تأثير استخدام خبث الحديد على خواص مزيج رمال السباكة

د.خضير جاسم محمد / الجامعة التكنولوجية

الخلاصة :-

يتناول هذا البحث موضوع الخبث الناتج من عمليات صهر الحديد (حديد الصب – cast iron والفولاذ – steel) باعتباره من المخلفات الصناعية الصلبة الملوثة للبيئة بصورة عامة إذ تنتج كميات كبيرة منه في المسابك ومجمعات الحديد والصلب حيث تتراوح بين (10-30) % من كمية سبائك الحديد المنتجة فيها .

ولغرض الاستفادة منه موقعيا" – في المسابك المنتجة له نفسها – فقد تم في هذا البحث تجربة استخدامه في مزيج رمال السباكة , حيث استعملت نسب (10%, 20%,30%,40%) من مسحوق الخبث المطحون إلى حجوم مقاربة لحجوم رمال السباكة بديلا" عن رمال السباكة – وتحضير نماذج قياسية من المزيج وفحص نفاذية الغاز ومقاومة الانضغاط لها .

أظهرت نتائج الفحوصات تحسن واضح في مقدار مقاومة الانضغاط وكذلك في نفاذية الغاز في الحالة الرطبة بزيادة نسبة الخبث .

أما في الحالة الجافة فلم يكن بالإمكان كسر العينات في جهاز الفحص عند إضافة الخبث بنسبة تزيد عن 10% لان مقدارها تجاوز الحد الأعلى لقراءة جهاز الفحص (6.5 كغم /سم²) وبذلك أصبح بالإمكان الاستفادة من الخبث المذكور في تحسين خواص مزيج رمال السباكة والتخلص من تأثيره الملوث للبيئة وتقليل كلفة النقل .

تدوير النفايات أفضل طريقة لحماية البيئة –

EFFECT OF USING IRON SLAG ON FOUNDRY- MOLDING MIXTURE PROPERTIES

ABSTRACT:

This work deals with slags produced from melting processes of cast iron and steel .as an industrial solid by product with investiga effect environment in general .Huge quantities of slag are produced from foundries and steel work complexes , as (10-30)% of iron alloys produced .In order to use those quantities at the same foundries , this work investigates the using of slag in sand moulding mixtures 10,20,30 and 40 % of milled slag to the same size of silica sand , instead of silica , and prepared standard speciemens to test grean compression strength and gas permeability in green and dry cases.Results showed improvement in comp.strength in green tests, by using slag. While in dry tests, however, that comp. strength increased by using slag.But we couldn´t break dry speciemens to have given results over 10% slag because their values were over the rang of tester (6.5kg/cm²) . Accordingly we can state that slag can
be used in moulding mixture at the same foundries to improve properties and to get rid from its pollution effect and transport costs.

-Rejects recycling is the best way to save environment -

هدف البحث – Aim of work –

يهدف البحث إلى تخليص البيئة العامة من ملايين الأطنان من خبث الحديد الناتج من عمليات صهر وصب الفولاذ وحديد الصب (الاهين) سنويا" على مستوى العالم , وذلك باستخدامها في مجالات نافعة في مواقع قريبة من أماكن إنتاجها لتلافي تكاليف عمليات النقل العالية التي تصرف عادة لنقلها إلى مواقع بعيدة لطمرها وبذلك يمكن تحقيق هدف بيئي مهم وهو التخلص من احد الملوثات الصناعية الصلبة التي يؤدي تراكمها إلى تلوث البيئة إن لم تستغل بصورة نافعة , إضافة إلى تحسين مواصفات المزيج الرملي المستخدم في صنع القوالب الرملية واللباب وفي نفس مواقع المسابك بحيث لا تحتاج إلى عمليات نقل بعيدة وفي ذلك جدوى بيئية وفنية واقتصادية .

الجانب النظري

المقدمة – INTRODUCTION :–

ينتج الخبث عرضيا" من عمليات صهر المعادن والسبائك وخاصة الحديدية منها .

حيث ينتج حوالي (0.25-0.35) طن خبث من كل طن من الحديد المصهور في الفرن العالي النفاخ (Blast furnace) وحوالي (0.10-0.15) طن خبث من كل طن فولاذ منتج من أفران الصهر الخاصة به .

