دراسة امكانية تحسين مواصفات رمال أرضمه لاستخدامها في عمليات السباكه الرمليه

فلك اسامه عباس،* فائزه علي سمير،** د. نوال عزت**

تاريخ التسلم: 2004/8/18
تاريخ القبول: 2005/7/18

الخلاصة

يهدف البحث الى دراسة امكانية تحسين مواصفات رمال أرضمه في محافظة الانبار عن طريق اضافة مواد مختلفه لغرض أستخدام هذه الرمال في عمليات السباكه الرمليه .

بعد تحضير الخلطة الأساسية من (رمال أرضمه و5 % البنتونايت و 5 % ماء). تم اضافة نسب مختلفه تتراوح بين (2-8)% من المواد المضافه وهي الفينول والفينول مع حامض البوريك والالومينا والفحم (جاركول) إلى الخلطه الاساسيه، وأجريت عملية الخلط بسرعة (300) دوره/دقيقة ولمدة دقيقتين.

بعدها أجريت فحوصات مقاومة الضغط الرطب ومقاومة الضغط الجاف وكذلك النفاذية للعينات القياسية التي تم تحضيرها ومن النتائج لوحظ ان :

- أضافة كل من الالومينا والفحم (الجاركول) والفينول وكذلك الفينول مع حامض البوريك أدت الى زيادة مقاومة الضغط الرطبه والجاف لخليط المقالبه وتزداد المقاومه مع زيادة نسبة المواد المضافه.
- أدت أضافة الجاركول والفينول وكذلك (الفينول + حامض البوريك) أدت إلى تقليل نفاذية خليط المقالبه الرملي اذ تقل النفاذيه بزيادة نسبة الاضافه للمواد.
- أدت اضافة الالومينا إلى زيادة نفاذية خليط المقالبة.

الكلمات المرشدة: السباكة الرملية، تحسين مواصفات الرمال.

Improving the Properties of Arthma Sand for Using In the Sand Moulding

Abstract

The aim of the present research is to improve properties of Arthma sand through the addition of different materials for using it in sand casting processes.

After preparing the master mixture from (Arthma sand, 5% Bentonite, 5% water), then we add different percents ranging between (2-8)% of the added maters which were phenol, phenol with Boric acid, Alumina and the Coal (charcoal) to the (master mixture, then the mixing operation was done at the rate of (300) rev/min for (2 min), compressive strength and permeability were made to the standard specimen and results show:

- **The addition of each of alumina, charcoal, phenol, and (phenol + Boric acid) causes an increase in both wet and dry compressive strength of sand specimen.**
- **The addition of each of charcoal, phenol, and (phenol + Boric acid) causes decrease in molding sand mixture permeability.**

* مركز بحوث البيئة
** قسم هندسة الأنتاج والمعادن/ الجامعة التكنولوجية

https://doi.org/10.30684/etj.24.8A.1
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

- **The addition of Alumina to sand mixture causes increase in its permeability.**

المقدمه :

تتلخص مراحل انتاج اي مسبوكه رمليه بتحضير النموذج الذي يشابه شكل المنتج ثم عمل فجوه في القالب الرملي عن طريق دك الرمل حول النموذج ثم صب المعدن السائل في هذه الفجوه باستخدام ممرات خاصه تدعى منظومة التغذية [2,1]

ان الهدف الاساسي لعملية السباكه هو انتاج مسبوكه خاليه من العيوب[3] .

لذلك فقد توجهت معظم البحوث الى تحسين مواصفات المسبوكه الناتجه عن طريق تحسين مواصفات رمال المقالبه ومنها تقليل مشكلة تمدد القالب وتقليل تغلغل المعدن وزيادة متانة القالب ومنع تكسر حافاته في أثناء المقالبه الذي يؤدي الى وجود العيوب في المسبوكات مثل المتضمنات Inclusion والحصول على سطوح خشنه للمسبوكه أضافه الى عدم السيطره على أبعاد المنتج [3].

ولتقليل حركة جدار القالب المؤدي لحدوث التقلص الظاهري apparent shrinkage، حدد الباحث [4] العوامل المؤثره على أنضغاطية رمال المقالبه الرطبه وهي نسبة الرطوبه وزمن الخلط أضافة الى نسبة الطين والمواد الكاربونيه واستنتج الباحث ان قيم الانضغاطيه العاليه للرمل يمكن أن تؤدي الى تحسين حافات القالب الرملي ومنع حركة جدار القالب وبالتالي الحصول على مسبوكات جيده . كما أوضح أن المضافات على الانضغاطيه كالبنتونايت والنشأ والديكستيرين والمضافات السليليوزيه تؤدي الى تحسين المتانهsand toughness وتقليل حركة جدار سطح القالب الرملي .

