تأثير استخدام الخبث المحلي على الامتصاص ومسامية الخرسانة عالية الأداء [+]

INFLUENCE OF USING THE LOCAL SLAG ON THE POROSITY AND ABSORPTION OF THE HIGH PERFORMANCE CONCRETE

فيصل كاظم عبد الحسين [*] انتصار قدوري جمعة * طاهر جاسم [**]

المستخلص:

ألخبث من المخلفات الصناعية لعملية انتاج الحديد والذي يتسبب وجودة في مشكلة بئيية لايمكن ألتخلص منها عند عدم استعماله . لذلك تم استخدام الخبث العراقي المنتج من افران القوس الكهربائي بطريقة التبريد البطيء في هذا البحث والذي يعتبر لحد الان مادة فائضة وليس هناك جهود في الوقت الحاضر لاستخدامة في الصناعة . تمت اضافة الخبث الى الخرسانة بطريقتين الاولى بأحلال الخبث بالنسب (10،20،30، 40)% من وزن السمنت وبديلا"عنه والجزء الثاني بأضافة الخبث بالنسب (10،20 ،30 ،40)% من وزن السمنت وبديلا" عن جزءمن الرمل وللطريقتين تمت اضافة الملدن المتفوق (Melment L10)بنسبة (5.5%)من وزن السمنت .

أضهرت النتائج تحسن لجميع الخلطات الخرسانية بالنسب المذكورة عند احلال الخبث مع أضافة الملدن المتفوق في انتاج خرسانة ذات قابلية التشغيل عالية فحسنت من خواصها في الامتصاص السطحي الابتدائي ، الامتصاص الكلي والمسامية بشكل واضح مقارنة بالخلطة المرجعية وعند استخدام الخبث (10،20) % كمضاف عن جزء من الرمل تحسنت الخواص المذكورة قليلا" وعند استخدام (30،40) % كمضاف عن جزء من الرمل أنتج خرسانة ذات قابلية تشغيل واطئة فازدادت نسبة الامتصاص السطحي الابتدائي ، الامتصاص الكلي والمسامية .

Abstract

Slag is an industrial disposal which considered as a secondary product of pig-iron . these disposal will cause a severe harm to the environment in case of not get rid of it . In the practical part of our research slag has been added to the concrete mix in two ways , first by using it to replace as cement by weight as a substitutions of cement in different percent (10 , 20 , 30 , 40) % , second by using the slag instead of apart of sand in the same percent as mentioned in first . In addition to first and second above super plasticizer (melment L10) has been added as percent of (5.5%) from cement use in the mixture .

The result shows improvement in all concrete specimens for the added percentage of the slag as replacement materials and the addition of super plasticizer (melment L10) in the production of concrete with high workability and improvement in its properties such as the initial surface absorption , total absorption and porosity relative with the reference mix. The use slag of (10,20) % as addition material instead of part of sand showed slightly improvement in the properties , but the addition of (30,40)% produced low concrete workability and as a result increasment of initial surface absorption , total absorption and porosity

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠٠٨/٨/١٤ ، تاريخ قبول النشر ٢٠٠٩/٤/٢٠ .

[*] مدرس /معهد التكنولوجيا – بغداد

[**] مدرس مساعد/ وزارة التعليم العالي – المشاريع والأعمار

المقدمة :-

في منتصف القرن العشرين بدأ البحث والاهتمام ينصب على ترشيد استهلاك الطاقة واستخدام المواد غير المكلفة اقتصاديا" في مراحل الانتاج وصناعة الخرسانة احدى هذه الصناعات ألتي شملها هذا الاهتمام لكون الاسمنت هو المادة الرئيسية فيها . أغلب الدراسات شملت أمكانية تقليل كلفة المواد الاسمنتية بأستعمال مواد واطئة الكلفه ولها خواص أسمنتية ، ونتيجة لذلك فقد تم استعمال رقائق السليكا (Silica Fume) والمواد البوزولانية (Pozzloana) والخـــبث (Slag) ، وقد ادى هذا الى تقليل كلفة انتاج الخرسانة خاصة وان اغلب هذة المواد الجديدة هي نواتج عرضية في الصناعة وتسبب تلوث بيئية وأعاقة عملية الانتاج في حالة عدم استعمالها . وعلى الرغم من ان اول انـــواع (أسمنت –خبث) أنتج عام ١٨٦٢ م فأن استعمال الخبث كمادة أسمنتية تضاف الى الخرسانة بشكل منفصل قد أعتمد في منتصف القرن الماضي وهو الشائع عالميا" وينتج من افران الصهر العالية [١].

تقدر كمية الخبث المستخدم مع السمنت بحوالي (20%) من كمية السمنت المنتجة في اوربا [2]. وتختلف طرق أنتاجه ومعالجته حسب المواد الاولية حيث ينتج بواسطة افران الصهر العالية في كل من كندا واستراليا ويسمى خبث افران الصهر العالية (B-F-S)، أو ينتج الخبث بواسطة الافران القوسية الكهربائية (Furnace Electrical arc) مثلا" ويسمى "خبث الصلب" (Steel Slag) وهذة الطريقة مستخدمة في العراق حيث تم الاعتماد على مخلفات الحديد (Scrape) كمادة اولية [3] . ويعتبر (Loriote) عام 1974 [4] أول من استخدم الخبث مع السمنت في انتاج مونه منه، وقد اخذت الدول المتقدمة المنتجة للخبث على محمل الجد بحث ودراسة وتطوير طرق معالجته حيث تم الاستفادة منه والحصول على خرسانة ذات كلفه اقتصادية مناسبة بالاضافة الى خواص هندسية جيدة في مقاومتها للاملاح الكبريتية والكلوريدات . أما محليا" فأن البحوث حول الخبث أخذت طريقها من اجل تغطية كافة خواص الخبث المحلي وتحديد مدى الاستفادة منه ويعتبر (جمال الملا) [5] أول من ابتدأ البحث في الخبث المحلي .

هدف البحث :-

أمكانية الاستفادة من الخبث ألمحلي كمضاف الى الخرسانة عن جزء من الرمل أو بديل عن جزء من السمنت في تحسين بعض خواص الخرسانة المتعلقة بتقليل النسبة المئوية للامتصاص السطحي والكلي والمسامية والتي ينعكس على خفض النفاذية للخرسانة مما يحسن الخواص الاخرى لها .

انواع الخبث وطرق انتاجه

تختلف طرق انتاج الخبث تبعا" الى طرق استخلاص الحديد والتي هي بدورها مختلفه حسب طبيعة المواد الاولية لاستخلاص الحديد حيث يوجد نوعان من المواد الاولية .

اولاً:

أكاسيد الحديدالمسماة بتراب الحديد والتي هي الهيماتايت Fe_2o_3 والمغناتايت Fe_3o_3 والبرايت Fe_2S_2 وغيرها حيث يتم أستخلاص الحديد من هذه الاكاسيد بواسطة الفــرن النفاخ (Blast Furnace) حيث تصل درجة الحرارة (1300-1600) م° [6] ، حيث يستخدم فحم الكوك المحتوي على على كربون نسبة(85-90)% لغرض توليد الطاقة الحرارية اللازمة للصهر بالاضافة لتكوين اوكسيد الكربون (Co) ليقوم بأختزال أكاسيد الحديد والممثلة حسب المعادلات الكيميائية الاتية.

$$2C+O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO$$
$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$
$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3Fe + CO_2$$
$$FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2$$

ولخفض درجة حرارة الانصهار يستخدم كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم كمادة مصهرة (Flux Ston) والتي تتفكك حرارياً بدرجة حرارة (900-1000) م° مكونة اوكسيد الكالسيوم (Lime) والذي يتحد مع الشوائب الاخرى (S, Al_2O_3, SiO_2) الموجودة في تراب الحديد بدرجة حرارة أعلى من (1300) م° مكوناً مايعرف بـــ خبث افران الصهر العالية(Plast Furnace Slag) وهي تكون طبيعيه منصهرة فوق منصهر الحديد بسبب كثافتها ألقليلة بالمقارنة بكثافة الحديد .. وتتشكل طبقة واقية من الاكسدة والمعادلات الكيماوية أدناه تمثل هذه التفاعلات [7] .

$$CaCO_3 \xrightarrow{900\text{-}1000C} CaO + CO_2$$
$$MgCO_3 \xrightarrow{900\text{-}1000C} MgO + CO_2$$

$$\left.\begin{array}{l} CaO + MgO \longrightarrow Fe_2O_3 \\ Al_2O_3 + SiO_2 + S \end{array}\right\} \xrightarrow{1300\text{-}1600C^o} \text{خبث افران ألصهر Blast Furnace Slag}$$

ثانياً:-

استخدام الحديد القديم (Scrap) كمادة أولية لاستخلاص الحديد والذي يستخلص بطرق عدة ومنها .

