تطوير خواص المونة الحامضية

د.فراس فيصل عبد الحميد راقية حسين عليوي علي سالم سلمان
وزارة الصناعة والمعادن – مركز بحوث البناء والزجاج

الخلاصة

يتناول هذا البحث دراسة إمكانية تطوير إنتاج المونة السيليكاتية المقاومة للأحماض بالاستفادة من مواد أولية محلية . تستعمل هذه المونة كطبقة واقية للخرسانة الاعتيادية والاسطح المعرضة للأحماض من التأثيرات الاتلافية لهذه الاحماض .

تم اختيار مسحوق صخور سلكريت وادي معيشر (الصحراء الغربية) كمادة مالئة رئيسية مقاومة للأحماض أضيف اليها وكل على حدا مجموعة من المعجلات كمواد معدلة لزمن التماسك تخلط مع المادة المالئة لتكوين خليط واحد يضاف إليه محلول سيليكات الصوديوم أو سليكات البوتاسيوم.

أخضعت المواد الأولية لسلسلة من الفحوص الفيزيائية والمعدنية والتحاليل الكيميائية للوقوف على مدى صلاحية هذه المواد لإنتاج المونة الحامضية. لغرض اختيار نسبة الخلط المثلى تم اختيار مدى واسع من نسب خلط المادتين الاساسيتين اللتان هما مسحوق السلكريت ومحلول سليكات الصوديوم أو البوتاسيوم والمواد المعجلة لزمن التماسك. وتم التوصل إلى أفضل نسب خلط تحقق متطلبات المواصفة القياسية الأمريكية هي (2:1) (محلول : مادة مالئة) وإضافة 3% وزناً من مادة فلوروسليكات الصوديوم أو اسيتات الأثيل كمادة معجلة.

IMPROVING THE PROPERTIES OF THE ACID RESISTANT MORTAR

Dr.Firas Faisal Abdul – Hammed **Rakia Hussain Eilewie** **Ali Salim Salman**
Ministry of Industry and Minerals
/ Building and Glass Research Center

ABSTRACT

This research deals with the study of the production of an acid resistant mortar using local raw materials. The produced acid resistant mortar is to be used as a protective coat to protect the surface made of the ordinary concrete and the other surfaces which are in contact with corrosive acids such as (H_2SO_4 and HNO_3) from the effect of the acids mentioned above.

Silicrete from the western desert was used as chemically inert solid filler. Different types of setting agents were added to the filler above one at a time to form a mix to which either the sodium silicate or the potassium silicate solution was added as a binder.
Samples of the raw materials were subjected to the mineralogical, chemical and physical tests to determine their reliability and to asses the optimum mix ratio.
The produced acid resistant silicate mortar coincides with the American Standards ASTM C466 is (1:2) (filler: binder) using 3% by weight either the Sodium florosilicate or the Ethyl acetate as a setting agent.

كلمات الدلالة

المونة السليكاتية ، مقاومة الحوامض ، صخور السلكريت ، سليكات الصوديوم ، فلورو سليكات الصوديوم.

المقدمة

تعرف المونة السليكاتية المقاومة للأحماض بأنها منتجات تتألف بصورة كلية من مادة الكوارتز وهي مادة مالئة (Filler) خاملة غير عضوية تتماسك كيميائياً بفعل مادة معجلة لزمن التماسك (Setting Agent) والتي تكون عادة مطحونة بنعومة عالية ومخلوطة مع المادة المالئة ، عند إضافة محلول رابط (Binder) من السليكات أو السليكا إلى الخليط أعلاه وفي درجات الحرارة الأعتيادية . لهذا تجهز المونة السليكاتية عادة بشكل عبوة للمحلول السائل وعبوة ثانية للمادة الصلبة (المادة المالئة + المادة المعجلة) ، (ASTM C466,1990) .

تستخدم المونة السليكاتية المقاومة للأحماض كطبقة واقية لأسطح أرضيات المنشآت والقنوات ومواقع الخزن – التي تكون عادة من الخرسانة الأعتيادية – من التآكل الكيميائي بالأحماض وخاصة في المواقع التي تنتج أو تستخدم أو تخزن فيها تلك المواد الكيميائية وبالأخص حامض الكبريتيك H_2SO_4 وحامض النتريك HNO_3 . كما تستخدم هذه المونة في ربط ودرز الكاشي والطابوق المقاوم للأحماض لتغليف أرضيات المنشآت والقنوات ومواقع الخزن أعلاه ، بالإضافة إلى استخدامها في بناء مداخن محطات الطاقة الكهربائية .

من أهم الخصائص المفيدة للمونة السليكاتية هو مقاومتها للحوامض وحتى الحوامض المؤكسدة منها ولغاية التراكيز العالية . الحوامض المؤكسدة هي ، $HClO_3$ ، H_2SO_4 ، HNO_3 ، H_2CrO_4 والحوامض غير المؤكسدة التي هي HCl ، H_3PO_4 و H_2CO_3 . إلا أن هذه المونة لا تقاوم حامض HF كما وأنها لا تقاوم المحاليل القلوية والمحاليل المتعادلة (الماء).

الخاصية المميزة الثانيـــة هي مقاومـــة هذه المونة لدرجات الحرارة العالية ولغاية 900 مْ، (Flacke & Lorentz , 1984) .

ميكانيكية التفاعل

أن التفاعل الكيميائي بين المادة الرابطة والمادة المعجلة يؤدي إلى تكثيف جزيئات السليكات الصغيرة الذائبة في الماء لتصبح بشكل مركبات كبيرة من السليكات ، مع طرح جزيئات الماء بشكل حُرة وخلال عملية

التكثيف هذه فأن جزيئات السليكات الكبيرة تصبح أكثر فأكثر مقاومة للماء وتترسب بشكل هلام السليكا ، في نهاية هذا التفاعل يصبح هذا الهلام صلداً جداً ، عندما يفقد تقريباً جميع مائه . أن هلام السليكا الصلد هذا هو الذي يقوم بربط المادة المالئة المكونة للمونة اللسيكاتية المقاومة للأحماض ،(Flacke & Lorentz , 1984) .

يطلق على هذه المونة السليكاتية المقاومة للأحماض (قيد الدراسة) تسمية (Chemical Setting Silicate Mortar) وهي تسمية مشتقة من التفاعل الكيميائي الحاصل بين المادة الرابطة المحلول (Binder) ونوع المادة المعجلة لزمن التماسك (Catalyst) التي تطحن وتخلط عادةً مع مسحوق صخور السلكريت (Filler) المار من غربال رقم (12) (1.59 ملم) والذي استخدم في جميع خلطات الدراسة الحالية ،(عبد الحميد ، 1999) .

