

**هدرنة ثلاثي ألومينات الكالسيوم في وجود مخاليط مضافة**  
**Hydration of Tricalcium Aluminate in the Presence of Admixtures**

**إعداد**

أحلام إبراهيم السلمي

**إشراف**

د. د. فتحية محمد حلمي  
أستاذ كيمياء غير العضوية

د. محمود أحمد طاهر  
أستاذ مشارك كيمياء غير  
العضوية

بحث مقدم كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير  
تخصص كيمياء غير العضوية

**كلية التربية للبنات - الأقسام العلمية**

**جامعة الملك عبد العزيز**

**جدة**

**جمادى أول ١٤٢٩ هـ**

**مايو ٢٠٠٨ م**

# **Hydration of Tricalcium Aluminate in the Presence of Admixtures**

by

**Ahlan I. Al- Sulami**

B. Sc. In Chemistry

Under Supervision of

**Dr. Mahmoud A. Taher**

Associate professor of  
Inorganic  
Chemistry

**Dr. Fathia M. Helmy**

professor of Inorganic  
Chemistry

A thesis submitted in partial fulfilment  
of the requirement for the Degree of M. Sc. In  
**Inorganic Chemistry**

Girls' College of Education  
KING ABDULAZIZ UNIVERSITY  
JEDDAH  
Jomad Al-Awal 1429 H  
May 2008 G

## المستخلص

يعتبر ثلاثي ألومينات الكالسيوم أحد أهم المركبات غير العضوية الرئيسية المكونة للإسمنت ويلعب دورا هاما وبارزا في التحكم في الخواص الهيدروليكية للعجائن الاسمنتية وذلك من خلال تأثيره وتأثره بمكونات الاسمنت الأخرى، فبالرغم من أن نسبته لا تتجاوز (7 - 12%) من جملة المركبات الأساسية المكونة للإسمنت إلا أنه يكتسب أهمية خاصة من خلال قدرته في الحفاظ على العجينة الاسمنتية بصورة متعجنة بحيث يسهل التعامل معها أثناء عمليات البناء عند إضافة الماء إلى الإسمنت، فهو المسئول عن زمن الشك في العجينة الاسمنتية وبالتالي يمكن ضبطه تبعا للظروف المناخية المختلفة. ولكي يتم ضبط زمن الشك فإنه يتم إضافة مخاليط عضوية أو غير عضوية للخلاطة فتتفاعل مع ثلاثي ألومينات الكالسيوم المسئول عن شك العجينة الاسمنتية في وجود الماء وتعمل على تسريع أو تأخير عملية الهدرته تبعا لنوع المخلوطة المضاف. وقد تم في هذه الرسالة دراسة تأثير بعض المخاليط غير العضوية والعضوية على عملية هدرته ثلاثي ألومينات الكالسيوم سداسية الماء ( $C_3A \cdot 6H_2O$ ) عند الأزمنة المختلفة ( 15 دقيقة، ساعة، 3 ساعات، 7 ساعات، يوم واحد، 7 أيام، 14 يوم، 28 يوم) من بداية عملية الهدرته. وقد تمت دراسة التغير في أطوار ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية عن طريق قياسات طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) للعينات الصلبة، ودراسة التغير في التشكل والتركيب

الدقيق لثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية باستخدام تحاليل الميكروسكوب الماسح الإلكتروني (SEM) لبعض العينات الصلبة، كما تم تتبع حركية عملية الهدرته باستخدام قياسات الأس الهيدروجيني pH والتوصيلية الكهربائية عند الأزمنة المختلفة. وقد تم تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية من تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع هيدروكسيد الألومينيوم في المحلول المائي وتمت إضافة المخاليط غير العضوية أو العضوية بنسبة وزنية (1%) في وجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  و/أو  $Al(OH)_3$  (واحد مول) لدراسة تأثيرها على عملية الهدرته. وقد كانت المخاليط غير العضوية المستخدمة في الدراسة عبارة عن كلوريد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم ثنائية الماء، أما المخاليط العضوية فهي السكروز والجليسرول والايثيلين جليكول. وقد وجد أن كلوريد الكالسيوم يعتبر من أقوى المخاليط غير العضوية التي تعطي خواص هيدروليكية عالية لثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية عند إضافته بنسبة وزنية (1%) ووجود زيادة من هيدروكسيد الألومينيوم (واحد مول) يحسن من خواصه الهيدروليكية بصورة أفضل، في حين أن الايثيلين جليكول يعتبر من أقوى المخاليط العضوية التي تعطي خواص هيدروليكية عالية لثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية عند إضافته بنسبة وزنية (1%) ووجود زيادة من هيدروكسيد الألومينيوم (واحد مول) يحسن من خواصه الهيدروليكية بصورة أفضل. وفي المقابل فقد لوحظ أن وجود زيادة من هيدروكسيد الألومينيوم (واحد مول) يعيق تكون الاترنجاييت في وجود كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء المضافة بنسبة وزنية (1%) أثناء عملية هدرته ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية. أخيرا، فإن الجليسرول يعتبر من أقوى المخاليط العضوية المقاومة لعملية الهدرته ويتسبب في بطء شديد لعملية تعجن ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية عند