كما درس باحثون اخرون [5] تأثير مادة Leonardite وهو فحم ذو رتبه واطئه يحتوي على حامض الفوليك في خواص رمال المقالبه وأستنتج الباحثون أن هذه الماده تؤدي الى التقليل من لزوجة الطين وتحسين النفاذيه والقابليه على امتصاص الماء أضافة الى تحسين جو العمل بالتقليل من كمية الانبعاثات.

أشارعدد من الباحثين [6] الى أن أضافة أوكسيد الحديد يؤدي الى تحسين الشكل النهائي لسطح مسبوكات الحديد والصلب وتقليل منظومة التهويه اللازمه أضافة الى تقليل تغلغل المعدن في القالب الرملي وبالتالي تقليل العيوب الغازيه .

وحديثا أتجه مجموعه من الباحثين الىأستخدام المواد العضويه والاصماغ مثل نوفولاكnovolac بشكل مساحيق أو قشور كماده رابطه في المقالبه الرمليه وقد وجد الباحثون أن هذه المواد يمكن أن تخلف كميه من الكربون عند درجات حراره مرتفعه وهذا الكربون يمكن أن يتصرف كانه ماده سيراميكيه تعمل على تحسين خواص رمال المقالبه [7].

يمكن اعتبار المقالبه الرمليه من الطرق الملوثه للبيئه لذلك فقد أهتم عدد من الباحثين لايجاد طرق لتقليل أنبعاث المواد المتطايره من المواد العضويه أثناء عملية المقالبه والصب وعملية تكسير القالب [9,8] كما أتجه باحثون آخرون الى أستخدام الراجع من المسابك الرمليه في صناعات مختلفه مثل صناعة المطاط [12,11,10] .

الجزء العملي :

تم استخدام رمال أرضمة / محافظة الانبار بسبب احتواءها على نسبة عالية من السليكا (SiO_2) والتي تبلغ درجة انصهارها1700 م وتعتبر هذه الدرجة عاليه بالنسبة الى المعادن المسبوكة التي يتم صبها في القوالب مثل الفولاذ وحديد الزهر والمعادن غير الحديدية.

تم اجراء التحليل الكيميائي والفحص المايكروي (microstructure) أضافه الى التحليل الحجمي للرمال المستخدمه لمعرفة مواصفاتها وكما يلي :-

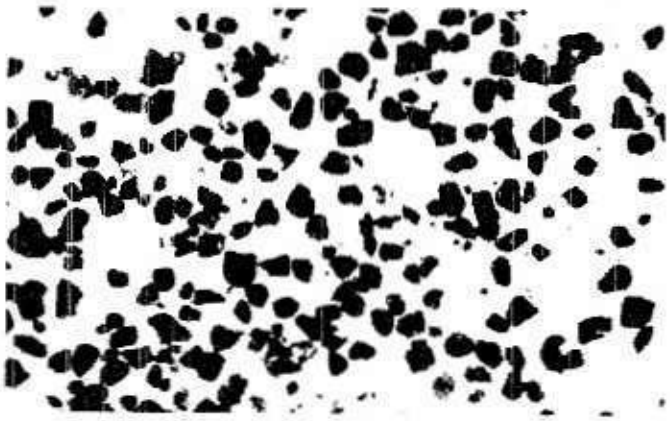
اجري التحليل الكيميائي للرمال المستخدمه في الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة

النوعية لمعرفة مكونات الرمـــال والجـــدول (1) يوضح نتائج التحليل .