تم في البحث الحالي دراسة ثلاثة أنواع رئيسية من المونات السليكاتية التي تتصلب كيميائياً ، حيث تم إيضاح نوع التفاعلات الكيميائية الحاصلة بين المادة المعجلة والمادة الرابطة (أعتماداً على كل نوع منهما) وكذلك التفاعلات اللاحقة بعد غمر هذه المونات بحامض الكبريتيك H_2SO_4 . في حين لم يتم التوصل إلى معرفة نوع المضاف الخاص بالمونة السليكية (نوع الرابع) ، ولهذا فقد أهملت .

المونة السليكاتية (النوع الأول)

استخدم في النوع الأول من المونات السليكاتية محلول سليكات الصوديوم (Na_2SiO_3) كمادة رابطة مع المادة المعجلة غير العضوية (Na_2SiF_6) سادس فلورو سليكات الصوديوم وحسب التفاعل (1) .

$$Na_2SiO_3 + NaSiF_6 \longrightarrow NaF + SiO_2 \quad (1)$$

$$NaF + H_2SO_4 \longrightarrow HF + NaSO_4 \quad (2)$$

$$Na_2SiO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + SiO_2 + H_2O \quad (3)$$

أن التفاعل رقم (1) يكون حساس لما يسمى بعملية الكبرتة الإماهة (Sulfation - Hydration)حيث يتفاعل فلوريد الصوديوم مع حامض الكبريتيك المركز ويتفاعل محلول سليكات الصوديوم المتبقي مع حامض الكبريتيك كما في التفاعلين (2) و (3) على التوالي .

أن المونة الحامضية المستخدمة في تغليف أرضيات وقنوات المعامل تهاجم من قبل هذا الحامض الجديد HF الذي يؤدي إلى إضعاف المنشأ ، هذا من جهة ومن جهة أخرى فأن بلورات كبريتات الصوديوم المتكونة ضمن الفراغات الموجودة في المونة بعملية الكبرتة (Sulfation) يصاحبها زيادة في الحجم بسبب عملية الإماهة (Hydration) والتي بدورها تؤدي إلى تشظي المونة وتكسرها ، أن المونة تضعف وتصبح هشة (Soft). وكما هو مبين في التفاعل (4) (Mercer, 1958) .

$$Na_2SO_4 \rightleftharpoons Na_2SO_4.7H_2O \rightleftharpoons Na_2SO_4.10H_2O \quad (4)$$

المونة السليكاتية (النوع الثاني)

استخدم في النوع الثاني من المونات السليكاتية محلول سليكات البوتاسيوم (K_2SiO_3) كمادة رابطة بدلاً من محلول سليكات الصوديوم مع المادة المعجلة غير العضوية (Na_2SiF_6) زمن التماسك هو سادس فلورو سليكات الصوديوم ، وحسب التفاعل (5) .

$$K_2SiO_3 + Na_2SiF_6 \longrightarrow NaF + KF + SiO_2 \quad (5)$$
$$NaF + KF + H_2SO_4 \longrightarrow HF + Na_2SO_4 + K_2SO_4 \quad (6)$$
$$K_2SiO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + SiO_2 + H_2O \quad (7)$$

أن عملية أستبدال محلول سليكات الصوديوم بمحلول سليكات البوتاسيوم يحسن من خاصية تأثير المونة الحامضية بتعريضها لأيونات SO_2 و SO_3 بعد غمرها بحامض الكبريتيك أي أن عملية (الكبرتة – الإماهة) تكون قد قلت أو تحددت إلا أنه لم يتم منعها بشكل نهائي بسبب وجود نسبة مئوية معينة من ملح الصوديوم على شكل مادة معجلة ضمن المونة المحضرة .

يظهر التفاعل رقم (6) بأن هناك تأثيراً لحامض الهايدروفلوريك HF على المونة – لا تقاوم المونة اللسيكاتية حامض HF لإذابته للسليكا المادة المالئة وبالتالي لإضعاف المونة وتهشمها – بلإضافة إلى تأثير كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 وأطواره المميهة التي تؤدي إلى تشظي المونة وتقشرها . وتم إيضاح هاتين النقطتين في المونة السليكاتية النوع الأول .

كما يشير التفاعلين رقم(6) و (7) على التوالي الى تكون كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 . ان املاح كبريتات البوتسيوم لاتعاني من ظاهرة الاماهة كما هو الحال مع املاح كبريتات الصوديوم المميهة – التفاعل (4) ألا انه تبين ظهور عائق جديد وهو ان شب الصوديوم نادر التكون ويكون عادة على شكل ($NaCr(SO_4)_2.12H_2O$) اما شب البوتاسيوم فيتكون بسهولة.

أملاح الشب المميهة تكون عادة على شكل $M^+ M^{+3} (SO_4)_2.12H_2O$ حيث M^+ هو $Na^+, K^+, NH4^+$, و M^{+3} هو Al^{+3}, Cr^{+3}, Fe^{+3} . أمثلة على الشب أعلاه $KAl(SO_4)_2.12H_2O$, $KFe(SO_4)_2.12H_2O$ وبالامكان ان يكون بالشكل $M^+ M^{+2} (SO_4)_2.6H_2O$ حيث M^+ كما أشرنا اعلاه ، اما M^{+2} فهي Fe^{+2} Mg^{+2} Co^{+2}, Zn^{+2} . ان املاح الكبريتات الشائعة التواجد في المونة الحامضية هي $Fe_2(SO_4)_3$ و Na_2SO_4, $K_2SO_4 Fe_2(SO_4)_3$. ان الاملاح المميهة للـ Na_2SO_4 تسبب عادة المشاكل في حالة تبلورها داخل الفراغات الموجودة في المونة السليكاتية مما يؤدي الى تشققها وتقشرها . كذلك فان شب البوتاسيوم $KAl(SO_4)_2$ واملاحه المميهة $KAl(SO_4)_2.12H_2O$. تضيف مشكلة جديدة الى المشكلة السابقة أعلاه ، حيث ان املاح الشب المميهة يصاحبها زيادة جديدة اخرى في الحجم والتي بدورها تسبب تشقق المونة.

المونة السليكاتية (النوع الثالث)

استخدم هذا النوع من المونة السليكاتية محلول سليكات البوتاسيوم K_2SiO_3 كمادة رابطة مع المادة المعجلة العضوية أسيتات الاثيل (Ethyl Acetate)

$$K_2SiO_3 + CH_3COOC_2H_5 + H_2O \longrightarrow KOOCCH_3 + C_2H_5OH + SiO_2$$
$$KOOCCH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + HOOCCH_3$$

في هذا النوع تم أستبدال المعجل غير العضوي Na_2SiF_6 بالمعجل العضوي $CH_3COOC_2H_5$ وذلك لغرض التخلص نهائياً من تأثير أيون الصوديوم وبالتالي التخلص نهائياً من تأثير الكبرتة- الاماهة. الا ان وجود أيون البوتاسيوم يعني تكون الشب في هذه المونة وبالتالي تأثير أملاحة المميهة على المونة الحامضية . والتي تم شرحها بالتفصيل ضمن النوع الثاني من المونة السليكاتية.