إضافته بنسبة وزنية ( 1% )، ولكن وجود زيادة من هيدروكسيد الألومينيوم (واحد مول) يقلل من تأثيره المقاوم لعملية هدرتة ثلاثي أومينات الكالسيوم المائية .

## المخلص

تهدف الرسالة إلى دراسة تأثير بعض المخاليط غير العضوية والعضوية على هدرته ثلاثي ألومينات الكالسيوم سداسية الماء  $C_3AH_6$  وذلك بتتبع عملية الهدرته في وجود هذه المخاليط عند الأزمنة ( 15 دقيقة، ساعة، 3 ساعات، 7 ساعات، يوم واحد، 7 أيام، 14 يوم، 28 يوم) من بداية عملية الهدرته، وتم تتبع عملية الهدرته عن طريق ما يلي:

1 - دراسة التغير في أطوار ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية عن طريق قياسات طيف الأشعة تحت الحمراء عند الأزمنة المختلفة.

2 - دراسة التغير في التشكل والتركيب الدقيق لثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية عن طريق تحاليل الميكروسكوب الماسح الإلكتروني عند الأزمنة المختلفة.

3 - دراسة حركية هدرته ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية عن طريق قياسات الأس الهيدروجيني pH والتوصيلية الكهربائية عند الأزمنة المختلفة.

وتتم إضافة المخاليط غير العضوية أو العضوية بنسبة وزنية ( 1% ) مع عملية تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية من تفاعل  $Ca(OH)_2$  و  $Al(OH)_3$  في المحلول المائي، وفي بعض عمليات الهدرته يتطلب وجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  و/أو  $Al(OH)_3$  وتتم هذه الزيادة بإضافة وزن من  $Ca(OH)_2$  أو  $Al(OH)_3$  بما يقابل واحد مول.

والمخاليط غير العضوية المستخدمة في هذه الرسالة هي: كلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$ ، كبريتات لكالسيوم ثنائية الماء  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .

والمخاليط العضوية المستخدمة في هذه الرسالة هي: السكروز، الجليسرول والايثيلين جليكول.

## وتتمت دراسة عمليات هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية الآتية:

### أ - هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود المخاليط غير العضوية وتشمل:

- 1 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  .
- 2 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود زيادة من  $Al(OH)_3$  .
- 3 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  وزيادة من  $Ca(OH)_2$  .
- 4 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  وزيادة من  $Ca(OH)_2$  و  $Al(OH)_3$  .
- 5 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود  $CaCl_2$  وزيادة من  $Ca(OH)_2$  .
- 6 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود  $CaCl_2$  وزيادة من  $Al(OH)_3$  .

### ب - هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود المخاليط العضوية وتشمل:

- 1 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود السكروز وزيادة من  $Ca(OH)_2$  .
- 2 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود السكروز زيادة من  $Al(OH)_3$  .
- 3 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود الجليسرول وزيادة من  $Ca(OH)_2$  .
- 4 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود الجليسرول وزيادة من  $Al(OH)_3$  .
- 5 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود الايثيلين جليكول وزيادة من  $Ca(OH)_2$  .
- 6 - هدرتة  $C_3AH_6$  في وجود الايثيلين وزيادة من  $Al(OH)_3$  .

ويتضمن محتوى الرسالة الأبواب الثلاثة الرئيسية التالية:

### الباب الأول: المقدمة والهدف من البحث ويشمل:

- 1 - نبذة مختصرة عن مركبات الاسمنت الرئيسية والصغرى.
- 2 - نبذة مختصرة عن هدرتة الاسمنت البورتلاندي.
- 3 - نبذة مختصرة عن المخاليط وأنواعها.
- 4 - نبذة مختصرة عن تفاعل ثلاثي ألومينات الكالسيوم مع الماء.
- 5 - مسح مرجعي عن هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم في وجود مخاليط غير عضوية أو مخاليط عضوية..
- 6 - الهدف من البحث

### الباب الثاني: الجزء العملي

ويتضمن تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود المخاليط غير العضوية أو المخاليط العضوية المختلفة والتي تشملها هذه الدراسة. وكذلك القياسات باستخدام الأجهزة المختلفة.