أ- الموقدالمفتوح (Open Hearth)

ب- فرن القوس الكهربائي (Electric Arc Furnace)

ج- قاعدة الاوكسجين (Oxygen base)

د - طريقة دوبلكس(Duplex Method)

ان الاسس الكيمائية لجميع الطرق اعلاه هي واحدة تتمثل بأكسدة الشوائب الموجودة بالحديد القديم ويستخدم أوكسيد الكالسيوم (Quick Lime) كمادة مصهرة (Flux Stone) والتي هي بدورها تتحد مع الشوائب مكونة مايعرف بخبث الصلب (Steel Slag) والذي يكون منصهرفوق منصهر الحديد [6]. والمعادلات الكميائية الاتية تمثل هذه التفاعلات

$$Si + O_2 \longrightarrow SiO_2$$

$$\left.\begin{array}{l} SiO_2 + CaO \\ Al_2O_3 + S + Fe_2O_3 \end{array}\right\} \xrightarrow{1300\text{-}1600C^o} \text{خبث الصلب Steel Slag}$$

التركيب الكيمياوي للخبث

ان التركيب الكيمياوي للخبث متغير بمدى كبير أعتماداً على طبيعه المواد الاولية مثل تراب الحديد والفحم ، وعلى طريقة تصنيع الحديد حيث ان الاكاسيد الرئيسة المكونة للخبث هي (السليكا ، الالومنيا ، المغنيسيا) والتي تأتي من خامات الحديد أما اوكسيد الكالسيوم والمغنسيوم فمصدرها كربونات الكالسيوم والمغنسيوم التي تضاف كمادة مساعدة

مصهرة .. أما الاكاسيد الثانوية فهي اوكسيد الحديد والكبريت معبر عنه (SO_3) [3] والجدول رقم (1) يبين التركيب الكمياوي لخبث افران الصهر في بعض الدول ويلاحظ ان مجموع أكاسيد (السليكا ، الالومينا ، الجير) تكون مامجموعه نسبة (80%) من المحتوى الكلي للأكاسيد في الخبث [2]

جدول رقم (1) يبين التركيب الكمياوي لخبث افران الصهر

% Fe_2O_3	%MgO	% Al_2O_3	% SiO	% CaO	المصدر
3-0.4	21-7	22-10	38-28	39-28	جنوب افريقيا
2.4-0.3	18-0	23-5	35-34	48-29	روسيا
3.8-0.5	8-2	19-13	36-29	48-40	فرنسا
1-0.2	12-4	16-10	35-29	46-38	المانيا
0.7-0.3	11-4	22-12	36-28	43-36	بريطانية

أما الجدول رقم (2) فأنه يبين التركيب الكيمياوي لخبث الصلب (Steel Slag) ويلاحظ فيه بأن نسبه اوكسيد الحديد بين (20-12)% [7] بسبب مصدر المواد الاولية وهي مخلفات الحديد (Scrap) .

جدول رقم (2) يبين التركيب الكيمياوي لخبث الصلب

% Fe_2O_3	SO_3	%MgO	% Al_2O_3	% SiO	% CaO
20 –12	0.9 – 0.2	9 – 2	4 – 3	20 – 10	50 – 40

<u>ألمواد الاولية والخلطات</u>

<u>ألاسمنت :</u>

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي السعودي المنشأ وهو مطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم5 لسنة 1984 [8]. والجدولين (3,4) يمثلان التحليل الكيمياوي والفيزياوي على التوالي.

جدول رقم (3) يمثل التحليل الكمياوي* لنسب مكونات السمنت المستخدم وحدود المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984

Compound Composition	Abbreviation	Percentage By Weight	Limits of Iraqi Specification No.5 / 1984
Silica (%)	SiO_2	22.04	–
Lime (%)	CaO	61.67	–
Alumina (%)	Al_2O_3	4.10	–
Iron Oxide (%)	Fe_2O_3	5.08	–
Sulfate	SO_3	1.77	2.8% ≤
Magnesia (%)	MgO	2.14	5% ≤
Loss On Ignition (%)	L.O.I	1.99	4% ≤
Lime Saturation Factor	L.S.F	0.86	0.66-1.02
Insoluble Residue (%)	I.R	0.60	1.5 ≤

*اجري الفحص بواسطة المركز الوطني للمختبرات والبحوث الانشائية (NCCLR)

جدول رقم (4) يبين الخواص الفيزياوية* للسمنت المستخدم في البحث

Physical Property	Test result	Limits 0f sp.N0
Specific Surface Area (m²/kg)	355	230 (min)
Set tins time (u.app.) Initial hrs:min Final hrs :min	 3: 15 4:30	 0:45 (min) 10:0 (max)
Compressive strength (70.70) mm cub N/mm² 3 days 7 days	 25.5 32.2	 15 (min) 23 (min)

* اجري الفحص بواسطة المركز الوطني للمختبرات والبحوث الانشائية (NCCLR)

الركام Aggregate

الركام ألناعم Fine Aggregate

تم استخدام الرمل الطبيعي "رمل الاخيضر" وهو مطابق للمواصفات القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984[٩] وتدرجه يقع ضمن المنطقة الثالثة والجدول رقم (5) يمثل تدرج الركام علماً أن كثافة النسبية للرمل هي (2.65) والنسبة المئوية للاملاح والامتصاص هو(0.070 , 0.42) على التوالي .

جدول رقم (5) يمثل تدرج الركام الناعم (الرمل)

Sieve Size	Cumulative Passing %	Limit of Iraq Specification No 45 / 1984 Zone (3)
4.75 mm	100	90 – 100
2.36 mm	99.5	85 – 100
1.18 mm	84	75 – 100
0.6 mm	69	60 – 79
0.3 mm	24	12 – 40
0.15 mm	8.5	0 – 10
0.075 mm	2.0	0 – 3

الركام ألخشن Coarse Aggregate

تم استخدام حصى نهري من منطقة النباعي بمقياس لا يزيد عن (10) ملم ومطابق للمواصفة العراقية رقم 45 لسنة 1984 [9] وبوزن نوعي ونسبة املاح وامتصاص مساوي الى (2.67 ، 0.070 ، 0.45) على التوالي والجدول رقم (6) يبين التدرج للركام الخشن.

الجدول رقم (6) التدرج للركام الخشن المستعمل في البحث

Sieve Size	Cumulative Passing %	Limit of Iraq Specification No 45 / 1984
12.5	100	100
9.5	98	85 – 100
4.75	16	0 – 25
2.35	1.8	0 – 5

الماء water :

تم استخدام الماء الصالح للشرب لجميع الخلطات الخرسانية.

ألخبث Slag

تم استخدام الخبث المحلي العراقي كناتج عرضي من افران صهر المعادن الفولاذية من شركة الصمود العامة للصناعات الفولاذية في منطقة التاجي حيث تم جلبه على شكل كتل بأحجام كبيرة ، ثم تكسيرها الى أحجام اصغر ومن

ثم استخدام طاحونة ذات كرات فولاذية لغرض الحصول على تدرج مشابه الى حد كبير تدرج الرمل والجدول رقم (7) يوضح التحليل المنخلي للخبث العراقي والذي يقع ضمن حدود المواصفة العراقية رقم 45 لسنة 1984 والذي تم استخدامه كأضافة نسبة من وزن السمنت وبديلاً من جزء من الرمل في حين تم الحصول على نعومة عالية جداً واعلى من نعومة السمنت المستخدم قيمتها (422 m2/kg) حسب طريقة بلين (Blain) عند احلال الخبث عن جزء من السمنت في الخلطات الخرسانية.