المونة السليكية(النوع الرابع)

استخدم في هذا النوع من المونة السليكية محلول السليكا بدلاً من محلول سليكات الصوديوم او البوتاسيوم كمادة رابطة وبوجود مادة معجلة اما المادة المالئة فهي صخور السلكريت .

الهدف من عملية استبدال محلول السليكا لمحلول السليكات (الصوديوم او البوتاسيوم) هو للتخلص نهائياً من مشكلة الكبرتة – الاماهة (محلول سليكات الصوديوم) وكذلك التخلص نهائياً من مشكلة الشب وأملاحه المميهة (محلول سليكات البوتاسيوم) وبالتالي الحصول على مونة سليكية وليست سليكاتية ذات عمر خدمي أطول.

أجريت العديد من التجارب باستخدام العديد من المعجلات للحصول على هذه المونة أن جميع هذه التجارب باءت بالفشل ، وعليه فقد تم إهمالها.

المواد الأولية وفحوصاتها

أن المواد الأولية المستخدمة في إنتاج المونة السليكاتية المقاومة للأحماض هي:

١-مسحوق صلب يتألف عادةً من مادتين هما :

أ- مسحوق المادة المالئة (Filler) اللاعضوي وهو مسحوق صخور السلكريت (كوارتز).

ب- المادة المعجلة لزمن التماسك والتي تكون عادةً إما مادة صلبة غير عضوية ، تخلط عادةً مع المادة المالئة أو تكون مادة سائلة عضوية ويجهز لوحده (منفصلاً عن المادة المالئة).

٢-المادة الرابطة (Binder) والتي تكون بشكل محلول ذات طبيعة قاعدية مثل سليكات الصوديوم و سليكات البوتاسيوم .

صخور السلكريت (المادة المالئة)

استخدمت صخور السلكريت نسيج حبيبي الإسناد (المتوسط – الناعم) ،(الحمداني ،1997) ، التي تم جلبها من منطقة الكيلو – 160 وادي معيشر في الصحراء الغربية ، كمادة أولية لصناعة المونة السليكاتية المقاومة للأحماض . تم تهيئة هذه الصخور بغسلها بالماء لإزالة الشوائب العالقة بها مثل الأتربة والأطيان . بعد ذلك يتم تكسيرها بكسارة مطرقية (Hammer Crusher) وتراوحت نواتج التكسير من قطع لايزيد قطرها عن 1.5 ملم إلى حبيبات ناعمة جداً بشكل مسحوق . نود الإشارة هنا إلى أن صخور السلكريت هذه قد سميت من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين في عام 1990 بصخور الكوارتزايت (مصطفى،1990) وفي عام 1995 سميت نفس الصخور بأسم الأورثوكوارتزايت ،(نايف ،1995)

الفحص المعدني لصخور السلكريت

أجري فحص الأشعة السينية الحائدة (XRD) على الصخور السلكريت ، ووجد بأنها تتألف بصورة كلية من معدن الكوارتز (SiO_2) ، لهذا تسمى هذه الصخور بصخور أحادية المعدن (الحمداني ،1997) ، **شكل (1)**.

التحليل الكيميائي والفحص الفيزيائي لصخور السلكريت

أجري التحليل الكيميائي لنموذج من صخور السلكريت ووجد أن هذه الصخور تتألف بشكل رئيسي من ثاني أوكسيد السليكون (السليكا SiO_2) حيث لا يقل محتواها منه عن 97% . أما الشوائب الأخرى المتبقية والبالغة 3% . فهي عبارة عن معادن أخرى جديدة مثل معدن الكالسايت والأطيان وأكاسيد الحديد والتي تكون عادةً بشكل مادة سمنتية مالئة للفجوات والفراغات الموجودة بين حبيبات الرمل بالإضافة إلى المادة السمنتية السليكية . يبين **الجدول (1)** التحليل الكيميائي الكامل لصخور السلكريت وادي معيشر .

أما من الناحية الفيزيائية فأن الصخور السلكريت المستخدمة في البحث الحالي ذات وزن نوعي لا تقل عن 2.65 ، ومسامية ظاهرية لا تزيد عن 0.82 % ، عليه فأن هذه الصخور لها قابلية أمتصاص للماء واطئة جداً لا تزيد على 0.35 % وذات مقاومة إنضغاط عالية لا تقل عن 82 نيوتن/ملم^2 ، **جدول (1)** .

المادة المعجلة لزمن التماسك Catalyst

أن إضافة محلول سليكات الصوديوم (أو البوتاسيوم) إلى المادة المالئة مسحوق صخور السلكريت يؤدي إلى إنتاج مونة حامضية تسمى المونة الحامضية التي تتصلب بالهواء Air Setting Silicate Mortar ، وتتصلب هذه المونة بفعل غاز ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 الموجود في الجو مع محلول سليكات الصوديوم ، (Vail, 1928) وحسب التفاعل الآتي:

$$Na_2SiO_3 + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + SiO_2$$

أن التفاعلات أعلاه يستغرق فترة طويلة قد يستمر لعدة أسابيع لكي يتم بشكل نهائي، ولغرض تقليص هذه الفترة الزمنية الطويلة وجعل المنشآ المقاوم للأحماض في الخدمة ضمن فترة زمنية أقصر تضاف عادةً كمية قليلة من مواد كيمياوية محددة .

أن إضافة أية مادة كيميائية إلى مسحوق السلكريت يعجل من التفاعل الحاصل بينها وبين محلول المادة الرابطة (سليكات الصوديوم أو البوتاسيوم) ويؤدي إلى ترسيب هلام السليكا (Silica Gel) المسؤول عن إعطاء المونة المقاومة الميكانيكية والحامضية المطلوبتين في فترة قصيرة تتراوح بين 24 – 48 ساعة .حيث تعد هذه الفترة أقصر بكثير مقارنة بالمونة الحامضية التي تتصلب بالهواء . تم في البحث الحالي استخدام مواد كيميائية مضافة ذات طبيعة حامضية (أو قاعدية) أو إنها تكون تفاعل حامضي (أو تفاعل قاعدي) مع محلول السليكات القاعدي (Merrill, 1949) ، (Snell, Farkas, 1931) ويبين **الجدول (2)** المضافات المستخدمة ونسبة إضافتها وهي :

فلوروسليكات الصوديوم Na_2SiF_6

وهي مادة بيضاء اللون في حالة كونها نقية جداً وأحياناً يميل لونها إلى الأصفر الفاتح في احتوائها على شوائب . تم جلب هذه المادة من الشركة العامة لفوسفات عكاشات.

