوم فنماذج الكبريتية فتتميز باللون الرصاصى الداكن أو ليلالى الأسود.
بعد الحصول على نماذج الأسمنت من مواقع الإنتاج (خزانات الأسمنت أو الحزام الناقل من
المناجم) تم رصها بشكل جيد وعلوها إلى مخبرات تحليل كيميائى حيث تم تهيئتها من خلال
لصاعها لتجزئة لرباعية (quartering) وأخذ عينة بوزن حوالى (100 gm) من كل نموذج ومن ثم
طحنها إلى حبيبات ناعسة بحجم كل من (150) مايكرون.

التحليل كيميائى:

تم تحليل الأكاسيد الرئيسية والثانوية (wt%) والعناصر الأثرية (ppm) بما فيها (CaO و Al_2O_3 و
 Fe_2O_3 و SiO_2) و (Cl و K_2O و MgO و MnO و Na_2O و P_2O_5 و TiO_2) و (Ca و Cr و Cu و
 Ni و Zn) في (38) نموذجاً من الأسمنت باستخدام جهاز الأشعة السينية لوميسية من نوع (PW
1600/10) والنوع (PW 1450/10) لمتفرزين في مختبرات معمل أسمنت حنجل وقسم علوم الأرض /
جامعة الموصل على التوالي. ولجريت التحليل كيميائية باستخدام شروط التحليل والنماذج القياسية
المستخدمة في المختبرات المذكورة، أما المكونات: (P_2O_5) والمواد غير لاذية (IR) والكلس الحس (L.C.)
فقد تم تحديد كمياتها (wt%) بالأخذ على طرق التحليل المذكورة في المراسلة القياسية العراقية وقسم
(7) لمعدلة لسنة (1981). غير أن كمية (wt%) لفقدان بالحرق فقد تم تحديده على أساس الفرق
بالوزن لنماذج الأسمنت عند درجة حرارة ($925 \pm 25^\circ C$).

التنتج والمناقشة

خضعت لبيانات التحاليل في هذه الدراسة إلى معالجات إحصائية مختلفة، غير أن الاختبار
الأحصائى أوضح بأن معظم العناصر الأولية والثانوية والأثرية والمكونات الأخرى تتوزع توزيعاً طبيعياً
(normal distribution) أو قريباً منه. وعليه تم حساب معدلات تراكيز العناصر (أو المكونات) باعتبارها
وسطاً حسابياً وكما موضح في الجدول (7). وتعرض المناقشة ويشترط عام، يمكن تعيين مكونات التركيب
الكيمائى للأسمنت البورتلندي إلى مجموعة أولية تتكون (أو عناصر) في خطوط الإنتاج مثل الكلس الحس
(free lime) والمواد غير لاذية (insoluble residues) والفقدان بالحرق (Loss on ignition) وشكلت
وكسيد الكبريت (SO_2) فضلاً عن لأمور الأملاح الأرضية (الالائت والبيثيت والقرليت والفلومينيت).
أما لمجموعة الثانية من المكونات فإن الأسمنت البورتلندي يورثها عن التركيب الكيميائى للمواد الأولية
أو المزيج الخام وتتمش بتكسيد العناصر الأولية والثانوية والعناصر الأثرية.

تكون المقارنة (جدول 2) إلى زيادة محسوسة ورائحة في معدل محتوى (SO₂) في الأسمنت الأبيض (3.6%) مقارنة مع الأسمنت المقوم (2.64%) والاعتدالي (2.81%). إن سبب زيادة (SO₂) هو إضافة كميات أكبر من الجبسوم (gypsum) للحد من فعالية الامامية لطور الألويمينات (aluminates) شو. الوفرة الأكبر في الأسمنت الأبيض (13.2%) مقارنة مع (8.1%) و (10.4%) للأسمنت المقوم والاعتدالي على التوالي (المحاضري، 2000، صفحة 24). غير أن الخصائص الفيزيائية لمحتوى طور الألويمينات تؤدي إلى تضخم كمية الجسم المضافة وبالتالي زيادة محتوى (SO₂) من الحد الأعلى للمواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة (1984) والملاصق للأسمنت الاعتدالي (8 و 10 و 11 و 12 و 13 و 25 و 26 و 27) والأسمنت المقوم (6 و 32 و 33 و 34 و 36 و 37 و 38) والأسمنت الأبيض (22 و 23 و 24) وكما هو موضح في الجدول (3).