الجدول رقم (7) التحليل المنخلي للخبث العراقي ضمن حدود المواصفة العراقية رقم 45 لسنة 1984

Sieve Size	Cumulative Passing %	Grade (1)	Grade (2)	Grade (3)	Grade (4)
4.75 mm	98.0	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.36 mm	88.0	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.18 mm	78.0	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6 mm	63.0	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3 mm	24.0	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15 mm	7.0	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 10
0.075 mm	2.0	0 – 3	0 – 30	0 – 3	0 – 3

الملدن المتفوق Super Plasticizer

تم استخدام المادة الملدنة المقللة لنسبة الماء في الخلطة الخرسانية نسبة (5.5%) من وزن السمنت وهي تمثل أفضل نسبة توصل إليها الباحث [١٠] وهو منتج يدعى (سلفو ميلامين فور مالدهايد المكثف (Melment L10) الذي يقلل من الفقدان الحاصل في قابلية التشغيل عند اضافة الخبث Slag بالاضافة الى المحافظة على ثبات الهطول نسبة (5±75 ملم).

الخلطات الخرسانية

جدول رقم (٨) يمثل المكونات الاساسية للخلطات المرجعية وعند احلال الخبث بنسب مختلفة من وزن السمنت وبديلا" عن جزء من السمنت واضافة الملدن المتفوق (Melment L10)

Symbol	Cement kg\m3	Sand kg\m3	Gravel kg\m3	Water	HRWR% by w. of cement	Slag %	Slump 75±5
Ref	500	690	952	220	–	–	78
Mix1	500	690	952	162.5	5.5	–	80
Mix2	450	690	952	155	5.5	10	79
Mix3	400	690	952	152.5	5.5	20	76
Mix4	350	690	952	150	5.5	30	75
Mix5	300	690	952	140	5.5	40	73

جدول رقم (9) يمثل المكونات الاساسية للخلطات المرجعية وعند اضافة الخبث بنسب مختلفة من وزن السمنت وبديلا" عن جزء من الرمل واضافة الملدن المتفوق (Melment L10)

Symbol	Cement kg\m3	Sand kg\m3	Gravel kg\m3	Water	HRWR% by w. of cement	Slag %	Slump 75±5
Ref	500	690	952	220	–	–	78
A1	500	690	952	162.5	5.5	–	80
A2	500	640	952	177.5	5.5	10	77
A3	500	590	952	202.5	5.5	20	75
A4	500	540	952	222.5	5.5	30	74
A5	500	490	952	247.5	5.5	40	72

مناقشة النتائج

ان نتائج الأمتصاص السطحي الابتدائي او المسامية ولجميع الخلطات الخرسانية المختلفة قد وضحت في الجدولين (11،10) والأشكال (1الى ٩) ومن خلالها يمكن معرفة مايلي .

١- بينت النتائج المثبتة في جدول رقم (١٠) والاشكال رقم (2،1) أنخفاض الأمتصاص السطحي الأبتدائي ولجميع الخلطات التي تم إعتماد الخبث فيها بأحلاله كجزء بديل عن السمنت . ان افضل نسبة انخفاض في الامتصاص السطحي الابتدائي تراوحت بين (64،52،47،31) في أوقات الفحص(120,60,30,10) دقيقة على التوالي للخلطة الخامسة (Mix5) اي عند احلال الخبث بـــ(40%) مع (5.5%) من الملدن المتفوق مقارنة بنفس أوقات الفحص للخلطة المرجعية والسبب في ذلك يعود الى نعومة الخبث التي تؤدي الى تقليل كمية وحجم الفراغات داخل الخرسانة ، وقد يكون السبب هو إنخفاض لنضح الخرسانة عند إحلال الخبث حيث يعتمد النضح على المساحة السطحية لمكونات الخلطة حيث ان وجود الخيث يسهل عملية الانزلاق للركام ولهذا فان الخرسانة تحتاج الى جهد أقل لرصها عند الصب وهذا يعني تقليل كمية وحجم الفرغات داخل الخرسانة [10] .

٢- انخفضت ألنسبة المئوية للامتصاص الكلي والمسامية عند احلال الخبث كجزء بديل عن السمنت وكانت افضلها عند احلال الخبث بنسبة (40%) واضافة الملدن المتفوق بنسبة (5.5%) وكانت نسبة الانخفاض (58.3%) عند عمر فحص 28 يوم و(22%) لكل من الامتصاص الكلي والمسامية على التوالي مقارمة بالخلطة المرجعية ولنفس عمر الفحص ولنفس الاسباب الواردة في (1) اعلاه وكما مثبت في جدول رقم (10) والاشكال (5،4،3).

٣- ان استخدام (5.5%) من الملدن المتفوق لجميع الخلطات الوارد ذكرها في النقطتين (2،1) اعلاه ساعد كثيرا" على تقليل نسبة (الماء / السمنت) مع المحافظة على قابلية التشغيل وهذا بدوره قلل المسامات بشكل كبير اضافة الى استخدام الخبث بدرجة نعومة عالية ادى الحصول على خلطات خرسانية متجانسة ذات تشكيل داخلي جيد يمنع الاختراق بالاضافة الى تفاعل الخبث مع هيدروكسيد الكالسيوم الناتج عن تميؤ السمنت ينتج عنه خرسانة ذات كثافة عالية وامتصاص ومسامية منخفضة [10].

٤- من الجدول رقم (11) يلاحظ ان اضافة الملدن نسبة (5.5%) تم تخفيض نسبة الماء / السمنت من (44%) للخلطة المرجعية الى 32.5% للخلطة (A1) وبالتالي فان خفض هذه النسبة ادى الى انخفاض في الامتصاص السطحي الابتدائي بنسبة (49%) عند الفحص بـــ (120) دقيقة والامتصاص الكلي بنسبة (51.7%) عند الفحص بعمر (90) يوم والمسامية بنسبة (17.5%) مقارنة بالخلطة المرجعية مع الحفاظ على قابلية التشغيل وهذا يعود الى ان المادة الملدنة تعمل على نشر حبيبات السمنت (Defloculation) وهي عملية ذات تأثير فيزياوي وكيمياوي حيث ينجذب المضاف اولا" على سطح السمنت المتميأ مكونا غلافا" مائيا" ويقل التجاذب بين حبيبات السمنت نفسها ويسبب انفصالها عن بعضها وبذلك يقل الاحتكاك بينهما فتصل عملية الانزلاق والرص وبالتالي تقليل حجم الفراغات والمسامات [11].

٥- ومن نفس الجدول رقم (11) والاشكال (8،7،6) يلاحظ مايلي

أ- زيادة في انخفلض النسبة المئوية للامتصاص السطحي لنماذج الخلطات الخرسانية (A3،A2) اي عند اضافة 10% و 20% من الخبث كبديل عن جزء من الرمل عند الاعمار (120،60،30،10) دقيقة فسجلت افضل نـــسبة انخفـــاض تمثلت بـــ (57%،33%) عند الفحص بـــ(10و20) دقيقة للخلطة (A2) مقارنة عند الفحص بنفس الاعمـــار للخلطـــة المرجعية وهذا يعود الى انتشار الخبث داخل الفرغات الموجودة في الخرسانة فيؤدي الى تقليل كمية وحجم الفراغـــات وبالتالي زيادة كثافة الخرسانة المنتجة اما عند زيادة نسبة الخبث المضاف كبديل عن جزء من الرمل بـــ(40%،30%) فان هذه الزيادة تسبب انخفاض في قابلية التشغيل مع صعوبة في الرص وبالتالي زيادة في نسبة الفراغات مما يجعلنـــا أن نرفع نسبة الماء / السمنت للخلطات (A5،A4) فيسبب زيادة في الامتصاص السطحي الابتدائي ومـــع ذلـــك فـــان