وهذه كميات كبيرة من المخلفات الصناعية العرضية الصلبة , إذ بلغت كمياتها عالميا" عام (2003) حوالي (180) مليون طن متري من خبث حديد الصب (Cast iron) وأكثر من (100) مليون طن متري من خبث الفولاذ.[Portland cement A. 2004,Hendrik G. 2003] . ويتكون خبث الحديد عادة من الشوائب وبعض مركبات المواد المضافة أثناء عمليات الصهر واهم تلك المركبات اكاسيد السيليكون والمغنيسيوم والحديد والألمنيوم والكالسيوم وقليل غيرها. ويزال من فوق سطح المعدن المصهور عادة لمنع دخوله إلى قالب الصب ويبرد بالماء وهو المفضل أو بالهواء . وتعتمد كثافته على تركيز مكوناته . ويطفو الخبث فوق سطح

المعدن المصهور بسبب قلة كثافته مقارنة بكثافة الحديد , إذ تبلغ كثافته الظاهرية (Bulk density) حوالي (1.0 .1.4) غم/سم^3 ووزنه النوعي يتراوح بين (3.0.2.4) .

[Clarkson U.-CE 453- 2005, Klarkson U. 2005] .

أما التركيب الكيمياوي للخبث فيختلف باختلاف الشوائب الموجودة في مواد الصهر والإضافات المستخدمة فيه فضلا" عن طريقة الصهر .

فهو يحتوي بصورة عامة على السيليكا (SiO_2) والالومينا (Al_2O_3) والنورة حيث تشكل بمجموعها حوالي (90%) من تركيب الخبث في حين يتكون الباقي من اكاسيد الحديد والصوديوم والكبريت والبوتاسيوم بنسب مختلفة [FHW Home 1990,Australian steel mill services PTY 2006] .

لقد استخدم الخبث بمجالات مختلفة منها في صناعة الاسمنت أو بإضافته إلى المواد المستعملة في صهر سبائك الحديد [National R.C.Canada 2005, Australian steel mill services PTY 2006 Iron and steel 1996]

كما تم استخدامه في المجالات الإنشائية الخرسانية وفي تعبيد الطرق .

[Clarkson U.-CE 453- 2005,Hendrik G. 2003] وقام معهد شنغهاي للتعدين بدراسة شاملة للخبث الحبيبي المبرد بالهواء وخبث الفرن العالي النفاخ الناعم جدا" لاستخدامها في مجالات صهر الفولاذ وكمادة مقاومة للبلى (Unti-wear) في الرصف (pavement) أو كمادة للرش لتنعيم سطوح السفن أو كعامل مساعد في تصفية المياه [Cen.y. 1994, د.حسن حميد 2004].

كذلك استعمل ركام الخبث الخشن في الخرسانة بدلا" من الركام (الحصى) الطبيعي

[Kamal I.et. 2002, Brantz .H. 1990, د.حسن حميد 2004] وكذلك في الإسفلت . وتمت دراسة استخدام خبث الفولاذ للتعويض عن الحصى الطبيعي في الخرسانة الكونكريتية وبحجوم (5-19) ملم وأعطى نتائج جيدة في تحسين مقاومة الانضغاط وزيادة الكثافة وتقليل امتصاص الماء فيها. [د.خضير جاسم محمد 2008] . كما تم استخدامه من قبل آخرين [Marizane.Y. 1999] بحجوم (10 – 40) ملم في أعمال الهندسة المدنية . وعند سحق الخبث إلى درجة نعومة مناسبة فان تركيبه الكيمياوي وتركيبته الزجاجية (Glassy-Nature) خاصة عند خلطه مع الماء يكون مركبات إسمنتية – ذات ميوعه (Cementation hydration) تعتمد كمياتها على التركيب الكيمياوي وخاصة هيدروكسيد الكالسيوم والمحتويات الزجاجية ودرجة نعومة الخبث .

من جهة أخرى فان نسبة فقدان رمال السباكة جراء الاستعمال تصل إلى 10% منها 5% غبار مما يتطلب إضافة كميات من الرمال باستمرار لسد حاجة المسابك منها [Foseco Handbook 2000] ومن هنا فان استخدام مسحوق الخبث بالحجوم المناسبة في مزيج رمال السباكة له الكثير من المزايا الاقتصادية والفنية خاصة عند استعماله في مواقع المسابك المنتجة له .

المتطلبات الأساسية للرمال المستخدمة في السباكة :-

تستخدم في عمليات صنع القوالب الرملية في السباكة مواد عديدة أهمها رمال السيليكا (SiO2) التي تمتاز بمقاومتها الحرارية وقابليتها على التشكيل عند المقالبة إضافة إلى الماء والمواد الرابطة .

واهم ميزات رمال السباكة ما يلي :-

- الاستقرار في الأبعاد في درجات الحرارة المعتدلة واستقرارها الحراري .
- ذات حبيبات مناسبة من حيث الحجم والشكل .
- لا تتفاعل كيميائيا" مع المعدن المصبوب في القوالب الرملية ولا تتداخل معه .
- خالية من الشوائب والمواد الطيارة التي تكون غازات عند التسخين .
- قابليتها على التشكيل بوجود الرطوبة والمواد الرابطة .
- توفرها وقلة ثمنها نسبيا" .