إن عمل وحدة المرور الجانبي (Bypass) يمكن أن يؤدي إلى إعادة توزيع المواد لطبارة (صنفا SO₂) في المواد المشتركة داخل الفرن لذلك وتلك بدلالة استمرار معدلات تركيز Cl (0.01%) و Na₂O (0.25%) في جميع أنواع الأسمنت المعروضة (جدول 2)، ولا تطبق هذه المتحطة على (K₂O) بسبب التباين الشديد في محتوى المواد الأولية من (K₂O) وإضافة في إنتاج الأنواع الثلاثة من الأسمنت.

إن زيادة معدل محتوى العنق بالتحرف (%LOI) في الأسمنت الأبيض (3.36%) مقارنة مع الأسمنت المقوم (1.9%) والاعتدالي (2.16%) فيمكن تفسيرها على أساس ارتفاع الكمية المضافة من الجبسوم إلى مسحوق الكلنكر وكما ذكرنا ذلك سابقاً، إلا أن عن الزيادة في معدل محتوى (%LOI) تعتمد أيضاً على زيادة محتوى الطول الكربونات والهيدروكسيدات المتفرقة نتيجة تأثير ظروف التخزين القريبة للأسمنت لهورتلندي بشكل عام، وتغير اشادات التخليقية التي فشل نمونجي. للأسمنت الاعتدالي (7 و 11) ونموذج الأسمنت المقوم (3) في تحقيق شروط محتوى (%LOI) المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة (1984) وكما هو موضح في الجدول (3).

حسب المواصفة القياسية العراقية رقم (7) المعدلة لسنة (1981) فإن المواد غير لذائبة (IR) مثل مكونات الأسمنت البورتلندي غير لذائبة في كل من حمض كلوريد الهيدروجين (HCl) وبيروكسيد الصوديوم (NaOH)، وعلاوة على الزيادة في معدل محتوى (IR) في الأسمنت الاعتدالي (1.21%) مقارنة مع الأسمنت المقوم (0.84%) والأسمنت الأبيض (0.92%) تعزى إلى وجود أسفيناكس حررة غير متفاعلة ومخففات بعض الأملاح المالحة الثقيلة والتي يحمونها تأثير إلى ظروف الحرق غير الجيدة والتي تؤكدنا مثل الملاصق للأسمنت الاعتدالي، غلط وبالرفق (10 و 14 و 15 و 28) في تحقيق شروط (%IR) للمواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة (1984) وكما هو موضح في الجدول (3).

جدول 3 : التماذج الثلاثة في تجاوز الحد الأعلى لمحتوى (SO3 و LOI و IR) تتوافق لتقييم الجرافية رقم (5) لسنة (1984) .

أرقام التماذج	العمود	نوع الاسمنت	تاريخ التماذج	البيانات التحليلية للترابسة التحليلية*		
				SO3%	LOI%	IR%
5	حسام لشمس القديم	مقدم	تشرين الثاني 1997		4.42	
6	حسام لشمس القديم	مقدم	تشرين الأول 1997	2.6		
7	بدرين التوسيع الأول	اعتدالي	أيلول 1997		4.07	
8	بدرين التوسيع الأول	اعتدالي	تشرين الأول 1997	3.29		
9	بدرين التوسيع الأول	اعتدالي	كانون الأول 1997	3.26		
10	دعوش التوسيع الثاني	اعتدالي	أيلول 1997	3.03	1.7	
11	دعوش التوسيع الثاني	اعتدالي	تشرين الأول 1997	4.18	4.27	
12	دعوش التوسيع الثاني	اعتدالي	سبتمبر 1998	2.93		
13	الأمير	اعتدالي	نوفمبر 1997	2.92		
14	كاسيم	اعتدالي	أيار 1998		2.13	
15	كاسيم	اعتدالي	سبتمبر 1998		2.02	
22	موجبة	أبيض	أيلول 1997	3.62		
23	موجبة	أبيض	تشرين الأول 1997	3.42		
24	موجبة	بني	كانون الأول 1997	3.88		
25	كروقة قديم	اعتدالي	تشرين الأول 1997	2.88		
26	كروقة قديم	اعتدالي	تشرين الثاني 1997	3.18		
27	كروقة قديم	اعتدالي	تشرين الأول 1997	2.89		
28	كروقة جديد	اعتدالي	تشرين الأول 1997		1.56	
32	كروقة	مقدم	نوفمبر الثاني 1997	2.96		
33	كروقة	مقدم	كانون الأول 1997	3.19		
34	حبيب	مقدم	أيلول 1997	2.76		
36	حبي	مقدم	أيلول 1997	2.56		
37	حبي	مقدم	تشرين الثاني 1997	2.89		
38	حبي	مقدم	كانون الأول 1997	2.56		

* (المحسني، 2000)

حسب لمتوسط الجرافية (5) (1984) : الحد الأعلى (IR = 1.5 % ، LOI = 4.0 %) في مجموع أنواع الاسمنت والحد الأعلى (SO3) في الاعتدالي (2.8 %) والممتاز (2.50 %) والأبيض (3.0 %) وعلى أساس أن التوسيعات كالتوسيع الثلاثة أكبر من (5 %) .