الامتصاص الابتدائي للخلطة (A5) اي باضافة نسبة 40% من الخبث سجلت انخفاض عن الخلطة المرجعية عند الفحص بكل الاعمار (10، 30 ، 60 ، 120) دقيقة فحصلنا على انخفاض مساوي (14%، 26%) عند الفحص بـ (10و120) دقيقة بالمقارنة مع نفس اعمار الفحص للخلطة المرجعية وهذا يتطابق مع ماتوصل إليه الباحثين [٥، ١٣]

ب- لنفس السبب الوارد في النقطة (B5أ) فان النسب المئوية للامتصاص الكلي والمسامية ينخفض باضافة (10%،20%) من الخبث كبديل عن جزء من الرمل وتم الحصول على افضل النتائج للانخفاض عند اضافة نسبة (20%) من الخبث اي للخلطة (A3) تمثلت بـ النسب (49%) بعمر فحص 28 يوم للامتصاص الكلي و(20%) للمسامية مقارنة مع الخلطة المرجعية ولنفس عمر الفحص . في حين يزداد الامتصاص الكلي والمسامية عند اضافة (30%،40%) من الخبث ومع ذلك سجلت انخفاضا" نسبة (12%,33%) للامتصاص الكلي بعمر28 يوم والمسامية للخلطة (A5) بأستخدام (40%) خبث مع اضافة (5.5%) من الملدن المتفوق مقارنة بالخلطة المرجعية .

٦- من الشكل رقم (9) يتضح لنا بأن النسبة للامتصاص السطحي عند الفحص بـ (120) دقيقة تتساوى عند احلال واضافة الخبث نسبة (20%) مع الملدن المتفوق بنفس النسبة (5.5%) للخلطتين (A2،Mix2) في حين تزداد نسبة الامتصاص السطحي عند نفس العمر للفحص للخلطة الخامسة(A5) عند اضافة الخبث نسبة (40%) ب(2.1) مرة بقدر الامتصاص السطحي عند احلال الخبث بـ(40%) للخلطة (Mixs) وبنفس العمر للفحص (120) دقيقة .

<u>الاستنتاجات</u>

من خلال نتائج الفحوصات التي تم الحصول عليها ولجميع الخلطات الخرسانية يمكن استنتاج مايلي:-

١-زيادة قابلية التشغيل للخرسانة عند احلال الخبث عن جزء من الاسمنت ولجميع الخلطات وان افضل نسبة لزيادة قابلية التشغيل هي عند احلال الخبث بنسبة (40%) واضافة (5.5%) من الملدن المتفوق حيث أمكن تخفيض نسبة الماء / السمنت بـ(36.4%) عن نسبة الماء / السمنت المستخدمة في الخلطه المرجعية.

٢-أنخفاض في قراءات الامتصاص السطحي الابتدائي ولجميع الخلطات مع مرور وقت الفحص وزيادة نسبة احلال الخبث وأظهرت النتائج اعلى نسبة انخفاض في الامتصاص السطحي الابتدائي عند احلال للخبث نسبة (40%) مع (5.5%) من الملدن المتفوق مساوية الى (65%) بالفحص عند (120) دقيقة مقارنة بالخلطه المرجعية لنفس عمر الفحص .

٣-انخفاض في قراءات الامتصاص الكلي ولجميع الخلطات مع مرور وقت الفحص وزيادة نسبة احلال الخبث وأضهرت النتائج اعلى نسبة انخفاض في الامتصاص الكلي عند احلال الخبث نسبة (40%) مع (5.5%) من الملدن المتفوق مساوية الى (٥٨,٣%) بالفحص عند (٩٠) دقيقة مقارنة بالخلطه المرجعية لنفس عمر الفحص .

٤- انخفاض في نسبة المسامية بزيادة نسبة احلال الخبث مع اضافة الملدن المتفوق (نسبة ثابتة) ولجميع الخلطات وسجلت الخلطة الخامسة عند احلال الخبث نسبة (40%) مع (5.5%) من الملدن المتفوق مساوية الى (22.5%) مقارنة بالخلطه المرجعية

٥- سجلت قراءات الامتصاص السطحي الابتدائي عند اضافة الخبث بديلاً عن الرمل أفضل انخفاض مساوي الى (57%) للخلطة (A3) عند اضافة (20%) من الخبث مع (5.5%) من الملدن المتفوق عند الفحص بعمر (120) دقيقة مقارنة بالخلطه المرجعية لنفس عمر الفحص .وسجلت ادنى انخفاض مساوي الى (14%) عند الفحص بعمر (10) دقائق للخلطه الخامسة (A5) عند اضافة (40%) من الخبث مع (5.5%) من الملدن المتفوق مقارنة بالخلطه المرجعية

.

٦-سجل الامتصاص الكلي أفضل انخفاض له عند أضافة (20%) من الخبث مع (5.5%) من الملدن المتفوق مساوي الى (5.5%) عند الفحص بعمر(60) يوم مقارنة بالخلطه المرجعية في حين سجل أقل انخفاض له عند اضافة (40%) من الخبث مع (5.5%) من الملدن المتفوق مساوي الى (33%) عند الفحص بعمر (28) يوم مقارنة بالخلطه المرجعية .

٧-يقل الامتصاص السطحي الابتدائي والامتصاص الكلي كلما قلت المسامية للخلطات الخرسانية وبالعكس.

٨-ملائمة استخدام الخبث كمجاميع في انتاج الخرسانة مع اضافة الملدنات وهذا يتفق مع ماتوصل اليه الباحثين [١٤،١٥] .

ألتوصيات :

من خلال نتائج البحث والاطلاع على الدرسات والبحوث القليلة للخبث العراقي أوصي بمايلي :

١- اجراء بحث في الاملاح الخارجية أو الداخلية ومنها الـــ(SO3) للخبث أو الموجود في السمنت والرمل وكيفية تأتثيرها على خواص الخرسانه بأستخدام الخبث العراقي .

٢- دراسة تأثير الرطوبة ودرجات الحرارة المختلفة على خواص الخرسانة المنتجة بأستخدام نسب مختلفة من الخبث العراقي .

٣- دراسة في تطوير طريقة المعالجة للخبث كناتج عرضي في الصناعات الحديدية وامكانية الاستفادة منه في صناعة السمنت المقاوم خاصة وأنه يحوي على نسبة عالية من اكاسيد الحديد .

٤- ضرورة توفر مواقع تكسير لكتل الخبث وبالاحجام ألمناسبةلاستخدامه كركام في الخرسانة والطرق والسكك الحديدية من اجل تقليل اضرار الخبث المحلي على البيئةمن خلال اشغاله لمساحات كبيرة وبالاضافة الى تشجيع استخداماته .