جدول (1) يوضح نتائج التحليل الكيمياوي للرمال المستخدمه في البحث

العنصر Element	النسبة المئوية وزنا Wt.%
SiO_2	97.82
CaO	0.43
MgO	0.04
Al_2O_3	0.8
Fe_2O_3	0.1
KCL	0.02
Na2O	0.073
K2O	0.1
L.O.I	0.615
%total	99.998

ثم أجري الفحص المجهري علـــى الرمـــال المستخدمه لمعرفة شـــكل حبيبـــات الرمـــل والشكل (1) يوضح شكل الحبيبات ويظهـــر منه ان حبيبات أرضمه تكون في الغالب شبه زاوية (Subangular) والبعض الاخر يكون مدور (Rounded) وهذه الاشـــكال جيـــده وملائمه لاعمال السباكة.(3)



الشكل (1) يوضح شكل حبيبات الرمال المستخدمه في السباكه وبقوة تكبير **40x**

أجرى التحليل الحجمي للرمل المستخدم في هذه الدراسة (رمل أرضمة) تم باخذ عينه قياسية من الرمال المتوفره بأستخدام طريقه التكويم و التربيع للحصول علـــى وزن **100** غم من الرمل لمعرفـــه التوزيـــع الحجمـــي لحبيباته **(Distribution of grain size)** ودرجة نعومته . والجدول رقـــم **(2)** نتـــائج التحليل الحجمي .

الجدول (2) يوضح التحليل الحجمي لرمل أرضمة المستخدم في البحث

ت	فتحة المنخل	رقم الشبكة	الكمية المتبقية فوق كل منخل	نسبة التجمع التراكمية Y	عامل الضرب	حاصل الضرب X
1	2	8	0.55	0.55	3	1.65
2	1.7	10	0.17	0.72	5	0.85
3	0.01	16	0.65	1.37	10	6.5
4	0.71	22	1.65	3.02	20	33
5	0.5	30	5.2	8.22	30	156
6	0.355	44	16.43	24.65	40	657.2
7	0.250	60	38.2	62.85	50	1910
8	0.150	100	29.3	92.15	70	2051
9	0.160	150	6.31	98.46	100	631
1	0.07	200	1.07	99.53	210	224.7
1	0.053	300	0.25	99.78	300	75
	الوعاء	-	0.22	100	320	72.6

رقم النعومه = X/Y X = 5819.5 ، Y=100

AFS = 5819.5/100 = 58.195

تحضير مزيج المقالبه :

تم وزن الرمال المستخدمه في البحث ثم تم أضافة 5 % من البنتونايت اليها ونسبة 5 % من الماء وتم تثبيت هذه المضافات لجميع الخلطات المستخدمه في البحث .

أضافة نسب مختلفه من المواد المضافه الى الخلطه الاساسيه لرمل المقالبه (رمل السليكا + 5 % بنتونايت + 5 % ماء) وكما يلي:-

- تمت اضافة نسب مختلفه من الجاركول الى خليط رمل المقالبه هي (8,6,4,2)%
- تمت اضافة نسب مختلفه من الالومينا الى خليط رمل المقالبه وهي (8,6,4,2) %
- تمت اضافة الفينول C_2H_6OH بعد اذابته بالاسيتون لتكوين محلول وبنسب مختلفه (8,6,4,2)%
- تم اضافة (الفينول + حامض البوريك) $C_2H_6OH+HBO_3$ بعد ان تم اذابته في الماء لتكوين محلول وبنسب مختلفه هي (8,6,4,2)%.

باستخدام ميزان كهربائي درجة الدقه له 0.001 غم تم وزن النسب المحددة لكل من الرمل والمادة الرابطة والمادة المضافة. بعدها اجريت عملية الخلط باستخدام خلاط ميكانيكي مزود بسكاكين دواره وكسارات

للحصول على مزيج متجانس اذ تم وضع الرمل في خلاط الرمل ثم تم اضافة المادة الرابطة و المضافات وترك المزيج ليتجانس لمدة دقيقتين ، أما في حالة الفينول فقد تم خلط هذه المادة مع المادة الرابطة قبل إضافتها للرمل لضمان التوزيع ضمن المادة الرابطة بصورة تامة ،بعدها تم أضافة الماء بصورة تدريجية لمدة (30 ثانية) للمزيج لضمان توزيعه بانتظام على الخليط وحصول التجانس .

تحضير عينة الاختبار القياسية:

بعد الانتهاء من عملية الخلط والحصول على مزيج رمال المقالبه المطلوب تم أجراء عملية الكبس باستخدام جهاز دك العينات القياسي **AFS standard Rammer** [13] لغرض تحضير العينه القياسية على شكل نموذج اسطواني الشكل بارتفاع (50.8) ملم.