## **الباب الثالث: النتائج والمناقشة:**

ويشمل دراسة ومناقشة نتائج قياسات الأس الهيدروجيني pH والتوصيلية الكهربائية وكذلك نتائج دراسة قمم قياسات أطيف الأشعة تحت الحمراء وكذلك نتائج دراسة التغير في التشكل والبنية الدقيقة لكل عمليات هدرته ثلاثي ألومينات الكالسيوم عند إضافة ( 1% ) نسبة وزنية من المخالط غير العضوية أو المخالط العضوية ووجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  و/أو  $Al(OH)_3$  تكافئ (واحد مول)، وعند الدراسة اتضح الآتي:

### **أولاً: بالنسبة لهدرته ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود مخالط غير عضوية:**

- 1- وجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  يؤثر على الخواص الهيدروليكية لثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في بداية عملية الهدرته ولكن يتلاشى هذا التأثير في الأزمنة المتأخرة بعد مرور 7 أيام من عملية الهدرته حيث تبدأ الخواص الهيدروليكية (التعجن) لـ  $C_3AH_6$  في الزيادة.
- 2- وجود زيادة من  $Al(OH)_2$  يؤدي إلى زيادة عملية الهدرته لـ  $C_3AH_6$  وزيادة الخواص الهيدروليكية (سرعة عملية التعجن).
- 3- وجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  في وجود ( 1% ) من كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء  $CaSO_4.2H_2O$  في عملية هدرته  $C_3AH_6$  يؤدي إلى زيادة تكون الاترنجايت ثلاثي الكبريتات (AFt)  $3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.32H_2O$  ذو التأثير الضار على عملية التعجن والخواص الهيدروليكية لثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية وبالتالي خواص الاسمنت الهيدروليكية.

- 4- وجود زيادة من  $Al(OH)_3$  في وجود ( 1% ) من كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء  $CaSO_4.2H_2O$  وزيادة من  $Ca(OH)_2$  يؤدي إلى التقليل من تكون الاترنجايت وبالتالي تقليل أثره الضار على عملية التعجن إذا تواجد بكمية كبيرة وكذلك فإن إضافة  $Al(OH)_3$  إلى الاسمنت يؤدي إلى التقليل من تأثير الجبس  $CaSO_4.2H_2O$  على عملية التعجن والخواص الهيدروليكية للاسمنت.
- 5- وجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  في وجود ( 1% ) من كلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$  أثناء عملية هدرته  $C_3AH_6$  يؤدي إلى تقليل تكون الاترنجايت وبالتالي زيادة الخواص الهيدروليكية لـ  $C_3AH_6$  وذلك بدرجة ملحوظة.
- 6- وجود زيادة من  $Al(OH)_3$  في وجود ( 1% ) من كلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$  يؤدي على زيادة سرعة هدرته  $C_3AH_6$  بدرجة كبيرة منذ بداية عملية الهدرته ولذلك يعتبر  $CaCl_2$  في وجود  $Al(OH)_3$  عامل منشط قوي لعملية التعجن لـ  $C_3AH_6$  وبالتالي زيادة الخواص الهيدروليكية للاسمنت.

## ثانياً: بالنسبة لهدرته ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود مخاليط عضوية:

- 1 - إضافة (1%) من السكروز في وجود زيادة من  $\text{Ca(OH)}_2$  يؤدي إلى تقليل سرعة هدرته  $\text{C}_3\text{AH}_6$  وبالتالي بطء عملية التعجن (التصلد) ولذلك فالسكروز في هذه الحالة يعتبر عامل مقاوم للتعجن.
- 2 - إضافة (1%) من السكروز في وجود زيادة  $\text{Al(OH)}_3$  يؤدي إلى زيادة سرعة هدرته  $\text{C}_3\text{AH}_6$  وبالتالي سرعة عملية التعجن وزيادة الخواص الهيدروليكية ولذلك فالسكروز في هذه الحالة يعتبر عامل منشط لعملية التعجن (التصلد).
- 3 - إضافة (1%) من الجليسرول في وجود زيادة من  $\text{Ca(OH)}_2$  يؤدي إلى البطء الشديد في سرعة عملية هدرته  $\text{C}_3\text{AH}_6$  وبذلك بطء عملية التعجن بدرجة ملحوظة أي التقليل من الخواص الهيدروليكية وبذلك فإن الجليسرول في هذه الحالة يعتبر عامل مقاوم قوي لعملية التعجن (التصلد).