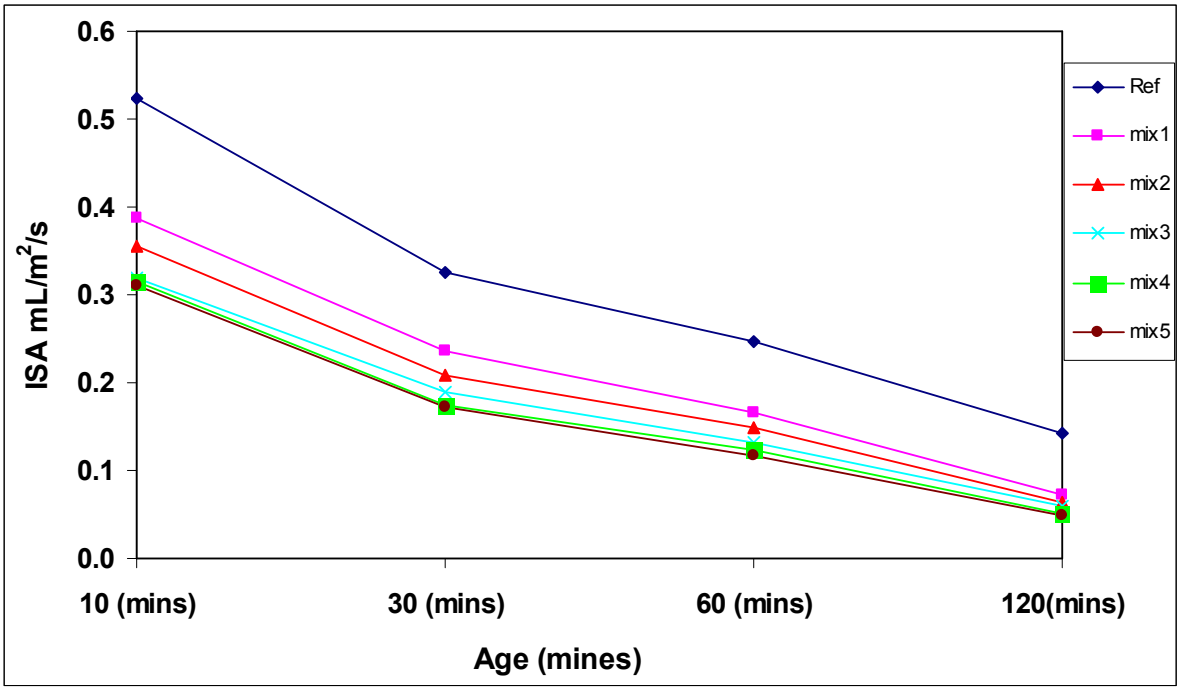
٥- اجراء بحث يتضمن اضافة الملدن المتفوق بنسب مختلفة من وزن السمنت ودراسة تاثير ذلك على خواص خرسانة الخبث .

جدول رقم (10) يبين قيم الامتصاص السطحي الابتدائي (ISA) ، الامتصاص الكلي (Total Absorption) والمسامية (Porosity) لاحلال الخبث بنسبة مئوية من وزن السمنت وبديلاً عنه

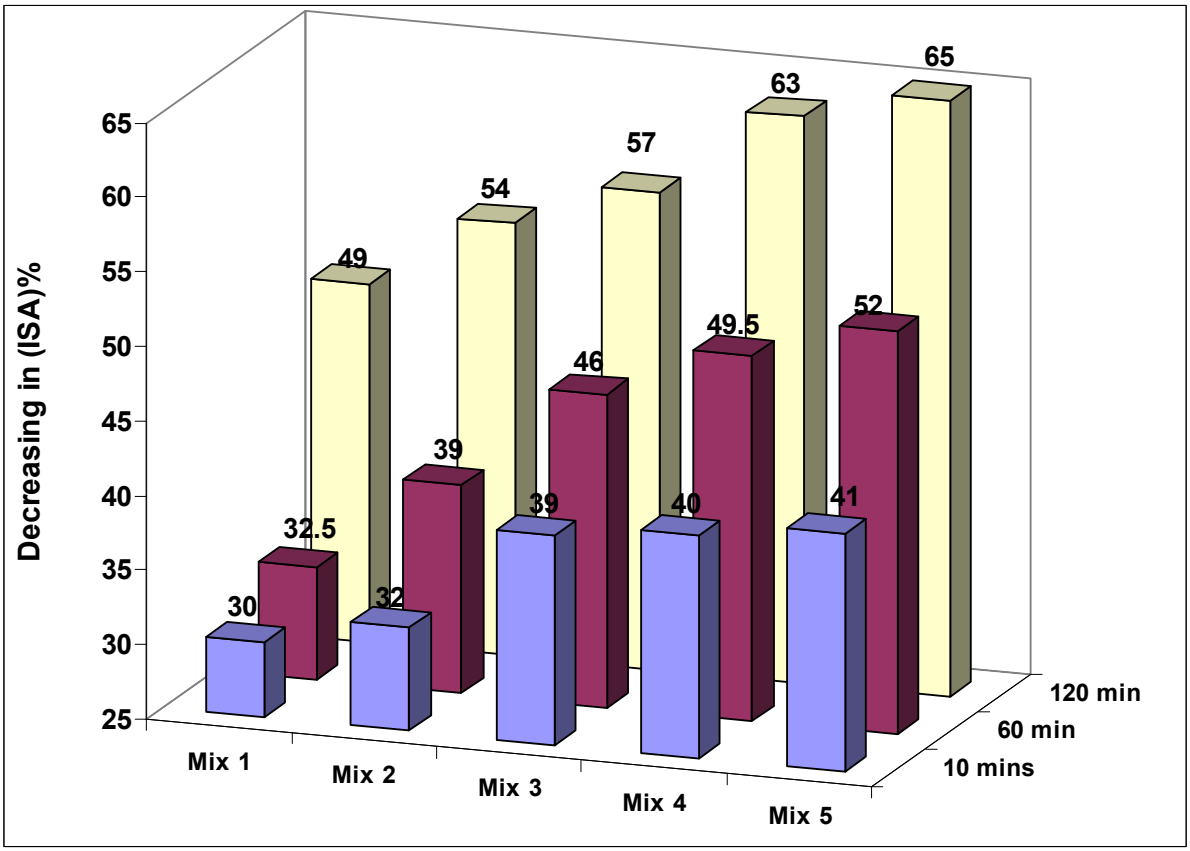
Symbol	W/C	%	Initial Surface Absorption (ISA) mL / m³s				Total Absortion %			Porosity%
			10 (mins)	30 (mins)	60 (mins)	120(mins)	28 (day)	60 (day)	90 (day)	
Ref	0.440		0.524	0.325	0.246	0.142	5.04	4.80	4.46	6.20
Mix1	0.325		0.388	0.236	0.166	0.072	2.71	2.32	2.15	5.11
Mix2	0.310		0.356	0.208	0.150	0.064	2.62	2.24	2.08	5.02
Mix3	0.305		0.320	0.190	0.132	0.060	2.48	2.10	2.01	4.91
Mix4	0.300		0.314	0.175	0.124	0.052	2.36	2.04	1.92	4.86
Mix5	0.280		0.310	0.172	0.118	0.050	2.30	2.01	1.86	4.82

جدول رقم (١١) يبين قيم الامتصاص السطحي الابتدائي (ISA) ، الامتصاص الكلي (Total Absorption) والمسامية (Porosity) لاحلال الخبث بنسبة مئوية من وزن السمنت وبديلاً عن جزء من الرمل