وللحصول على النماذج القياسية تم اتباع الخطوات التالية :

1- تم وضع كمية مناسبة من الخليط بتراوح وزنها بين (165-200) غم في الوعاء الأسطواني .
2- بعد تسوية الخليط تم وضع الوعاء تحت المدك .
3- يجري دك العينة بثلاث اسقاطات للثقل وذلك بإدارة العتلة اليدوية ثلاث دورات للحصول على النموذج المطلوب .
4- يتم إخراج النموذج من الوعاء الأسطواني باستعمال عمود إخراج العينة وذلك بدق الوعاء الى الأسفل . أما النموذج الذي يتم تحضيره لاختبار النفاذية الرطبة فيبقى النموذج داخل الوعاء الأسطواني .

الاختبارات الميكانيكية :

بعد الانتهاء من تحضير العينة القياسية تم أجراء الاختبارات الميكانيكية عليهاوحسب الموصفات القياسيه [13] لمعرفة خواص خليط رمال المقالبه المستخدم.

1- تحديد مقاومة الضغط الرطب:

(Determination Of Green Compression Strength)

تعرف مقاومة الضغط الرطب لخليط المقالبة بأنها أعلى حمل مطلوب لأحداث كسر في القالب الرملي الرطب تحت جهد محوري ضاغط .تم استخدام جهاز اختبار مقاومة الرمال مع ملحقاته **Rids dale-Dieter-universal sand – strength machine** [13] . تم وضع عينة الاختبار القياسيه بين فكوك الضغط في الجهاز ثم تسليط الثقل على العينه يتبعها عملية تسجيل مقدار الضغط من مقياس خاص مرتبط مع جهاز اختبار المقاومه .

2 - تعيين مقاومةالضغط الجاف (Determination Of Dry Compression Strength:)

تعرف مقاومة الضغط الجاف لخليط المقالبة بأنها مقياس للجهد الذي يتولد عنه كسر او فشل القالب الرملي الجاف .تم حساب مقاومة الضغط باستخدام جهاز مقاومة الرمال مع تغير بعض ملحقات الجهاز .

3- تعيين النفاذية الرطبة (Determination Of green permeability)

تعرف النفاذية الرطبة لخليط المقالبة بانها تلك الخاصية الفيزياوية التي تسمح للغازات بالنفاذ خلال الخليط وهو في حالته الرطبة ولتعين النفاذية الرطبة تم استخدام جهاز قياس النفاذية نوع **(Ridsdale Dietert AFS Permeability meter)** ويتم حساب النفاذيه باستخدام المعادله الاتيه :

$$PN = (Vxh)/(pxaxt)$$

حيث ان :

PN : رقم النفاذيه .

V : حجم الهواء المضغوط المار بالعينه سم^3.

h: ارتفاع العينه سم .

P: ضغط الهواء اثناء مروره بالعينه غم/سم^2.
a: مساحة مقطع العينه سم^2.
t: الزمن اللازم لخروج الهواء من العينه دقيقه .

4 - تعيين النفاذيه الجافة :
تعرف النفاذية الجافة لخليط المقالبة بأنها تلك الخاصية الفيزياوية التي تسمح للغازات من النفاذ خلال الخليط وهو في حالته الجافة.
ولغرض تعيين النفاذية الجافة استخدم جهاز قياس النفاذية بعد تغير فتحة صمام القاعده الذي تثبت عليه العينه واستخدام فتحه قطرها **0.5** ملم بدلا من فتحه قطرها **1.5** ملم لاختبار النفاذيه الرطبه. **(4,3)**

