جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم التصميم الميكانيكي

دراسة رمال السباكة المتوافرة في سورية وتحديد الشروط المثلى لاستخدامها

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في علم المواد وهندستها

إعداد

المهندسة نور سليم خضره

إشراف

الدكتور المهندس محمد مازن يعقوب

العام الدراسي

2011- 2012

الفهرس

الفهرس
فهرس الأشكال
فهرس الجداول
المقدمة..... 1
الفصل الأول: خليطة رمال السباكة..... 4
1.1 تركيب الرمال وطرائق تصنيفها..... 4
1.1.1 تصنيف رمال المسابك حسب درجة الاستعمال..... 4
2.1.1 تصنيف الرمال الموجودة في الطبيعة حسب نسبة المواد القلوية العالقة بها..... 5
3.1.1 تصنيف الرمال الطبيعية حسب متوسط قياس الحبيبات..... 5
4.1.1 تصنيف الرمال حسب نقاوتها..... 6
5.1.1 تصنيف الرمال حسب كمية الغضار..... 6
6.1.1 تصنيف الرمال حسب التركيب الكيميائي للمكون الرئيسي..... 6
7.1.1 تصنيف الرمال حسب مجال استعمال خلائط الرمال..... 6
2.1 عياريات رمال السباكة..... 7
3.1 أنواع الرمال..... 7
4.1 رمال السيليكا..... 7
1.4.1خصائص رمل السيليكا المستخدم في السباكة..... 9
1.1.4.1 الثبات الكيميائي..... 9
2.1.4.1 شكل الحبيبات..... 10
3.1.4.1 التوزع الحجمي..... 12
4.1.4.1 المطلب الحمضي..... 13

2.4.1 خصائص رمل السباكة السيليكونية النموذجية..... 13
3.4.1 المعالجة الآمنة لرمل السيليكا..... 14
5.1 رمال غير سيليكونية..... 15
1.5.1 الزيركون..... 15
2.5.1 الشاموت..... 16
3.5.1 أوليفين..... 16
4.5.1 سيليكات الألمنيوم..... 17
5.5.1 الكورونـدوم..... 17
6.1 الرمل الرطب..... 18
7.1 المواد الرابطة..... 19
1.7.1 الغضاريات..... 19
1.1.7.1البنتونيت..... 20
2.7.1 المواد الرابطة النشوية..... 23
1.2.7.1استخدام المواد النشوية في خلائط القولبة..... 24
3.7.1 الغضار الناري 24
4.7.1 السكريات..... 24
1.4.7.1 الميلاس..... 24
2.4.7.1 اللاكر..... 24
3.4.7.1 القلفونة..... 25
4.4.7.1 الزيوت والشحوم..... 25
5.7.1 المواد الرابطة المتصلبة بالحرارة..... 25
6.7.1 المواد الرابطة المتصلبة على البارد..... 26
1.6.7.1 الفيوران..... 26

2.6.7.1 الراتنجات الفينولية المتصلبة بالاستر 28
3.6.7.1 السيليكات المتصلبة بالاستر 28
4.6.7.1 الاسمنت 28
7.7.1 المواد الرابطة المتصلبة بالغاز أو بالبخار 28
1.7.7.1مجموعة سيليكات الصوديوم وغاز CO_2 28
2.7.7.1 مجموعة الصندوق البارد واليوريثان الفينولي 29
3.7.7.1 مجموعة الصندوق البارد والفينول المتصلب بالاستر 32
8.1 الإضافات 30
1.8.1الإضافات المستخدمة في رمال السباكة نفسها 30
1.1.8.1المواد الفحمية 30
2.1.8.1 الإضافات غير الفحمية 32
2.8.1 المواد التي تضاف لوجه القالب فقط 32
3.8.1 مواد سطوح الفصل 33
4.8.1 المواد المستخدمة في لصق النواتات 33
الفصل الثاني: الخصائص التقانية لرمال السباكة والاختبارت المنفذة عليها 34
1.2 الخصائص التقانية لرمال السباكة 34
1.1.2الرطوبة 34
2.1.2 المتانة 34
3.1.2 النفاذية 35
4.1.2 امتصاص الرطوبة 35
5.1.2 السيولة 36

6.1.2 التشوه 36
7.1.2القساوة..... 36
8.1.2الاستيعاب الحراري..... 37
9.1.2 مقاومة الحرارة المرتفعة..... 37
10.1.2اللدونة..... 37
11.1.2المطواعية..... 38
12.1.2خاصة الالتصاق بوجه النموذج أو علبة النواة..... 38
13.1.2التذرر..... 38
14.1.2 الاستمرارية..... 38
2.2 اختبارات رمال السباكة..... 38
1.2.2عينات الاختبار..... 38
2.2.2إعداد العينات للاختبارات..... 38
3.2.2 تحديد نسبة المواد العالقة (الطافية)أو(المواد الغضارية) 39
4.2.2 تحديد خواص رمال المسابك المدكوكة في الحالة الرطبة..... 39
1.4.2.2 تجهيز العينات لاختبارات تحديد الخواص..... 40
2.4.2.2 تحديد قياسات حبيبات الرمال وكمياتها..... 41
3.4.2.2 اختبارات المتانة الرطبة والجافة..... 42
4.4.2.2 اختبار قابلية الدك و قابلية الانسياب..... 43
5.4.2.2 مؤشر التحطم..... 43
6.4.2.2 قساوة السطح..... 44
7.4.2.2 التشوه..... 44
8.4.2.2 النفاذية..... 44

9.4.2.2 اختبار الرطوبة..... 45
10.4.2.2 الغضار الفعال..... 45
11.4.2.2 المطلب الحمضي والPH..... 45
12.4.2.2 الفقد بالاحتراق..... 46
13.4.2.2 Bench Life..... 46
14.4.2.2 زمن النزع..... 46
15.4.2.2 مقاومة التغلغل..... 47
16.4.2.2 تحرر الفقاعات الغازية خلال التصلب..... 47
17.4.2.2التشوه الحراري..... 47
الفصل الثالث:دراسات عن رمال السباكة في بعض بلدان العالم..... 49
1.3الدراسات المنفذة على رمال السباكة في بعض بلدان العالم..... 49
1.1.3دراسة رمل أرضمة في العراق..... 49
2.1.3 دراسة رمل نهر النيجر والرمل في Ilesha و Ilorin في نيجيريا..... 52
3.1.3 دراسة الرمل المترسب في جزيرة Queensland في استراليا..... 60
الفصل الرابع: مواقع الرمال الكوارتزية في سورية..... 64
1.4 وجود الرمال الكوارتزية في سورية..... 64
1.1.4منطقة القريتين..... 64
2.1.4 منطقة القلمون..... 66
3.1.4 منطقة سلسلة لبنان الشرقية..... 67
4.1.4 منطقة جبل البشري..... 68
5.1.4 المنطقة الجنوبية الشرقية..... 69
2.4 الاحتياطي المقدر..... 70
3.4 تعدين الخام..... 70

الفصل الخامس:الإجراء التجريبي..... 72

1.5المواد المستخدمة..... 72

2.5 تحضير رمال العينات..... 72

3.5 تحديد نسبة الرطوبة..... 73

4.5 تحديد النسبة المئوية للغضار..... 74

5.5 تحديد قياسات حبيبات الرمال وكمياتها..... 75

6.5اختبارات تحديد الخواص لرمال المسابك..... 76

1.6.5تجهيز العينات لاختبارات تحديد الخواص..... 76

2.6.5 اختبار تحديد مقاومة الانضغاط الرطبة والجافة..... 78

3.6.5 اختبار تحديد مقاومة القص..... 79

4.6.5اختبار تحديد مقاومة الشد..... 79

5.6.5 اختبار تحديد النفاذية..... 80

6.6.5 اختبار القساوة..... 81

الفصل السادس: النتائج والتوصيات..... 83

1.6 نتائج الاختبارات المنفذة على رمل القريتين..... 83

2.6 نتائج الاختبارات المنفذة على رمل المزار..... 90

3.6 نتائج الاختبارات المنفذة على رمل الحلبية..... 100

الاستنتاجات..... 110

التوصيات..... 111

المراجع..... 112

قائمة الأشكال

الشكل | الصفحة

الشكل(1 ـ 1) خصائص التمدد الحراري لرمال الزيركون، الشاموت ،أوليفين مقارنة مع رمل السيليكا 9

الشكل(1 ـ 2) أشكال الحبيبات الرملية الشكل 9

الشكل(1 ـ 3) المادة الرابطة التي تحتاجها الحبيبات الزاوية والحبيبات المدورة 9

الشكل(1 ـ 4) سهولة رك الحبيبات المدورة وصعوبة رك الحبيبات الزاوية 12

الشكل(1 ـ 5) تأثير حجم الحبيبات على سطح المسبوكة 12

الشكل(1 ـ 6) تأثير حجم الحبيبات على النفاذية 13

الشكل(1 ـ 7) صورة تبين رمل الزيركون 15

الشكل(1 ـ 8) صورة لرمل الشاموت 16

الشكل(1 ـ 9) صورة رمل الأوليفين 17

الشكل(1 ـ 10) تأثير محتوى الرطوبة على المتانة الرطبة والجافة لرمال القولبة 20

الشكل(1 ـ 11) تركيب Montmorillonite 21

الشكل(1 ـ 12) تأثير تدفق غاز ثاني أكسيد الكربون على قوة الانضغاط 29

الشكل(2 ـ 1) العلاقة بين الرطوبة وكل من مقاومة الضغط ونفاذية الغازات 40

الشكل(2 ـ 2) اختبار مقاومة القص 42

الشكل(2 ـ 3) اختبار مقاومة الضغط 42

الشكل(2 ـ 4) شكل تخطيطي لاختبار التشوه الحراري 48

الشكل(3 ـ1) المتانة الرطبة والجافة لقوالب رمل نهر النيجرالمربوطة بنسب مختلفة من البنتونيت و3% ماء 55

الشكل(3 ـ 2) رقم النفاذية ورقم القساوة الرطبة ومؤشر التحطم لقوالب رمل نهر النيجرالمربوطة بنسب مختلفة 56

الشكل(3 ـ 3) المتانة الرطبة والجافة لقوالب رمل نهر النيجرالمربوطة بنسب مختلفة من الكاولين و 3% ماء 56

الشكل(3 ـ 4) رقم النفاذية ورقم القساوة الرطبة ومؤشر التحطم لقوالب رمل نهر النيجرالمربوطة بنسب مختلفة 56

الشكل(3 ـ 5) تغير متانة الانضغاط الرطبة بزيادة النسبة المئوية للماء 58

الشكل(3 ـ 6) تغير متانة الانضغاط الجافة بزيادة النسبة المئوية للماء 58

الشكل(3 ـ 7) تأثير النسبة المئوية للماء المضاف على مؤشر التحطم 59

الشكل(3 ـ 8) تأثير النسبة المئوية للماء المضاف على قابلية الدك لرمل الصب 59

الشكل(3 ـ 9) تأثير النسبة المئوية للماء المضاف على أرقام النفاذية 59

الشكل(3 ـ 10) مخطط بياني لتوزع الحبيبات الرملية 61

الشكل(3 ـ 11) محتوى الرطوبة المقابلة لمتانة الشد 61

الشكل	الصفحة
الشكل(4 ـ 1) مصور توضع الرمال الكوارتزية في سورية	65
الشكل(5 ـ 1) تجهيز رمل المزار ومادة البنتونيت للخلط	73
الشكل(5 ـ 2) جهاز تحديد الرطوبة وميزان معايرة الوزن	73
الشكل(5 ـ3) أوعية حاوية على رمال يتم غسلها لتحديد نسبة الغضار التي تحتويها	74
الشكل (5 ـ 4) الهزاز الميكانيكي	75
الشكل(5 ـ 5) جهاز دك العينات	77
الشكل(5 ـ 6) أنبوب العينة(أسطوانة الدك)	77
الشكل(5 ـ 7) أنبوب العينة المقسوم	77
الشكل(5 ـ 8) قطع الدك المستخدمة لتحضير عينات الشد	78
الشكل(5 ـ 9) جهاز اختبار المتانة	78
الشكل(5 ـ 10)عينات اختبار مقاومة الانضغاط والقص	78
الشكل(5 ـ 11) فكي اختبار مقاومة الانضغاط	78
الشكل(5 ـ 12) اختبار عينة على الانضغاط	79
الشكل(5 ـ 13) تحطم عينة تحت إجهاد الانضغاط	79
الشكل(5 ـ 14) فكي اختبار القص	79
الشكل(5 ـ 15) تحطم عينة تحت إجهاد القص	79
الشكل(5 ـ 16) عينات شد	80
الشكل(5 ـ 17) دافعة الشد	80
الشكل(5 ـ 18) آلية شد العينات	80
الشكل(5 ـ 19) تحطم عينة الشد تحت إجهاد الشد	80
الشكل(5 ـ 20) جهاز قياس النفاذية	81
الشكل(5 ـ 21) مقياس القساوة الرطبة	82
الشكل(6 ـ 1) مخطط بياني للتوزع المئوي الوزني لرمل القريتين	84
الشكل(6 ـ 2) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الرطبة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين	85
الشكل(6 ـ 3)المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الجافة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين	85
الشكل(6 ـ 4) المنحني البياني لتغير مقاومة الشد بتغير نسبة الماء لرمل القريتين	86
الشكل(6 ـ 4) المنحني البياني لتغير مقاومة القص بتغير نسبة الماء لرمل القريتين	86
الشكل(6 ـ 5) المنحني البياني لتغير القساوة الرطبة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين	87
الشكل(6 ـ 6) المنحني البياني لتغير القساوة الجافة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين	87

الشكل	الصفحة

الشكل(6 ـ 7) المنحني البياني لتغير النفاذية بتغير نسبة الماء لرمل القريتين 88

الشكل(6 ـ 8) مخطط بياني للتوزع المئوي الوزني لرمل المزار 91

الشكل(6 ـ 9) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الرطبة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 92

الشكل(6 ـ 10) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الجافة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 93

الشكل(6 ـ 11) المنحني البياني لتغير مقاومة الشد لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 94

الشكل(6 ـ 12) المنحني البياني لتغير مقاومة القص لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 95

الشكل(6 ـ 13) المنحني البياني لتغير القساوة الجافة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 96

الشكل(6 ـ 14) المنحني البياني لتغير القساوة الرطبة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 97

الشكل(6 ـ 15) المنحني البياني لتغير النفاذية لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 98

الشكل(6 ـ 16) المخطط البياني للتوزع المئوي الوزني لرمل الحلبية 101

الشكل(6 ـ 17)المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الرطبة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 102

الشكل(6 ـ 18)المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الجافة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 103

الشكل(6 ـ 19) المنحني البياني لتغير مقاومة الشد لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 104

الشكل(6 ـ 20) المنحني البياني لتغير مقاومة القص لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 105

الشكل(6 ـ 21) المنحني البياني لتغير القساوة الرطبة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 106

الشكل(6 ـ 22) المنحني البياني لتغير القساوة الجافة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 107

الشكل(6 ـ 23) المنحني البياني لتغير النفاذية لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت 108

قائمة الجداول

الجدول الصفحة

الجدول(1 ـ 1) تصنيف الرمال الطبيعية حسب نسبة المواد القلوية العالقة بها 5

الجدول(1 ـ 2) تصنيف الرمال الطبيعية حسب متوسط قياس الحبيبات 5

الجدول(1 ـ 3) درجات الحرارة التي يتلبد عندها رمل السيليكا 9

الجدول (1 ـ4) النسب المئوية المثالية لمكونات رمل السيليكا 10

الجدول (1 ـ 5) التحليل الكيميائي لرمل Chelford 60 14

الجدول(1 ـ 6) التوزع المنخلي لرمل Chelford 60 14

الجدول(1 ـ 7) خصائص الرمال غير السيليكاتية مقارنة مع رمل السيليكا 17

الجدول(1 ـ 8) خصائص الرمل الرطب النموذجي لصب المسبوكات الحديدية 18

الجدول(1 ـ 9) التوزع الحجمي النموذجي للرمل المناسب لصب الفولاذ والحديد 19

الجدول(1 ـ 10) تأثير النشا والديكسترين على خلائط الرمل الرطب 23

الجدول(1 ـ 11) خصائص غبار الفحم الجيد 31

الجدول(3 ـ1) نتائج التحليل الكيميائي لنماذج ممثلة لرمل أرضمة 50

الجدول (3 ـ 2) أصناف رمل السيليكا حسب التركيب الكيماوي بموجب المواصفة القياسية 50

الجدول(3 ـ 3) يبين التوزع الحجمي للرمل وحساب رقم النعومة لرمل أرض أرضمة 51

الجدول (3 ـ 4) نتائج التحليل الكيميائي لرمل قاع نهر النيجر عند Ajaokuta 52

الجدول(3 ـ 5) التوزع الحجمي للحبيبات وحساب رقم نعومة الحبيبات AFS للرمل 53

الجدول(3 ـ 6) الخصائص المسبكية المقاسة لرمل قاع نهر النيجر باستخدام نسب مختلفة من الماء 54

الجدول(3 ـ 7) الخصائص المسبكية المقاسة لرمل قاع نهر النيجر باستخدام نسب مئوية مختلفة 54

الجدول(3 ـ 8)الخصائص المسبكية المقاسة لرمل قاع نهر النيجر باستخدام نسب مئوية مختلفة من 55