واهم المواد الرابطة المستعملة مع رمال السباكة هي الطين (البنتونايت) وتستعمل أحيانا" مواد رابطة أخرى إضافة إلى الماء .

إن التركيب الكيمياوي والبنيوي لرمال السيليكا وشكل البلورات والتوزيع الحبيبي لها تمتاز بأهمية كبيرة في عملية المقالبة وصنع اللباب الرملية .

كما أن تطبيق نظام (آيزو-ISO) على هذه الرمال لا يتطلب استخدام رقم نعومة الرمل (AFS) وإنما يستخدم معدل حجم حبيباتها (ميكرون) ولتحديد حجم وتوزيع حبيبات الرمل لا بد من تصور شكل الحبيبات كونها ذات صلة بمساحة سطح الرمل وان توزيعها يتحكم بنفاذية الغاز من القالب الرملي . وكلما زادت مساحة سطح الرمل زادت الحاجة لاستخدام المادة الرابطة في المزيج الرملي .ويفضل استخدام حبيبات الرمل المدورة أو شبه الدائرية عادة في صنع القوالب واللباب الرملية لقلة المساحة السطحية للرمل وبذلك تقل الحاجة لاستخدام مواد رابطة .

ويعبر عن درجة نعومة الرمل (AFS) بعدد الفتحات في كل انج مربع من الغربيل الذي تمر منه حبيبات الرمل . ويمكن حساب (AFS) بأخذ (100) غم من الرمل الجاف ووضعه في مجموعة غرابيل قياسية . وتحديد وزن الرمل في كل غربيل وضرب ذلك الوزن ×رقم الغربيل الذي يكون فوقه . وبجمع حاصل الضرب في كل حالة وقسمة الناتج على (100) يمكن معرفة درجة النعومة كما في الجدول رقم (3) .

إن رقم النعومة (AFS) لرمال السيليكا تتراوح بين (50-60) عادة وان أفضل توزيع لحجم الحبيبات هو حين تتوزع على (3-5) غرابيل في كل منها (10%) فأكثر من الوزن الكلي .

[Foseco Handbook 2000]

مواصفات خبث الحديد :-

يعرف الخبث بأنه الناتج العرضي في عمليات صهر المعادن والسبائك وتنقيتها . حيث يتجمع عادة فوق سطح المعدن المصهور لقلة كثافته مقارنة بكثافة المعدن . ويزال عادة قبل صب المعدن لمنع دخوله القوالب مع المعدن . ويبرد أما بالماء وهو المفضل أو بالهواء ويجمع عادة لينقل مع النفايات للتخلص منها .وتعتمد الخواص الفيزيائية للخبث على تركيبه ودرجة الحرارة . وتعتمد كثافة الخبث بشكل كبير على تركيز الاكاسيد الثقيلة فيه .حيث يتكون الخبث من اكاسيد السيليكون (SiO_2) كثافته (2.26 غم/سم^3) و (MgO) كثافته (3.65 غم/سم^3) و(FeO) وكثافته (5.7 غم/سم^3) و...الخ.

إن الكثافة الاعتيادية للخبث تتراوح بين (2.4-3.0) غم/سم^3 أما لزوجة الخبث السائل فتتغير حسب تركيبه ودرجات الحرارة حيث تقل لزوجة الخبث بشكل مباشر مع زيادة درجة حرارة الخبث وحالته وعند إزالة الخبث من سطح الحديد المنصهر يفضل تبريده بالماء ليكون فعالا" لان تبريده بالهواء يضعف خواصه السمنتية [Clarkson U.-CE 453- 2005] .

القسم العملي

التحضير للعمل :-

تم في سياق هذا البحث مجموعة من الأعمال التحضيرية أهمها :-

-استلام خبث الحديد موضوع البحث وتحضيره للاستعمال وذلك بطحنه للحصول على النعومة المطلوبة وحسب تدرج الحبيبات وكما مبين في الجدول رقم (2) حيث كان الخبث على شكل قطع تصل أبعادها حوالي (20-70) ملم وتم تكسيرها وطحنها .

- غربلة مسحوق الخبث الناتج من الطحن لمعرفة حجوم الحبيبات وكما مبين في الجدول رقم (2) .

- وزن كل حجم من حبيبات الخبث لتحديد نسبة كل منها في المسحوق في ميزان حساس .

- خلط مكونات مسحوق الخبث بعد وزنها جيدا" لغرض استخدامها في مزيج رمل اللباب . وكان مجموع أوزانها (500غم) .

-غربلة الرمل -ـ رمل ارضمه -ـ وتحديد تدرج حبيباتها وكما في جدول رقم (3) باستخدام مجموعة من الغرابيل وميزان حساس .