- 4 - إضافة (1%) من الجليسرول في وجود زيادة من  $\text{Al(OH)}_3$  يؤدي إلى زيادة بسيطة في سرعة هدرته  $\text{C}_3\text{AH}_6$  مقارنة بوجود زيادة من  $\text{Ca(OH)}_2$  وبذلك يعتبر الجليسرول في هذه الحالة عامل منشط ضعيف لعملية التعجن.
- 5 - إضافة (1%) من الايثيلين جليكول في وجود زيادة من  $\text{Ca(OH)}_2$  يؤدي إلى زيادة سرعة هدرته  $\text{C}_3\text{AH}_6$  وبالتالي زيادة سرعة التعجن ولذلك يعتبر الايثيلين جليكول في هذه الحالة عامل منشط لعملية التعجن (التصلد).
- 6 - إضافة (1%) من الايثيلين جليكول في وجود زيادة من  $\text{Al(OH)}_3$  يؤدي إلى زيادة سرعة هدرته  $\text{C}_3\text{AH}_6$  بدرجة كبيرة وأكبر منه في حالة وجود زيادة من  $\text{Ca(OH)}_2$  ولذلك يعتبر الايثيلين جليكول في هذه الحالة عامل منشط قوي لعملية التعجن (التصلد).

## الخلاصة:

### من نتائج هذه الدراسة نستخلص الآتي:

- 1 - تعتبر إضافة ( 1% ) من كلوريد الكالسيوم  $\text{CaCl}_2$  عاملاً منشطاً قوياً بالنسبة للمخاليط غير العضوية في وجود زيادة من  $\text{Al(OH)}_3$  ويعطي أعلى خواص هيدروليكية لـ  $\text{C}_3\text{AH}_6$  وبالتالي للاسمنت.
- 2 - وجود زيادة من  $\text{Al(OH)}_3$  يقلل من تكون الاترنجايت في حالة وجود ( 1% ) من كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء أثناء عملية هدرته  $\text{C}_3\text{AH}_6$  وبذلك يقلل من خطورة زيادة تكون الاترنجايت على خواص الاسمنت الهيدروليكية.



- 3 - تعتبر إضافة ( 1% ) من الايثيلين جليكول عاملا منشط قوي بالنسبة للمخاليط العضوية في وجود زيادة من  $Al(OH)_3$  ويعطي أعلى خواص هيدروليكية لـ  $C_3AH_6$  وبالتالي الاسمنت.
- 4 - تعتبر إضافة (1%) من الجليسرول عاملا مقاوم قوي بالنسبة للمخاليط العضوية في وجود زيادة من  $Ca(OH)_2$  ويسبب أعلى بطء في عملية تعجن  $C_3AH_6$  والاسمنت.

### **التوصيات:**

#### **نتيجة لهذا البحث نوصي بالآتي:**

- 1 - إضافة ( 1% ) من  $CaCl_2$  و  $Al(OH)_3$  بنسبة محسوبة إلى خلطة الاسمنت وذلك لتسريع عملية الشك وزيادة الخواص الهيدروليكية للاسمنت (معامل منشط).
  - 2 - إضافة  $Al(OH)_3$  بنسبة وزنية محسوبة إلى خلطة الاسمنت وذلك للتقليل من أثر الجبس الضار على عملية الشك (التصلد للاسمنت وبالتالي الخواص الهيدروليكية (معامل منشط).
  - 3 - إضافة (1%) من الايثيلين جليكول و  $Al(OH)_3$  بنسبة محسوبة إلى خلطة الاسمنت وذلك لتسريع الشك لعملية الشك (التصلد) والزيادة السريعة في الخواص الهيدروليكية للاسمنت (معامل منشط قوي)
  - 4 - إضافة (1%) من الجليسرول إلى خلطة الاسمنت وذلك في حالة الحاجة إلى زيادة زمن الشك (معامل مقاوم للتصلد).
- وبشرط ألا تؤثر هذه التوصيات المقترحة على المواصفات القياسية العالمية للاسمنت والمتفق عليها عالمياً.