تم اختيار هذا المضاف كونه مادة ذو طبيعه حامضية وهو بالتالي ذو مقاومة عالية للحوامض ، هذا بالاضافة الى خاصية هذه المادة كمعجل فعال جداً للتفاعل (Chemical Abstract, 1980) , (Dietz, .(Frank, 1940)

$$Na_2SiO_3 + Na_2SiF_6 \quad NaF + nSiO_2 \longrightarrow$$

ومادة فلوروسليكات الصوديوم هي مادة سامة جداً لذا يجب الحذر عند التعامل معها بلبس الكمامات الواقية.

كبريتات الكالسيوم $CaSO_4.1/2H_2O$

مادة بيضاء اللون تنتج من حرق صخور الجبس وتسمى بالجص . وهذه المادة موجودة في الاسواق المحلية تحت اسماء عديدة مثل جص الاهلية، جص المالح وغيرها .

هذا المضاف له طبيعة حامضية في تفاعله مع محلول السليكات القاعدي لتكوين المركبات التالية : (Merrill, 1949)

$$K_2SiO_3 + CaSO_4.1/2H_2O + H_2O \longrightarrow CaSiO_3.XH_2O + K_2SO_4$$

هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$

مادة بيضاء اللون تنتج من حرق صخور الحجر الجيري لانتاج أوكسيد الكالسيوم الحر (النورة الحية) ومن ثم يتم أطفائها بالماء لتحويلها الى النورة المطفأة $Ca(OH)_2$.

تم أستخدام النورة المطفاة والمنتجة في معمل النورة في كربلاء . هذا المضاف له طبيعة قاعدية في تفاعله مع محلول السليكات القاعدي لتكوين المركبات التالية:-

$$Ca(OH)_2 + K_2SiO_3 \longrightarrow CaSiO_3.XH_2O + KOH$$

اسيتات الاثيل Ethyl Acetale

مادة عضوية سائلة عديمة اللون ، وهي مادة منتجة محلياً وبكلفة واطئة نوعاً ما ، الا انها مادة قابلة للاشتعال وله تأثير المخدر في حالة أستنشاقه. لذا يجب عند العمل بهذا السلئل الابتعاد عن مصادر اللهب وتوفير تهويه جيدة.

يعد هذا المضاف من المعجلات الفعالة في انتاج المونة المقاومة للاحماض وحسب التفاعل الاتي . (Houwink, Salomon, 1965)

$$K_2SiO_3 + CH_3COOC_2H_5 + H_2O \longrightarrow KOOCCH_3 + C_2H_5OH + SiO_2$$

كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$

استخدم المضاف بشكل سائل عديم اللون كمادة معجلة لزمن التماسك . يمتاز هذا المضاف بطبيعته القاعدية اثناء تفاعله مع محلول السليكات القاعدي وحسب التفاعل الاتي:-

$$CaCl_2 + K_2SiO_3 + H_2O \longrightarrow CaSiO_3.XH_2O + KCl$$

الهكسامين $(CH_2)6N_4$

مادة عضوية بيضاء صلبه تمتاز بطبيعتها القاعديه أثناء تفاعلها مع محلول السليكات مكونة هلام غير متبلور (Amorphous Gel)

المحاليل المستخدمة كمادة رابطة

تشير المواصفة الامريكية (ASTM C466 - 1990) إلى أن المحاليل المضافة في إنتاج المونة الحامضية هي محلول سليكات الصوديوم ومحلول سليكات البوتاسيوم.

محلول سليكات الصوديوم

تم جلب محلول سليكات الصوديوم من معمل المصابيح الكهربائية في التاجي ، اذ ان هذا المحلول هو احد منتجات هذا المعمل ، أنه محلول قاعدي ذو لون رصاصي فاتح وله عكورة من مواصفاته أنه يكون بكثافة لا تقل عن 48 بوميه وبوزن نوعي 1.45 وبنسبة وزنية ($Na_2O:SiO_2$) (1:2.68) ، يبين **الجدول (3)** الفحوص الفيزياوية والكيميائية للمحلول أعلاه والتي أجريت من قبل معمل المصابيح الكهربائية في التاجي.

محلول سليكات البوتاسيوم

تم جلب محلول سليكات البوتاسيوم من معمل المصابيح الكهربائية في التاجي ، اذ ان هذا المحلول هو احد منتجات هذا المعمل ،وهو محلول قاعدي ذو لون اصفر فاتح عكر، وزنه النوعي 1.36 وبنسبة وزنية ($K_2O:SiO_2$) تساوي (1:3.3) يبين **الجدول (4)** الفحوص الفيزيائية والكيميائية التي أجريت على المحلول أعلاه من قبل معمل المصابيح الكهربائية.

تهيئة الخلطات

ان تحديد نسبة المحلول الرابط والمضاف المعجل هما العاملين الاساسين اللذين يجب ان يؤخذان بنظر الاعتبار عند دراسة هذه المونة نظراً لدورهما الفعال في التفاعل الكيميائي الذي يكسب المونة الناتجة المقاومة الميكانيكية والحامضية المطلوبتين .

اما مسحوق السلكريت فهو مادة مالئة لاتدخل في التفاعل تحدد نسبتها اعتماداً على كمية المحلول الرابط.

تحديد كمية المحلول الرابط

ان تحديد كمية المحلول الرابط (سليكات الصوديوم او سليكات البوتاسيوم) الواجب اضافته الى المسحوق المالىء لغرض الحصول على عجينة قياسية خالية من الكتل غير الممتزجة (Lump Free) مهم جداً .

يتم هذا القياس مختبرياً بطريقة عكسية. اذ يقاس مقدار محدد من المحلول اولاً، يوضع في حاوية الخلاط (Mixing Pan) ثم يضاف المسحوق المالىء اليه تدريجياً وببطء. تشغل الخلاط الكهربائية بسرعة معتدلة ويستمر باضافة مسحوق السلكريت ببطء لحين الحصول على عجينة خالية من الكتل غير الممتزجة مع المحلول . وبذلك تكون نسبة وزن المسحوق الكلي الذي أضيف الى المحلول ذو الوزن المعروف والمحدد هي النسبةالمثلى للخلط. لقد وجد من خلال هذه التجربة ان افضل نسبة خلط والتي تعطي عجينة قياسية متماثلة خالية من الكتل غير الممتزجة وذات محتوى مقبول من المحلول الرابط هي جزءان من مسحوق السلكريت الى جزء واحد من السائل وزناً .

تحديد نسبة المضاف المعجل

بعد تحديد نسبة الخلط المثلى يتم تحديد كمية المعجل الواجب اضافته للحصول على زمن التماسك (Setting Time) المطلوب .

أضيفت المعجلات الخمسة كل على حدا في خلطة المونة المقاومة للاحماض أعلاه، بعد ان تم تحديد النسبة المثلى لخلط السائل مع المسحوق ، وبالنسب 5,3,1 % وزناً من المسحوق ، وتم قياس زمن التماسك اعتماداً على المواصفة القياسية الاميريكية(ASTM C414-1990).