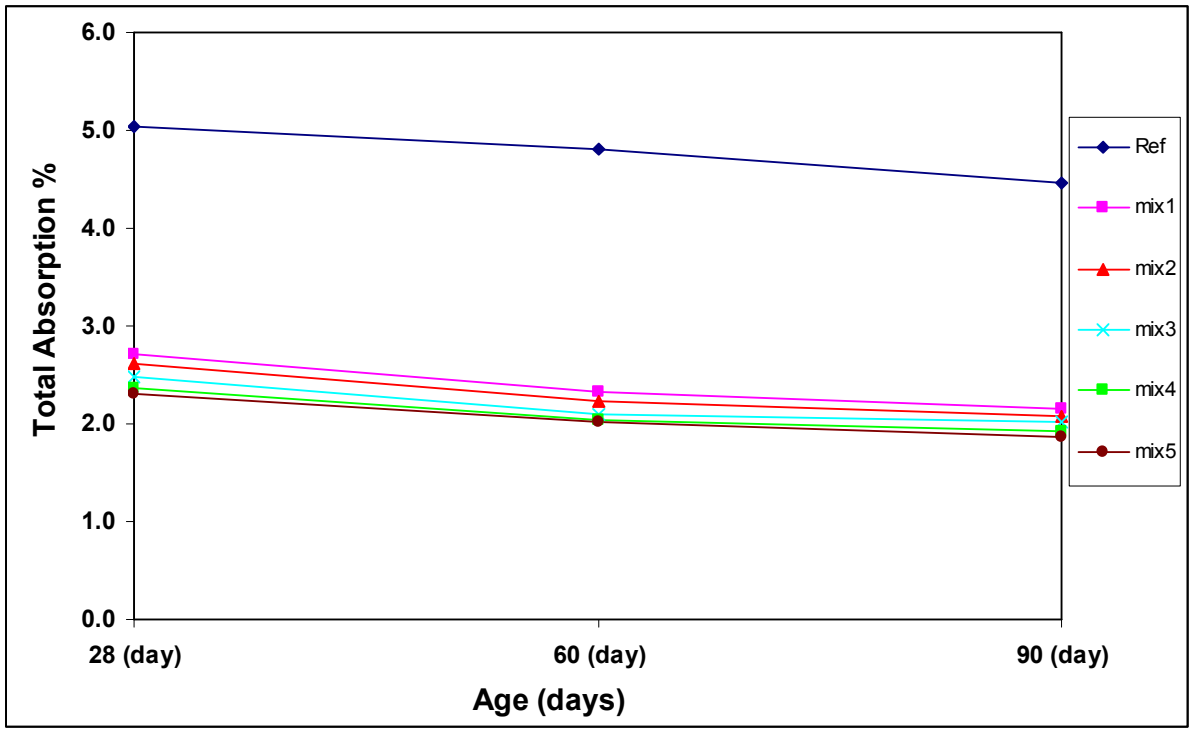
Symbol	W / C	%	Initial Surface Absorption (ISA) mL / m³s				Total Absorption %			Porosity%
			10 (mins)	30 (mins)	60 (mins)	120 (mins)	28 (day)	60 (day)	90 (day)	
Ref1	0.440		0.524	0.325	0.246	0.142	5.04	4.80	4.46	6.20
A1	0.325		0.388	0.236	0.166	0.072	2.71	2.32	2.15	5.11
A2	0.310		0.370	0.231	0.160	0.064	2.64	2.24	2.08	5.05
A3	0.320		0.350	0.222	0.152	0.061	2.56	2.15	2.02	4.95
A4	0.420		0.410	0.238	0.170	0.072	2.80	2.31	2.14	5.10
A5	0.495		0.450	0.248	0.215	0.105	3.38	2.76	2.52	5.45



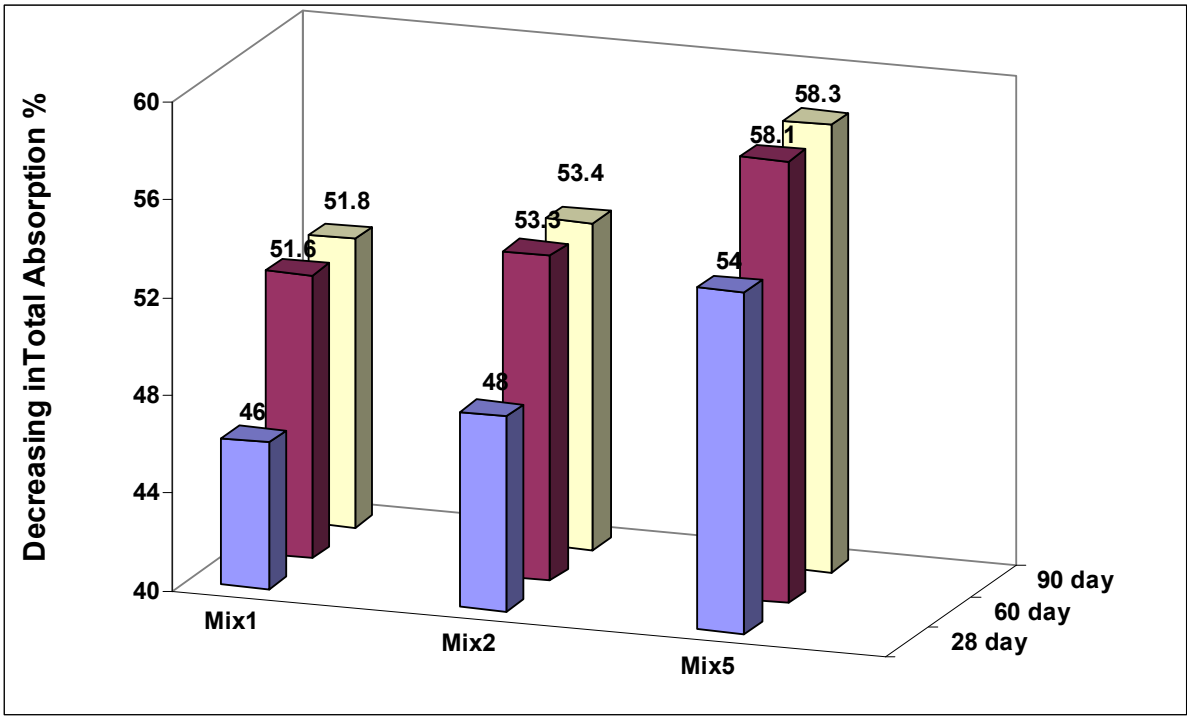
شكل رقم (1) العلاقة بين الامتصاص السطحي ISA وعمر الفحص لنماذج مختلفة من الخرسانة بأحلال الخبث (%) بديلاً عن السمنت واضافة الملدن المتفوق بنسبة (5.5%)



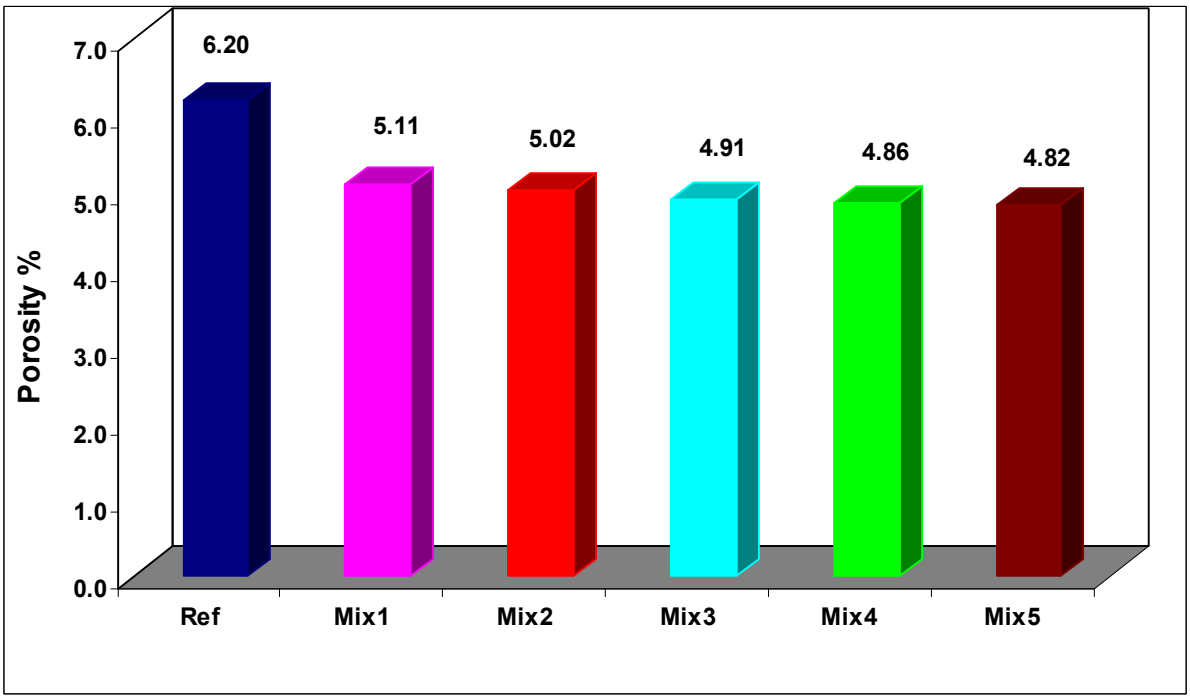
شكل رقم (2) يوضح النسبة المئوية للانخفاض في الامتصاص السطحي الابتدائي للخلطات (1،2،3،4،5) mix بأعمار الفحص (10،60،90) دقيقة عند احلال الخبث مع الملدن المتفوق مقارنة بالخلطة المرجعية