## Abstract

Tricalcium aluminate is considered as one of the most important main inorganic compounds that constitute cement. It plays an important role in controlling hydraulic characteristics of cement and strength development of concrete. Although its percent do not exceed (7-12%), of the total essential compounds constituting cement, but it acquired special importance through its capability of reserving cement in a form of a paste, since can be handled easily during construction when water is added to cement. It is responsible of setting time in cement mixture so can be adjusted according to different whether conditions. To adjust setting time, organic or inorganic compounds must be added to cement mix in the presence of water to accelerate or retard hydration process according to the type of added admixture. The subject of this work is to study the influence of inorganic and organic admixtures on the behaviour of tricalcium aluminate hexahydrate ( $C_3AH_6$ ) in the hydration process after different periods of hydration (15 minutes, 1 hr, 3 hr, 7 hr, 1 day, 7days, 14 days and 28 days).The change in phases was studied by infra red spectroscopy (IR) measurements on solid specimens. The change in morphology and microstructure was investigated by scanning electron microscopy (SEM) measurements on some solid specimens. The kinetic of hydration was studied by measuring pH and conductivity values of solution at different periods. Tricalcium aluminate hydrate was prepared by the reaction between  $Al(OH)_3$  and  $Ca(OH)_2$  in aqueous solution and 1% by weight of inorganic or organic admixtures has been added in presence of excess  $Ca(OH)_2$  and/or  $Al(OH)_3$  (1mole) to study their effects on the hydration process.The inorganic admixtures used in this study were calcium chloride, calcium sulfate dihydrate and the organic admixtures were sucrose, glycerol, and ethylene glycol. From this investigation we concluded that, calcium chloride (1% by weight) improves the hydraulic properties of tricalcium aluminate hydrate and the presence of excess aluminium hydroxide (1mole) gives extra improvements. Also, ethylene glycol (1%by weight) improves the hydration of tricalcium aluminate hydrate

and the presence of excess aluminium hydroxide (1mole) gives extra improvements. On the other hand it was found that, presence of excess aluminium hydroxide(1mole) retards the formation of ettringite in the hydration process of tricalcium aluminate hydrate in presence of calcium sulfate dihydrate (1%by weight). Finally, glycerol (1% by weight) is the highly retarding organic admixture for the hydration process of tricalcium aluminate hydrate, but presence of excess aluminium hydroxide (1mole) decreases its retarding effect on the hydration of tricalcium aluminate hydrate.

## Summary

Tricalcium aluminate ( $C_3A$ ) is a cement mineral, which is important for the strength development of concrete. A special interest attaches the progress of  $C_3A$  hydration, which affects the properties of cement, when cured at elevated temperatures. This is one of the reasons, why the system  $CaO-Al_2O_3-H_2O$  has been an object of much research. The subject of this work is to study the effect of inorganic and organic admixtures on the hydration process of tricalcium aluminate hexahydrate ( $C_3AH_6$ ) up to 28 days of hydration.

**The different hydration processes which applied in this investigation can be illustrated as follows:**

### **1-Hydration processes of $C_3AH_6$ using inorganic admixtures:**

- a- hydration of  $C_3AH_6$  in presence of excess  $Ca(OH)_2$ .
- b- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of excess  $Al(OH)_3$ .
- c- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  and excess of  $Ca(OH)_2$ .
- d- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  and excess of both  $Ca(OH)_2$  and  $Al(OH)_3$ .
- e- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of  $CaCl_2$  and excess of  $Ca(OH)_2$ .
- f- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of  $CaCl_2$  and excess of  $Al(OH)_3$ .

### **2-Hydration processes of $C_3AH_6$ using organic admixtures:**

- a- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of sucrose and excess of  $Ca(OH)_2$ .
- b- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of sucrose and excess of  $Al(OH)_3$ .
- c- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of glycerol and excess of  $Ca(OH)_2$ .
- d- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of glycerol and excess of  $Al(OH)_3$ .
- e- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of ethylene glycol and excess  $Ca(OH)_2$ .
- f- Hydration of  $C_3AH_6$  in presence of ethylene glycol and excess  $Al(OH)_3$ .

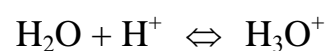
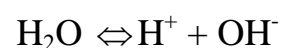
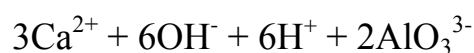
### **3-Preparation of Tricalcium Aluminate hydrate:**

$C_3AH_6$  was prepared by the reaction between  $Al(OH)_3$  and  $Ca(OH)_2$  in aqueous solution according to the following mechanism:

- 1-  $Al(OH)_3$  will be ionized in presence of water forming  $Al^{3+} + H^+ + OH^-$  ions and there is appearance of  $H_3O^+$  due to the transformation of  $Al(OH)_3$  to soluble peraluminate ions

$AlO_3^{3-}$  due to the amphoteric behaviour of Al and water molecule can act as proton donor or acceptor i.e.- acidic or basic effect.