الجدول(3 ـ 9) الخصائص الميكانيكية للرمال الطبيعية في كلا Ilesha و Ilorin 60

الجدول(3 ـ 10) القيم القياسية لخصائص رمال السباكة 60

الجدول(3 ـ 11) التوزع الحجمي للرمل وحساب رقم النعومة 61

الجدول(3 ـ 12) يبين الخصائص الميكانيكية للرمل مع تغير النسبة المئوية للماء 63

الجدول(4 ـ 1) التحليل الكيميائي لرمل الدعكانة 64

الجدول(4 ـ 2) التحليل الكيميائي لرمل تلول الخضاريات 65

الجدول(4 ـ 3) التحليل الكيميائي لرمل موقع الرميلة 66

الجدول(4 ـ 4) التحليل المنخلي لرمل موقع الرميلة 66

الجدول	الصفحة
الجدول(4 ـ 5) التحليل الكيميائي لرمل موقع الثنايا	67
الجدول(4 ـ 6) التحليل الكيميائي لرمل موقع السحل	67
الجدول(4 ـ 7) التحليل الكيميائي لرمل موقع جبل الطبوق	68
الجدول(4 ـ 8) التحليل الكيميائي لرمل موقع الرحوم	68
الجدول(4 ـ 9) التحليل الكيميائي لرمل موقع وادي الجيري	68
الجدول (4 ـ 10) مقادير الاحتياطي المقدر لعدد من مكامن الرمال	70
الجدول(4 ـ 11) التركيب الكيميائي والاستخدام الصناعي لمواقع الرمال الكوارتزية في سورية	71
الجدول(6 ـ 1) التوزع الحجمي لرمل القريتين وحساب رقم النعومة	83
الجدول(6 ـ 2) نتائج اختبارات تحديد الخواص لرمل القريتين	84
الجدول(6 ـ 3) التوزع الحجمي لرمل المزار وحساب رقم النعومة	90
الجدول(6 ـ 4) مقاومة الانضغاط الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	92
الجدول (6 ـ 5) مقاومة الانضغاط الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	93
الجدول(6 ـ 6) مقاومة الشد الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	94
الجدول(6 ـ7) مقاومة القص بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	95
الجدول(6 ـ 8) القساوة الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	96
الجدول(6 ـ 9) القساوة الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	97
الجدول(6 ـ 10) النفاذية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	98
الجدول(6 ـ 11) التوزع الحجمي لرمل الحلبية وحساب رقم النعومة	100
الجدول(6 ـ 12) مقاومة الانضغاط الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية	102
الجدول(6 ـ 13) مقاومة الانضغاط الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية	103
الجدول(6 ـ 14) مقاومة الشد بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية	104
الجدول(6 ـ 15) مقاومة القص بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت	105
الجدول(6 ـ 16) القساوة الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية	106
الجدول(6 ـ 17) القساوة الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية	107
الجدول(6 ـ 18) النفاذية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية	108

الملخص:

إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو تحديد مواصفات رمال السباكة الطبيعية السورية والشروط المثلى لاستخدامها وبذلك يمكن الحصول على مسبوكات سليمة والإقلال من نسبة المسبوكات المعطوبة مما يقلل من تكلفة الإنتاج ويزيد من المردود الإنتاجي في القطاعين العام والخاص، يوفر هذا البحث أرضاً صلبة للباحثين والصناعيين في مجال سكب المعادن ويلغي التخبط في انتقاء رمال السكب حيث أن هذا التخبط هو أحد عناصر تخلف صناعة السكب.

يتضمن البحث قسمين، القسم النظري والقسم العملي الذين يحتويان على ستة فصول. يحتوي القسم النظري على الأسس والمعلومات التي تم دراستها واعتمادها من المراجع العلمية ومواقع الانترنت، كما تم الاطلاع على عدد من الدراسات المنفذة على رمال السباكة في بعض بلدان العالم للاستفادة منها في البحث.

على ضوء ما سبق تم تنفيذ عدة اختبارات على ثلاثة أنواع من الرمال الطبيعية المتوفرة في سورية والأكثر استخداماً في سكب المعادن محلياً.

حيث تم أولاً التعريف بمكونات خليطة رمال السباكة وأنواع الرمال وخصائصها النموذجية والمواد الرابطة المستخدمة في ربط هذه الرمال والإضافات التي تعمل على تحسين خواص خلائط رمال السباكة، بالإضافة إلى شرح الخصائص التكنولوجية للرمال والاختبارات التي تطبق عليها لتحديد مواصفاتها والخصائص التي تتمتع فيها، وللتعرف على الدراسات العالمية المرتبطة بالموضوع تم الاطلاع على بعض الدراسات المنفذة على رمال السباكة المتوفرة في بعض بلدان العالم والأسلوب المتبع في دراسة هذه الرمال، كما تم تحديد المناطق التي تتوفر فيها الرمال الكوارتزية المستخدمة في السباكة في سورية بالاستعانة بدليل الخامات المعدنية واللامعدنية في سورية. في القسم العملي تم تنفيذ عدة اختبارات لتحديد خواص الرمال المختارة وشروط استخدامها حيث تم تنفيذ الاختبارات على رمل القريتين كرمل طبيعي وذلك بتغير نسبة الماء المضاف إليه بعد أن تم تحديد نسبة الغضار الذي يحتويه للوصول إلى نسبة الماء الصحيحة التي تعطي أفضل الخصائص الممكنة و نوع المعادن التي يمكن صبها بقوالب هذا الرمل وكانت نسبة الماء المثالية 7% ورمل القريتين مناسب لصب الحديد والفونت والمعادن اللاحديدية، أما رمل المزار ورمل الحلبية فقد تم تحضير خلطات تركيبية لكل منها باستخدام البنتونيت كمادة رابطة وتم تطبيق الاختبارات بتغير نسبة الماء المضاف لكل نسبة من المادة

الملخص

الرابطة، وكانت نتيجة الاختبارات صلاحية رمل المزار لصب الحديد والفونت والمعادن اللاحديدية بنسبة 9% بنتونيت و نسبة ماء تتراوح 7% . 3%، أما رمل الحلبية فكانت مناسبة لصب المعادن اللاحديدية فقط بنسبة 12% بنتونيت ونسبة ماء تتراوح ما بين 7%– 5%، وبذلك يكون قد تم تحديد الشروط المثالية لاستخدام أنواع الرمال الثلاثة للاستفادة منها في عملية انتقاء الرمل المناسب والنسب الصحيحة لمكوناته.

المقدمة

مقدمة

السباكة أوالصب في قوالب، هي عملية الحصول على مسبوكات من خلال سكب المعدن المصهور في تجويف قالب له شكل المنتج المطلوب تصنيعه، وبعد تجمد المعدن يتم استخراج المسبوكة من القالب. فالمسبوكات هي منتجات سباكة المعدن المنجزة بعملية مفردة من معدن مصهور دون أي عملية من عمليات التشغيل الميكانيكي مثل الدرفلة أوالتطريق. تعد السباكة من أسرع طرائق الإنتاج و أكثرها اقتصادية .

تصنع المشغولات بالسباكة إذا كانت أشكالها قد صممت بحيث لا يتيسر صناعتها بالطرق الاقتصادية وينطبق ذلك على جميع الأشكال الداخلية والخارجية والمعقدة كالمشغولات مزدوجة الجدران أو ذوات الزعانف الكبيرة . ولما كان أسلوب السباكة يمكن أن يعطي الشكل النهائي للمنتجات المراد إنتاجها في حدود دقة بعدية ضئيلة نوعاً ما فإن المواد المنتظر فقدها في عمليات التشغيل التالية تكون قليلة.

لا يزيد وزن أصغر المسبوكات التجارية على بضعة غرامات في حين يصل وزن الأثقل منها وهي قوالب الصبة ingot إلى 160طن، وتحتاج هذه المسبوكات الكبيرة إلى ما يقارب الثلاثة أسابيع حتى تبرد.

نبذة تاريخية

تعد عملية السباكة من أقدم الحرف الأساسية التي استخدمها الإنسان، وتعود إلى نحو 5000 سنة قبل الميلاد، إذ استخدمت الأدوات المعدنية المسبوكة سهاماً وسيوفاً وقطع نقود، وبعض الأدوات المنزلية. كذلك أدت اهتمامات الإنسان الدينية إلى استخدام السباكة لصنع تماثيل الآلهة بطريقة السباكة بالشمع المفقود. كانت معادن الذهب والنحاس والبرونز شائعة الاستخدام في البدء، وهنالك دلائل تبين اكتشاف معدن الحديد وتطويعه نحو 2000 سنة قبل الميلاد، إلا أن استخدامه كان محدوداً جداً. كانت هذه المعادن تشكل باليد عن طريق الأدوات البدائية المحدودة و لقد سميت بعض العصور باسم المعدن الذي شاع استخدامه في ذلك الحين كالعصر البرونزي والعصر الحديدي وقد اعتمد استخدامها على توافر هذه المعادن كخامات نقية عالية الرتبة .

لقد كانت السباكة طوال مدة طويلة من الزمن تعتمد اعتماداً قد يكون كلياً على العمل اليدوي، إلا أنه في العقدين الأخيرين من القرن العشرين أمكن إجراؤها بالوسائل الميكانيكية بدرجة متزايدة وبكفاءة أعلى، وتطورت طرائق سباكة حديثة منها: طريقة الصب مع التبريد المفاجئ وطريقة استخدام الماء الزجاجي، وثاني أكسيد الكربون، وطرائق الصب بالضغط والشمع المفقود والقوالب القشرية والصب بالتفريغ والنموذج المتبخر وغيرها. وإضافةً إلى ذلك، تطورت طرائق إصلاح الرمال وإعادة استعمالها، باستخدام مراكز تحضير وإصلاح الرمال، وشاع استعمال التجهيزات نصف الآلية والآلية في صناعة القوالب الرملية واستخدام الخطوط الإنتاجية في إخراج المسبوكات من القوالب وتنظيفها. كذلك تطورت

عمليات صناعة النماذج تطوراً كبيراً باستخدام نظم التصميم والرسم بمساعدة الحاسوب والتصنيع. وقد أدخلت البرامج الحاسوبية على عمليات التحكم بجميع عمليات السباكة بدءاً من عمليات الصهر والصب والمراقبة وغيرها.

تستخدم عمليات الصب في قوالب رملية لإنتاج معظم المسبوكات، لذلك يعد هذا الأسلوب من أوسع أساليب صب المعادن انتشاراً مهما كان نوع المعدن المصبوب في قوالب الرمل، يُمكن تسمية المنتجات الحاصلة بمنتجات الرمل.

يستخدم الصب في قوالب رملية عندما يطلب إنتاج عدد معين متكرر من المصبوبات أو قطعة واحدة معقدة الشكل أو كبيرة الحجم. ويمكن تقسيم المراحل الأساسية لإنتاج المسبوكات بالطريقة التقليدية بالقوالب الرملية إلى خمس مراحل، وتطبق هذه المراحل على معظم طرق السباكة وذلك مع تغييرات طفيفة، والاستثناء الكبير هو طريقة السباكة الدائمة بالقوالب المعدنية التي لا يستخدم فيها النموذج ويستعاض عن القالب الرملي بالقالب المعدني الدائم.

المراحل الخمس لإنتاج المسبوكات باستخدام القوالب الرملية هي:

1 . صنع النموذج وصندوق النواة.

2 . إعداد القالب وصنع النواة.

3 . الصهر والصب.

4 . التنظيف.

5 . فحص المسبوكات.

يعتمد نجاح عملية السكب في القوالب الرملية بشكلٍ مباشرٍ على صحة تصميم نظام الصب ونظام التغذية وعلى جودة الخليطة الرملية (تتألف الخليطة الرملية من الرمال، المواد الرابطة، الماء، الإضافات) من حيث نسب وجودة وخصائص العناصر.....

يمكن تعريف رمال السباكة على أنها الرمال الداخلة في صناعة قوالب السباكة لإغراض سبك المعادن إذ يصب فيها المصهور المعدني للحصول على مصبوبات معدنية بأشكال مختلفة، وتُعدُّ رمال السيليكا من أكثر أنواع الرمال تواجداً في الطبيعة وتكون سهلة الاستخراج والمعالجة إذا ما قورنت بأنواع الرمال الأخرى، كما أن تركيبها الكيميائي ومواصفاتها الفيزيائية تجعل منها رمال قادرة على تحقيق متطلبات صناعة القوالب، وحيث إن الكوارتز وهو المكون الرئيس لرمال السيليكا هو من المواد التي تتميز بدرجة انصهار عالية تبلغ (1710)°C وهي الدرجة التي تجعل من هذه الرمال مادة مقاومة للانصهار ولهذا السبب تستعمل في مثل هذه الصناعة، ومنذ مئات السنين استعملت رمال السيليكا لإغراض صناعة قوالب السباكة ومع التطور الفني والتقاني الذي حصل فقد ظهرت الحاجة إلى استخدام أنواع أخرى من الرمال كرمال الزيركون ورمال الأولفين ورمال الكرومايت وهذه الأنواع من الرمال نادرة وغالية الثمن كونها تتميز بخاصية انصهار أعلى بكثير من رمال السيليكا. وكلما كانت

رمال السيليكا خالية من الشوائب ارتفعت درجة انصهارها وأن وجود القلويات وأكاسيد الحديد والكالسيوم يخفض من درجة الانصهار حيث تجري محاولات لتنقية الرمال من هذه الشوائب إلى الحد الأدنى، كما أن عامل النعومة عامل مهم لتحديد نوعية القالب لاستعماله في إنتاج المسبوكات النهائية. لايكفي أن تكون مكونات الخليطة الرملية جيدة للحصول على خليطة بمواصفات جيدة بل يجب معرفة النسب الصحيحة لهذه المكونات.

تتم الأبحاث في رمال السباكة في معظم جامعات العالم وذلك من أجل تحديد الرمال المناسبة وتحديد مجالات استخدامها مما يؤدي إلى تطور عملية السباكة والحصول على المصادر الأنسب لرمال السباكة. لم تتم في سورية حتى الآن دراسة وافية لمصادر رمال السباكة، ولم يتم تحديد مواصفات الرمال المستخدمة وتحديد الشروط المثالية لاستخدامها، وبذلك لا يوجد إنتاج سليم للمسبوكات بسبب مشاكل السباكة الناتجة عن سوء استخدام مادة التشكيل والتي هي رمال السباكة، والمشاهد في معظم المسابك المحلية في سورية أن عملية تجهيز القوالب الرملية تعتمد بشكلٍ كليٍ على خبرة الشخص المتخصص بتحضير هذه القوالب، وعليه فإنه في كثير من الأحيان تكون التجربة والخطأ هي الطريقة الوحيدة المتاحة للوصول إلى تجهيز صحيح للقالب، وغالباً ما تؤدي هذه الطريقة إلى ضياع في الوقت والجهد والمواد، وبالتالي إلى ارتفاع تكلفة الإنتاج وانخفاض جودة المنتج، ومما سبق جاءت أهمية هذا البحث الذي يهدف إلى دراسة رمال السباكة المتوافرة في سورية وتحديد الشروط المثالية لاستخدامها للحصول على مسبوكات سليمة ومردود إنتاجي مرتفع، حيث سيتم في هذا البحث على التعرف على الرمال وخواصها والمواد الرابطة والإضافات المستخدمة في تشكيل الخليطة الرملية، كما سيتم التطرق لبعض الدراسات المنفذة على الرمال في بعض بلدان العالم للتعرف على خواصها والاختبارات المنفذة عليها. أما الجانب العملي فيتمثل بالتعرف على المواقع التي تتوافر فيها الرمال الطبيعية والمستخدمة في السباكة والحصول على عينات منها وإخضاعها لاختبارات تحديد الخواص (نسبة الغضار، التوزع الحبيبي، رقم النعومة، مقاومة الانضغاط الرطبة والجافة، مقاومة الشد، مقاومة القص، القساوة الرطبة والجافة، النفاذية) بهدف تصنيفها وتحديد مواصفاتها، كما سيتم تحضير خلطات تركيبية من هذه الرمال وإخضاعها للاختبارات لتحديد النسب الصحيحة لمكونات هذه الخلطات وبذلك يتم تحديد الشروط المثلى لاستخدام هذه الرمال في عملية السباكة.

الفصل الأول

خليطة رمال السباكة

الفصل الأول

خليطة رمال السباكة

Foundry sand mixture

تُعرف رمال السباكة على أنها مواد تستخدم لتشكيل القوالب الرملية (Sand moulds)، ويمكن أن تكون رمال السباكة رمال طبيعية (تحوي مواد غضارية طبيعية يمكن مزجها مع الماء واستخدامها لتشكيل القالب) أو رمال تركيبية(وهي رمال طبيعية تُغسل لإزالة الغضار والشوائب الأخرى منها وتفحص بعناية وتصنف لإعطاء التوزع الحجمي(Size Distribution) المرغوب فيه، ومن ثم تمزج مع غضار(Clay) ومواد أخرى لإنتاج رمل محسن للمسبوكة المراد صبها)، وتكون هذه الرمال قابلة للاستعمال مباشرةً بعد التحضير في تشكيل القوالب والنوى الرملية (sand cores)، ويجب أن تتوافر في رمال السباكة خواص كثيرة أهمها الاستمرارية(Durability)، النفاذية(Permeability)، مقاومة الحرارة(Refractoriness).....