- فحص الأجهزة المستخدمة في العمل والتأكد من صلاحيتها للاستعمال وهي خلاطة الرمل ، جهاز فحص النفاذية , جهاز فحص مقاومة الانضغاط .

- البدء بتحضير الخلطات وعينات الفحص وبالنسب المحدودة وكما مبين في الجدول رقم (4) .

- إجراء الفحوصات المطلوبة , وهي فحوصات النفاذية ومقاومة الانضغاط في الحالة الرطبة والجافة

المواد والأجهزة المستخدمة :-

إن المواد المستعملة في البحث هي رمال السيليكا وخبث الحديد والطين (البنتونايت) والماء والمبينة خواصها في الجداول المرقمة (3و2) .

أما أهم الأجهزة المستخدمة فهي :-

- جهاز تحضير وطحن الخبث الخام .
- الغرابيل الميكانيكية الهزازة .
- ميزان حساس .
- جهاز الخلاط.
- جهاز دك العينات .
- جهاز قياس نفاذية العينات .
- جهاز فحص مقاومة الانضغاط .
- فرن التجفيف الكهربائي.

وشملت إجراءات البحث طحن الخبث الخام وتحضيره بالمواصفات المطلوبة المبينة في الجدول رقم (2) وتصنف حجوم حبيباته وحبيبات رمل السباكة المستعمل باستعمال مجموعة الغرابيل القياسية المبينة في الشكل رقم (1) بموجب المواصفات البريطانية (BS-410/1976) والميزان الحساس نوع (Mettler pn /2 / 0) .

ولغرض تحضير المزيج الرملي المطلوب لأغراض البحث استخدم جهاز الخلاط المختبري الذي تضاف فيه المواد الصلبة أولا" وتخلط لوحدها مدة (3-5) دقيقة يضاف بعدها الماء ويستمر الخلط بعد ذلك للحصول على المزيج المطلوب .

تصنع نماذج الفحص القياسية بأبعاد (50× Ø50) ملم من المزيج الناتج باستعمال قالب معدني خاص . ويتم فحص نفاذية الغاز أولا" ثم فحص مقاومة الانضغاط (في الحالتين الرطبة والجافة) بعد ذلك .

إن المعادلة العامة لقياس النفاذية يمكن التعبير عنها كما مبين :-

$$P = (v \times h) / (p \times a \times t)$$

حيث أن :-

P = رقم النفاذية .

v = حجم الهواء المار خلال النموذج (مليلتر) أو (سم^3) -2000 سم^3.

h = ارتفاع النموذج المفحوص (سم) -5 سم .

p = ضغط الهواء أثناء مروره بالعينة (غم / سم^2) .

a = مساحة مقطع النموذج (سم²) = 19.52 (سم²) .

t = الزمن اللازم لمرور الهواء خلال العينة (دقيقة).

أما مقاومة الانضغاط فيتم فحصها بجهاز الفحص الذي يحتوي مقياسين احدهما لمقاومة الضغط الرطب وأعلى حد قراءة له (1.3) كغم / سم². والآخر للحالة الجافة ولحد قراءة (6.5) كغم/ سم².

خطوات العمل :-

بعد أن تم تحضير المواد المستعملة في البحث والمذكورة في بداية الفقرة 2-2 والواردة مواصفاتها في الجداول (1-2-3) قمنا بتحضير المزيج الرملي في كل حالة ثم تحضير نماذج الفحص منها ابتداء" من نماذج بدون إضافة الخبث ثم بإضافة النسب المبينة في الجدول رقم (4) تباعا" وكانت أوزان كل خلطة ثابتة (400) غم كما في الجدول رقم (4) كما أن نسبة البنتونايت والماء المضاف كانت ثابتة أيضا" , 24 غم لكل منها في كل خلطة .

ثم بدأت إضافة نسب من الخبث (10,20,30,40) % على التوالي حيث مثلت المجال الخاص بالبحث وصنعت من كل منها عينات قياسية لفحص النفاذية ومقاومة الانضغاط الرطب . ويحتوي الجدول رقم (5) على نتائج تلك الفحوصات .

أما في الحالة الجافة فقد تم تجفيف النماذج المصنعة في فرن خاص لمدة (75) دقيقة في درجة حرارة (150م°) وبعد ترك العينات المجففة لتبرد تم فحص النفاذية ومقاومة الانضغاط في الجهاز المذكور وهو الوحيد المتوفر في المختبر وكانت النتائج كما في الجدول رقم (6) حيث أمكن تحديد مقاومة الانضغاط الجاف بدون استخدام الخبث وكذلك عند إضافة (10)% خبث . ولم يمكن تحديدها في النسب الأعلى بسبب محدودية قراءة الجهاز .علما أن نتيجة فحص النفاذية في الحالة الأخيرة كانت ثابتة ولم تتجاوز (49) وحدة .