لدى زيادة البسيطة في معدل محتوى (Al₂O₃) في الاسمنت الاعيادي (1.45%) مقارنة مع الاسمنت لمقوم (1.34%) والاسمنت الابيض (1.33%) يمكن تفسيرها على اساس ان ظروف الحرق والتبريد والتي تؤدي الى اختلاف نسب الكلس الحرق. فالحرق غير الكامل لتوزيع الخام يمكن ان يؤدي الى زيادة نسبة الكلس غير المتفاعل، كما ان معدلات التبريد البطيئة ترفع نسبة الكلس الحرق من خلال تفاعل طور الاليت (alite) الى طور الهيليت (belite) (Jan, 1970, Midgley, 1964) فضلا عن تآكل بعض من الكلس الحرق نتيجة اطلاق العناصر القلوية محل (Ca) في طور الألويمينات (Lawal and Skalny, 1977).

باستثناء ما تكتم (SO₃, Fe₂O₃, IR, LOI) فان المكونات الاخرى بورتلها الاسمنت البورتلدي حين التركيب الكيميائي لتوزيع الخام.

تتبلن كثيرا المواد الاولية المستغلة فعلا في معامل الاسمنت الحرقية، حيث تستغل كمكون طبيعي الترسبات لحيطة و اخبان تكوين الفتحة (الميلوسين الاوسط) : اثنين الفات لتكوين حبيبات (جوراسي)، بينما تستغل كمكون جيري المصهور لتكسية لتكوين الفتحة (الميلوسين الاوسط) وتكوين الشام (الايوسين الاوسط) وتكوين شيخ علقون (بوجورسين) وتكون علقون (اوتوجوسين) وتكون الفرات (الميلوسين الاوسط) وتكون الحريمي وتكوين لسريكجني (الميلوسين الاوسط) كما تستغل كمستلزمات ومصححات واسب المكون من تكوين حبيبات (جوراسي) وتكوين عبق (جوراسي) ولحبيوم من تكوين الفتحة (الميلوسين الاوسط) عثرة على استغلال رمال تكوين لرضية (الكرباسي الاوسط) وتكوين الفسار (الوليجوسين - ناوسين) حسب المعايير (2000).

بالرغم من اقبال الواضح في المواد الاولية المستغلة، الا ان تباغ الاسمنت البورتلدي قيد الدراسة تظهر تحلفا في معدلات محتوى (SiO₂, MgO, CaO, Al₂O₃) التي تتكهن بمصيرها حرقا (90%) من التركيب الكيميائي (جدول 2). وهذا يعكس معاوي التزم لمعامل الحرقية بالمواصفات الكيميائية لتوزيع الخام، كما يمكن تفسير تحلف التركيب الكيميائي على اساس دخول نسب متفاوتة من الاكسيد المتكورة في الاطوار ارضية (الاليت والبيلايت والالمينيت والتبرليت وطور السائل غير المعززة والكلس الحرق) فالاسمنت البورتلدي عثرة على حالة تصوجها الناتجة عن تأثير ظروف الحرق والتبريد وربما تآكل.

لوضعت دراسة لتعدنية والبيروغرافية للمعادي (2000) (صفحة 124) بان معدل محتوى الطوار الاليت والايوسينيت يزداد في الاسمنت الابيض والطور الاليت والايوسين في الاسمنت لمقوم، في حين يحوي الاسمنت الاعيادي على معدلات وسطية في الاطوار المذكورة. ولاحظت ان الدراسة تبين نقوة ونمو هذه الاطوار غير ان درجات النمو المنخفضة تلاحظ بشكل اوضح في الطوار الاسمنت الاحادي والبيطس. بشكل عام، تتحكم هذه الاطوار في توزيع تكسيد العناصر ارضية والقلوية في الاسمنت البورتلدي وكما يوضحها الجدول (4). وتشير المقارنة في الجدول لتكوير الى ارتفاع محتوى

CaO في الألائت ومحتوى (SiO₂) في البيريت ومحتوى (Fe₂O₃) و (MgO) في البيريت ومحتوى (Na₂O) و (K₂O) في الألويمينيت، بينما يتوزع (Al₂O₃) بين طورى البيريت والألويمينيت، فسي حين يقتصر وجود (SO₂) بكميات قليلة على طورى الألائت والبيريت (Hofmann, 1975).