- 2- Accordingly, the upper layer in preparation vessel will contain:



- 3- The precipitate down layer in vessel will contain unionized  $Ca(OH)_2$  and  $Al(OH)_3$ .

- 4- the insoluble  $C_3AH_6$  will be formed gradually after the beginning of the reaction and

the concentration of insoluble  $\text{Ca(OH)}_2$  and  $\text{Al(OH)}_3$  will be decreased gradually by time and the concentration of formed  $\text{C}_3\text{AH}_6$  will be increased up to the complete consuming of  $\text{Ca(OH)}_2$  and  $\text{Al(OH)}_3$  which was added according to the ratio 3:1 of  $\text{Ca(OH)}_2$ :  $\text{Al(OH)}_3$ , respectively and complete formation of  $\text{C}_3\text{AH}_6$ .

5- The formation of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  is due to the reaction between  $\text{Ca(OH)}_2$  and the peraluminate

acid ( $\text{H}_3\text{AlO}_3$ ) can be illustrates as following equation :



The hydraulic reactivity of each hydration process at the end of each age of hydration (15 min., 1hr, 3hr, 7hr, 1day, 7 days, 14 days and 28 days) was estimated with respect to the following measurements:

1- The change in phases by infrared spectroscopic analysis (IR) on hardened specimens

to provide additional information on the hydration products.

2- The change in morphology and microstructure of hardened specimens using

scanning electron microscopy (SEM).

3- Kinetics of hydrations by measuring the pH and conductivity values at various ages

of hydration.

Interesting results were obtained from this investigation and several

conclusions could

be derived and these can be summarized as follows:

**A. Hydration of tricalcium aluminate hydrate in presence of inorganic**

**admixtures:**

1- Presence of excess  $\text{Ca(OH)}_2$  retards the hydration of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  at the earlier ages of

hydration, but this retardation disappeared at later ages ( after 7 days).

2- Presence of excess  $\text{Al(OH)}_3$  accelerates the hydration of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  at all ages of

hydration.

3- Presence of excess  $\text{Ca(OH)}_2$  in the hydration process of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  in the presence of

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  causes an increasing in the formation of ettringite (AFt) , accordingly,

the hydraulic properties of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  will be decrease.

4- Presence of excess  $\text{Al(OH)}_3$  in the hydration process of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  in the presence of

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and excess of  $\text{Ca(OH)}_2$  causes a decreasing in the formation of ettringite, accordingly, the hydraulic properties of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  will be increased

and the

bad effect of formation of high amount of ettringite on the hydraulic properties of  $C_3AH_6$  and concrete will be disappeared.

5- Presence of excess  $Al(OH)_3$  in the hydration process of  $C_3AH_6$  in the presence of  $CaCl_2$  accelerates the hydration process and increases the hydraulic properties of  $C_3AH_6$  at all ages of hydration.

**B. Hydration of tricalcium aluminate hydrate in presence of organic admixtures:**

1- Addition of sucrose (1%) in presence of excess  $Ca(OH)_2$  retards the hydration of  $C_3AH_6$ , accordingly it will increase time of solidification (setting time) of pastes i.e. decreasing the hydraulic properties of pastes..

2- Addition of sucrose (1%) in presence of excess  $Al(OH)_3$  accelerates the hydration of  $C_3AH_6$ , accordingly, it will decrease time of solidification (setting time) of pastes i.e. increasing the hydraulic properties of pastes. .

3- Addition of glycerol (1%) in presence of excess  $Ca(OH)_2$  highly retards the hydration



of  $C_3AH_6$  , accordingly, it will highly increase time of solidification (setting time) of pastes i.e. highly decreasing the hydraulic properties of pastes..

4- Addition of glycerol (1%) in presence of excess  $Al(OH)_3$  slightly increases the hydration of  $C_3AH_6$  , accordingly, it will slightly decrease time of solidification (setting time) of pastes i.e. slightly increasing the hydraulic properties of pastes.

5- Addition of ethylene glycol (1%) in presence of excess  $Ca(OH)_2$  increases the hydration of  $C_3AH_6$  , accordingly, it will decrease time of solidification (setting time) of pastes i.e. increasing the hydraulic properties of pastes.

6- Addition of ethylene glycol (1%) in presence of excess  $Al(OH)_3$  highly increases the hydration of  $C_3AH_6$  , accordingly, it will highly decrease time of solidification (setting time) of pastes i.e. highly increasing the hydraulic properties of pastes.