نتائج البحث – Results

لقد كانت نتائج فحص مقاومة الانضغاط ونفاذية الغاز للمزيج الرملي كما مبين في الحالتين الرطبة والجافة جيدة وكما في الجدول رقم (5) وذلك عند استعمال النسب المبينة في الجدول رقم (4) من الخبث وبقية مكونات مزيج الرمل حيث :

- تحسنت مقاومة الانضغاط في الحالة الرطبة من 0.24 كغم/ سم² بدون استخدام الخبث إلى 0.445 كغم/ سم² عند نسبة خبث 40% ـ أي بزيادة إلى الضعف تقريبا".
- كما تحسنت نفاذية الغاز في الحالة الرطبة من 46 وحدة بدون الخبث إلى 77 وحدة باستخدام 40% خبث كما في الجدول رقم (5) .

- وتحسنت مقاومة الانضغاط في الحالة الجافة من 5.6 كغم/ سم² بدون الخبث إلى (6.5) كغم/ سم² عند بداية إضافة الخبث (10) % علما" انه لم يمكن الحصول على نتائج محددة لمقاومة الانضغاط في الحالة الجافة لأكثر من نسبة (10) % خبث لان أعلى قراءة لجهاز الفحص هي (6.5) كغم/ سم².
- ولعل من النتائج المهمة لهذا البحث هو تحقيق إمكانية استخدام خبث الحديد في تحسين مواصفات مزيج الرمال في الوقت الذي يشكل استخدامه فائدة كبيرة للبيئة .

مناقشة النتائج ـ Discusion Of Results:-

لمناقشة نتائج البحث يجب النظر إليها من وجهات نظر فنية أو تكنولوجية واقتصادية وبيئية .

فمن الناحية الفنية أدى استخدام مسحوق خبث الحديد بالحجوم المناسبة لحجوم حبيبات رمال السيليكا المستعملة إلى تحسين خواص المزيج الرملي كما مبين في الجدول رقم (5) في الحالة الرطبة باستعمال الخبث وزيادة قيم مقاومة الانضغاط ونفاذية الغاز كلما زادت نسب الخبث المستعملة , ويعود السبب في ذلك إلى أن الخبث بخواصه الإسمنتية ـ الزجاجية يلعب دورا" مهما" كمادة رابطة إضافية في المزيج الرملي .كما تحسنت الخواص الجافة أيضا"وبذلك تحققت الفائدة الفنية جراء استخدام مسحوق الخبث في المزيج الرملي .وهذا أدى إلى مضاعفة مقاومة الانضغاط تقريبا" عند بلوغ نسبة الخبث في المزيج 40% من وزن رمل السيليكا المستعمل في الحالة الرطبة في حين ازدادت في الحالة الجافة عند إضافة (10)% و(20) % خبث ولم يمكن تأشير زيادتها بالتحديد لأكثر من هذه النسب كما يتضح في الجدول رقم (6) .

ومن الناحية الاقتصادية , فان المصادر العلمية تشير إلى استعمال (0.850–1.200) كغم من رمل السيليكا لكل طن من المصبوبات الحديدية وان كلفة رمل السيليكا المستعمل تعادل (50) دولار أمريكي / لكل طن مسبوكات حسب المصادر البريطانية وهو ما يقارب (50) دولار أمريكي / لكل طن من رمل السيليكا وعند التعويض عن رمل السيليكا بخبث الحديد فان ذلك يعني أن طن مسحوق الخبث الذي استعيض به عن الرمل هو نفس المبلغ ـ أي (50) دولار أمريكي للطن الواحد من الخبث .وإذا علمنا أن النقص في كميات الرمال أمر حتمي أثناء استعماله في إنتاج المسبوكات سواء كغبار أو نفايات رملية وغيرها , فانه يجب التعويض عنه برمال جديدة . وفي حالة استخدام الخبث بدلا" من 40% من الرمال فان ذلك يحقق مردودا" اقتصاديا" واضحا" يزيد عن 20 دولار أمريكي لكل طن مسبوكات . علما" أن كلفة تحضير الخبث عالميا" تتراوح بين (3–7) دولار أمريكي /لكل طن خبث – حسب مصادر امريكية متعددة .وهذا يعني أن قيمة الخبث ازدادت أكثر من ثلاثة أضعاف كلفتها عند استخدامها في مزيج الرمل .أما من الناحية البيئية فان تكون الخبث أمر لا مفر منه عند صهر المعادن , ولكون الخبث ملوث بيئي فان توجيه استخدامه في مجالات نافعة تحقق سلامة البيئة من تأثيراته الضارة فضلا" عن تكاليف نقله للتخلص منه .ومن هنا يمكن القول أن إنشاء وحدة تحضير الخبث في المسابك – خاصة ذات الإنتاج الواسع – يعود على تلك المسابك بالفائدة حيث يمكن استخدام الحجوم الناعمة منه في مزيج رمل السباكة والحجوم الكبيرة في استعمالات أخرى مثل الإنشائية وغيرها.