النتائج والمناقشه :
نتائج فحص مقاومة الانضغاط :
الشكل **(2)** يمثل العلاقه بين النسب المئويه للمواد المضافه مع مقاومة الانضغاط الرطبه لخليط رمل المقالبه .
من الشكل يلاحظ ان مقاومة الانضغاط الرطبه لخليط المقالبه الرملي تزداد مع زيادة نسبة اضافة الالومينا والجاركول وكذلك الفينول للخليط ويتم الحصول على أعلى مقاومة ضغط عند أضافة الالومينا ويرجع السبب في ذلك الى امتلاك الالومينا مقاومة انضغاط عاليه مقارنه بالسليكا (الرمل).
اما سبب زيادة مقاومة الضغط عند أضافة الفينول وكذلك الفينول وحامض البوريك فيرجع الى التفاعلات التي تحدث بينها وبين البنتونايت الموجوده في الخلطه الاساسيه للرمل اذ ترتبط مجاميع الهيدروكسيل **(OH)** مع البنتونايت لتكون اواصر قويه تؤدي الى زيادة مقاومة الضغط ولكن تبقى قيم مقاومة الضغط لخليط رمال المقالبه الحاوي على الفينول وحامض البوريك اقل من مقاومة الضغط للخليط الحاوي على الجاركول والالومينا .
ان اضافة حامض البوريك الى الفينول في خليط المقالبه الرملي ادى الى زيادة مقاومة الانضغاط الرطبه والجافه وذلك بسبب التفاعلات ، حيث ادى اضافة حامض البوريك الى زيادة مجاميع الهيدروكسيل وبالتالي زيادة قوى الربط بينها وبين التركيب الداخلي للبنتونايت وكما موضح في المخطط (2،1) [4، 15]
والشكل (3) يوضح العلاقه بين النسبه المئويه الوزنيه للمواد المضافه ومقاومة الانضغاط الجافه لخليط رمل المقالبه .
يلاحظ من الشكل ان زيادة نسب أضافة كل من الالومينا والجاركول والفينول وكذلك الفينول مع حامض البوريك يؤدي الى زيادة مقاومة الضغط الجافه لخليط المقالبه الرملي ولكن تختلف قيم مقاومة الضغط لكل منها اذ يلاحظ ان مقاومة الضغط الجافه لخليط المقالبه عند اضافة الفينول والفينول مع حامض البوريك يزداد بنسبه كبيره مقارنه بالزياده التي تحدث بمقاومة الضغط الرطبه عند أضافة الالومينا والجاركول ويرجع السبب في ذلك الى ان درجة حرارة التجفيف **(250°C)** غير كافيه لحدوث عملية الترابط **(Bonding)** لدقائق الالومينا والجاركول .
اما بالنسبه للخليط الحاوي على الفينول وكذلك الفينول وحامض البوريك فأن درجة حرارة التجفيف المستخدمه في الاختبار تكون كافيه لحدوث عملية الانضاج [14] وكذلك حدوث عملية التشابك **(cross-link)** بين دقائق الفينول أضافه الى حدوث الربط بين مجاميع الهيدروكسيل والبنتونايت الموجوده في الخلطه الاساسيه مما يؤدي الى زيادة المقاومه.

نتائج فحص النفاذيه :
الشكل(4) يوضح العلاقه بين النسب المئويه للمواد المضافه مع النفاذيه الرطبه لخليط من رمل المقالبه .
يلاحظ من الشكل (4) ان النفاذيه الرطبه لخليط المقالبه الرملي تقل مع زيادة نسب أضافة كل من الجاركول والفينول وكذلك (الفينول + حامض البوريك)، اما عند اضافة الالومينا لخليط المقالبه فأن النفاذيه تزداد مقارنه مع النفاذيه الرطبه لخليط المقالبه الاساسي (الرمل + البنتونايت + الماء) ويرجع السبب في زيادة النفاذيه الى عدم

حدوث الترابط ما بين دقائق الرمل أو البنتونايت مع الالومينا مما يؤدي الى وجود فراغات بين دقائق الالومينا والسليكا كذلك فأن حجوم الالومينا الخشنه (أكبر من 350 ميكروميتر) أدى الى زيادة نسبة الفجوات والفراغات بين دقائق خليط المقالبه مما أدى الى زيادة النفاذيه .

ان أضافة الجاركول الى خليط المقالبه تؤدي الى تقليل النفاذيه وذلك نتيجة قابلية الجاركول على التحطم اثناء الكبس والدك وبالتالي فأن ذلك يؤدي الى تقليل حجوم دقائق الجاركول ومن ثم تداخلها وتراصها مع حبيبات الرمل والبنتونايت وبالتالي تقليل النفاذيه .

اما أضافة الفينول وكذلك (الفينول + حامض البوريك) فأن عملية التفاعل والترابط بين مجاميع الهيدروكسيل الموجوده في الفينول والبنتونايت تؤدي الى تقليل المسافات البينيه بين حبيبات الرمل وتقليل الفجوات وبالتالي تقليل النفاذيه [16،17].

وتكون النفاذية الرطبة للفينول مع حامض البوريك تقريباً أقل ما يمكن وذلك لأنه مادة متجانسة تشبه بطبيعاتها السوائل عند درجة حرارة 40°C لذلك تكون أكبر قابلية على التفاعل مع جزيئات البنتونايت في خليط الرمل.