**Finally, from the present investigation we can concluded that:**

1- 1%  $\text{CaCl}_2$  in presence of excess  $\text{Al}(\text{OH})_3$  is the highly accelerator inorganic admixture

for the hydration of tricalcium aluminate hydrate and it highly improves its hydraulic properties.

2- 1% ethylene glycol in presence of  $\text{Al}(\text{OH})_3$  is the highly accelerator organic admixture

for the hydration of tricalcium aluminate hydrate and it highly improves its hydraulic properties.

3- 1% glycerol in presence of excess  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  is the highly retarding organic admixture

for the hydration of tricalcium aluminate hydrate and it highly decreases its hydraulic properties.

4-  $\text{Al}(\text{OH})_3$  act as retarding inorganic admixture for the formation of ettringite in the hydration of  $\text{C}_3\text{AH}_6$  in presence of  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and excess  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

## المحتويات

الصفحة	الموضوع
أ	<b>إجازة الرسالة</b>
ب	<b>المستخلص</b>
د	<b>الشكر والتقدير</b>
هـ	<b>المحتويات</b>
ك	<b>قائمة الأشكال</b>
ت	<b>قائمة الجداول</b>
خ	<b>قائمة الاختصارات</b>
<b>الباب الأول: المقدمة والهدف من البحث</b>	
١	<b>(1 1) مركبات الإسمنت البورتلاندي الرئيسية</b>
١	(1 1 1) ثلاثي سيليكات الكالسيوم $C_3S$
٢	(2 1 1) ثنائي سيليكات الكالسيوم $C_2S$
٢	(3 1 1) ثلاثي ألومينات الكالسيوم $C_3A$
٣	(4 1 1) رباعي ألومينات الكالسيوم الحديدية $C_4AF$
٣	(5 1 1) كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء (الجبس)
٣	<b>(2 1) مركبات الإسمنت غير الرئيسية (الصغرى)</b>
٣	(1 2 1) الجير الحر $CaO$
٤	(2 2 1) أكسيد المغنسيوم (الماغنيسيا) $MgO$
٤	(3 2 1) الأكاسيد القلوية $K_2O_2, Na_2O$
٥	(4 2 1) خامس أكسيد الفوسفور $P_2O_5$
٥	<b>(3 1) هدرتة الإسمنت البورتلاندي</b>
٦	<b>(4 1) المخاليط</b>
٧	(1 4 1) المخاليط المنشطة للتعجن والتصلد
٨	(2 4 1) المخاليط المقاومة للتعجن والتصلد

الصفحة	الموضوع
٩	(١ ٥) تفاعل ثلاثي ألومينات الكالسيوم مع الماء (حالة تعلق المركب الصلب في الماء)
٩	(١ ٥ 1) تفاعل ثلاثي ألومينات الكالسيوم في وجود زيادة من الماء
٩	(١ ٥ 2) تفاعل ثلاثي ألومينات الكالسيوم في وجود القليل من الماء (حالة تكوين عجينة)
١٠	(١ ٥ 3) تفاعل ثلاثي ألومينات الكالسيوم مع كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء (الجبس) لتكوين الاترنجايت
١١	(١ ٦) المسم المرجعي
١١	(١ ٦ 1) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم في وجود مخاليط غير عضوية
٣٦	(١ ٦ 2) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم في وجود مخاليط عضوية
٥٣	الهدف من البحث
<b>الباب الثاني: الجانب العملي</b>	
٥٥	(١ 2) التحضيرات
٥٥	(١ 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية ( $C_3AH_6$ )
٥٦	(١ 2 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود مخاليط غير عضوية
٥٦	(١ 2 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود زيادة من $Ca(OH)_2$ عند الأزمنة المختلفة
٥٧	(١ 2 2 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود زيادة من $Al(OH)_3$ عند الأزمنة المختلفة.
٥٨	(١ 2 3 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء وزيادة من $Ca(OH)_2$ عند الأزمنة المختلفة.
٥٩	(١ 2 4 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء وزيادة من $Ca(OH)_2$ و $Al(OH)_3$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٠	(١ 2 5 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كلوريد الكالسيوم وزيادة من $Ca(OH)_2$ عند الأزمنة المختلفة.