الاستنتاجات ـ CONCLUSIONS :-

من خلال نتائج هذا البحث يمكن التخلص من العوامل الملوثة للبيئة التي يسببها خبث الحديد الناتج من المسابك بالاستفادة منه في تحسين خواص مزيج رمال السباكة بدلا" من طرحه في البيئة حيث أمكن زيادة النفاذية في الحالة الرطبة للمزيج الرملي بنسبة حوالي (70) % عما كانت عليه بدون إضافة الخبث كما إن مقاومة الانضغاط الرطب ازدادت إلى ضعفها عند بلوغ نسبة خبث (40) % كما لاتخفى زيادة مقاومة الانضغاط الجافة في حالتي نسبة خبث (10,20) % كما يتضح من الجداول (5,6) وعلى ضوء ذلك يصبح من المناسب إنشاء وحدة تكسير الخبث مناسبة في كل مسبك أو مجمع تعديني لغرض تكسير وطحن الخبث والاستفادة منه في أغراض عدة منها الناعمة في المزيج الرملي والأكبر حجما" (5-19) ملم في الاستخدامات الإنشائية في نفس مواقع تكون الخبث دون الحاجة إلى تكاليف نقله إلى أماكن خارج المسبك .

جدول رقم (1) تصنيف رمال السباكة حسب حجم حبيباتها

حجم الحبيبات (ملم)	تسمية فصيلة الرمل	الفصيلة	حجم الفتحات (ملم)	الرقم
1.0-0.4	كبير الحجم	063	(0.4,0.63,1)	1
0.63-0.315	خشن جدا"	04	(0.315,0.4,0.63)	2
0.4-0.25	خشن	0315	(0.4,0.315,0.25)	3
0.315−0.16	متوسط	025	(0.315,0.25,0.16)	4
0.25-0.10	ناعم	016	(0.1,0.16,0.25)	5
0.16−0.063	ناعم جدا"	01	(0.063,0.1,0.16)	6
0.10-0.05	اكثر نعومة	0063	(0.063,0.05,0.01)	7
0.05>(اقل من)	دقيق النعومة	005	(0.0063,0.005 ,غبار ناعم)	8

المصدر :- **Prof.N.P.Dubinina Steel Casting Handbook Moscow 1961.**

**والمواصفة الروسية Gost 2138-56 **

جدول رقم (2) نتائج غربلة الخبث المطحون المستعمل في البحث

نسبة التجمع	الكمية المتبقية فوق كل منخل/ غم	فتحة المنخل/ ملم	رقم الشبكة	التسلسل
	0.143	2.0	3	1
0.144	0.048	1.7	5	2
21.155	4.231	1.0	10	3
73.42	7.342	710	20	4
244.33	12.216	500	30	5
600.36	20.012	350	40	6
1048.48	26.212	250	50	7
833.65	16.673	150	70	8

9	100	106	5.759	403.13
10	220	75	2.533	253.3
11	300	53	1.022	224.84
12	330	الوعاء الأخير	2.171	651.3
			المجموع 99.371	المجموع 4354.089

درجة نعومة الخبث = 4354.089 = 43.816

99.371

جدول رقم (3) نتائج غربلة الرمل ارضمة المستعمل في البحث

التسلسل	رقم الشبكة (الغربيل)	فتحة المنخل (ملم)	الكمية المتبقية فوق كل منخل (غم)	نسبة التجمع
1	3	2.0	0.166	
2	5	1.7	0.052	0.156
3	10	1.0	4.809	24.045
4	20	710	7.172	71.720
5	30	500	12.581	251.620
6	40	350	19.681	590.430
7	50	250	27.396	1095.840
8	70	150	17.969	898.450
9	100	106	4.788	335.160
10	220	75	2.371	237.100
11	300	53	0.114	25.080
12	330	الوعاء الأخير	2.785	835.500
			المجموع 99.884	المجموع 4365.10