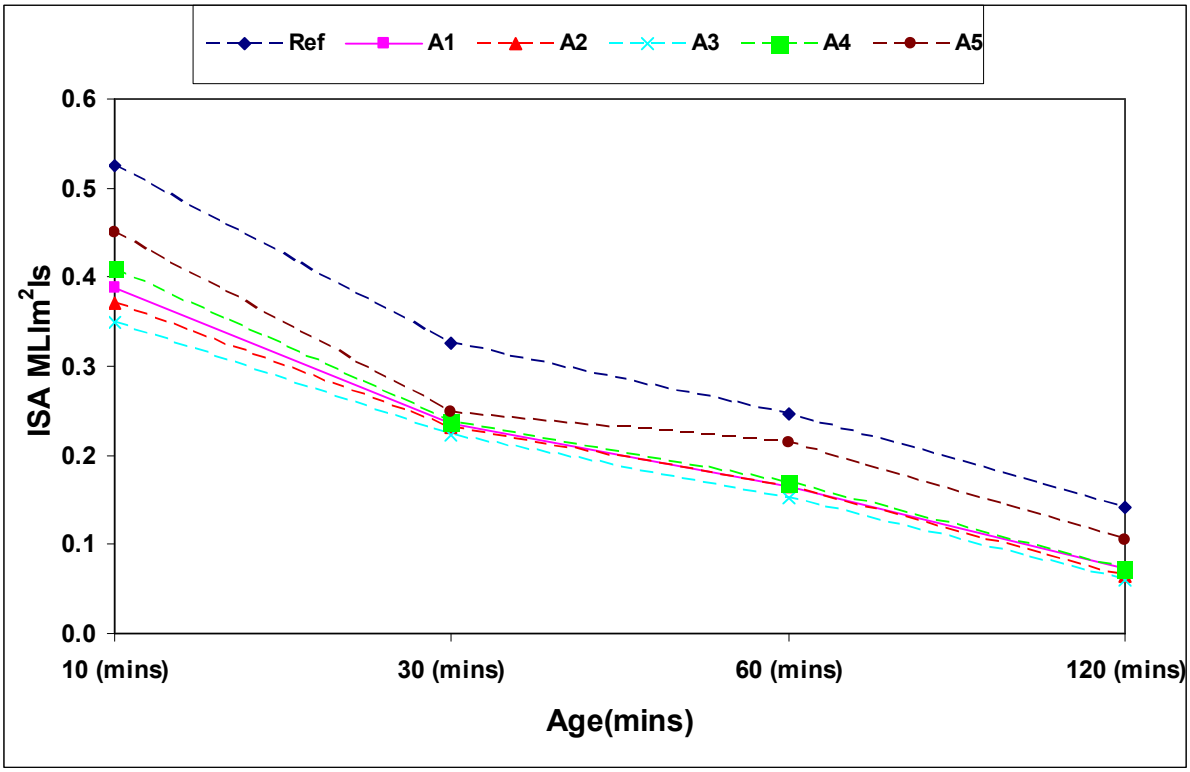
شكل رقم (3) العلاقة بين الامتصاص الكلي (%) وعمر الفحص لنماذج مختلفة من الخرسانة بأحلال الخبث (%) بديلاً عن السمنت واضافة نسبة (5.5%) من الملدن المتفوق



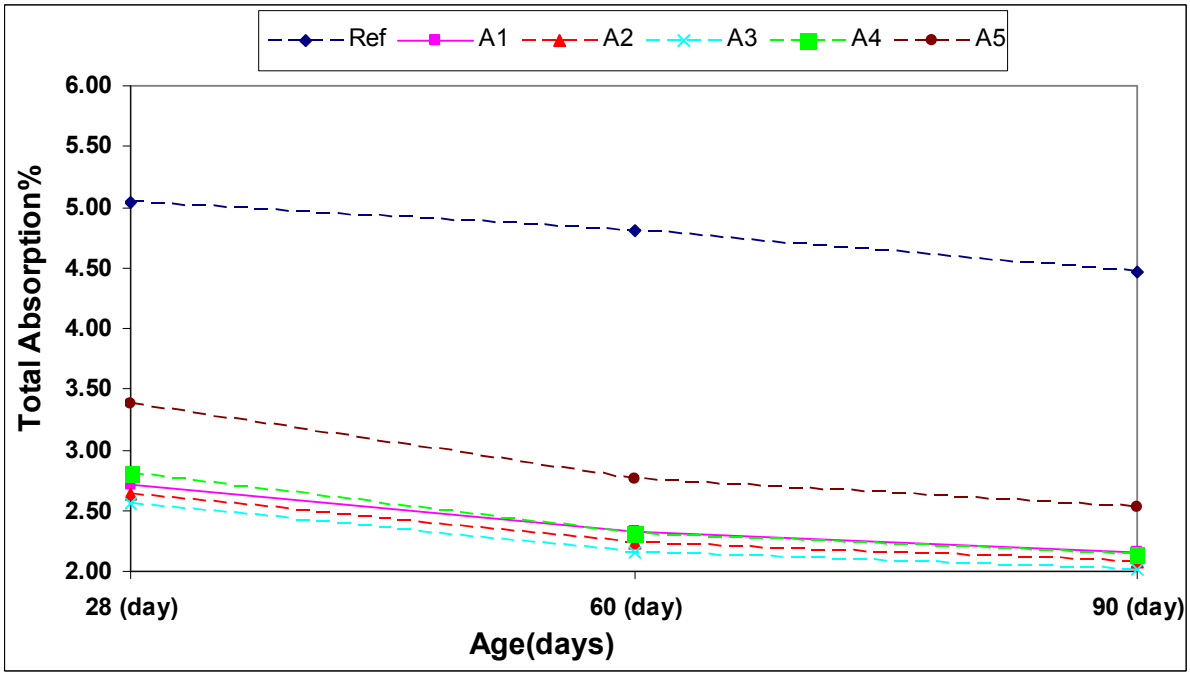
شكل رقم (4) يوضح النسبة المئوية لانخفاض الامتصاص الكلي للخلطات (mix(1،2،5 باعمار الفحص(28 ،90،60)يوم عند احلال الخبث مع الملدن المتفوق مقارنة بالخلطة المرجعية



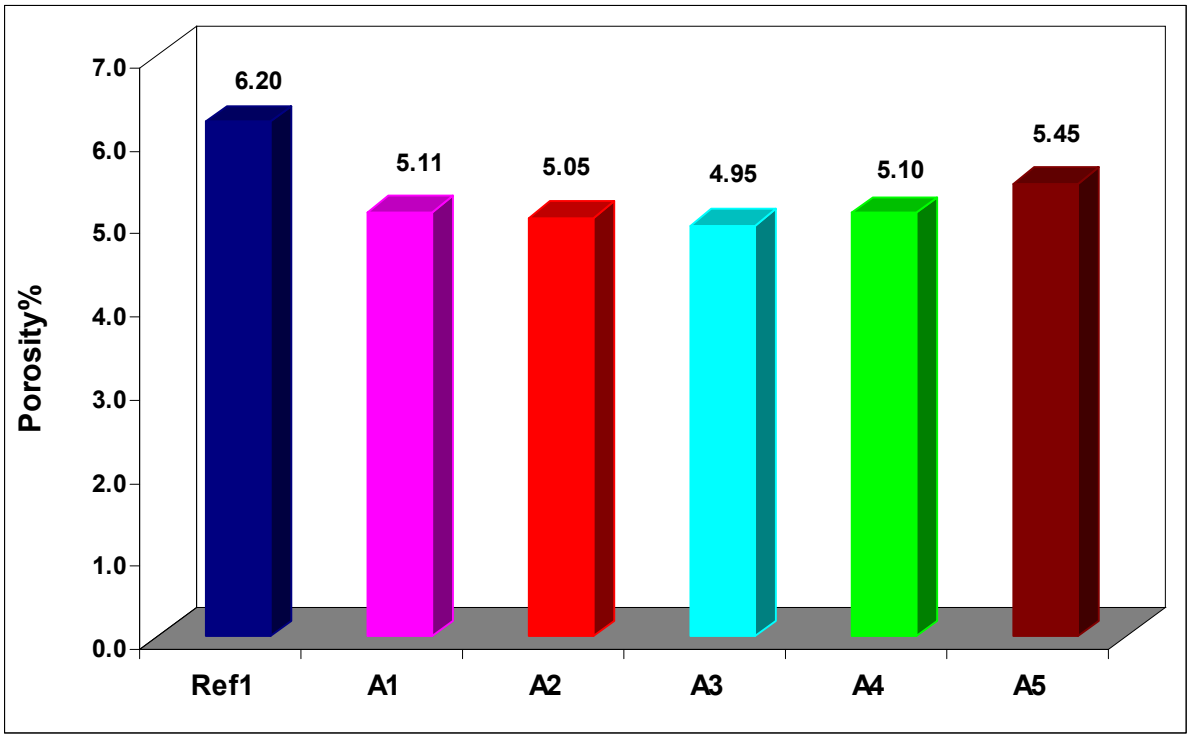
شكل رقم (5) تأثير نسبة احلال الخبث (%) بديل عن السمنت واضافة (5.5%)من الملدن المتفوق على مسامية الخلطات الخرسانية