يبين **الجدول (2)** ان افضل نسبة اضافة تحقق افضل زمن تماسك ضمن 24 ساعة هي 3.0% ، عدا المعجل $CaCl_2$ حيث بلغت نسبة الاضافة 1.5%.

نتائج الفحوصات ومناقشتها

الفحوصات الفيزيائية

اعتمدت المواصفة القياسية الاميريكية (ASTM C414-1990) في اختبار المتطلبات الفيزيائية للمونة المقاومة للاحماض المنتجة والتي تشمل زمن التشغيل ، زمن التماسك، مقاومة الانضغاط، معاير الكسر ، قوة الربط، الامتصاص والانكماش ، (ASTM C414-1990) إلى (ASTM C531-1990) .

يبين **الجدول (5)** ملخصاً لنتائج فحوصات المونة المنتجة وأساليب طرق الفحص وحدود المواصفة القياسية الامريكية (ASTM C466) . يتضح مما تقدم بأن نسبة اضافة المادة المعجلة لزمن التماسك والبالغة 3.0% وزناً من مسحوق السلكريت كانت كافية جداً لأحداث التفاعل المطلوب بينها وبين المحلول الرابط وبنسبة أضافة 1 محلول : 2 مسحوق وزناً لأعطاء زمن التشغيل المناسب وبالتالي الحصول على مقاومة الانضغاط ومعاير الكسر وقوة الربط ، الامتصاص والانكماش ، بالنسبة للخلطات الحاوية على المواد المعجلة Na_2SiF_6، $CaSO_4.\ 1/2H_2O$ ، اسيتات الاثيل والهكسامين ، والمطابقة لحدود المواصفة القياسية الامريكية (ASTM C466) أعتماداً على كمية الهلام السليكا المتكون من التفاعل وكما موضح في الفقرة (2). في حين اخفقت المواد المعجلة $Ca(OH)_2$, $CaCl_2$ في انتاج وتكوين هلام السليكا وبالكمية المطلوبة وبالتالي في عدم الحصول على الخصائص المطلوبة للمونة الحامضية.

الفحوصات الكيميائية

اعتمدت المواصفة القياسية الاميريكية (ASTM C267) في اختبار المتطلبات الكيميائية للمونة السليكاتية المقاومة للاحماض والتي تشمل وزن النماذج بعد غمرها بالاحماض ، مقاومة انضغاط النماذج المغمورة في الاحماض ولاعمار مختلفة، لون الاحماض بعد غمر النماذج فيها والمظهر الخارجي لهذه النماذج بعد غمرها بالاحماض .

يبين **الجدول (6)** نتائج هذه الفحوصات استناداً الى المواصفة أعلاه ولغاية عمر 84 يوم.

ويشير الى ان خلطة فلوروسليكات الصوديوم Na_2SiF_6 مع كل من محلولي سليكات الصوديوم او سليكات البوتاسيوم قد قاومت الفعل التاكلي للاحماض لغاية 84 يوماً مع ظهور تأكل بسيط على السطح الخارجي للنماذج في حين فشلت جميع الخلطات الباقية في مقاومة الاحماض لحدوث التشقق والتفتت لسطحها الخارجي .

الاجراءات الواجب اتباعها لحماية الارضيات الكونكريتية

لحماية الارضيات الكونكريتية للمعامل والمصانع التي تكون بتماس مع الاحماض يجب اتباع عدد من الخطوات لاطالة العمر الخدمي للمنشاء وهي :

- ان تكون خلطات الارضيات الكونكريتية للمعامل والمصانع خلطة كثيفة من الكونكريت (Dense Concrete) خاليه من الفراغات والفجوات والمواد الضارة بالكونكريت ، وان تكون هذه الارضيات نظيفة وخالية من الدهون والاتربة والغبار لضمان التماس التام بينها وبين الطبقةالواقية التي تليها.
- بعدها يتم تغطية هذه الارضيات بطبقه من مادة الماستك كطبقة واقية (Protective membrane) وبسماكات تتراوح بين 5 – 10 ملم للجدران و15 – 20 ملم للارضيات واعتماداً على طبيعة الحوامض ودرجة حرارتها.
- تم تغطية طبقة الماستك أعلاه بطبقة ماستك جديدة حاوية على رمل لتخشين سطح هذه الطبقة وجعل التلاصق بينها وبين الطبقة التي تليها (المونة الحامضية) افضل.
- بعد ذلك توضع عادة طبقة من المونة الحامضية فوق طبقة الماستك الرملية. ويعتمد سمك هذ الطبقة على موقع استخدامها .
- يوضع الكاشي المقاوم للاحماض فوق المونة الحامضية وبأتباع الطريقة الصحيحة في تثبيت هذا الكاشي مع ترك فواصل بين قطع الكاشي المثبت بعرض تتراوح بين 6-8 ملم .
- بعد تصلب المونة(خلال 48 ساعة) يتم تقسيتها في الفواصل مرتين الى ثلاث مرات خلال ساعات قليلة. التقسية تتم عادة بأستخدام حامض HCl بتركيز 10%، (أو H_2SO_4 بتركيز 40%) بعدها تترك هذه الفواصل لكي تجف بشكل تام قبل ملئها (درزها).
- يفضل مليء الفواصل المتروكة بين قطع الكاشي المقاوم للاحماض بأنواع من المونة ذات الاساس الراتنجي Resin -base mortar وأعتماداً على انواع الاحماض التي تكون في تماس معها . وكما موضح في الشكل (2) .

الاستنتاجات والتوصيات

على ضوء نتائج الفحوص المختبرية تم التوصل الى الاتي:-

- بالامكان انتاج مونة سليكاتية مقاومة لاحماض من مواد اولية محلية هي صخور السلكريت نوع حبيبي الاسناد (ناعم – متوسط) كمادة مالئة وفلوروسليكات الصوديوم اومحلول اسيتات الاثيل كمادة معدلة لزمن التماسك ومحلول سليكات البوتاسيوم كمادة رابطة ، والمونة المنتجة مطابقة لحدود المواصفة القياسية الاميريكية (ASTM C466-86) .
- تقاوم هذه المونة بشكل جيد حامض HNO_3 بكافة التراكيز كما انها تقاوم حامض H_2SO_4 وبكافة التراكيز، الا انه لوحظ وجود تأكل بسيط جداً على سطح النماذج التي استخدمت فيها أستات الاثيل كمادة معدلة لزمن التماسك.
- توصي المواصفة القياسية الامريكية (ASTM C367) ، بأن المونات السليكاتية وبعد تصلبها (بعد مرور 48 ساعة كحد أعلى) ، لا بد من إنضاج سطحها الخارجي وذلك بطلائها بحامض H_2SO_4

بتركيز 40% حيث أن هذا الحامض يتفاعل مع سليكات الصوديوم أو البوتاسيوم المتبقية لمعادلة قاعدية السطح الخارجي ، فتتكون طبقة إضافية من هلام السليكا (Silica Gel) غير المسامي للمونة السليكاتية ، وهذا بدوره يكسب المونة الصلادة والمقاومة الحامضية الأعلى.