تتألف خليطة رمال السباكة من ثلاثة مكونات أساسية هي:

- **الرمال**
- **المواد الرابطة Binders**
- **الإضافات Additives**

1.1 تركيب الرمال وطرائق تصنيفها:

إن المكون الرئيسي لرمال القوالب هو ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) الذي يتواجد على شكل صخور الكوارتز(Quartz) التي تحطمت بفعل العوامل الطبيعية تترسب حبيباتها في الكثبان ومصبات الأنهار أو على شواطئ البحيرات والبحار وتعتمد الخواص المطلوبة لرمال التشكيل على عوامل كثيرة مثل نوع المعدن المطلوب صبه وتصميم المسبوكات(Castings) وأبعادها ومواصفات أخرى كالتجاوزات ونعومة السطوح. تصنف رمال السباكة كالتالي:

1 .1. 1 تصنيف رمال المسابك حسب درجة الاستعمال:

تقسم رمال المسابك حسب درجة الاستعمال إلى:

آ. خلطات جديدة: وهي رمال سيليكونية توجد في المحاجر في حالة نقية أو مخلوطة بنسب متفاوتة مع المواد الرابطة الطبيعية كما قد تحتوي على آثار ضئيلة من الكلس. وتقع في مقاسات حبيبات الرمل بين 0.06mm و0.75mm.

ب . خلطات مستعملة: وهي رمال ناتجة عن خلط نسب من الرمال الجديدة وبعض الإضافات من المواد الرابطة بالرمال التي سبق استعمالها بعد معالجتها وإعدادها للاستعمال مرة أخرى.

2.1.1 تصنيف الرمال الموجودة في الطبيعة حسب نسبة المواد القلوية العالقة بها:

يبين الجدول(1 ـ 1) تصنيف الرمال الطبيعية حسب نسبة المواد القلوية العالقة بها.

الجدول(1 ـ 1) تصنيف الرمال الطبيعية حسب نسبة المواد القلوية العالقة بها

النوع	الرمز	النسبة المئوية للمواد القلوية العالقة
رمال سيليكونية	ط 0.5	0 - 0.5
	ط 3	0.5 – 3
رمال مخلوطة طبيعيا	ط 12	3 – 12
	ط 20	12 – 20
	ط 30	20 – 30

3.1.1 تصنيف الرمال الطبيعية حسب متوسط قياس الحبيبات:

يبين الجدول(1 ـ 2) تصنيف الرمال الطبيعية حسب متوسط قياس الحبيبات.

الجدول(1 ـ 2) تصنيف الرمال الطبيعية حسب متوسط قياس الحبيبات

الدرجة	الحد الأقصى لمتوسط مقاس الحبيبات مم(مضروب بمائة)	متوسط مقاس الحبيبات (مم)
ناعم	20	0.1 - 0.2
متوسط	35	0.2 - 0.35
خشن	50	0.35 - 0.5

4.1.1 تصنيف الرمال حسب نقاوتها:

1 . الرمل السيليكوني نوع أول: يحتوي على الأكثر (2%) من المواد الغضارية وعلى الأقل (97%) منSiO_2.

2 . الرمل السيليكوني نوع ثاني: يحتوي على الأكثر (2.5%) من المواد الغضارية وعلى الأقل (90%) من SiO_2.

5.1.1 تصنيف الرمال حسب كمية الغضار:

تصنف رمال القوالب الغضارية حسب كمية الغضار إلى:

1 . رمل غني يحتوي على % (40 – 25) غضار.

2 . رمل معتدل يحتوي على % (25 –10) غضار.

3 . رمل فقير يحتوي على % (10 – 2) غضار.

6.1.1 تصنيف الرمال حسب التركيب الكيميائي للمكون الرئيس للرمل:

تقسم الرمال حسب الخواص الكيميائية للمكون الرئيس للرمل إلى: حامضية، قلوية، أو معتدلة.

7.1.1 تصنيف الرمال حسب مجال استعمال خلائط الرمال:

تقسم الرمال إلى رمال القوالب ورمال النوى، قد تكون النوى جافة أو رطبة وهي بنوعيها جافة أو رطبة تصنع من الرمال ومادة رابطة. ويكون الرمل المستعمل عادةً من رمل الكوارتز أو الرمل الذي يحوي نسبة مرتفعة من السيليكون.

. رمال القوالب:

تقسم بدورها إلى:

- رمال القوالب الرطبة
- رمال القوالب الجافة

. رمال النوى(Core Sand):

يمكن تقسيم رمال النوى إلى أربع مجموعات:

1 . رمال غضارية.

2 . رمال غضارية مع نشارة خشب.

3 . رمال لاكار.

4 . رمال الزيت.

يتشابه تركيب الرمال الغضارية والرمال الغضارية مع نشارة الخشب مع تركيب رمال القوالب للتجفيف ولأن النواة تكون معرضة لإجهادات فيجب أن تكون مقاومة للحرارة ولها نفاذية عالية ولهذا فإن كمية الرمل الجديد في تركيبها أكثر.

إذا تطلب أن تكون النواة من رمال ذات نوعية أكثر جودة (عند المسبوكات المعقدة وذات السماكة الرقيقة) فأنه يستعمل رمل خال من الغضار مضاف إليه مواد عضوية أي رمال نوى تركيبية.

2.1عياريات رمال السباكة Standards:

في أغلب الدول الصناعية، وبعد الحرب العالمية الأولى، تم وضع عياريات لرمل السباكة وقد عدلت وطورت في ضوء نتائج الخبرات والتجارب، ويمكن لعيارات رمال السباكة أن تبدأ من تركيبها أومن خواص مركباتها وبصورة عامة يعد تركيب الرمال أساساً في معايرتها.

3.1 أنواع الرمال: تقسم الرمال إلى نوعين رئيسين من حيث المكون الرئيسي وهما:

ـ رمال سيليكونية: يكون فيها ثاني أكسيد السيليكون المكون الرئيس كرمال السيليكا

ـ رمال غير سيليكونية: يشكل فيها أكسيد السيليكون مع عنصر آخر المكون الرئيسي كرمل الزيركون والأليفين الكرومايت.....

4.1 رمال السيليكا (Silica sand):

تعتمد معظم القوالب والنوى الرملية على رمال السيليكا وذلك لكونها أكثر مواد الصب وفرة والأقل تكلفة. تستخدم رمال أخرى لتطبيقات خاصة عندما يكون هناك حاجة لمقاومة حرارية أعلى، موصلية حرارية أكبر أو تمدد حراري أقل.

تتألف رمال السيليكا من حبيبات السيليكا التي تتشكل بسبب تفكك الصخور الضخمة بفعل عوامل الطبيعة (الرياح، الماء، درجة الحرارة، الصقيع....) وكثيراً ما تبتعد الحبيبات المتشكلة بفعل الماء المتدفق أوالرياح قبل أن تترسب على ضفاف الأنهار، قيعان البحيرات أو في البحر. تتواجد الترسبات الحديثة على السطح بينما تُدفن الترسبات القديمة مع مرور الزمن لأعماق أكبر بسبب الترسبات الحديثة أو بسبب تغيرات في تشكيل الأرض.

تتركب رمال السيليكا من ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) الذي يكون على شكل كوارتز، يعد ثاني أكسيد السيليكون المادة الرئيسة في الرمال الطبيعية وحتى التركيبية، له حجم حبيبات مقبول ومقاوم جيد للحرارة إلا أن سيئاته تتمثل:

1 ـ بنسبة تمدده الحراري(Thermal Expansion) العالية التي تسبب عيوب التمدد السطحية في المسبوكات مثل Finning، Veining ،التقشر(Scabbing) ويبين الشكل(1 ـ 1) خصائص التمدد الحراري لرمال الزيركون، الشاموت، أوليفين مقارنةً مع رمل السيليكا، حيث يبلغ التمدد الخطي للسيليكا عند درجات الحرارة المرتفعة 1.6% وهي قيمة كبيرة مقارنة مع باقي الرمال التي تتمتع بتمدد حراري منخفض خاصة الزيركون.

2 ــ طبيعته الحامضية التي تؤثر بشكل سيء في صب المعادن التي تشكل أكاسيد قلوية (الفولاذ المنغنيزي) حيث لأول أكسيد المنغنيز طبيعة قلوية وبتفاعله مع SiO_2الحامضي يتشكل مركب درجة حرارة انصهاره منخفضة ويحدث بما يسمى الشوي الكيميائي.

يبلغ الوزن النوعي للسيليكون$2.6g/cm^3$ ودرجة حرارة انصهاره $1700C°$ ويتمتع بمقاومة جيدة للتأثيرات الكيميائية. يتواجد السيليكون بأطوار مختلفة. أن التحول من طور إلى آخر مرتبط بتغيرات حجمية ويلاحظ عند السيليكون تحولان رئيسيان مع درجة الحرارة هما:

1 ـ تحول سريع يحدث خلال ثوان مع درجة الحرارة وهي تحولات رجوعية.

2 ــ تحول بطيء يحدث خلاله تغيرات أساسية في الشبكة البلورية وغالباً ما تكون هذه التغيرات لارجوعية.

ويتواجد السيليكون في الأطوار التالية:

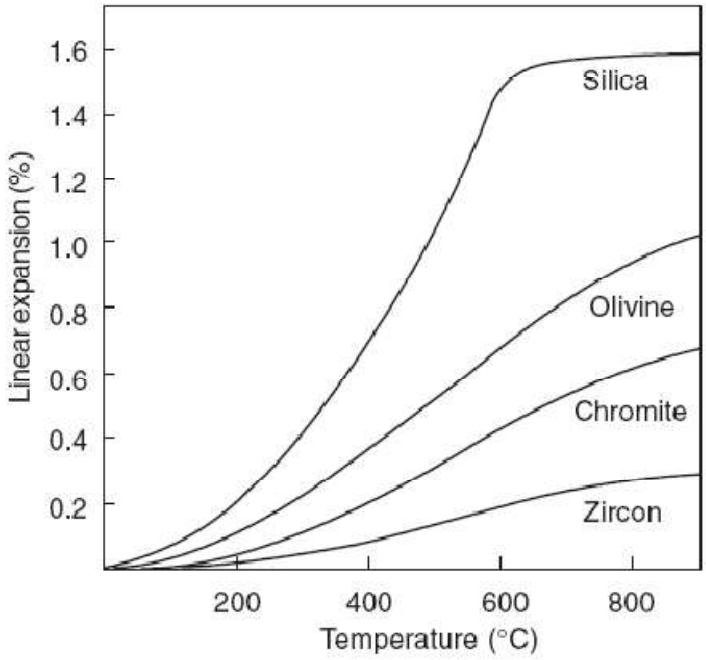
ـ سيليكون α،β.

ـ تريميديت α،β،γ .

ـ كريستوباليت α،β.

ـ سيليكون زجاجي.

وتعد الأنواع β،α الأكثر استعمالاً، ويحدث التحول عند درجة حرارة 573C°،[1].



شكل(1 ـ 1) خصائص التمدد الحراري لرمال الزيركون، الشاموت، أوليفين مقارنة مع رمل السيليكا [2]

أن درجات الحرارة التي يتلبد عندها رمل السيليكا موضحة بالجدول(1 ـ 3).

الجدول(1 ـ 3) درجات الحرارة التي يتلبد عندها رمل السيليكا[2]

الرمل	درجة حرارة التلبد(C°)
رمل السيليكا عالي النقاوة يحتوي 99% كوارتز	1450
رمل السيليكا متوسط النقاوة يحتوي	1250
رمل البحر (محتوى shellعالي)	1200
رمل مربوط بغضار طبيعي	1150-1050

1.4.1 خصائص رمل السيليكا المستخدم في السباكة

1.1.4.1الثبات الكيميائي

من الخواص المهمة للرمال ثباتها الكيميائي عند درجات الحرارة المرتفعة فانخفاض الصمود الكيميائي نتيجة لتكوين السيليكات ذات نقطة الانصهار المنخفضة(Low Fusion Point) يؤدي إلى العديد من العيوب السطحية، فكلما ازدادت نسبة الأكاسيد وبخاصة أكاسيد القلويات والقلويات في الرمال

انخفضت نقطة انصهارها، يبين الجدول (1 ـ4) النسب المئوية المثلى لمكونات رمل السيليكا كما يبين تأثير كل مكون في خصائص الرمل.

جدول (1 ـ4) النسب المئوية المثالية لمكونات رمل السيليكا

أكسيد السيلكون SiO_2	96% −95% كحد أدنى	كلما كانت نسبة السيليكا أكبر كلما كان الرمل أكثر مقاومة حرارياً
الفقد بالاحتراق	0.5% كحد أعلى	تمثل شوائب عضوية
أكسيد الحديد Fe_2O_3	0.3% كحد أعلى	يقلل أكسيد الحديد من مقاومة الانصهار
أكسيد الكالسيوم CaO	0.2% كحد أعلى	يرفع من قيمة المطلب الحمضي
أكسيد البوتاسيوم K_2O	0.5% كحد أعلى	يخفض من مقاومة الانصهار
قيمة المطلب الحمضي	6 ml كحد أعلى	القيمة العالية ضارة
PH	4	يؤثر على المواد الرابطة المحفزة

2.1.4.1 شكل الحبيبات (Grain Shape):

يُحدد شكل الحبيبات من ناحيتين:

1 ـ التزوي (angularity): تتفاوت أشكال حبيبات الرمل فيما بينها ويقدر تزوي الرمل بالفحص البصري بمجهر منخفض الطاقة و يقارن مع المخططات المنشورة.

أشكال الحبيبات حسب التزوي:

ـ حبيبات مدورة بشكل جيد (well rounded)

ـ حبيبات مدورة (rounded)

ـ حبيبات شبه مدورة Sub – rounded

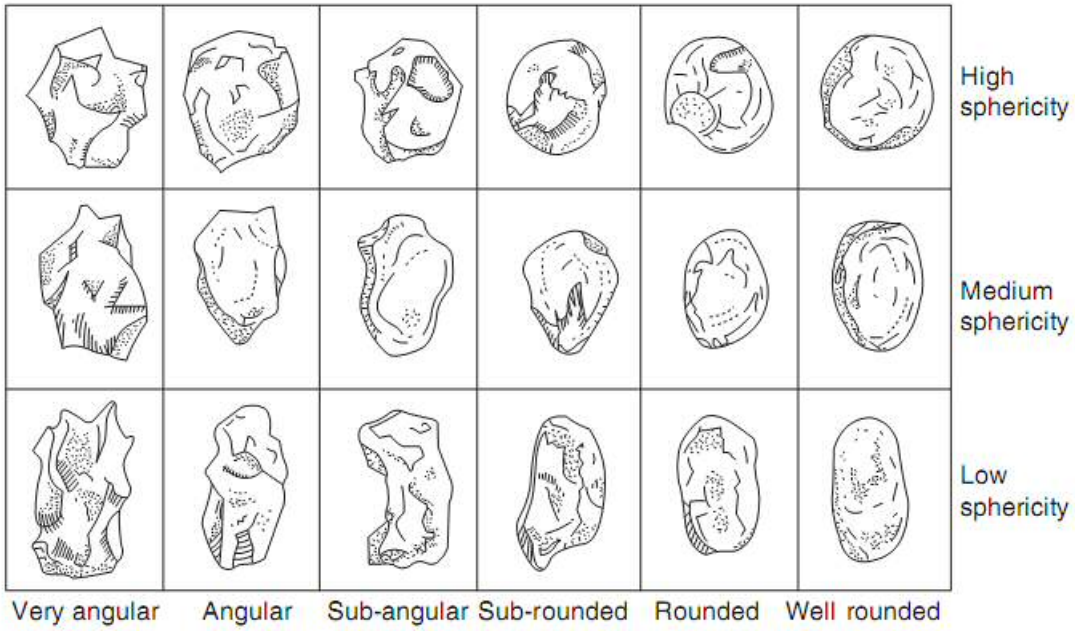
ـ حبيبات شبه زاوية sub – angular

ـ حبيبات زاوية

ـ حبيبات زاوية جدا

2 ـ التكور(Sphericity): عند كل درجة تزوي تتمتع الحبيبات درجة تكور كروية عالية أو متوسطة أو منخفضة.

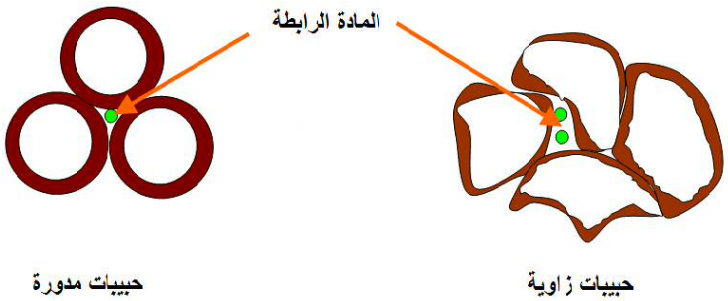
يبين الشكل(1 ـ 2) أحد المخططات التي يقارن معها أشكال الحبيبات الرملية



الشكل(1 ـ 2) أشكال الحبيبات الرملية

يكون لشكل الحبيبات دور هام في التحكم بنفاذية ومتانة القالب(strength)، حيث يؤثر شكل الحبيبات في المساحة السطحية للرمل، فزيادة هذه المساحة تؤدي إلى زيادة في كمية المادة الرابطة المطلوبة (عادة غضار أو ماء) والتي تؤثر بدورها في نفاذية القالب. تتمتع الحبيبات المدورة ذات الكروية العالية أو المتوسطة بمساحة سطحية منخفضة بالنسبة لحجمها، لذلك فهي تتطلب مادة رابطة أقل كما أن شكلها يُكسب القالب متانة أكبر لأنها سهلة الرك (Compaction) في حين أن الرمال ذات الحبيبات الزاوية تتطلب كمية أكبر من المادة الرابطة بسبب مساحتها السطحية الأكبر وتُكسب القالب متانة أقل بسبب صعوبة ركها، ويوضح الشكل(1 ـ 3) والشكل (1 ـ 4) ما سبق.

وكنتيجة لذلك تستخدم الحبيبات المدورة مع كروية عالية أو متوسطة لصناعة النوى لما تتمتع به من صفات جيدة من حيث النفاذية والمتانة.