الصفحة	الموضوع
٦١	(2 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كلوريد الكالسيوم وزيادة من $Al(OH)_3$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٢	(3 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود مخاليط عضوية.
٦٢	(1 3 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود السكروز وزيادة من $Ca(OH)_2$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٣	(2 3 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود السكروز وزيادة من $Al(OH)_3$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٥	(3 3 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الجليسرول وزيادة من $Ca(OH)_2$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٦	(4 3 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الجليسرول وزيادة من $Al(OH)_3$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٧	(5 3 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الإيثيلين جليكول وزيادة من $Ca(OH)_2$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٨	(6 3 1 2) تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الإيثيلين جليكول وزيادة من $Al(OH)_3$ عند الأزمنة المختلفة.
٦٩	(2 2) القياسات باستخدام الأجهزة المختلفة
<b>الباب الثالث: النتائج والمناقشة</b>	
٧٠	(1 3) ميكانيكية تكون ثلاثي ألومينات الكالسيوم وسداسية الماء من المحلول المائي
٧٢	(2 3) قمع الأشعة تحت الحمراء لماء التهدرت.
٧٣	(3 3) دراسة أطيف الأشعة تحت الحمراء لكل من $Al(OH)_3$ و $Ca(OH)_2$ المستخدمة في تحضير ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية.
٧٦	(4 3) دراسة طيف الأشعة تحت الحمراء لثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية المحضرة من $Ca(OH)_2$ و $Al(OH)_3$ .
٧٨	(5 3) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود مخاليط غير

الصفحة	الموضوع
	<b>عضوية.</b>
٧٨	(١ ٥ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود زيادة من $Ca(OH)_2$
٧٨	(١ ١ ٥ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
٨٧	(٢ ١ ٥ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
٨٧	(٣ ١ ٥ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية.
٩٢	(٢ ٥ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود زيادة من $Al(OH)_3$
٩٢	(١ ٢ ٥ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
٩٢	(٢ ٢ ٥ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية
١٠٢	(٣ ٥ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء وزيادة من $Ca(OH)_2$ .
١٠٢	(١ ٣ ٥ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
١١١	(٢ ٣ ٥ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
١١١	(٣ ٣ ٥ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية
١١١	(٤ ٥ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء وزيادة من $Ca(OH)_2$ و $Al(OH)_3$ .
١١٦	(١ ٤ ٥ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
١١٦	(٢ ٤ ٥ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
١٢٥	(٣ ٤ ٥ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية
١٣٠	(٥ ٥ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كلوريد الكالسيوم وزيادة من $Ca(OH)_2$ .
١٣٠	(١ ٥ ٥ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
١٣٠	(٢ ٥ ٥ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
١٣٩	(٣ ٥ ٥ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية
١٤٤	(٦ ٥ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود كلوريد الكالسيوم وزيادة من $Al(OH)_3$ .
١٤٤	(١ ٦ ٥ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
١٤٤	(٢ ٦ ٥ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
١٥٣	(٣ ٦ ٥ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية
١٥٨	<b>(٦ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود المخاليط</b>

الصفحة	الموضوع
	<b>العضوية.</b>
١٥٨	(١ ٦ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود السكروز وزيادة من $Ca(OH)_2$ .
١٥٨	(١ ١ ٦ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
١٦٨	(٢ ١ ٦ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
١٦٨	(٣ ١ ٦ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية.
١٧٢	(٢ ٦ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود السكروز وزيادة من $Al(OH)_3$ .
١٧٢	(١ ٢ ٦ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
١٧٢	(٢ ٢ ٦ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
١٨١	(٣ ٢ ٦ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية.
١٨٦	(٣ ٦ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الجليسرول وزيادة من $Ca(OH)_2$ .
١٨٦	(١ ٣ ٦ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
١٩٦	(٢ ٣ ٦ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
١٩٦	(٣ ٣ ٦ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية.
٢٠١	(٤ ٦ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الجليسرول وزيادة من $Al(OH)_3$ .
٢٠١	(١ ٤ ٦ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
٢١٠	(٢ ٤ ٦ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
٢١٠	(٣ ٤ ٦ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية.
٢١٤	(٥ ٦ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الايثيلين جليكول وزيادة من $Ca(OH)_2$ .
٢١٤	(١ ٥ ٦ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
٢٢٣	(٢ ٥ ٦ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
٢٢٣	(٣ ٥ ٦ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية.
٢٢٧	(٦ ٦ ٣) هدرتة ثلاثي ألومينات الكالسيوم المائية في وجود الايثيلين جليكول وزيادة من $Al(OH)_3$ .
٢٢٧	(١ ٦ ٦ ٣) قياسات الأشعة تحت الحمراء.
٢٣٦	(٢ ٦ ٦ ٣) التشكل والبنية الدقيقة.
٢٣٦	(٣ ٦ ٦ ٣) قياسات الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية.

الصفحة	الموضوع
٢٤١	الملخص باللغة العربية
٢٤٧	المراجع
I	المستخلص باللغة الانجليزية
II	الملخص باللغة الإنجليزية