الشكل(5) يوضح العلاقه بين النسبه الوزنيه للمضافات والنفاذيه الجافه لخليط رمل المقالبه .ويلاحظ من الشكل ان النفاذيه الجافه لخليط المقالبه الرملي تقل مع زيادة نسبة أضافة كل من الجاركول والفينول وكذلك (الفينول + حامض البوريك) ولكنها تزداد مع زيادة نسبة أضافة الالومينا الى خليط المقالبه وهنالك دراسات سابقة درست تأثير الحجم الحبيبي لذا لم نتطرق له في بحثنا هذا [3 ، 11].

ان السبب في زيادة النفاذية الجافه لخليط المقالبه يرجع الى عدم حدوث عملية التلبيد والتفاعل ما بين دقائق الرمل والبنتونايت مع دقائق الالومينا عملية التلبيد تحتاج الى درجات حراريه عاليه (أكثر من 1000°م) لحدوث عملية الترابط[18] ، اما بالنسبه لخليط المقالبه الحاوي على الفينول و(الفينول + حامض البوريك) فأن درجة حرارة التجفيف (الاختيار 250°م) تكون كافيه لحدوث عملية التصلد الحراري (thermosetting) وبالتالي حدوث الانصهار لهذه البوليمرات مما يؤدي الى تغلغل المواد المنصهره السائله ما بين دقائق خليط المقالبه وتعمل على ملئ الفراغات الموجوده بينها ومن ثم التقليل من النفاذيه [17,16].

الاستنتاجات :

1- ان أضافة كل من الالومينا والجاركول والفينول وكذلك الفينول وحامض البوريك تؤدي الى زيادة مقاومة الضغط الرطبه والجافه لخليط المقالبه الرملي وتزداد المقاومه مع زيادة نسبة المواد المضافه .

2- ان أضافة الالومينا لخليط المقالبه الرملي تؤدي الى زيادة كل من النفاذيه الرطبه والجافه للخليط .

3- ان أضافة الجاركول والفينول وكذلك (الفينول + حامض البوريك) تؤدي الى تقليل نفاذية خليط المقالبه الرملي وتقل النفاذيه مع زيادة نسبة الاضافه للمواد.

4- ان أضافة حامض البوريك الى الفينول تؤدي الى تحسين المقاومه وكذلك تقليل النفاذيه للخليط الرملي الحاوي على الفينول فقط .

المصادر:

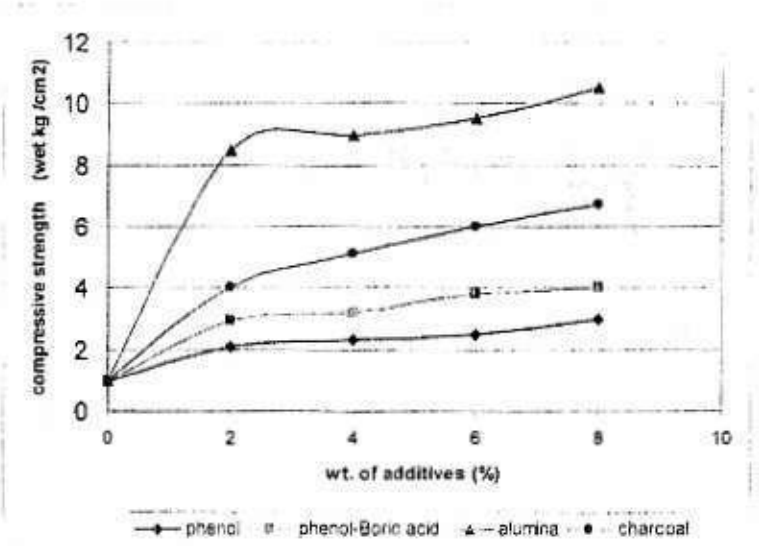
1- رعد سهيل، تصميم منظومة السباكة بمساعدة الحاسوب، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، 2000.

2- عبد الرزاق اسماعيل ، تكولوجيا السباكة ، الجامعة التكنولوجية، 2000.