الشكل(1 ـ 3) المادة الرابطة التي تحتاجها الحبيبات الزاوية والحبيبات المدورة

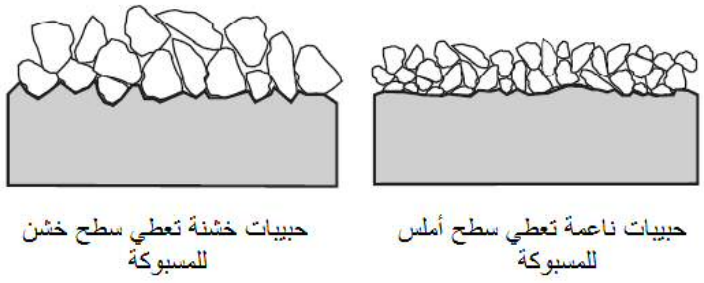


حبيبات مدورة مركوكة حبيبات زاوية مركوكة

الشكل(1 ـ 4) سهولة رك الحبيبات المدورة وصعوبة رك الحبيبات الزاوية

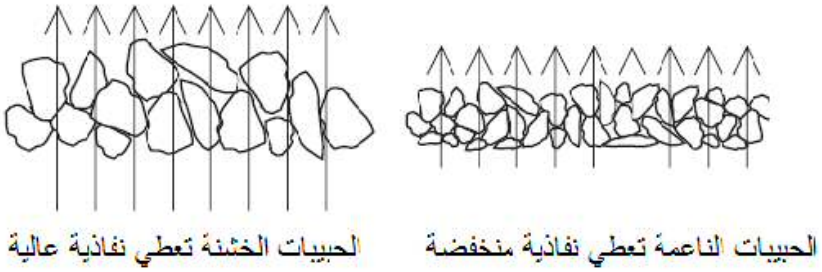
3.1.4.1 التوزع الحجمي (Size distribution):

يؤثر التوزع الحجمي لحبيبات الرمل في جودة سطح المسبوكات. فالرمال ذات الحبيبات الخشنة تسمح بتغلغل المعدن في الطبقة السطحية للقوالب والنوى مما يعطي المسبوكات إنهاء سطحي(Surface Finish) خشن بينما تُكسب الرمال ذات الحبيبات الناعمة المسبوكات إنهاء سطحي أنعم كما هو مبين بالشكل (1 ـ 5).



الشكل(1 ـ 5) تأثير حجم الحبيبات على سطح المسبوكة

يحتل التحكم بالتوزع الحجمي للرمل أهمية أكثر من التحكم بشكل حبيباته، لأن التوزع الحجمي للحبيبات (الذي يتضمن التوزع الحجمي للرمل الأساس مضافاً إليه توزع الحبيبات المتحطمة والحبيبات الدقيقة (Fines) من رمل القوالب ورمل النوى المعاد استخدامها) يؤثر بكل من المساحة السطحية للرمل ومسامية القالب (porosity) التي تتحكم بدورها بنفاذية القالب، والنفاذية هي قدرة القالب على السماح للغازات المتبخرة أثناء الصب على الخروج من القالب، تنتج المسامية العالية عندما يكون للحبيبات الحجم نفسه، وعندما يكون حجم الحبيبات كبيراً تكون النفاذية عالية إلا أن الإنهاء السطحي للمسبوكات سيكون سيئاً ويوضح الشكل(1 ـ 6) كيف أن الحبيبات الخشنة تسمح بمرور الغازات أكثر من الحبيبات الناعمة.



الشكل(1 ـ 6) تأثير حجم الحبيبات على النفاذية

يمكن ربط النفاذية العالية والإنهاء السطحي الخشن بالرمال الخشنة والموحدة الحجم، وربط النفاذية الضعيفة والإنهاء السطحي الناعم بالرمال الناعمة.

تستخدم معظم المسابك في الولايات المتحدة الأمريكية رقم نعومة الحبيبات (AFS) (الجمعية الأمريكية للسباكين) كمؤشرٍ عام على نعومة الرمل.يُعرف الـ AES رقم نعومة حبيبات الرمل على أنه عدد الفتحات في كل بوصة من المنخل المعطى الذي يمرر حبيبات العينة فقط إذا كانت ذات حجم موحد.

4.1.4.1 المطلب الحمضي:

يؤثر التركيب الكيميائي للرمل في قيمة المطلب الحمضي التي لها تأثير هام في على كميات المحفز(Catalyst) المطلوبة للمواد الرابطة المتصلبة على البارد(Cold setting - Binders) والمعتمدة على المحفزات الحامضية في تصلبها. ويُعرف المطلب الحمضي على أنه حجم حمض كلور الماء ذو التركيز 0.1 المطلوب لتعديل قلوية 50g من الرمل. تحتاج الرمال ذات قيمالمطلب الحمضي الأعلى من 6ml كميات كبيرة من المحفز الحامضي بينما تُعدُّ الرمال ذات قيم المطلب الحمضي الأعلى من 15 ml- 10غير مناسبة لمجموعة المواد الرابطة المتصلبة بالمحفز الحامضي.

2.4.1 خصائص رمل السباكة السيليكونية النموذجية:

رمل Chelford 60 (الرمل المستخدم عموماً في UK(المملكة المتحدة) كقاعدة للرمل الرطب والقوالب والنوى المربوطة بالراتنج).

شكل الحبيبات: مدور، متوسط الكروية

الكثافة الحجمية: 1490 Kg/m^3 ($93lb/Ft^3$)

المساحة السطحية المحددة GF:g/ 140 cm^2

التحليل الكيميائي: يبين الجدول (1 ـ 5) التحليل الكيميائي لرمل Chelford 60

الجدول (1 ـ 5) التحليل الكيميائي لرمل Chelford 60

LOI	Cr_2O_3	TiO_2	CaO	Na_2O	K_2O	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2
0.3	15ppm	0.06	0.1	0.15	0.73	1.6	0.11	**97.1**

LOI: الفقد بالاحتراق

التوزع الحبيبي لرمل chelford 60:

يبين الجدول(1 ـ 6) التوزع الحبيبي لرمل Chelfor 60

الجدول(1 ـ 6) التوزع الحبيبي لرمل Chelford 60

الوزن المتبقي على كل منخل %	رقم الفتحة حسب BSS	حجم الفتحة (µm)
لا شيء	16	**1000**
0.4	22	**700**
2.3	30	**500**
10	44	**355**
25.7	60	**250**
23.8	72	**210**
28.7	100	**150**
7.6	150	**105**
1.3	200	**75**

رقم نعومة الحبيبات حسب AFS: 59

النفاذية الأساسية: 106

3.4.1 المعالجة الآمنة لرمل السيليكا:

يمكن أن تسبب رمال السيليكا الدقيقة (حجم الحبيبة أقل من 5 ميكرون) مشاكل تنفسية لذلك تُغسل الرمال الجديدة لإزالة الأجزاء ذات الحجوم الخطيرة، ويجب أن يُدرك أن عمليات محددة مثل القذف بالرمل (التنظيف بالرمل) (Shot blasting) ، طحن الرمل أو استصلاح الرمل يمكن أن تخفض من حجم الحبيبات منتجة غبار السيليكا الناعم الذي يكون حجم حبيباته ضمن المجال الضار أقل من 5 ميكرون. يجب أن تتم حماية العاملين و ذلك باستخدام التهوية الكافية وارتداء أقنعة الوجه المناسبة.

5.1 رمال غير سيليكونية (Non-silica sands):

تتميز هذه الرمال بقلة تفاعلاتها وارتفاع درجة انصهارها وامتصاصها العالي للحرارة. أن استعمال خلطات هذه الرمال بخاصة في رمال الوجه يقلل من العيوب السطحية كالفجوات الرملية وذلك نتيجة لانخفاض معدل تمددها الحراري إلا أنه يعيب هذه الرمال ارتفاع تكاليفها والارتفاع النسبي لوزنها وأخيرا ندرة وجودها في الطبيعة إذا ما قورنت بالرمال السيليكونية ومع ذلك فأن إنتاج مسبوكات ذات أسطح عالية الجودة تقل معه تكاليف التنظيف والإنهاء الميكانيكي قد يعوض زيادة تكاليف استعمال هذه الرمال أو يكون أفضل اقتصادياً.

1.5.1الزيركون (Zircon):

هو سيليكات الزركونيوم ($ZrSiO_4$) ذو مقاومة حرارية عالية، يتمتع رمل الزيركون بوزن نوعي عالي(Specific gravity) وموصلية حرارية(thermal conductivity) كبيرة وتعمل هذه الخصائص على تبريد المسبوكات بشكلٍ أسرع من رمل السيليكا(تكسب هذه المزايا رمل الزيركون معدل تبريد أكبر بأربع مرات من معدل تبريد الكوارتز)، كما أن معامل التمدد الحراري للزيركون منخفض جداً لذلك يمكن أن تكون عيوب التمدد معدومة عند استعماله. للزيركون مقاومة انصهار أعلى من السيليكا وعلاوة على ذلك لا يتفاعل الزيركون مع أكسيد الحديد لذلك يمكن تجنب عيوب احتراق الرمل (burn-on defects) في حال استعماله[2]. يبين الشكل(1 ـ 7) رمل الزيركون.



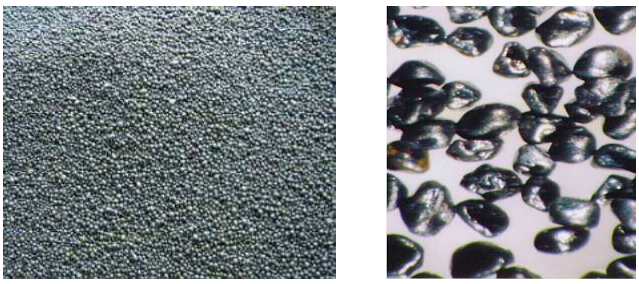
الشكل(1 ـ 7) رمل الزيركون

لرمل الزيركون توزع حجمي ناعم، رقم AFS له يقع بين 65 و140، الدرجة الأكثر استخداماً هي حوالي 100AFS. يتطلب الزيركون مادة رابطة أقل من باقي الرمال لأن حبيباته مدورة ويُستخدم مع المواد الرابطة الكيميائية(chemical binders) من أجل صب مسبوكات فولاذية عالية الجودة ومسبوكات الحديد التي تتضمن نوى معقدة. وذلك يعود لقيمة المطلب الحمضي المنخفضة للزيركون. التكلفة العالية لرمل الزيركون جعلت استصلاحه(Reclamation) ضرورياً.

2.5.1 الشاموت (Chromite):

الشاموت $FeCr_2O_4$ هو رمل أسود ذو حبيبات زاوية، ومقاومة حرارية عالية لا يتفاعل كيميائياً، يتمتع بخصائص تبريد ممتازة من وزن نوعي عالي وموصلية حرارية عالية، التمدد الحراري له منخفض لذلك من غير المحتمل أن تحدث عيوب التمدد. ولديه مقاومة لتغلغل المعدن أعلى من مقاومة الزيركون على الرغم من توزعه الحجمي الخشن، عموماً AFS له هو 70 [2].

يبين الشكل(1 ـ 8) صورة لرمل الشاموت.

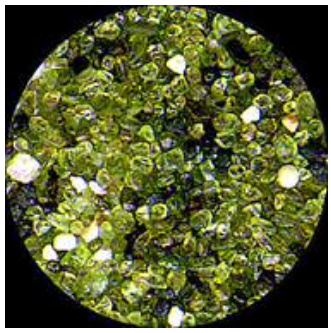


الشكل(1 ـ 8) الرمل الشاموت

أن قيمة المطلب الحمضي للشاموت أعلى بعض شيء من الرمال الأخرى الأمر الذي يستلزم إضافات أكثر من المحفز الحمضي عندما يُستخدم راتنج (Resin) Furane، ما عدا ذلك الرمل متوافق مع جميع مجموعات المواد الرابطة العادية. يُستخدم الشاموت عموماً لصب الفولاذ لميزة التبريد التي يتمتع بها ومن الضروري تحديد نسبة أكسيد الكالسيوم وثاني أكسيد السيليكون في رمل الشاموت لتجنب حدوث التلبد والتفاعل مع المعدن المصهور التي تسبب الاحتراق Burn – in. من الصعب استصلاح رمل الشاموت لأن تلوثه بالسيليكا يخفض مقاومته للانصهار بشكل كبير.

3.5.1 أوليفين Mg_2SiO_4 (Olivine):

مادة الأوليفين (تدعى بهذا الاسم بسبب لونها الأخضر المميز) وهي محلول صلب من Forsterite (Mg_2SiO_4) و Fayalite (Fe_2SiO_4) تتغير خصائصها الفيزيائية بتغير تركيبها الكيمائي. يستخدم الأوليفين بشكل رئيس لإنتاج مسبوكات فولاذ المنغنيز الأوستينيتي (الذي يتفاعل مع السيليكا والرمال الأخرى مسبباً عيوب الاحتراق الخطيرة) ويستخدم أيضاً لتجنب الأخطار الصحية الممكنة مع رمل السيليكا. يتمتع رمل الأوليفين بقيمة عالية للمطلب الحمضي لذلك هو غير مناسب للمواد الرابطة المعتمدة على المحفزات الحامضية مثل راتنجات Furane، ولكونه صخر محطم فهو زاوي جداً ويتطلب كمية كبيرة من المادة الرابطة. التمدد الحراري منظم ومنخفض جداً. يبين الشكل(1 ـ 9) صورة لرمل الأوليفين[2].



الشكل(1 ـ 9) رمل الأوليفين

4.5.1 سيليكات الألمنيوم (Aluminum Silicates):

تتواجد سيليكات الألمنيوم (Al_2SiO_5) بثلاث أشكال شائعة وهي: Kyanite كاينيت (ضرب من سيليكات الألمنيوم البلورية) وSillimanite وAndalusite وجميعها تتحطم عند درجات الحرارة العالية لتشكل Mullite (معدن مولايت السليكاتي) والسيليكا. حبيبات سيليكات الألمنيوم زاوية جداً وتتمتع بمقاومة حرارية عالية وتمدد حراري منخفض ومقاومة عالية للصدمة الحرارية. تستخدم بشكل واسع في السباكة بطريقة الشمع المهدور الدقيقة، غالباً تمزج مع الزيركون.

يبين الجدول(1 ـ 7) خصائص الرمال غير السيليكاتية مقارنة مع رمل السيليكا[3].

5.5.1 الكورونـدوم(Korundum):

بزيادة نسبة Al_2O_3 في الشاموت تزداد مقاومته للحرارة ويعد Al_2O_3 هو الكورندوم الصافي. درجة انصهاره بحدود2000°C وهو مادة مقاومة للتأثيرات الكيميائية، وللاستخدامات التقنية يستعمل ما يسمى بالكتروكورندوم. وبسبب كونه مرتفع السعر فيستخدم فقط في حالات خاصة ولمسبوكات خاصة. كما ويمكن أن يستخدم كمادة رئيسة في تغطية أو رش وجه القالب لمسبوكات الفولاذ[1].

الجدول(1 ـ 7) خصائص الرمال غير السيليكاتية مقارنة مع رمل السيليكا[2]

الخاصية	سيليكا	زيركون	شاموت	أوليفين
رقم نعومة الحبيبات AFS	60	102	74	65
شكل الحبيبات	مدور	مدور	زاوي	زاوي
الوزن النوعي	2.65	4.66	4.52	3.3
الكثافة Kg/m^3	1490	2770	2670	1700
التمدد الحراري 20 - 1200°C	1.9%	0.45%	0.60%	1.10%

ـ يؤثر الوزن النوعي على خاصية التبريد للرمل، فكلما كان الرمل يتمتع بوزن نوعي مرتفع كلما برد الرمل بشكل أسرع، وكان أقل تفاعلاً مع المعدن المصهور.

ـ تعتمد درجة الرك على الكثافة الحجمية للرمال

6.1 الرمل الرطب (Green sand):

استخدمت الطريقة السابقة لربط حبيبات الرمل مع بعضها لتشكيل قالب رملي كلاً من الغضار والماء كمادة رابطة. تُستخدم القوالب الرملية في الحالة الرطبة " Green " أي غير مجففة (لذلك مصطلح الصب بالرمل الأخضر) أو يمكن أن توضع القوالب الرطبة بفرن ذي درجة حرارة منخفضة بهدف تجفيفها وزيادة متانتها. يعتبر استخدام الرمال المجففة والمربوطة بالغضار في هذه الأيام قليلاً حيث استبدل الغضار بمواد رابطة كيميائية، لكن لا يزال الرمل الرطب وسط الصب الأوسع استخداما خصوصاً لمسبوكات الحديد متوسطة الحجم.

يمكن استخدام رمال القولبة المربوطة بالغضار مراراً وتكراراً بإضافة:

ـ الماء لاستبداله بالماء الذي فُقد خلال الصب.

ـ الغضار الذي سُخن لدرجة حرارة عالية وخسر طاقته الالتصاقية وأصبح تالفاً.

ـ غبار الفحم الذي تحول جزئياً إلى رماد بالحرارة.

بعد إضافة العناصر السابقة يتم طحن الرمل ليحتفظ بخصائصه السابقة. يتمتع الرمل الرطب النموذجي لصب المسبوكات الحديدية بالخصائص المبينة بالجدول(1 ـ 8)[2].