- توصي العديد من المصادر ومنها المصدر (Flacke & Lorentz , 1984) باستخدام محلول سليكات البوتاسيوم بدلاً من محلول سليكات الصوديوم في المونات السليكاتية التي تكون بتماس مع حامض الكبريتيك H_2SO_4 .
- توصي بالاستمرار في دراسة المونة السليكية لغرض التعرف على المضاف المعجل اللازم إضافته إلى المونة المنتجة للحصول على مونة سليكية (وليست سليكاتية) ذات عمر خدمي أطول ، خالية من ظاهرة الكبرته – الإماهة وخالية من ظاهرة تكون الشب.

المصادر

ASTM, C466-86, (1990), Standard Specification for Chemically Setting Silicate and Silica Chemical-Resistant Mortars, Section 4, Vol. 04.05.

ASTM Designation; C414-83 (Reapproved 1988), (1990), Standard Test Methods for Working, Setting and Curing Time for Chemically Setting Chemical – Resistant Silicate and Silica Mortars. Section 4, Vol.04.05.

ASTM Designation; C579-82, (1990), Standard Test Methods for Compressive Strength of Chemical – Resistant Mortars, Grouts and Monolithic Surfacing, Section 4, Vol.04.05.

ASTM Designation; C580-85, (1990), Standard Test Methods for Flexural Strength and Modulus of Elasticity of Chemical – Resistant Mortars, Grouts and Monolithic Surfacing, Section 4, Vol.04.05.

ASTM Designation; C321-83 (Reapproved 1988), (1990), Standard Test Method for Bond Strength of Chemical – Resistant Mortars. Section 4, Vol.04.05.

ASTM Designation; C413-83 (Reapproved 1988), (1990), Standard Test Method for Absorption of Chemical – Resistant Mortars, Grouts and Monolithic Surfacing, Section 4, Vol.04.05.

ASTM Designation; C531-85, (1990), Standard Test Method for Linear Shrinkage and Coefficient of Thermal Expansion of Chemical – Resistant Mortars, Grouts and Monolithic Surfacing, Section 4, Vol.04.05.

ASTM Designation; C267-82, (1990), Standard Test Methods for Chemical – Resistance of Mortars, Grouts and Monolithic Surfacing, Section 4, Vol.04.05.

Yadav, K.S, (1981), Acid Proof Lining for Concrete Surfaces in Chemical Plants, Indian Concrete Journal pp183-189.

ASTM C397-83, (1990), Standard Practice for Use of Chemically Setting Chemical – Resistant Silicate and Silica Mortars. Section 4, Vol.04.05.

Falcke, F.K and Lorentz, G, (1984), Hand-Book of Acid-Proof Construction. VCH. Verlagsgesellschaft Weinheim, P554.

Vail, J.G, (1928), Soluble Silicates in Industrial, The Chemical Catalog Company, P450.

Merrill, R.C, (1949), Industrial Applications of The Sodium Silicates, Industrial and Engineering Chemistry, Vol.41, No.2, pp337-345.

Snell, F.D, and Farkas, H, (1931), Quick Setting Silicate of Soda Cements for Acid-Proof Tank and Tower construction, Industrial and Engineering Chemistry, Vol.23, No.5, PP525-529.

Dietz, K. and Frank, K. (to Penn-Chlor, Inc.) U.S Patent 2.208, 571 (1940).

Chemical Abstract, (1980), Acid-Resistance and Water Proof Materials bound with Mortar Glass, Vol.92, No.22, P. 173635X.

Houwink, R. and, Salomon, G, (1965), Adhesion and Adhesive, Vol.1 Adhesive, Elsevier publishing company - London - New York.

Mercer, R.S, (1958), A New InOrganic Cement Mortar for Sulfuric Acid Service, Corrosion, Vol. 14 pp 25-28.

المصادر العربية

عبد الحميد ، فراس فيصل ، وأخرون ، المونة السليكاتية المقاومة للأحماض ، (1999) ، الندوة الرابعة للتآكل ومنع التآكل في الصناعة ، ص168.

الحمداني ، فراس فيصل عبد الحميد ، (1997) ، جيوكيميائية ومعدنية صخور السلكريت والرمال السليكية في الصحراء الغربية وصلاحياتها في صناعة الطابوق السليكي ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة بغداد.

مصطفى ، مازن محمد ، (1990) ، صخور الكوانزايت لأغراض الفيروسليكون ، تقرير داخلي رقم 1871 ، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ، بغداد – العراق .

نايف ، علي محي و داود ، رعد محمد ،(1995) ، تقييم الصخور الأورثوكوارتزايت في منطقة الكيلو – 160 الصحراء الغربية ، تقرير داخلي رقم 2312 ، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ، بغداد – العراق .

الجدول (1) الفحوص الكيميائية والفيزيائية لصخور السلكريت

الفحوص	النتائج
الكيميائية % وزناً	
SiO_2	97.5
Al_2O_3	1.12
Fe_2O_3	0.98
CaO	0.30
$Na_2O + K_2O$	0.21
MgO	0.10
TiO_2	0.25
L.O.I	0.82
الفيزيائية	
الوزن النوعي	2.65
امتصاص الماء %	0.35
المسامية الظاهرية %	0.82
مقاومة الانضغاط نيوتن/ملم^2	82

جدول (2) المعجلات المضافة ونسبة إضافتها

أسم المعجل	نسبة الإضافة %	زمن التشغيل /ساعة
Na_2SiF_6	3.0	22-15
$CaSO_4.1/2H_2O$	3.0	21
$Ca(OH)_2$	3.0	20
Athyl acetate	3.0	25
$CaCl_2$	1.5	22
Hexamean	3.0	23

جدول (3) الفحوص الفيزيائية والكيميائية لمحلول سليكات الصوديوم

الفحوص	النتائج
الفيزيائية	
الوزن النوعي	0.05 ± 1.45
النسبة الوزنية	2.68
بوميه	4 ± 48
الدالة الحامضية PH	11.5–11.0
الكيميائية % وزناً	
SiO_2	31.96
Na_2O	11.94
مجموع الأكاسيد الصلبة $Na_2O + SiO_2$	44

جدول (4) الفحوص الفيزيائية والكيميائية لمحلول سليكات البوتاسيوم

الفحوص	النتائج
الفيزيائية	
الوزن النوعي	1.36
النسبة المولية (الوزنية)	(2.10) 3.3
بوميه	2 ± 38
الدالة الحامضية PH	11.7–11.0
الكيميائية % وزناً	
SiO_2	26.35
K_2O	12.38
مجموع الأكاسيد الصلبة $K_2O + SiO_2$	38