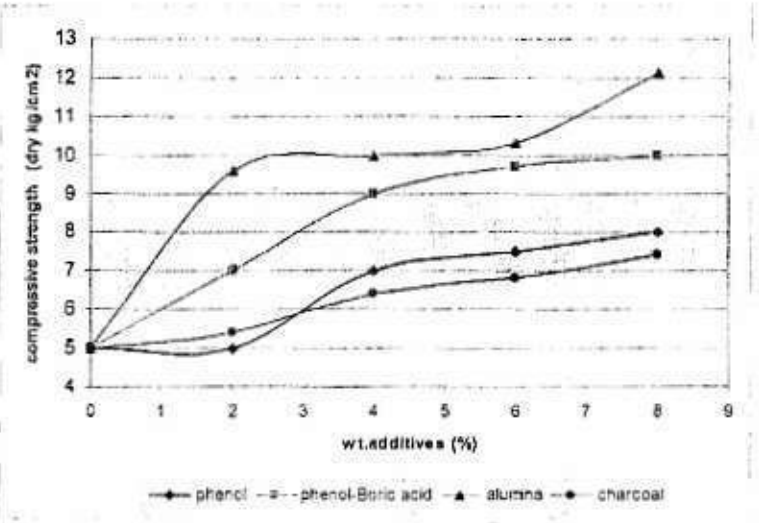
3- عباس عبد الرضا ، دراسة خواص الرمال العراقيه لغرض استعمالها في اللباب بطريقة غاز CO، رسالة ماجستير، الجامعه التكنولوجيه، 1978.

4- Disylvestro, George. "Factors that Affect Compactibility of Green Sand", Disylvestro Videography Service, 2000.

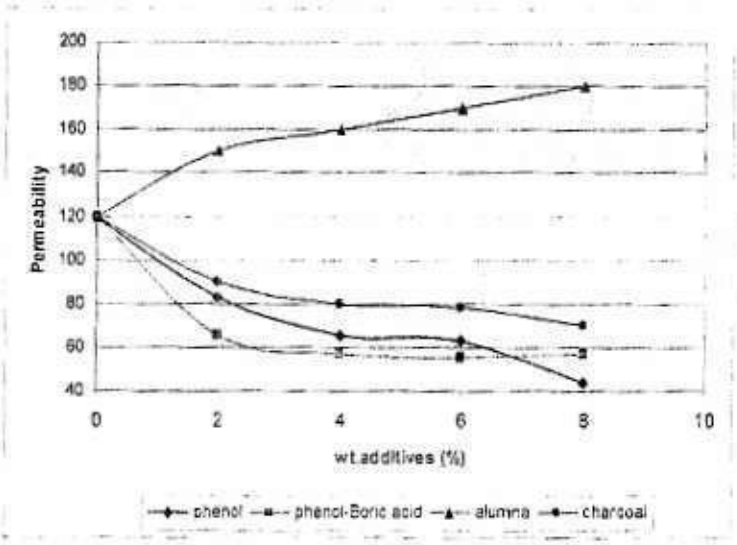
5- Leonardite and its effect on Green Sand Molding .http:/www.ductile org/magazine /1999-2 Leonard.
6- Magotleanx Foundary, Sphere OX iron Oxide Additive for Foundary Monterrey, Mexico, 2002.
7- Plenco, Phenolic Resin, binder, http: /www. On line / 1999- 1/ plenco co.
8- South Coast Air Quality Board meeting date Nov., 2001, agende, No. 5, http:// www. Agmd gov / hb / 011159.
9- Learning Course for Metal Casting, Oct.6, 2003, http:/www. Foundary yas coci – distance learning / distance – learning 03 .
10- Environmental Technology Research, chap.4, http//afsin. org/Research chapter 4 Environmental Technology ,2003.
11- Material D., Foundry Sand, http:// www. Tfhrc gov/hnr 20 / recycle/waste/fs. 2003.
12- Foundry 5, http://www. Metc metu edu tr/facilities / service/foundary / lecture, 2003.
13- Ridsdalet, DICTER, Foundry Sand testing equipment operating instructions No. 442, 2003.
14- Shields J., B.Sc., "Adhesives Hand book", 1979, London, Newnes, Butter worths.
15- The Merck index. Encyclopedia of chemical and Drugs, Ninth edition, published by Merck & co. INC . U.S.A 1976.
16- Molding with counter pressure by Michael H. Caropreso, Caropreso Associations, 2003.
17- Miko Guergov, Method and control system for Injection Molding in pre-pressurized cavity, proceeding from 25th Annual SPI, SPD, conference, 1997.
18- د. ابراهيم محمود منصور (وقود، أفران، حراريات)، الجامعة التكنولوجية، قسم هندسة الأنتاج والمعادن، 1995.