الجدول(1 ـ 8) الخصائص النموذجية التي يجب أن يتمتع بها الرمل الرطب لصب المسبوكات الحديدية

الخصائص	آلات رك الرمل بالهز والكبس	آلات رك الرمل بالضغط
نسبة الماء	3 – 4%	2.5 – 3.2%
المتانة الرطبة	70 –100 kPa	150 –200 kPa
نسبة الرك	45 – 52%	38 – 40%
النفاذية	80 –110	80 –100
نسبة الغضار الفعال	5.0 – 5.5%	6.0 –10.0%
نسبة المواد المتطايرة	2.50%	2.0%

التوزع الحجمي النموذجي للرمل المناسب لصب الفولاذ والحديد مبين بالجدول(1 ـ 9)

الجدول(1 ـ 9) التوزع الحبيبي النموذجي للرمل المناسب لصب الفولاذ والحديد

قياس فتحة المنخل (µm)	النسبة المئوية لوزن الرمل المتبقي على كل منخل
710	0.14
500	1.42
355	5.44
250	22.88
212	19.64
150	26.74
106	9.7
75	2.84
Pan	1.1

7.1المواد الرابطة Binders:

هي تلك المواد التي تعمل على ربط حبيبات الرمل مع بعضها البعض، لهذه المواد تأثير كبير في تكوين الغازات خلال عملية الصب. تتنوع المواد الرابطة وتختلف فيما بينها بصفاتها الجيدة والسيئة و أهم أنواعها:

1.7.1 الغضاريات Clays:

هي مواد ترابية تحتوي 50% على الأقل من الغضار والباقي كسيرات من الرمل والغبار. لا يزيد مقياس حبيباتها على 0.02mm، وينتج الغضار من حث الصخور وتحللها، يعد الغضار أكثر المواد الرابطة استخداماً لوفرة تواجده في الطبيعة ولخواصه التقانية الجيدة فهو يتصف بخواص التماسك والتلاصق والليونة، تنتج قوى التماسك والتلاصق في قوالب الرمل من تفاعل الغضار والماء.

يقسم الغضار إلى ثلاث مجموعات هي:

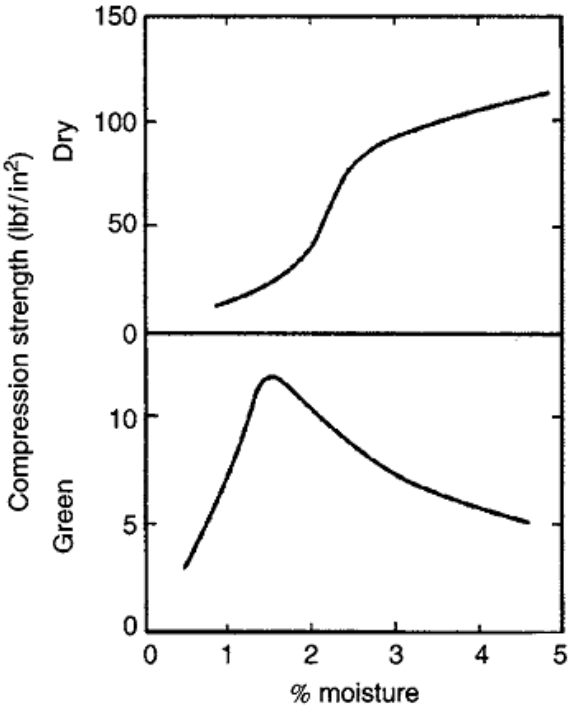
1 ـ الغضار الكاؤليني

2 ـ الغضار الاليتيكي

3 ـ الغضار المونموريلوني

إذا احتوى الغضار الطبيعي على أكثر من 75% من النوع المونموريلوني فيسمى بالبنتونيت (Bentonite) وهو يعطي تماسكاً أكبر من تماسك الأنواع الأخرى[1].

يعتمد نشوء قوة الربط بين حبيبات الرمال على ترطيب الغضار، تزداد المتانة الرطبة(Green strength) لخليط القولبة مع زيادة نسبة الماء حتى تصل المتانة إلى قيمة عظمى بعد هذه القيمة أي زيادة في نسبة الماء ستؤدي إلى انخفاض المتانة كما هو موضح بالشكل(1 ـ 10)، أما المتانة الجافة(Dry strength) فتزداد كلما ازدادت نسبة الماء ويعود ذلك إلى تحسن توزع المادة الرابطة وبلوغ كثافة حجمية أعلى، وبتحديد نسبة الماء المناسبة يمكن تحقيق خصائص المتانة المطلوبة مع استعمال كمية أقل من الغضار[4].



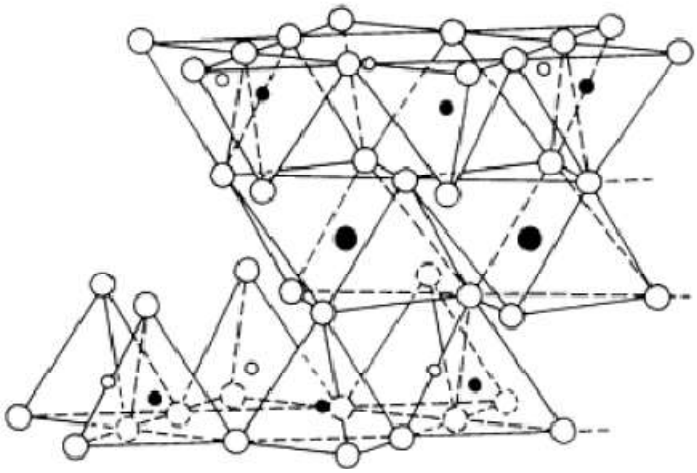
الشكل(1 ـ 10) تأثير محتوى الرطوبة في المتانة الرطبة والجافة لرمال القولبة

1.1.7.1البنتونيت (Bentonite):

إن الغضاريات الأكثر استخداماً في ربط قوالب الرمل الرطب هي البنتونيتات، والتي هي أشكال Montmorillonite (معدن مونتمور يلورايت السيليكاتي) أوسيليكات الألومين المائية. يتشكل Montmorillonite على شكل رباعي سطوح من ذرات السيليكون محاطة بذرات الأوكسجين وذرات الألمنيوم محاطة بذرات أوكسجين كما هو موضح بالشكل (1 ـ 11) وهي بنية طبقية حيث تتوضع

جزيئات الغضار على شكل صفائح مستوية يتكاثف الماء على سطوحها، وهذا الماء هو الذي يجعل البنتونيت يتمدد بوجوده ويتقلص وينكمش عندما يُجفف.

يوجد نوعان من البنتونيت: بنتونيت الصوديوم وبنتونيت الكالسيوم وكلاهما يستخدمان في رمال السباكة ولكن لكل منهما خصائص مختلفة بعض الشيء. يُعرف بتنونيت الصوديوم في الولايات المتحدة الأمريكية بالبنتونيت الغربي، أما بنتونيت الكالسيوم فيُعرف باسم البنتونيت الجنوبي.



الشكل (1 ـ 11) تركيب Montmorillonite، الدوائر الكبيرة هي الألمنيوم، المغنزيوم، الصوديوم أو الكالسيوم، الدوائر الصغيرة المغلقة هي السيليكون، الدوائر الكبيرة المفتوحة هي الهيدروكسيل، الدوائر الصغيرة المفتوحة هي الأكسجين.

بنتونيت الصوديوم:

في هذا البنتونيت، بعض ذرات الألمنيوم يتم استبدالها بذرات الصوديوم وهذا يعطي الغضار شحنة سلبية تزيد من فعاليته وقدرته على تكثيف الماء. يمنح البنتونيت متانة جافة ورطبة لرمل القالب، و لديه ميزات لاستخدامه مع السبائك الحديدية وهي كالتالي:

ـ أولاً يُظهر بنتونيت الصوديوم درجة عالية من المرونة والمتانة والتشوه ويعطي تزليقية(Lubricity) جيدة وذلك عندما يُبلل بشكل كامل بالماء. يمنح بنتونيت الصوديوم رمل القولبة والمركوك بشكل موحد حول النموذج متانة ممتازة للقالب.

ـ ثانياً بسبب قدرته على الانتفاخ بسبب الماء إلى حجم يصل 13 ضعفاً من حجمه الأصلي يُعدٌّ البنتونيت عاملاً ممتازاً بين حبيبات الرمل بعد دك القالب لذلك يلعب دوراً هاماً في تخفيض العيوب الناتجة عن تمدد الرمال.

ـ أخيراً يتمتع بنتونيت الصوديوم بدرجة كبيرة من الاستمرارية وتسمح هذه الخاصية بإعادة استخدام الرمل المربوط بنتونيت الصوديوم عدة مرات مع كمية أقل من الإضافات.

من المهم عند استعمال بنتونيت الصوديوم التحكم بنسبة غضارـ الماء لأن الفشل في التحكم بهذه النسبة يمكن أن تؤدي إلى رمل متصلب من الصعب قولبته وإخراج المسبوكات منه. على الرغم من أن هذه الحالات يمكن أن تخفف بإضافة مواد أخرى إلى رمل القولبة، إلا أن التحكم بالمزيج هو المفضل.

بنتونيت الكالسيوم:

تُستبدل بعض ذرات الألمنيوم في بنتونيت الكالسيوم بذرات كالسيوم ثانية، وهذا يزيد من قابلية التبادل الآيوني للغضار. بنتونيت الكالسيوم هو غضار أقل انتفاخاً، ويختلف عن بنتونيت الصوديوم في المجالات التالية :

ـ يعطي متانة انضغاط رطبة أكبر ويقلل من وقت عملية الخلط (mulling)

ـ يعطي متانة انضغاط جافة أقل ب 30 – 40 %

ـ عطي متانة انضغاط ساخنة أقل والتي تحسن من خصائص إخراج المسبوكة من القالب (shakeout characteristics.)

ـ يتدفق الرمل المربوط ببنتونيت الكالسيوم بسهولة أكثر من بنتونيت الصوديوم و يمكن أن ينضغط لكثافات أعلى بضغط أقل لذلك يفضل استخدامه مع النماذج المعقدة الحاوية على شقوق(crevices) وجيوب(pockets).

يتطلب أيضاً استخدام بنتونيت الكالسيوم تحكم جيد بنسبة ماء ـ غضار، حيث يتطلب بنتونيت الكالسيوم ماءاً أقل مما يتطلبه بنتونيت الصوديوم وهو أقل استمرارية.

عملياً، من الشائع مزج بنتونيت الصوديوم والكالسيوم معاً لتحسين خصائص الرمل بالنسبة لنوع المسبوكة ومعدات القولبة والمعدن المراد صبه. تفقد البنتونيتات الماء المتكاثف عند درجات الحرارة العالية فإذا تم تسخين خليط الرمل والغضار لدرجة حرارة أعلى من600ºC(1110 ºF) فإن الماء يخرج من التركيب البلوري للغضار وفقدان هذا الماء لا يمكن تعويضه فيفقد الغضار قدرته على الربط. إن تحمل بنتونيت الصوديوم لدرجة الحرارة العالية عائدة لحقيقة أن بنتونيت الصوديوم يحتفظ بالماء عند درجات الحرارة العالية أكثر من بنتونيت الكالسيوم[3].

2.7.1 المواد الرابطة النشوية (Cereal Binders)

تستخدم المواد الرابطة النشوية بشكلٍ رئيس لزيادة متانة وصلابة الرمل الرطب. يوجد نوعان رئيسان لهذه المواد هما النشا(Starch) والديكسترين (Dextrin).

يستخرج النشا من الحبوب والبطاطا ويُعدُّ نشا الذرة الصفراء الأكثر استخداماً لأغراض السباكة. يُعالج النشا بالتسخين ليشكل معجون النشاء ليستخدم في السباكة بهذا الشكل. أما الديكسترين فينتج بمعالجة النشا مع حمض ضعيف وطبخه عند درجة حرارة 120°C −150°C حيث تُعاد بلمرة النشا ويتحول لديكسترين الذي يذوب بالماء بحرية. تؤثر إضافات النشا والديكسترين على الالتصاق وخصائص القولبة لخلائط الرمل الرطب ويبين الجدول(1 ـ 10) تأثير النشا والديكسترين على خلائط الرمل الرطب.

الجدول(1 ـ 10) يبين تأثير النشا والديكسترين على خلائط الرمل الرطب

الخاصية	إضافة النشا	إضافة الديكسترين
القوة الرطبة	تزداد باعتدال	تزداد بعض الشيء
الصلابة	تزداد باعتدال	تزداد لدرجة كبيرة
التشوه	يزداد	يزداد
تكسير القالب	يتحسن	يتحسن لدرجة كبيرة
رك القالب	تأثير قليل	يمكن أن يتحسن الرك
الحساسية لتغير الرطوبة	تنخفض	تنخفض
القوة الجافة	تزداد بعض الشيء	تزداد لدرجة كبيرة عند المحتوى العالي للرطوبة
هشاشة سطح القالب	تزداد بعض الشيء	تنخفض لدرجة كبيرة

يُعدُّ النشا غير فعال في إكساب حواف وسطوح القالب الرملي الرطب والمجفف صلابة قليلة، بينما الديكسترين فعال في ذلك لكونه ذواب بالماء الذي ينزح إلى سطح القالب مشكلاً قشرة صلبة وقليلة الهشاشة. لا تحسن المواد الرابطة الحبوبية من مقاومة التآكل للرمل أومقاومة تغلغل المعدن إلا أنها عوامل جيدة لمقاومة تقشر السطح.

1.2.7.1استخدام المواد النشوية في خلائط القولبة :

الإضافات الفعالة للمواد الرابطة النشوية لخلائط رمل الظهارة الرطب الجديد هي ما بين 0.75 % - 0.5%. تفقد المواد الرابطة الحبوبية خصائصها المفيدة عندما تُسخن إلى درجة أعلى من 225ºC، والإضافة الموصى بها في كل مرة يُعاد فيها استخدام الرمل هي% 0.25 – 0.1 اعتماداً على كمية النشا المحترق.

يعتمد اختيار نوع المادة الرابطة النشوية المراد استخدامها على الهدف المقصود من الرمل الرطب في السباكة حيث يفضل الديكسترين لإعداد الرمل الرطب بشكل عام وعندما تجفف القوالب قبل الصب. بينما يُعدُّ النشا هو الأفضل للأعمال الكبيرة حيث مشكلة التقشر هي المشكلة الأكثر خطورة وكحل وسط لهذه المشكلة ولإعطاء الميزات المفيدة من كلا النوعين، يجب أن تضاف نسبة مئوية من النشا و الديكسترين إلى خلائط القولبة، النسبة المناسبة هي جزآن نشا إلى جزء واحد ديكسترين[2].

3.7.1 الغضار الناري (Fireclay) :

يتضمن Fireclay جوهرياً Kaolinile وسيليكات الألمنيوم المائية التي تخلط عادة مع البنتونيتات برمل القولبة. يتمتع Fireclay بمقاومة حرارية عالية جداً، لكنه يتمتع بمرونة منخفضة. يحسن من المتانة الحارة للقالب وبسبب متانته الحارة العالية يُستخدم Fireclay للمسبوكات الكبيرة ويستخدم أيضاً لتحسين التوزع الحجمي للحبيبات بخلق حبيبات دقيقة (Fines) عندما لا يمتلك الرمل الأساسي توزع واسع. بسبب استمراريته (ديمومته) المنخفضة يستخدم بشكل محدود عموماً[3].

4.7.1 السكريات: تستخدم كمواد رابطة للرمال، والسبب الرئيس في عملية تصلب السكريات هو التجفيف وحدوث ما يسمى بعملية الكرملة وأهم أنواع السكريات هي:

1.4.7.1 الميلاس(Molasses): مادة لزجة يحصل عليها من نواتج صناعة السكر سعرها منخفض نسبياً تضاف لرمال القوالب بنسبة %(3 – 2)، من سيئاتها إعطاء الرمل متانة قليلة بعد التجفيف واطلاق غازات عند الصب والحساسية لدرجة حرارة التصلب بالتجفيف، كما تمتص النوى المجففة الرطوبة بسرعة، وتكون هذه النوى غير متجانسة الخواص وغير قابلة للتخزين لمدة طويلة لذا فإن استخدام الميلاس محدود.

2.4.7.1 اللاكر: هي مادة متبقية من صناعة السيليلوز، وبالمقارنة مع الميلاس اللاكر أكثر ثباتاً. إن كثافة محلول اللاكر المستخرج منخفضة ومن أجل استخدامه كمادة رابطة ترفع كثافته إلى $1.3gr/cm^3$.

يستخدم اللاكر في رمال النوى غالباً وأحيانا في رمال القوالب الرطبة والمجففة سطحياً، لرمال القوالب الرطبة المضاف إليها اللاكر متانة منخفضة ولهذا يضاف إليها الغضار حتى 8% وزناً. إن متانة الرمال المضاف إليها اللاكر في الحالة المجففة لا تزيد على $4Kg/cm^2$ و يمكن رفع هذه المتانة بإضافة نسبة من زيت بذر الكتان %(0.8 – 0.3).

تُبخ سطوح القوالب والنواتات المصنوعة من الرمل البنتونيتي باللاكر للتقليل من جفاف الطبقة السطحية للقالب ويمنع سقوط حبيبات الرمل من وجه القالب أو النواة في فجوة القالب.

3.4.7.1 القلفونة: وهي مادة يحصل عليها من بقايا تقطير الصمغ الطبيعي ولا تضاف القلفونة وحدها إلى الرمال لأنها لا تعطي المتانة الكافية وتمتاز النوى المصنوعة بالقلفونة بعدم امتصاص الرطوبة وبمتانتها في الحالة المجففة وكذلك سهولة تحطيم الرمل وتنظيف المسبوكة بعد عملية الصب وبزيادة قابلية انهيار النواة.

4.4.7.1 الزيوت والشحوم: وتقسم حسب الأصل إلى:

- زيوت وشحوم نباتية: مثل زيت بذرة الكتان، زيت بذرة الخشخاش، زيت بذر اللفت....
- زيوت وشحوم حيوانية: زيت السمك
- زيوت معدنية

وتستخدم في رمال السباكة تلك الأنواع من الزيوت التي تتصلب بالأكسدة ويعد زيت بذر الكتان ودوار الشمس أكثر الزيوت استخداماً بسبب هذه الخاصة.