جدول (5) نتائج الفحوص الفيزيائية للمونة السليكاتية المنتجة ومقارنتها مع حدود المواصفة الأمريكية

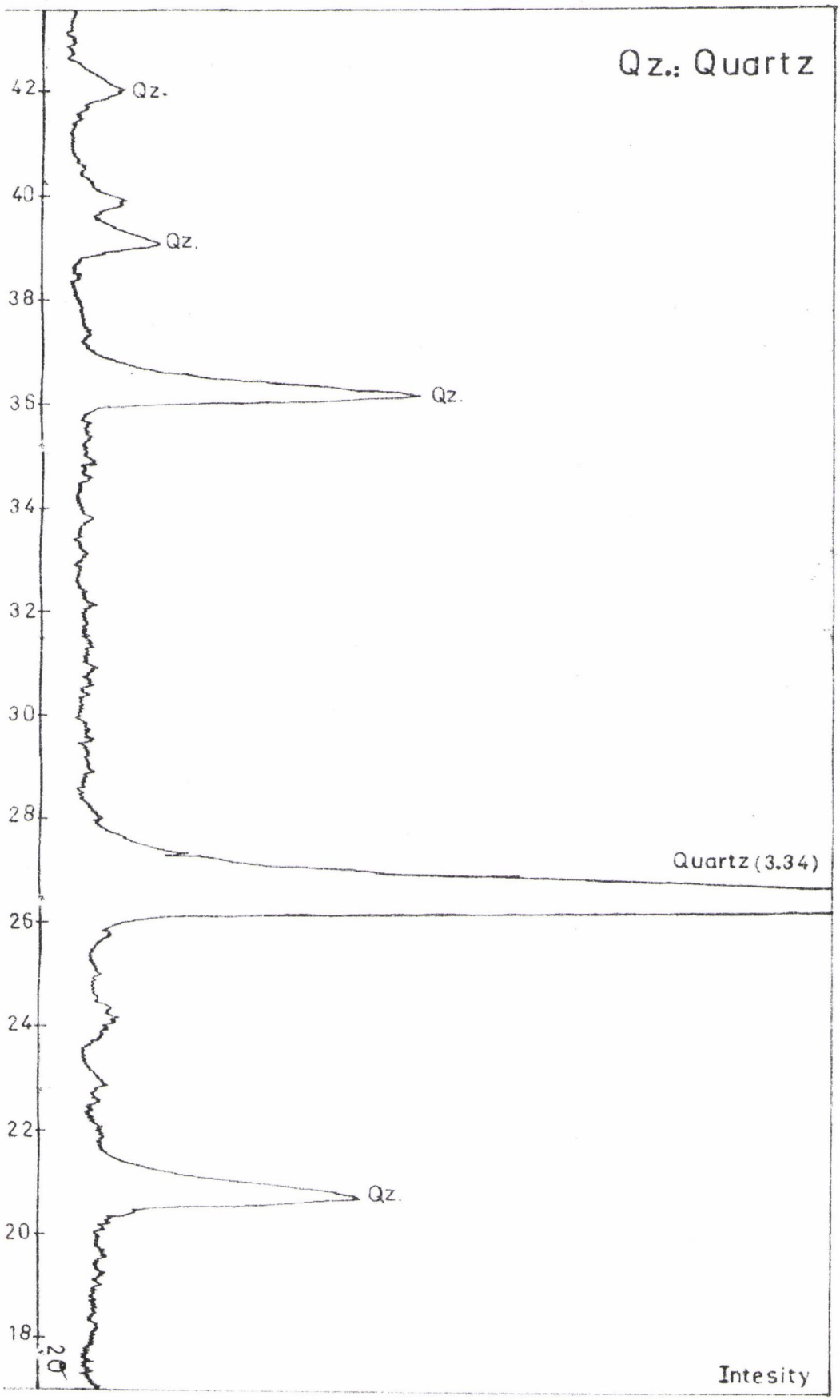
نوع المضاف والمحلول المستخدم	زمن التشغيل دقيقة	زمن التماسك ساعة	مقاومة الإنضغاط N/mm^2	معاير الكسر N/mm^2	قوة الربط N/mm^2	الامتصاص %	الإنكماش %
3.0% Na_2SiF_6 Na_2SiO_3	20-15	6	14	8.9	0.65	4.5	0.60
3.0% Na_2SiF_6 K_2SiO_3	22	24	22	11.0	1.25	5.0	0.78
3.0% $CaSO_4.1/2H_2O$ K_2SiO_3	21	8	26	11.2	1.21	17.0	0.77
3.0% $Ca(OH)_2$ K_2SiO_3	20	9	17	5.7	0.85	5.5	1.54
3.0 % Ethel acetate K_2SiO_3	25	11	23	12.0	1.30	9.5	1.52
3.0% $CaCl_2$ K_2SiO_3	22	12	19.5	9.1	1.0	8.4	0.98
3.0%Hexamean K_2SiO_3	23	48	21	10	1.15	10.5	1.25
المواصفة الأمريكية Na_2SiO_3	15	----	9.6	3.4	0.5	18	1.0
المواصفة الأمريكية K_2SiO_3	20	----	20.7	9.6	1.0	19	3.0
ASTM 466-86	C414-83	C414-83	C579-82	C580-85	C321-83	C413-83	C531-85