تفسير المقارنة في الجدول (2) أنه إن الزيادة بسيطة في معدل محتوى (CuO) و الزيادة الملحوظة في معدل محتوى (Fe₂O₃) في الأسمت المقارن تعزى إلى ارتفاع محتوى طورى الألائت والبيريت على التوالي، بينما تفسر الزيادة البسيطة في معدل محتوى (SiO₂) و (Al₂O₃) في الأسمت الأيسر على أساس زيادة محتوى طورى البيريت والألويمينيت على التوالي، غير أن الزيادة البسيطة في معدلات محتوى (MgO), (TiO₂), (P₂O₅, MnO) في الأسمت الاعتيادي فيمكن تفسيرها بوجود هذه الأكاسيد بشكل معدني ثقيل وقلوي غير متكامل المحرق. وربما تشرح الملاحظة الأخيرة أيضا جانباً من ارتفاع معدلات محتوى العناصر الأثرية (Zn, Ni, Cu) في الأسمت الاعتيادي.

جدول 4: بيانات التركيب الكيميائي لاطوار الأسمت لأشاعة.

أكسيد العنصر		الطور											
SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%
25.71	0.49	0.11	0.40	73.35	0.77	1.49	Max.	اللائت	at				
23.86	nd	nd	0.93	71.96	0.24	0.17	Min.						
33.17	0.50	0.08	1.02	65.09	1.63	2.99	Max.	بيريت					
29.63	nd	0.11	0.53	62.76	1.13	0.48	Min.						
4.20	0.30	0.60	4.30	46.71	22.20	25.10	Max.	فيريت					
3.06	nd	0.16	4.20	44.86	20.06	22.73	Min.						
7.10	1.80	2.00	2.70	54.80	6.00	28.76	Max.	ألويمينيت					
4.60	0.1	0.30	2.70	53.00	5.20	21.40	Min.						

nd: تركيز دون مستوى التحسس.

المصدر: Hofmann, 1973.

أما عدم تحسس محتوى كبريت (K₂O) في الأسمت الأبيض فربما يعود إلى المحتوى المنخفض في (K₂O) في المراد الأولية المعالجة بواسطة البيريت، غير أن الزيادة في معدلات محتوى (C) و (Cu) في الأسمت المقارن تشير إلى وجودها في طور البيريت، غير المحرق، وصيغة احتمال محل الحديد والكالسيوم على التوالي (Singh, 1976; In Handoo and Gosh, 1993; Buzchi, 1981) و (Sinha, 2000).

الاستنتاج

إن مظهر البيانات التجريبية ومناقشتها في الدراسة الحالية تشير إلى ظروف الحرق والتبريد المتوسطة إلى الجيدة في إنتاج الأسمت المقارن، بينما تنخفض أيضاً ظروف الحرق والتبريد التي تون أوسط في إنتاج الأسمت الاعتيادي والأبيض.

المصادر العربية

- المعاصميدي، ساهرة محمد عثمان، 2000. الضوابط المعنوية والنتر وغرافية والكيميائية لتخوادم ايزيرية نلامنت البيوتندي العراقي. اطروحة دكتوراه شير منشورة جامعة الموصل / كلية العلوم، 201 ص.
- المواصفة القياسية العراقية رقم 5، لسنة 1984 - الاسمنت البورتلندي، مجلس التخطيط / الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 10 ص.
- المواصفة القياسية العراقية رقم 7، لسنة 1981 - الطرق القياسية لتحليل الكيمياء الاسمنت البورتلندي، هيئة الاسمنت والادوية العراقية، 21 ص.

المصادر الأجنبية

- Bocchi, R., 1981. Features on the role of minor compounds in cement clinker, part I. *Wur. Ceram. Tech.*, 13(5), pp. 210-231.
- Hofmann, F., 1975. Microstructure of portland cement clinker (Holderbank management and consulting Ltd., translated from the original German text, 1973 by Anne Koller, 42p).
- Jawed, I. and Skalny, J., 1978. Alkalies in cement: A review II. effects of alkalies on hydration and performance of portland cement. *Cem. and Con. Res.*, 8(1), pp.37-52.
- Lee, J. M., 1970. The chemistry of cement and concrete, 3rd edition. Chemical publishing company, inc., 727p.
- Mitgley, H. G., 1964. The formation and phase composition of portland cement clinker. In: Taylor, H.P. W., 1964. The chemistry of cement. Vol.1 Acad. Press, Inc., pp. 89-130.
- Singh, 1976. In: Haudou and Gies, 1992. Infrared spectroscopy study of cement and raw material. In progress cement and concrete "cement and concrete. Science and Technology vol I, part II A31 Books (P) Ltd. 1st edition pp. 222-252.