ويعد الرقم اليودي مقياساً يحدد استخدامها. والرقم اليودي هو كمية اليود (بالمليغرام) المتحد مع غرام واحد من الزيت. إن تصلب الزيت بالأكسدة هو فعل كيميائي معقد لذلك يجب تأمين دخول الهواء الجوي حلال عملية تجفيف القالب والنوى، كما يجب التحكم بعملية التجفيف أي التحكم الدقيق بمعدل زيادة درجة حرارة فرن التجفيف مع الزمن[1].

5.7.1 المواد الرابطة المتصلبة بالحرارة (Heat curing binders):

تم إضافة مواد جديدة لهذه المجموعة وهي الراتنجات العضوية المتصلبة بالمحفز بشكل سريع، حيث طورت هذه الراتنجات لتستخدم في تطبيقات الصندوق الساخن والدافئ(hot and warm box processes) وللإنتاج الكمي للنوى المنفوخة (Blown cores).

تستخدم الراتنجات السائلة المستخدمة في تطبيقات الصندوق الساخن(Hot box processes) تركيبات مختلفة من فورمالديهد اليوريا Urea Formaldehyde (UF) وفورمالديهد الفينول Phenol Formaldehyde(PF) وكحول Furfuryl (FA) مع محفزات حامضية أو مع محفزات حامضية ملحية مشكلة بذلك خلائط رملية تتصلب مباشرة لدى ملامستها صندوق النواة(Core box) المسخن لدرجة حرارة تقع ضمن المجال180°C ـ 176°C الأمر الذي يضمن إخراج النواة ضمن جزء من الثانية، بعد ذلك يستمر التصلب بتأثير الحرارة المتبقية بالنواة. يمكن أن تُسخن صناديق النوى الضخمة لفترة قصيرة لإتمام عملية تصلب النوى.

تستخدم طريقة الصندوق الدافئ كحول Furfuryl أو راتنجات PF/UF مع ملح معدني أومحفزات معدنية مشكلاً خلائط ذات حساسية عالية للحرارة تتصلب بسرعة ضمن المجال 176°C ـ 150°C.

إن تطبيقات الصندوق الساخن والدافئ تناسب إنتاج النوى الكبيرة والنوى المعقدة الحاوية على مقاطع رقيقة جداً.إن المواد الرابطة المتصلبة بالحرارة تستخدم أيضاً في القولبة القشرية(Shell moulding).

6.7.1 المواد الرابطة المتصلبة على البارد (Cold Setting Binders):

يمكن أن تكون المواد الرابطة المتصلبة على البارد من النوع العضوي أو من نوع السيليكا، حيث يحضر خليط الرمل بإضافة المادة الرابطة السائلة ومعامل التصلب(Hardening reagent) أو المحفز الملائم، ويتم التحكم بزمن التصلب من خلال التحكم بطبيعة وكمية معامل التصلب أو المحفز.

تتمتع المواد الرابطة العضوية بميزة خاصة وهي كمية قليلة جداً من هذه المواد كافية لتحقيق الخصائص الملائمة (تُعدُّ نسبة المادة الرابطة الأقل من 2% جيدة وفي بعض الحالات أقل من 1% تكفي)، كما يمثل المعامل الإضافي أو المحفز جزء من محتوى الراتنج. تستخدم المواد الرابطة السيليكاتية(Silicate binders) عادة عند نسبة % 4 – 3. من المواد الرابطة المتصلبة على البارد نذكر:

1.6.7.1 الفيوران (Furan):

تُستخدم المواد الرابطة المسماة بـ فيوران (Furan) بشكل واسع عندما تتراوح نسبة كحول Furfuryl فيها ضمن المجال % 85-30، وتنقسم هذه المواد الرابطة إلى ثلاثة أنواع رئيسة اعتماداً على مركبات UF/PF/FA , UF/FA, PF/FA.

2.6.7.1 الراتنجات الفينولية المتصلبة بالاستر(Ester hardened Phenolic Resins):

تتصلب المواد الرابطة الراتنجية الفينولية القلوية نتيجة تفاعل أملاح الاستر(Ester) العضوية المختلفة مثل methyl formate أو butylenes glycoldiacetate. يحدد نوع ملح الاستر زمن التصلب الذي يتراوح من عدة دقائق إلى عدة ساعات.

إن راتنجات التصلب القلوية أقل حساسية لمكونات الرمل من راتنجات التصلب الحامضية التي يتطلب استخدامها رمل ذو قيمة حامضية منخفضة. تتميز رمال هذه المجموعة بأنها قابلة للاستصلاح حتى نسبة 85% منها، وتتميز هذه المجموعة بإشعاع منخفض ورائحة قليلة، استخدمت هذه المجموعة بشكل واسع لصب المسبوكات الفولاذية حيث تجمع بين مقاومة التآكل الجيدة و خصائص الانهيار الممتازة.

3.6.7.1 السيليكات المتصلبة بالاستر(Ester Hardened Silicates):

تستخدم هذا المجموعة سيليكات الصوديوم(Sodium silicates) بنسب جزئية ل $SiO_2:Na_2O$ تقع ضمن المجال2.8:1 – 2.5، تنشأ الرابطة نتيجة التفاعل مع ملح الاستر العضوي السائل مثل ملح حامض الخليك (glyceryl acetate). يخفض التفاعل من قيمة PH المحلول المائي فيتشكل جل السيليكا الذي يجف جزئياً. تضاف عادة بعض الإضافات إلى خليط الرمل لتحسن من خصائص الانهيار لهذا النوع من المواد الرابطة.

أصبحت هذه المجموعة تستخدم بشكل واسع في صناعة مسبوكات الفولاذ حيث تتمتع بخصائص بيئية مناسبة مع انطلاق غازات قليلة أثناء الصب. نسبة استصلاح الرمل محدودة ما بين 75 – 50 % من الاستصلاح المفيد في الظروف الطبيعية.

4.6.7.1 الاسمنت (Cement):

يمكن أن يستخدم رمل السيليكا الحاوي تقريباً على 11%اسمنت بورتلاند(Portland cement) و6% ماء في تطبيق القولبة من دون صندوق الذي تستخدم نماذج موضوعة على إطارات خشبية مؤقتة والتي تُترك مكانها حتى يتم التصلب الداخلي للاسمنت، أما بالنسبة للقوالب الكبيرة فتزود بشبكات وقضبان حديدية داخلية، يلي ذلك ترطيب الاسمنت ويسمح الوقت لتبخر الماء الزائد والقالب النهائي يكون متيناً وصلباً. إن استخدام الإسمنت كمادة رابطة مناسب جداً لإنتاج مسبوكات الفولاذ الثقيلة بالإضافة إلى السبائك الأخرى، كما لا توجد أي مشاكل بيئية مع الإسمنت.

7.7.1 المواد الرابطة المتصلبة بالغاز أوبالبخار(Gas and vapour hardening binders):

تعتمد المواد الرابطة المتصلبة بالغاز أو بالبخار على عملية التصلب على البارد، فبعد أن يتم تشكيل القالب أو النواة تتم عملية التصلب بإمرار غاز أو بخار عبر الرمل المدكوك ويتم التحكم بوقت الإمرار من قبل المشغل. تستخدم هذه المجموعات بشكل واسع من أجل الإنتاج السريع للنوى خاصة بطريقة النفخ ومن اجل إنتاج النوى الضخمة والمسبوكات الكبيرة.

1.7.7.1مجموعة سيليكات الصوديوم وغاز CO_2:

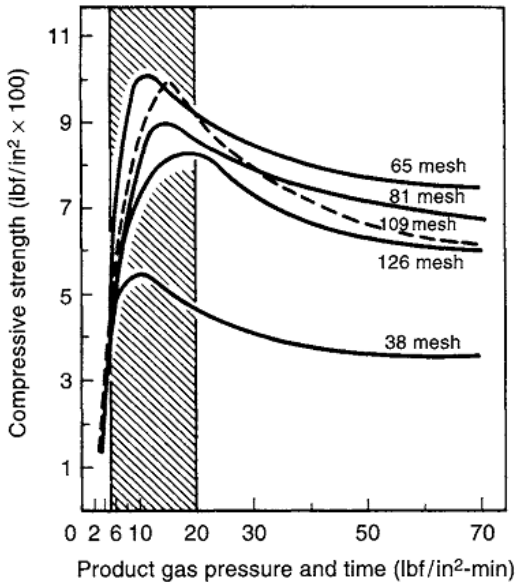
تجمع هذه المجموعة المتطورة تصلب الرمل على البارد بملامسة النموذج(pattern) أو صندوق النواة. تستخدم سيليكات الصوديوم بنسب جزيئية تقع ضمن المجال3:1 – 1.5 مع بعض الإضافات لتحسين انهيار الرمل لأن هذه المواد الرابطة السيليكاتية تتمتع بميزة انهيار سيئة ضمن هذا المجال، لذلك يتم استخدام السكر، طحين الخشب (wood flour)، الحبوب وغبار الفحم من أجل هذا الهدف.

يشكل إمرار غاز CO_2 في المحتوى المائي للرمل حامض الكربونيك(Carbonic acid) فتنخفض كمية الماء وتزداد اللزوجة(Viscosity). يسبب انخفاض PH ارتفاع نسبة SiO_2/Na_2O وتشكل جل السيليكا الصمغي الذي يتصلب ويشكل خاصة الربط.

يتلخص التفاعل الكلي بالمعادلة التالية :

$$Na_2\ SiO_2 + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + SiO_2$$

يوضح الشكل (1 ـ 12) تأثير وقت إمرار الغاز(Gassing time) على القوة الرابطة والذي يبين أن قوة الربط تصبح أضعف بزيادة إمرار الغاز. يعطي الغاز قوة أكبر عندما يتم إمراره عند ضغط منخفض ولوقت أقصر.



الشكل (1 ـ 12) تأثير تدفق غاز ثاني أكسيد الكربون على قوة الانضغاط والذي يوضح انخفاض قوة الانضغاط عند زيادة إمرار الغاز.

يكون استصلاح الرمل محدوداً حوالي 50%، ويمكن زيادة هذه النسبة بالطرق الرطبة. تُعدُّ نسبة الاستصلاح المنخفضة هي السيئة الأكثر جدية بالنسبة لهذه المجموعة وماعدا ذلك يعرف عن هذه المجموعة تأثيرها البيئي الطفيف.

على الرغم من النمو في استخدام مجموعات المواد الرابطة العضوية تبقى لتطبيقات CO_2 دور هام في إنتاج قوالب المسبوكات اللاحديدية(Non-ferrous castings) وصناعة النوى والمسبوكات الكبيرة.

7.7.1. مجموعة الصندوق البارد واليوريثان الفينولي:

عرفت هذه المجموعة أصلاً بطريقة Ashland وكانت التطور الأول لطريقة الصندوق البارد الذي يستخدم تسلسل مشابه لطريقة سيليكات CO_2. كما في حالة مواد الربط يوريثان الفينولية المتصلبة على البارد تُستخدم عملية ثلاثية الأجزاء، حيث يُمزج راتنج novolak الفينولي السائل مع الرمل الجاف وكاشف isocyanate ثم يتم إمرار محفز كأماين الثلاثي كبخار عبر المزيج بعد الدك منتجاً بذلك تصلب سريع ضمن صندوق النواة أو النموذج. تعطي هذه المجموعة خصائص متانة جيدة مع تحرر قليل للغازات أثناء التصلب وصفات انهيار جيدة وملائمة للاستصلاح.

اكتسبت هذه المجموعة أهمية كبيرة في مجال إنتاج النوى بطريقة الصندوق البارد لأنه يُفضل استخدامها للإنتاج الضخم للنوى المنفوخة بالإضافة للقوالب والنوى بشكل عام.

3.7.7.1 مجموعة الصندوق البارد وراتنج الفينول المتصلب بالاستر:

كما في حالة المواد الرابطة المتصلبة على البارد يتصلب راتنج resole الفينولي القلوي بتفاعل ملح الاستر لكن في هذه الحالة يتم تزويد Methyle formate كبخار. يمكن تحقيق أزمنة تصلب أقل من دقيقة في هذه المجموعة لكن المتانة الناتجة تكون أقل من المتانة التي يمكن حصول عليها بـ اليوريثان الفينولي، هذه المجموعة خالية تقريباً من الروائح وانطلاق الأدخنة يكون منخفضاً.

حققت هذه المجموعة قبول واسع لتكيفها مع الإنتاج الكبير من القوالب والنوى. كما سهلت صفات الانهيار الجيدة استصلاح الرمل حتى 75% والمواد تكون خالية من النتروجين والكبريت.

إن الاختيار بين مجموعات المواد الرابطة العضوية الرئيسية متأثر بعاملين هما خصائص الإنتاج والخصائص التقنية، إلا أن الاختيار سيتحدد من قبل العامل المهيمن، فمثلاً المواد الرابطة العضوية تعطي صفات انهيار جيدة وهي خاصية مهمة جداً لنزع النوى المحصورة وفي إنتاج المسبوكات الحاوية على جيوب وفجوات داخلية[4].

8.1 الإضافات Additives:

تستخدم الإضافات خلال صناعة القوالب والنوى ويتمثل هدفها الخاص في التأثير على العلاقة المتبادلة بين المعدن المصهور والقالب الرملي أو النواة والمساعدة على تحسين نعومة سطوح المسبوكات.

يمكن تقسيم مواد الإضافات إلى أربع مجموعات:

1 ـ مواد تضاف في خليطة الرمل نفسه.

2 ـ مواد تضاف على وجه القالب أو النواة فقط.

3 ـ مواد توضع على سطوح الفصل.

4 ـ المواد المستخدمة في لصق النواتات.

1.8.1الإضافات المستخدمة في رمال السباكة نفسها: ولها نوعان:

1.1.8.1المواد الفحمية: تضاف هذه المواد إلى رمال السباكة لتحسين نوعية سطوح المسبوكات ويعد غبار الفحم من أهم هذه المواد الفحمية المستخدمة. يضاف غبار الفحم لرمال المسبوكات الصغيرة والمتوسطة من حديد الصب التي تسكب في الحالة الرطبة، فعند سكب المعدن تحترق المواد الفحمية الموجودة في خليطة الرمل وتطلق غازات فتشكل هذه الغازات طبقة غازية رقيقة بين المصهور ووجه القالب تمنع نفوذ المصهور بين حبيبات الرمل.

يضاف مسحوق غبار الفحم عادة بنسبة تتراوح بين 7% - 2% وزناً ويعتمد هذا على سماكة جدار المسبوكة وإذا كانت سماكة المسبوكات أكثر من 25mm فيجب أيضاً دهن وجه القالب. يساعد غبار الفحم قليلاً على زيادة متانة الضغط للرمل الرطب غير أنه يقلل النفاذية.

يجب أن يطحن مسحوق الفحم الحجري جيداً قبل إضافته للرمال، كما تضاف نشارة الخشب مع مسحوق الفحم الحجري وذلك لزيادة قابلية الرمل للانهيار بعد الصب والتبريد إلا أن استخدام نشارة الخشب يتم غالباً في رمال النوى ليعطيها خاصة المطواعية ويجب أن يخزن غبار الفحم جافاً لمنع خطر الحريق لأنه يمكن أن يشتعل تلقائياً[1].

من المواد الفحمية المستخدمة لهذه الغاية نذكر أيضاً فحم البحر(sea coal) وهو فحم جيري ناعم، الإسفلت، معدن جيلسونايت وهوإسفلت متشكل بشكل طبيعي.

يستخدم غبار الفحم بشكل رئيسي في سباكة الحديد ويستخدم بعضه في سباكة اللامعادن، يتمتع غبار الفحم الجيد بالخصائص المبينة بالجدول(1 ـ 11)

الجدول(1 ـ 11) خصائص غبار الفحم الجيد

محتوى المواد الطيارة	**33 - 36%**
الرماد	أقل من 5%
الكربون المتبقي	50 - 54 %
الكبريت	أقل من 1%
الكلور	أقل من 0.03%
الحجم	75 – 100 (رقم نعومة الحبيبات AFS)

هناك بدائل مقبولة بيئياً أكثر من غبار الفحم حيث تنتج دخان أقل خلال الصب وصُممت لتطبيقات معينة مثل القولبة بالضغط العالي من هذه البدائل:

BENTOKOL وCARSIN: وهي خلائط غضارية طبيعية تضاف بناءً على نسبة مواد متطايرة (Volatile) مختارة بشكل خاص لتحسن كلاً من خاصة الربط ومحتوى المواد المتطايرة لرمل سباكة الحديد الرطب، تتواجد هذه الإضافات بشكل مسحوق، تتمتع عملياً بخصائص تدفق وكثافة حجمية مشابهة للغضار. تنخفض كمية الأدخنة الناتجة عنها ويتحسن الإنهاء السطحي للمسبوكة.

BENTOKOL 80: مناسب لإنتاج مسبوكات الحديد حيث الإنهاء السطحي خاصية مطلوبة كما يستخدم عند الصب بالضغط العالي أو خطوط القولبة عديمة الصناديق، وهو بودرة رمادية اللون يمكن أن يحل جزء واحد من BENTOKOL 80 محل 1.8 جزء من غبار الفحم إضافةً إلى ذلك سيحل محل جزء من الإضافة الغضارية.

LUCIN: هو منتج بديل لغبار الفحم لا يحتوي على البنتونيت .

إن البدائل السابقة هي عبارة عن منتجات محمية تجارياً من قبل شركة Foseco [2].

2.1.8.1 الإضافات غير الفحمية: يضاف في بعض الحالات إلى خليطة الرمال عمداً كمية من طحين الرمل السيليكوني التي يستحصل عليه بطحن الرمل السيليكوني في مطاحن خاصة.