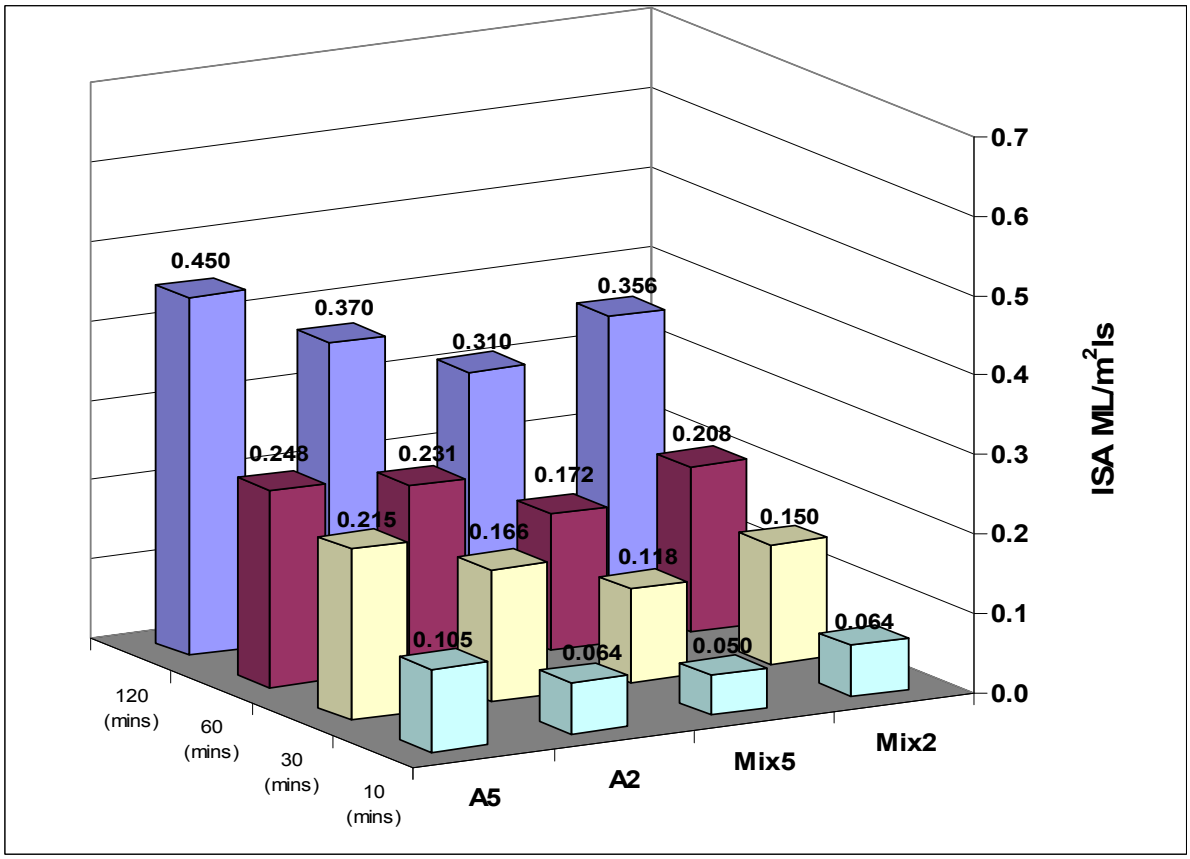
شكل رقم (6) العلاقة بين الامتصاص السطحي الابتدائي (IAS) وعمر الفحص لنماذج مختلفة من الخرسانة بأضافة الخبث (%) بديلاً عن جزء من الرمل مع اضافة الملدن المتفوق



شكل (7) العلاقة بين الامتصاص الكلي (%)وعمر الفحص لنماذج مختلفة من الخرسانة بأضافة الخبث % بديل عن جزء من الرمل واضافة الملدن المتفوق بنسبة (5.5%)



شكل رقم(8) تأثير نسب اضافة الخبث (%) كجزء بديل عن الرمل واضافة الملدن المتفوق بنسبة (5.5%) على مسامية الخلطات الخرسانية المختلفة



شكل رقم (9) تأثير احلال الخبث على الامتصاص السطحي الابتدائي للخلطات الخرسانية (mix5،mix2)و (A5،A2) بأعمارفحص مختلفة

المصادر :

1. ACI Committee Report 226. IR – 87, "Ground Granulated Blast – Furnace Slag as a Cementittious Constituent in Concrete *"ACI Materials Journal* , July – August , PP 327 – 342 , (1987).
2. Lea, F.M. *The Chemistry oF Cement And Concrete* . Third edition Edward Arnohd, London ,PP ,454 – 590 , 557 – 587 , (1970).

3.عباس ، سالم عباس "*استخدام الخبث المحلي كركام ناعم في الخرسانة* " اطروحة ماجستير جامعة بغداد (٢٠٠١).

4. Mather B."*Laboratory test of Portland Blast Furnace Slag Cement* "*ACI Journal* , Proc V .45 . No 3 Sept . PP . 05 - -232 , (1957) .

5.الملا، جمال احمد *"تأثير استخدام الخبث باضافة الخرسانة* " اطروحة ماجستير جامعة بغداد ، ص٤٣ ، **(١٩٩٢).**

6. عادل كمال ، عجام ، علي فليح "*كيمياء المعادن والخامات* " وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة بغداد ص ١٩٢ – ص ١٩٥ (١٩٨٠).

7. Lee . A . R Blast Furnace and Steel Slag , produotion , Properties And Uses , *" Edward Arnold Puplish Ltd , , London (1974)* . "

٨.المواصفة العراقية رقم (5) لسنة 1984 " *الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي* " الجهاز المركزي للتقيس والسيطرة النوعية.

9. المواصفة العراقية رقم (45) لسنة 1984 " *ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء* " " الجهاز المركزي للتقيس والسيطرة النوعية.

10- AL- hamadani , Z. k., "*improvement of the performance or concrete against Oil Products"Msc*., thesis university of technology , (1999) .

11.محمد علي ، بسام عبد الجبار " تحسين بعض خواص البلاطات الخرسانية باستعمال الملدن والخبث والرايش " أطروحة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية – ص54 ، (٢٠٠٤) .

12. مؤيد نوري الخلف ، صفاء عبد يوسف *" المضافات الخرسانية* " وزارة التعليم العالي والبحث العلمي الجامعة التكنولوجية – مطبعة جامعة الموصل.بغداد ص ٣٧ ، (١٩٩١) .

13- Lafta, J . Ali . , *" Properties of Cementations Mortar containing Iraqi Slag as Partial Replacement of Cement and Fine Aggregate "*Msc , thises, university of technology , pp 39 , (2007) .

14- Tatsuhito Takahashi and Kazuya Yabuta " New Applications for Iron and Steelmaking Slag " NKK Technical review No. 87 (2007) .

15- Dr. D.K.Singha Roy " *Suitability of Blast Furnace Slag as Aggregate in Concrete* " National Institute of Technology , Durgapur ,India, Vol 88 , may (2007) .