درجة نعومة الرمل = 4365.10 = 43.712

99.861

جدول رقم (4) مكونات مزيج الرمل المستعمل مع الخبث

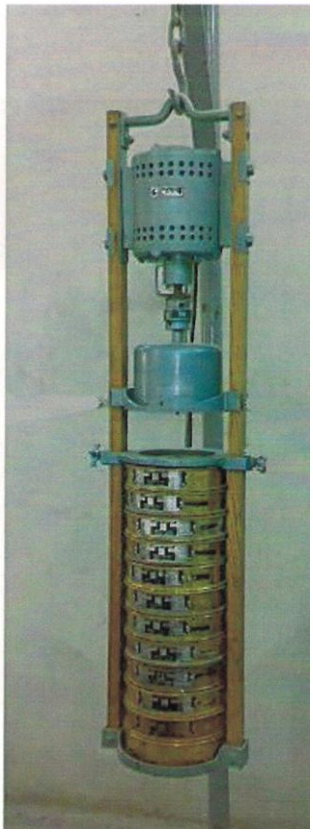
رقم الخلطة	وزن الخلطة(غم) ما عدا الماء	وزن الرمل(غم)	وزن الخبث (غم) ونسبته	وزن البنتونايت(غم)	وزن الماء (مللتر(غم))
1	400	376	0	24	24
2	400	339	37 – (%10)	24	24
3	400	302	74 – (%20)	24	24
4	400	265	111 – (%30)	24	24
5	400	226	150 – (%40)	24	24

جدول رقم (5) نتائج فحص مقاومة الانضغاط الرطب ونفاذية الغاز

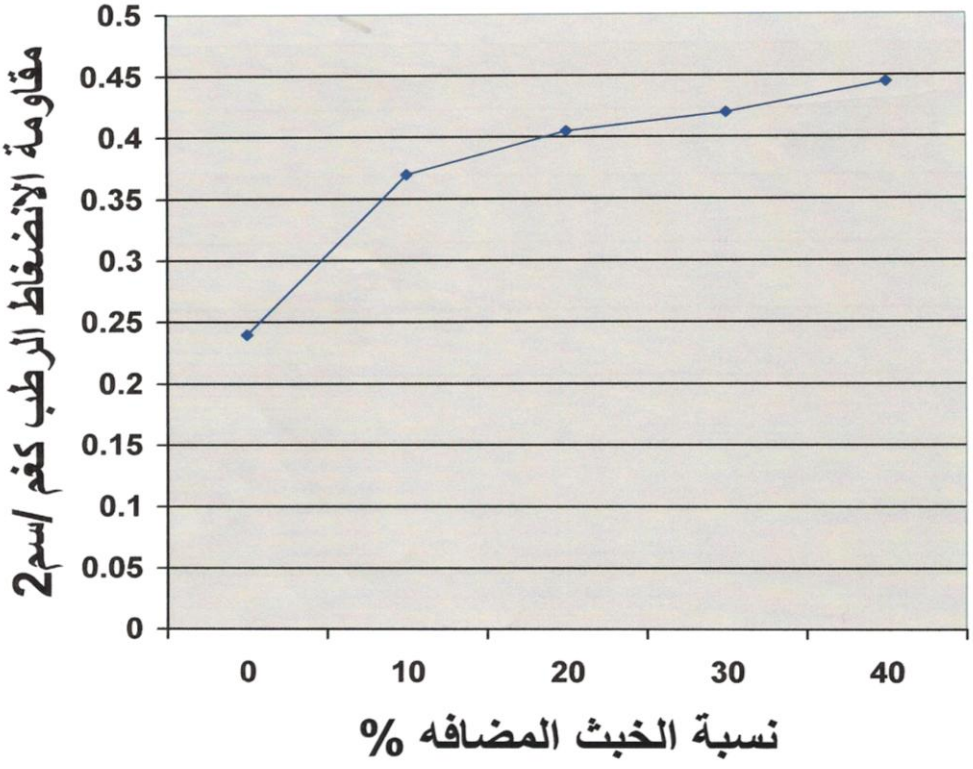
رقم الخلطة	نسبة الخبث المضاف %	النفاذية الرطبة		مقاومة الانضغاط (كغم/سم²)	
		القراءات	المعدل	القراءات	المعدل
1	%0	47 45	46	0.20 0.28	0.24
2	%10	64 73	68	0.36 0.38	0.37
3	%20	78 70	74	0.40 0.41	0.405
4	%30	73 77	75	0.40 0.44	0.42
5	%40	74 79	77	0.43 0.46	0.445