ويضاف للخليطة الرملية من أجل زيادة نعومة خليطة الرمل، وما لهذا من فوائد في تحسين نوعية سطح المسبوكات ويمنع كلياً نفوذ المصهور بين حبيبات الرمل لكنه يقلل من النفاذية ويزيد من إمكان تشكل الفجوات الرملية في سطوح المسبوكات وإمكان التذرر[1].

تتم إضافة الألياف السيليلوزية(Cereal) للتحكم بتمدد الرمل. تتم إضافته عادةً على شكل طحين الخشب أو قشور الحبوب أو قشور البندق. يُخفض السيليلوز قوة الانضغاط الحارة ويعطي قابلية للانهيار جيدة ونتيجة لذلك تتحسن عملية إخراج المسبوكات من القوالب الرملية [3].

2.8.1 المواد التي تضاف لوجه القالب فقط (الطلاءات):

وهي مواد يطلى بها وجه القالب أو النواة وتكون عادة على شكل محلول مائي ويمكن أن تستخدم كمواد صلبة على شكل مسحوق ناعم يرش بها وجه القالب أو سطح النواة لمنع المصهور المعدني الدخول بين حبيبات الرمل لأن هذه المواد تحترق بملامستها للمعدن المصهور وتشكل طبقة غازية رقيقة بين المعدن المصهور والقالب، كما تعمل هذه المواد على زيادة متانة الوجه أوسطح النواة.

لكي تحقق مادة الطلاء وظيفتها يجب أن تحتوي في تركيبها على مركبات من مواد تمنع دخول المصهور إلى المسامات بين الحبيبات الرملية مثل الرمل أو مسحوق الجرافيت وعلى مركبة أخرى تطلق الغازات بمجرد ملامستها المصهور كمسحوق فحم الكوك وعلى مركبة من مادة تعطي المحلول بعض التماسك كالغضار ومن مركبة أخرى تجعل المحلول متجانساً لا يترسب وسهل الدهن لوجه القالب كالبنتونيت. ويعتمد نوع هذه المواد وتركيبها على نوع معدن المسبوكات من حديد أو الفولاذ أو المعادن الملونة.

3.8.1 مواد سطوح الفصل:

وهي مواد تستخدم لمنع التصاق القالب العلوي والسفلي مع بعضهما بعضاً في مستوى الفصل أثناء تشكيل القالب وكذلك لمنع التصاق الرمل مع سطح علبة النواة أو لوحة النموذج. ولهذه المواد نوعان: أما على شكل مسحوق أو على شكل سائل فالمواد الفاصلة من المساحيق الناعمة غالباً ما تكون من مسحوق السيليكون أو الكلس ترش على سطوح التقسيم.

أما المواد الفاصلة السائلة فتبخ على سطح النموذج أوعلبة النواة، فللرمال الغضارية تبخ سطوح النموذج وعلب النوى بمادة من محلول البارافين. وفي مسبوكات الفولاذ تبخ سطوح النموذج وعلب النوى بمركبات نفطية.

4.8.1 المواد المستخدمة في لصق النواتات:

وهي معاجين تستخدم في لصق أجزاء النوى مع بعضها بعضاً وتتكون من خليطة من الغضار الكاؤوليني مع اللاكر أو مع الميلاس أو الديكسترين تسهل عملية لصق النوى المؤلفة من أكثر من جزء بعد عملية التجفيف وبخاصة لتلك النوى التي متانتها قليلة جداً في الحالة الرطبة حيث تجفف أجزاء النواة ثم تلصق مع بعضها بعضاً. ليس ضرورياً أن تكون مواد اللصق مقاومة للحرارة لأنها لا تتلامس مع المعدن المصهور[1].

تم في هذا الفصل شرح لمكونات الخليطة الرملية حيث تم التعريف بأنواع الرمال المستخدمة في السباكة وتصنيفاتها وخصائصها النموذجية كما تم شرح لأهم المواد الرابطة والإضافات المستخدمة في عملية السباكة، أما الخصائص التقانية التي يجب أن تتمتع فيها الرمال والاختبارات التي تجرى عليها لتحديد هذه الخصائص فسيتم شرحها في الفصل التالي.

الفصل الثاني

الخصائص التقانية لرمال السباكة

والاختبارات المنفذة عليها

الفصل الثاني

الخصائص التقانية لرمال السباكة والاختبارات المنفذة عليها

Technological properties of foundry sand and their tests

1.2 الخصائص التقانية لرمال السباكة:

كي تكون عملية تشكيل القالب الرملي والنوى سهلة وقابلة للنقل والتداول والتجميع وتتحمل المعدن المصهور وتجمده وتبريده حتى إخراجه من القالب، فيجب أن تتوافر في رمال القوالب عدد من الخواص أهمها:

1.1.2الرطوبة Humidity:

تعد من أهم خواص الرمال لما لها من تأثير مباشر في جميع الخواص التقانية كالسيولة والمتانة والنفاذية وتشكيل الغازات....الخ.

تعطى الرطوبة بالنسبة المئوية لكمية الماء المحتواة في الرمل .ولقياس رطوبة الرمال تستخدم عدة طرائق مثل الطريقة التفاضلية وتتحدد بوزن عينة(sample) محددة في الحالة الرطبة (a) ثم وزنها بعد التجفيف(b) وتعطى الرطوبة النسبية بالعلاقة:

$$\text{الرطوبة} = (a - b) / a$$

حيث a (g): وزن العينة الرطبة.

b(g): وزن العينة بعد التجفيف.

لا تستخدم هذه الطريقة للرمال التي تحوي مواد طيارة مثل الزيوت...الخ ويجب ألا تزيد درجة حرارة التجفيف على 110C° ولا يجوز رفع الحرارة كثيراً فوق هذا الحد لكي لا يتبخر الماء المتحد كيميائياً ولن تكون النتيجة صحيحة.

2.1.2 المتانة Strength:

تُعدُّ متانة رمال السباكة من الخواص المهمة جداً للقالب عند إخراج النموذج من القالب أو النواة من علبة النواة وخلال عملية التداول والنقل والتجميع للقالب وللنواة وكذلك خلال عملية الصب(Casting) وتجمد (Solidification)المسبوكة وتبريدها(cooling). ومن الأمور المهمة جداً أيضاً تناقص متانة

القالب أوالنواة خلال تجمد المسبوكة وتقلصها(shrinkage)، كما أن للمتانة تأثير رئيسي في حدوث العيوب السبائكية في المسبوكات ولهذا يجب الاهتمام جيداً بموضوع متانة القوالب الرملية.

ونفرق بين المتانة الرطبة (Rw) والمتانة الجافة (Rt) والمتانة في درجات الحرارة العالية، المتانة الرطبة هي متانة الرمل في الحالة الرطبة والمتانة الجافة هي متانة الرمل في الحالة الجافة لتحديد المتانة الرطبة (Rw) والجافة (Rt) لرمال السباكة تجرى عدة تجارب لقياس المتانة هي الضغط والقص والانحناء ...الخ

تعتمد المتانة على الرطوبة وتكون المتانة عظمى للرمال الفقيرة بالغضار عند الرطوبة 4% بينما تكون المتانة عظمى للرمال الغنية بالغضار عند الرطوبة 7%.

وتعتمد المتانة أيضاً على حجم وشكل الحبيبات للمركب الرئيسي لخليطة الرمل، فللرمال الناعمة متانة أكثر من الرمال الخشنة وللحبيبات الكروية ذات الحروف الحادة لأن الأخيرة تكون صعبة الرك وبالتالي أقل متانة وللمتانة تأثير أيضاً في الدقة البعدية للمسبوكات.

3.1.2النفاذية Permeability:

تُعرف النفاذية بإمكانية الرمل السماح للغازات والهواء بالمرور عبره، يجب أن تكون نفاذية الرمال التي تولد كمية كبيرة من الغازات عالية، فقوالب مسبوكات الفولاذ تتطلب نفاذية عالية وأقل منها قوالب مسبوكات الفونت وأقل أيضاً قوالب المعادن غير الحديدية.

تتطلب النواة نفاذية أعلى من القالب كما تتطلب المسبوكات السميكة نفاذية أعلى من قوالب المسبوكات رقيقة الجدران ...

تقاس النفاذية على عينات نظامية وتعطى القيمة العددية رقم النفاذية مثلاً"(200 وحدة نفاذية).

تتعلق النفاذية بعوامل كثيرة كالمتانة والرطوبة ونوع الرمل وخواصه وتم إيجاد علاقة مهمة جداً بين متانة الضغط والنفاذية والرطوبة.

4.1.2 امتصاص الرطوبة Hygroscopiscity:

تمتص القوالب والنوى المجففة في بعض الحالات الرطوبة من الجو أو من الأجزاء الرطبة في القالب وتتعين قابلية الرمال لامتصاص الرطوبة بالزيادة في وزن العينة قبل امتصاص الرطوبة وبعدها أو بقياس متانة العينة قبل امتصاص الرطوبة وبعدها.

تعد خاصية امتصاص الرطوبة غير مرغوبة لما لها من نتائج سيئة على المسبوكة، وتعتمد خاصية امتصاص الرطوبة عامة على نوع المادة الرابطة لذا يجب أن لا تخزن القوالب والنوى التي لها قابلية عالية لامتصاص الرطوبة بل تصب فوراً.

5.1.2 السيولة Fluidity:

وهي تُعبر عن إمكان الرمل ملء فجوات(cavity) علبة النواة أو النموذج كلياً، تتحدد سيولة الرمال بطرائق مختلفة ويعتمد أساس هذه الطرائق بصورة خاصة على تغيرات الخواص التقانية لعينة الاختبار مع عدد الركات.

تؤثر الرطوبة في السيولة فالرمال الجافة جداً والرطبة جداً ذات سيولة عالية، بينما سيولة الرمال الغضارية قليلة جداً. ويمكن تحسين السيولة بإضافة بعض المواد للرمل مثل النشاء والديكسترين واللاكر.

6.1.2 التشوه Deformation:

يُقاس تشوه نموذج الاختبار الرملي عادة بطرائق شبيهة بقياس عينات المعادن أي تحديد علاقة الاستطالة أو الانضغاط بالإجهاد المطبق.

يمكن وبصورة عامة القول إن الرمال التي متانتها قليلة وتتشوه بتأثير قوى قليلة غير مناسبة لرمال القوالب لأنها تكون خطرة في تشكل العيوب في المسبوكات.

7.1.2القساوة Hardness:

يُعبر عن القساوة بأنها مقاومة المادة ضد نفوذ أو اختراق جسم آخر بها وتستخدم في قياس قساوة رمال القوالب والنوى أجهزة خاصة لقياس القساوة تحتوي غالباً على كرة فولاذية تضغط على سطح القالب أو النواة بقوة ثابتة ناتجة عن انضغاط نابض لولبي ويعبر عمق اختراق الكرة في سطح القالب أو النواة عن القساوة وتعطى مباشرة على ساعة المقياس. فإذا كان عمق اختراق الكرة في السطح مساوياً نصف قطرها فالقساوة تساوي الصفر وإذا كان عمق النفوذ في السطح صفراً فالقساوة عظمى تساوي 100 وحدة. تقع قساوة القوالب والنوى الرطبة بين هاتين القيمتين وتتراوح قساوة القوالب الرطبة بين (60 - 90) وحدة. تستخدم هذه الطريقة في قياس قساوة القوالب الرطبة والنوى الرطبة فقط.

أما في القوالب والنوى الجافة فلا تستخدم هذه الطريقة لأن القساوة ستساوي دوماً 100وحدة وليس للقياس معنى مفيد.

لهذا تستخدم طريقة أخرى لقياس قساوة القوالب الجافة وهي (مقاومة الحز) ويستخدم لهذه الغرض وسائل مختلفة مثل سكين(فرفرة تاجية) تضغط بقوة ثابتة على سطح الرمل وتدور بعدد دورات محدد ويعطي عمق دخول الفارزات في سطح الرمل مقياس القساوة.

8.1.2 الاستيعاب الحراري Heat Diffusion:

يُعبر الاستيعاب الحراري للقالب الرملي عن إمكان امتصاص الحرارة من المعدن المصهور المصبوب فيه ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة:

$$b = \sqrt{c.\gamma.\lambda} \qquad [Kcal / m.h.c°]$$

حيث: λ - عامل التوصيل الحراري لمادة رمال القالب.

C ـ الحرارة النوعية لمادة القالب [K cal/kg c°].

γ - الوزن النوعي للرمل [Kg/m^3].

9.1.2 مقاومة الحرارة المرتفعة Fire Resistance:

وتعبر عن مقاومة الرمال لدرجة الحرارة المرتفعة ويجري الاختبار حسب العيارية على نموذج رملي بشكل الهرم ويسخن داخل الفرن(Furnace) تدريجياً.

تُعدُّ درجة الحرارة التي عندها يفقد الهرم قوامه ومتانته ويتلامس رأسه مع القاعدة مقياساً للحرارة المرتفعة.

أما قابلية الشوي (التلبيد) (Sintering) للرمال هي خاصة التحام الرمال مع بعضها بعضاً في درجات الحرارة المرتفعة فيتم اختبارها بشوي الرمل في بواتق صغيرة من البورسلين وحسب درجة التحام الرمل مع بعضه (المشوي) وبعد التبريد تتحدد قابلية الرمال للشوي.

أما قابلية التصاق الرمل بسطح المسبوكة فتسمى بالاحتراق الحراري للرمل فيتم اختبارها بلصق صفيحة صغيرة على عينة الاختبار الرملية الاسطوانية توضع في الفرن وترفع درجة الحرارة كهربائياً حتى درجة انصهار المعدن (الصفيحة) وتعين قابلية الاحتراق الحراري للرمل بمدى صعوبة إزالة الرمل الملتصق بالصفيحة.

هناك خواص أخرى يجب أن تتوافر في الرمال ولا تقل أهميةً عن الخواص المذكورة سابقاً وهي:

10.1.2اللدونة Plasticity:

ويعني اتخاذ الرمل شكلاً ثابتاً لا رجوعياُ تحت تأثير القوى المحافظة على هذا الشكل بعد رفع القوة.

11.1.2 المطواعية Yielding Property:

وتعني إمكانية الانفعال (التشوه) تحت تأثير القوى وبخاصة قوى التقلص خلال تجمد المسبوكة. فإذا لم تكن هذه الخاصة متوافرة في الرمال فستكون سبباً في تشكل الكسور.

12.1.2 خاصة الالتصاق بوجه النموذج أو علبة النواة:

يجب أن لا تلتصق الرمال بوجه النموذج أوعلبة النواة لما لهذا من تأثير في نعومة وجه القالب أوالنواة وبالتالي في نعومة سطح المسبوكة.

13.1.2التذرر:

ويعني انفصال وسقوط ذرات الرمل من سطح القالب أو النواة إلى فجوة القالب وتحدث هذه الظاهرة غالباً في القوالب والنوى الرطبة وهي خاصة غير مرغوبة فإذا احتوت المسبوكة على أعصاب رفيعة فالرمال المتساقطة تنجر مع تيار المعدن وتتجمع مسببة عيوباً في المسبوكة.

14.1.2 الاستمرارية Durability:

وتعني محافظة الرمال على خواصها المذكورة لفترات استخدام أطول قبل أن تفقد خواصها ويعاد إصلاحها[1].

2.2 اختبارات رمال السباكة

1.2.2عينات الاختبار:

يراعى أن تمثل العينة كمية الرمال المراد اختبارها تمثيلاً صحيحاً ولتحقيق ذلك تؤخذ عينات جزئية من عدة مستويات في ارتفاع كومة الرمال(Heap sand) ثم تجمع العينات وتخلط خلطاً جيداً ثم تقسم بالطريقة الربعية للحصول على العينة اللازمة لإجراء الاختبارات عليها ويراعى أثناء اختبار هذه العينة وإعدادها الاحتفاظ بنسبة الرطوبة الموجودة بها لذلك توضع في وعاء اختباري زجاجي لحفظ نسبة الرطوبة.

2.2.2 إعداد العينات للاختبارات:

تنخل العينة بمنخل قطر فتحته 6mm ثم تؤخذ عينة من الرمل المنخول يتراوح وزنها من g(20-50) لتحديد نسبة الرطوبة بعد ذلك تجفف الرمال بمفردها في الهواء أوباستخدام معدات تجفيف خاصة عند درجة حرارة C°(105-110) وتنخل الرمال المجففة مرة ثانية بمنخل قطر فتحته 3mm ويتم أثناء

النخل تكسير حبيبات الرمال المتماسكة بقطعة من الخشب بعد ذلك يخلط ناتج المنخل الثاني جيداً وتؤخذ عينة متوسطة تمثل الخليط لتحديد نسبة المواد العالقة وتوزيع أقطار الحبيبات.