جدول رقم (6) نتائج الفحوص الكيميائية للمونة السليكاتية المقاومة للأحماض

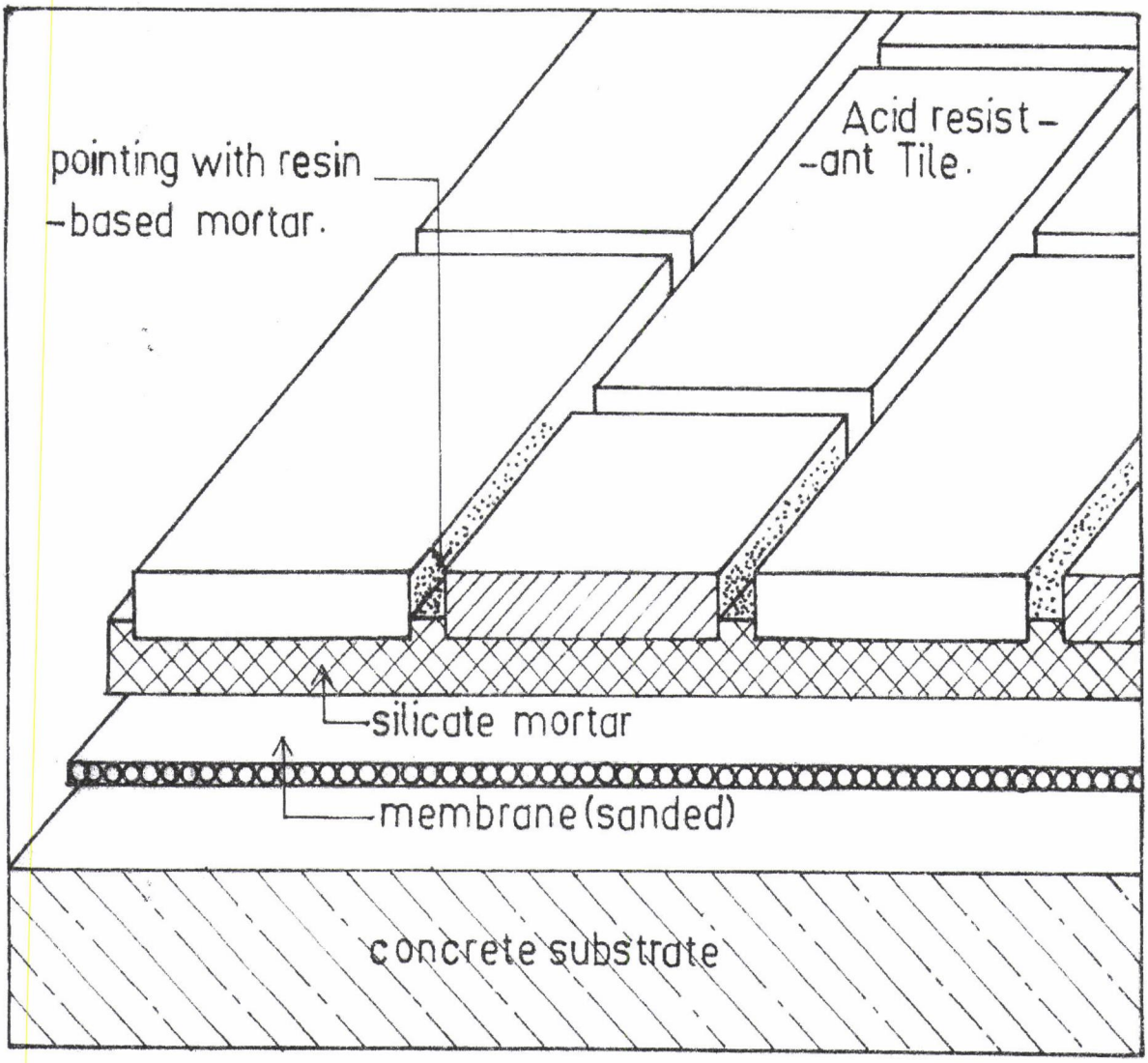
المعجل والمحلول الرابط	الحامض وتركيزه	وزن النموذج (غم) بعد غمره بالحامض للأعمار							مقاومة الاضغاط نيوتن/ملم^2 بعد غمره بالحامض للأعمار							لون الحامض	المظهر الخارجي
		قبل الغمر	1	3	7	28	56	84	قبل الغمر	1	3	7	28	56	84		
Na_2SiF_6 سليكات الصوديوم	H_2SO_4 98%	31	32	34	34	35	35	36	14	16	15	15	16	14	12	أبيض ثم تغير إلى أسود	لم تتأثر النماذج
	H_2SO_4 20%	31	31	32	33	35	35	35	14	15	15	15	16	16	17	أبيض	
	HNO_3 55%	31	31	32	32	33	34	34	14	15	15	15	16	16	16		
	HNO_3 20%	31	31	32	33	33	32	34	14	14	14	15	15	15	15		
Na_2SiF_6 سليكات البوتاسيوم	H_2SO_4 98%	32	33	33	34	35	35	36	22	22	22	23	23	22	21	أبيض ثم تغير إلى أسود	لم تتأثر النماذج
	H_2SO_4 20%	32	32	32	33	33	32	32	22	22	22	23	23	22	21	أبيض	
	HNO_3 55%	32	32	32	31	32	32	32	22	22	22	23	23	22	21		
	HNO_3 20%	32	32	32	32	33	33	33	22	22	22	23	23	22	21		
$CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ سليكات البوتاسيوم	H_2SO_4 98%	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	تهشمت النماذج ولم تقاوم الحامض	
	H_2SO_4 20%	32	32	31	31	30	30	30	24	22	17	15	7	4	4	تشقق وتفتت للسطح الخاجي	
	HNO_3 55%	32	32	32	31	31	30	30	24	22	18	15	6	3	3	أبيض	
	HNO_3 20%	32	31	32	31	31	30	30	24	22	19	16	14	12	10		

ملحق جدول رقم (6)

المعجل والمحلول الرابط	الحامض وتركيزه	وزن النموذج (غم) بعد غمره بالحامض للأعمار							مقاومة الانضغاط نيوتن/ملم^2 بعد غمره بالحامض للأعمار							لون الحامض	المظهر الخارجي
		قبل الغمر	1	3	7	28	56	84	قبل الغمر	1	3	7	28	56	84		
اسيتات الأثيل سليكات البوتاسيوم	H_2SO_4 98%	32	32	33	33	34	35	35	23	23	23	24	24	25	26	أبيض ثم تغير إلى أسود	تآكل بسيط للنموذج عمر 84
	H_2SO_4 20%	32	32	33	33	34	35	36	23	23	24	24	25	25	26	أبيض	لم تتأثر النماذج
	HNO_3 55%	32	32	33	33	35	35	36	23	23	24	24	25	25	26		
	HNO_3 20%	32	32	33	33	34	35	35	23	23	23	23	24	24	25		
$CaCl_2$ سليكات البوتاسيوم	H_2SO_4 98%	31	31	32	32	33	34	34	19.5	19	18	17	10	8	5	أبيض ثم تغير إلى أسود	تشققات على السطح الخاجي
	H_2SO_4 20%	31	31	31	32	33	33	33	19.5	19	18	18	12	8	6	أبيض	
	HNO_3 55%	31	31	31	32	32	33	34	19.5	18	17	15	13	12	10		
	HNO_3 20%	31	31	31	32	32	33	33	19.5	18	17	16	14	13	11		
الهكسامين سليكات البوتاسيوم	H_2SO_4 98%	31	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	تهشمت النماذج ومنذ الأعمار الأولى	
	H_2SO_4 20%	31	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	أبيض	تشققات على السطح الخاجي
	HNO_3 55%	32	32	31	31	30	29	29	21	20	18	18	15	11	10		
	HNO_3 20%	31	31	30	30	29	29	28	21	20	18	16	14	11	11		



شكل رقم (١) منحني حيود الأشعة السينية لصخور السلكريت



كل ر قم ((2) مخطط توضيحي للإجراءات الواجب اتباعها لحماية الأرضيات الكونكريتية من تآكل الأحماض