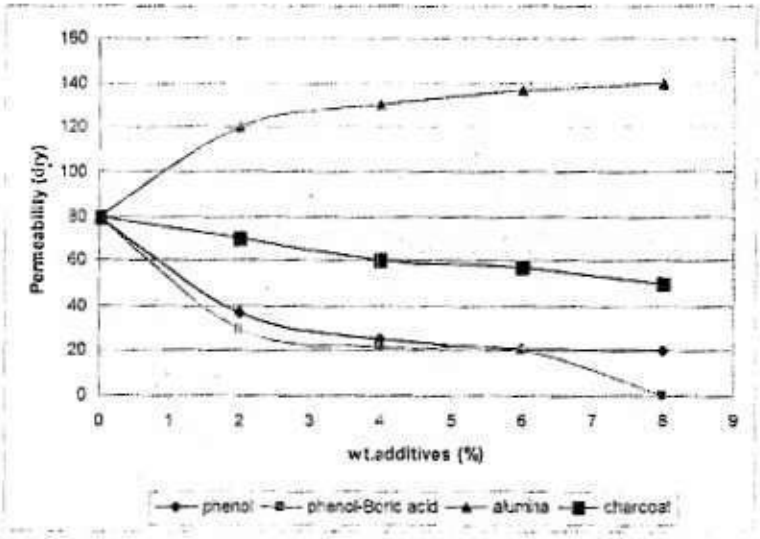
الشكل (2) يوضح علاقة مقاومة الانضغاطيه الرطبه بالنسبه الوزنيه للمضافات .



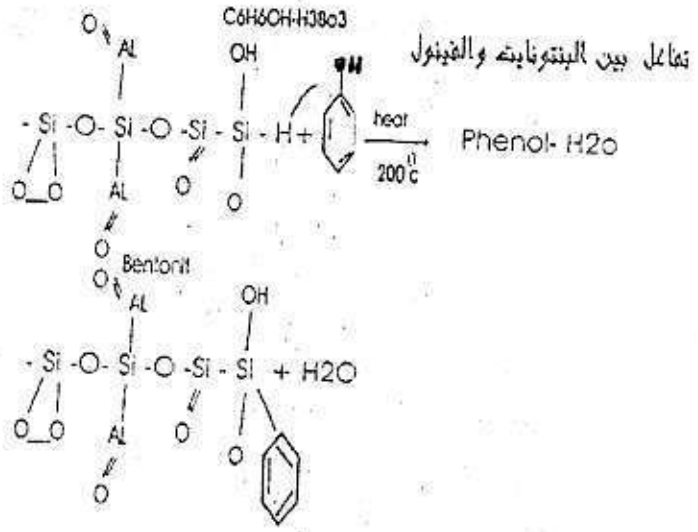
الشكل (3) يوضح علاقة الانضغاطيه الجافه بالنسب الوزنيه للمضافات .



الشكل (4) يوضح علاقة النفاذيه الرطبه بالنسب الوزنيه للمضافات .

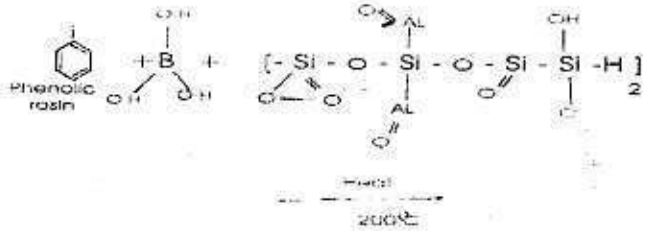


الشكل (5) يوضح علاقة النفاذيه الجافه بالنسب الوزنيه للمضافات .

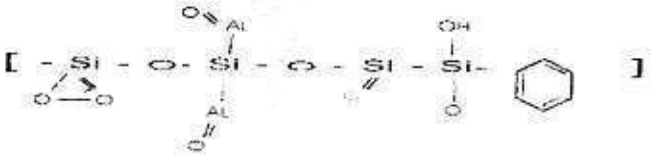


المخطط رقم (1)

أما عند وجود حامض البوريك مع الفينول



ويطرح جزيئة ماء ينتج



المخطط رقم (2)