جدول رقم (6) نتائج فحص مقاومة الانضغاط الجاف ونفاذية الغاز

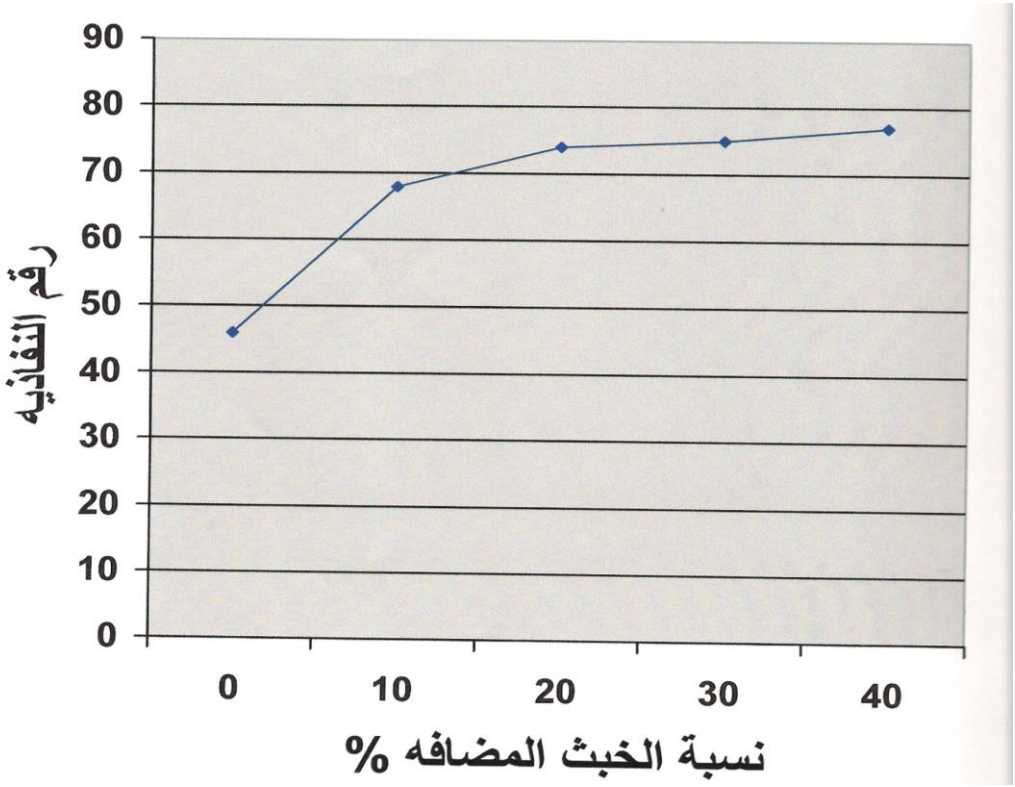
رقم الخلطة	نسبة الخبث المضاف %	النفاذية الجافة	مقاومة الانضغاط الجاف (كغم/سم²)
1	%0	49 49	5.6
2	%10	49 49	6.5
3	%20	49 49	أكثر من 6.5
4	%30	49 49	أكثر من 6.5
5	%40	49 49	أكثر من 6.5



شكل رقم (1) مجموعة الغرابيل الميكانيكية المستخدمة في الفحص حسب المواصفة البريطانية (BS 410/1976)



شكل رقم (2) العلاقة بين نسبة الخبث ومقاومة الانضغاط الرطب



شكل رقم (3) العلاقة بين نسبة الخبث ورقم النفاذية في الحالة الرطبة

REFERENCE:-

- -Australian steel mill services PTY.product data sheet- Tech. services-Rev.4,ABF 259 and Rev.0,ABF 225- 2006.
- -Brantz .H. Cement Limited . Australian Slag Association.Australia Sep 1990.
- -Cen.y.development of disposal and application of iron and steel slag-Iron and Steel Vol.29 No.5- 1994.
- Cherry solomol slag- iron and steel- USA 1996.
- Clarkson university-CE 453-553 Properties and performance of concrete materials-properties of slag Neithalath,Fall , 2005.
- FHW Home- Material Group –Blast furnace slag – USA 1990.
- Foseco Ferrous Foundryman´s Handbook-Oxforrd- 2000.
- Hendrik G.Van OSS-.US geological survey minerals, year book - slag iron and steel – 2003 .
- Iron and steel slag spcialist (703) 648 mineral commodity sunnaries-Jan. 1996.

- Kamal I.et.al -6th International Conference on concrete tech.For aggregate for developing countries.Amman- 2002.
- Klarkson University Neithalath fall Properties of slag – 2005.
- Marizane.Y.Ozturk,Bmetals - Slag´s and Glasses.High temp.properties.Vol.30 B 1999.
- National research council Canada-blast furnace slag – 2005.
- Portland cement association – slag. Iron and Steel Monitor vol.14 No.5 may 2004.
- استخدام خبث الحديد في تحسين خواص الخرسانة الكونكريتية -
- – مركز بحوث البيئة – د.خضير جاسم محمد واخرين– 2008
- سلوك الخرسانة المصنوعة من مخلفات معمل الحديد والصلب – البصرة–
- د.حسن حميد– مجلة الهندسة والتكنلوجيا العدد/5/ 2004.