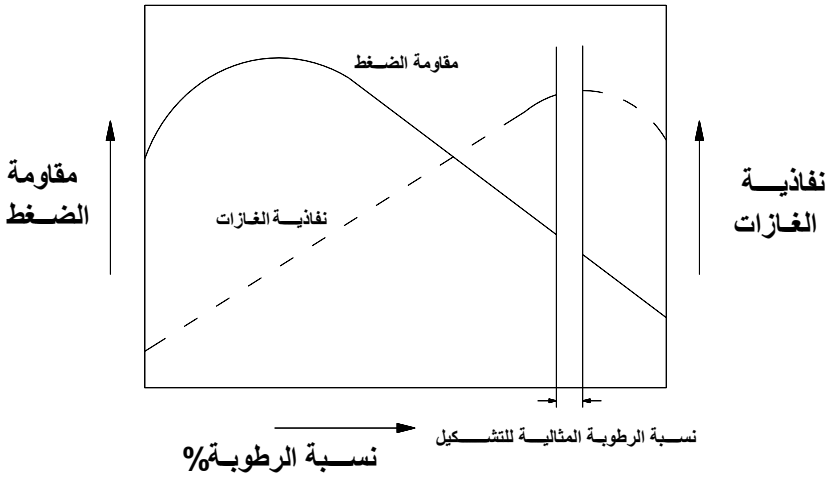
3.2.2 تحديد نسبة المواد العالقة (الطافية)أو(المواد الغضارية):

1.3.2.2 الخلطات الجديدة: توضع عينة وزنها 20g من الرمال المجففة في دورق زجاجي خاص باختبارات الرمل حجمهcm^3 600 ويضاف إليها cm^3 190 ماء عادياً ثم cm^3 10 من محلول بيرفوسفات الصوديوم بتركيز5% أو أي مادة بديلة. يتم خلط المخلوط لمدة 4 دقائق ثم يرفع منسوب المياه إلى 125mm من القاع ويترك لمدة 8 – 7 دقائق في حالة سكون كي يحدث ترسب ثم تمتص المياه العكرة بوساطة ماصة يكون طرفها على ارتفاع 25mm من قاع الدورق، تكرر العملية عدة مرات ويضاف في كل مرة cm^3 10 من محلول بيرفوسفات الصوديوم حتى تصبح المياه صافية. بعد ذلك يتم تنظيف الرمال المتبقية بغسلها بماء مقطر على ورقة ترشيح، ثم تجفف عند درجة حرارة C°(110 - 105) وتوزن بعد التجفيف والفرق بين الوزنتين يمثل وزن المواد العالقة وتحسب كنسبة مئوية من الوزن الأصلي للعينة.

2.3.2.2 الخلطات المستعملة: يوزن 20g من الرمال المستعملة المجففة ويتم التخلص من جزء من تراب الفحم والمواد العضوية بحرق الرمال في بوتقة من الخزف أو البلاتين عند درجة C° 750 ومن الجزء الباقي بعملية الإزاحة توزن كمية الرمل الخالية من تراب الفحم والمواد العضوية ثم تحسب نسبة المواد العالقة (الطافية).

4.2.2 تحديد خواص رمال المسابك المدكوكة في الحالة الرطبة:

لتحديد خواص رمال المسابك في الحالة الرطبة المدكوكة يلزم إجراء اختبارات على عينات خاصة من هذه الرمال ومن نتائج الاختبارات تحدد الخواص وتتوقف هذه الخواص على طبيعة الرمل (شكل المواد الرابطة ونوعها وكميتها ونسب الرطوبة) ولا يكون لهذه الخواص دلالة معينة إلا إذا ذكرت مرادفة لنسبة الرطوبة، نسبة المواد العالقة، خواص الحبيبات. يوضح الشكل(2 ـ 1) العلاقة بين نسبة الرطوبة وكل من مقاومة الضغط ونفاذية الغازات لرمال المسابك المدكوكة ويستنتج منه نسبة الرطوبة المثالية الصالحة للتشكيل.



الشكل (2 ـ 1) العلاقة بين الرطوبة وكل من مقاومة الضغط ونفاذية الغازات

1.4.2.2 تجهيز العينات لاختبارات تحديد الخواص:

تُجهز عينات اسطوانية مدكوكة ذات قطر 50 mm وارتفاع 50 mm (أو2in*2in حسب AFS) ويدك الرمل بواسطة جهاز الدك(Rammer) وذلك بثلاث ضربات تنتج عن سقوط وزن 6.67Kg من ارتفاع 50 mm بالإضافة إلى 1.5 Kg مقدار وزن العمود والقرص الكابس ويكون التجاوز المسموح به في ارتفاعات العينات المدكوكة 0.3mm± .

توضع الرمال المجهزة داخل اسطوانة الدك المصنوعة من الصلب بقطر 50mm ثم يسوى السطح دون الضغط عليه ويتم دك الرمل بإسقاط قرص الدك ثلاث مرات متتالية.

يراعى إجراء الاختبارات فور تجهيز العينات مباشرة حتى لا تتغير نسبة الرطوبة بها، وتجرى هذه الاختبارات لنسبة رطوبة معينة ولاستكمال النتائج الخاصة بخواص هذه الرمال تؤخذ خلطات تمثل نسب رطوبة مختلفة وترسم المنحنيات الخاصة بهذه النتائج ومنها تحدد الرطوبة المثالية والحد الأقصى للنفاذية ومقاومة الضغط.

2.4.2.2 تحديد قياسات حبيبات الرمال وكمياتها:

يُعدُّ التصنيف الحجمي للحبيبات عامل أساسي في التحكم بالنفاذية والدقة السطحية وله تأثير هام على المتانة والخصائص الأخرى، ويعتمد التصنيف أساساً على استخدام مناخل عياريه لفصل الأجزاء المختارة حسب الوزن.

الخطوة الأولى هي فصل الحبيبات الملتصقة وإزالة الغضار بخلطها ببيرفوسفات الصوديوم ومص المعلق الغضاري الناتج ثم الشطف المتكرر. ثم توزن عينة وتجفف عند درجة حرارة C° (105 - 110) وتنخل لمدة 12 دقيقة بهزاز ميكانيكي ذي مجموعة مناخل قياسية ذات فتحات لها أقطار محددة تختلف من عيارية إلى أخرى.

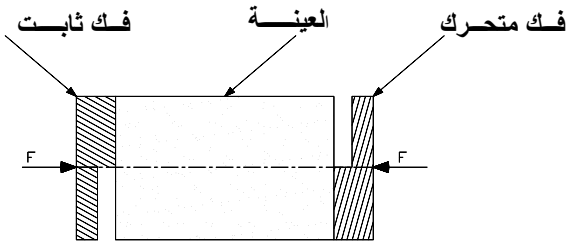
بعد حصر كميات الرمل المتبقية على كل منخل(sieve) وتحديد النسب المئوية لأوزانها منسوبة إلى الوزن الكلي للعينة يمكن توضيح هذا التوزيع بالطرائق الحسابية أو البيانية ويفضل التمثيل البياني لأنه أكثر وضوحاً وتستخدم غالباً طريقة التمثيل البياني بمستطيلات أوطريقة التمثيل البياني بالمنحني التجميعي.

ولحساب رقم النعومة (fineness number) تضرب النسبة المئوية الوزنية المتبقية لكل درجة بمعامل ثابت لهذه الدرجة ثم تجمع حواصل الضرب للدرجات الإثني عشرة ويقسم الناتج على النسب المئوية لوزن الرمل المغسول الجاف فيكون الرقم الناتج هو رقم النعومة. يبين الجدول التالي رقم وقطر الفتحة لمجموعة المناخل حسب العيارية البريطانية BSS والعيارية الأمريكية ASTM [2].

ISO/R.565 series (BS410:1976)	*BSS*		*ASTM*	
(µm)	No.	µm	No.	µm
(1000)	16	1003	18	1000
710	22	699	22	710
500	30	500	30	500
355	44	353	45	350
250	60	251	60	250
(212)	72	211	70	210
180				
(150)	100	152	100	149
125			120	125
90	150	104	150	105
63	200	76	200	74
(45)	300	53	325	44

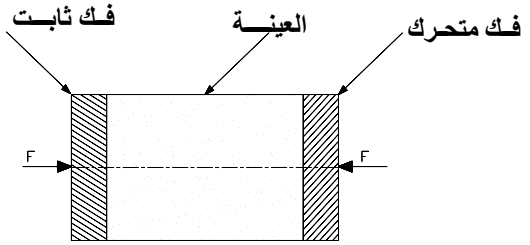
3.4.2.2 اختبارات المتانة الرطبة والجافة:

تقيس الاختبارات الأساسية للمتانة مقاومة الرمل حتى يحدث التحطم تحت نسبة ثابتة من التحميل، تُنفذ الاختبارات بواسطة جهاز تحميل نابضي بسيط يشغل يدوياً، لتعين مقاومة القص توضع العينة في الجهاز الموضح بالشكل (2 ـ 2) ويدفع الفك المتحرك بمعدل ضغط يساوي $25\ g/cm^2$ حتى يتم كسر العينة وتسجل أعلى قراءة يسجلها المؤشر على التدريج الخاص بمقياس القص (g/cm^2).



الشكل (2 ـ 2) جهاز اختبار مقاومة القص

ولتعيين مقاومة الضغط يستخدم الجهاز السابق بعد تغيير فكي القص بفكي الضغط كما هو موضح بالشكل(2 ـ 3) ويتم تحريك الفك بمعدل نفسه إلى أن يتم كسر العينة ثم تقرأ القيمة التي يسجلها المؤشر على التدريج الخاص بمقياس مقاومة الضغط (g/cm^2).



الشكل (2 ـ 3) جهاز اختبار مقاومة الضغط

تقاس المتانة الرطبة والجافة على الجهاز نفسه لأن ساعة القياس مدرجة بتدريجين أحدهما للمتانة الرطبة والآخر للجافة لكون العينات الجافة تحتاج لقوة أكبر حتى حدوث انهيار العينة[1].

4.4.2.2 اختبار قابلية الدك و قابلية الانسياب (Compactability and Flowability):

تم استخدم اختبار قابلية الدك بشكل واسع لسببين لبساطة إنجازه ولعلاقته بشكل مباشر بسلوك الرمل في القولبة الآلية، حيث يدك حجم ثابت من رمل حر تحت شروط معيارية وتعبر النسبة المئوية لانخفاض الحجم عن قابلية الدك. تزودنا معرفة هذه الخاصية بقاعدة لتقدير كمية الرمل المطلوبة للدك وذلك لإنتاج صندوق القولبة.

يُستخدم في هذا الاختبار جهاز دك نظامي تملئ اسطوانة الدك برمل حر وتتم تسوية السطح و تخضع العينة لثلاث دكات ويعبر عن قابلية الدك بالنسبة المئوية للانخفاض الحاصل في طول العينة وتتأثر قابلية الدك بشكل أساسي بمحتوى الماء والغضار في الرمل وتكون عادة القيم الجيدة القيم الواقعة ضمن المجال %(55 - 35) ويمكن اعتبار القيم الأقل من35% مناسبة للقولبة بالضغط العالي، أما القيم الأعلى من 55% مناسبة للقولبة اليدوية.

يُستخدم أبسط اختبار لقابلية الانسياب جهاز الدك النظامي ويعتمد الاختبار على الهبوط الحادث بين الضربة الرابعة والخامسة حيث يستخدم جهاز لقياس الهبوط الذي يقطعه مكبس جهاز الدك بين الضربة الرابعة والخامسة للثقل النظامي. يشير الصفر إلى قابلية انسياب عظمى وبقدر ما يهبط مكبس جهاز الدك بقدر ما تكون النسبة المئوية لقابلية الانسياب أقل. يتأثر هذا القياس بشكل حبيبات الرمل و بالتوزع الحبيبي للرمل بالإضافة إلى محتوى الماء والغضار.

5.4.2.2 مؤشر التحطم (The shatter index):

استخدم اختبار التحطم كمؤشر على صلابة(Toughness) الرمل وبشكل خاص على القدرة على التشوه بدلاً من الكسر تحت تحميل الصدم، حيث تؤدي عدم مقاومة التحطم إلى تشوه وانكسارات في حواف القالب الرملي أثناء صب المعدن المصهور به مما يؤدي إلى تشوه المسبوكة ودخول الأجزاء المتفتتة في معدن المسبوكة نفسها. يقوم هذا الاختبار بترك عينة الاختبار الاسطوانية لتسقط من قالبها من ارتفاع ثابت 1.83m (6ft) على سندان فولاذي مستوي ثم وزن كمية الرمل المتبقية على المنخل BS410 ذو الفتحة 3.2mm والمتمركز مع السندان. مؤشر التحطم هو الوزن المتفتت والمعبر عنه كنسبة مئوية من الوزن الكلي، تشير القيمة المنخفضة لهذا المؤشر على هشاشة العينة والحاجة للمعالجة بينما ترتبط القيمة العالية بنوعيات القولبة غير المرضية والناتجة عن المحتوى الزائد للماء والغضار ويرتبط مؤشر التحطم أيضاً بحجم الحبيبات والمواد الداخلة في تركيبها والدك الذي طبق عليها و يمثل المجال85 – 50 المجال المناسب للقولبة.

6.4.2.2 قساوة السطح (Surface Hardness):

يمكن أن تُحدد قساوة سطح الرمل المدكوك باستخدام أجهزة اختبار التثليم المحملة نابضياً والقابلة للنقل. من أجل قياس القساوة الرطبة فأنه يستخدم مثلم حلزوني أو كروي وذلك بالاعتماد على مستوى القساوة المتوقع حيث يقابل عمق التغلغل عن السطح المرجعي للجهاز مقياس تجريبي للقساوة يتراوح مجاله من 100 – 0.

يمكن أن تقاس القساوة الفعلية على سطوح القالب للتأكد من درجات الانتظام(uniformity) وكفاءة الدك. هناك اختبارات أخرى تستخدم لقياس قساوة رمال النوى والقوالب المتصلبة كيميائياً كما ذكر سابقاً.

7.4.2.2 التشوه (Deformation):

يلاقي سلوك تشوه رمال القولبة اهتماماً أقل من الخصائص الأخرى التي تم الإشارة إليها في الاختبارات السابقة. حيث يمكن أن يحدد التشوه من خلال اختبار الانضغاط الرطب وذلك بقياس النقص الحاصل في طول العينة الاسطوانية حتى لحظة التحطم، يمكن استنتاج معلومات أكثر شمولية من منحنيات الإجهاد ـ الانفعال.

8.4.2.2 النفاذية(Permeability):

يتم تحديد النفاذية بقياس نسبة تدفق الهواء عبر عينة مدكوكة وتحت شروط معيارية فإذا تم تمرير كمية من الهواء بمعدل منتظم خلال عينة مدكوكة ذات سطحين متوازيين فإن حجم كمية الهواء المارة cm^3 (V) يرتبط بمساحة مقطع العينة cm^2 (F) وفرق الضغط بين طرفي العينة P(mmH2O) مم ماء، وزمن مرور الهواء(min)τ وارتفاع العينة H(cm)

تحدد نفاذية الغازات من العلاقة التالية: $\text{النفاذية} = \frac{V \cdot H}{F \cdot P \cdot \tau}$

تُجهز عينة الاختبار ويتم ضغط أو سحب الهواء من خلالها ويتم تحديد الضغط بمقياس ويحدد زمن مرور الهواء. وقد اتفق على أن يكون كمية الهواء المارة في الأجهزة الخاصة بهذه الاختبارات $V= 2000cm^3$ تحت ضغط P= 10cm H2O فوق الضغط الجوي (حيث 1cm ماء = وزن1 g/cm^2) وعند ثبوت كمية الهواء cm^3 2000 واستخدام عينة قطرها 50mm و ارتفاعها H= 50 mm تصبح العلاقة التي تحدد النفاذية كما يلي:

في الاختبارات العملية يتم إدخال الهواء من فتحات معينة غالباً ما تكون أقطارها 1.5 mm أو 0.5ويستخدم القطر الأقل في حالة الرمال ذات النفاذية المنخفضة حتى رقم 40 والقطر الأكبر في حالة الرمال ذات النفاذية المرتفعة التي تزيد عن 40.

9.4.2.2 اختبار الرطوبة (Moisture Testing):

يتحدد محتوى الرطوبة بسهولة بتحديد الفقد الحاصل في الوزن عند التجفيف عند درجة حرارة 110C°. وسائل متعددة سريعة يمكن استخدامها لهذه الغاية من ضمنها موازين تعاير بشكل مباشر لقراءة محتوى الرطوبة لعينة عياريه بعد تجفيفها حيث يمكن أن تجفف بإمرار تيار من الهواء الساخن على صينية قماشية مرشحة.

من أجل أعمال الورش يستخدم جهاز لقياس الرطوبة سريع يعتمد في عمله على التفاعل التالي:

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

توضع العينة في غطاء القارورة المعدنية المزودة بمقياس ضغط وكاشف الكربيد تُغلق القارورة ويحكم إغلاقها ثم تُهز فيعطي ضغط غاز الاستيلين المتشكل قراءة مباشرة لمحتوى الرطوبة على المقياس.

10.4.2.2الغضار الفعال(Active Clay):

يمكن أن يُحدد وجود الغضار الفعال في عينة الرمل المراد استصلاحها باختبار صبغة المثلين الزرقاء والتي تميز بين الغضار الفعال والجزيئات الأخرى المماثلة بالحجم الموجودة في التوزع الطبيعي للغضار. عندما تُضاف صبغة المثلين الزرقاء إلى الخليط العجيني المكون من الغضار والماء فأن الصبغة تُمتز من قبل الغضار إلى درجة معينة وعندها يمكن أن تُلاحظ الصبغة الزائدة من خلال وجود قطرات من السائل على ورق الترشيح. تُهز عينة رمل موزونة وتسخن في محلول أولي وذلك باستخدام وسائل فوق صوتية ثم يضاف محلول صبغة المثلين الزرقاء العياري بشكل تدريجي من أنبوب قياسي حتى تشير اختبارات البقع إلى انتهاء التجربة والتي تتمثل بتشكل هالة حول البقعة، يشير حجم محلول صبغة المثلين العياري المطلوب والمستهلك بشكل مباشر إلى محتوى الغضار الفعال.

11.4.2.2 المطلب الحمضي والـ PH:

إن قيمة PH المحلول(الوظيفة التبادلية لتركيز ايون الهيدروجين) هي التمثيل العياري لدرجة الحموضة أو القلوية على مقياس من 14 – 1، القيم من 7 – 1 تمثل حالات الحموضة والقيم 14 – 8 تمثل

حالات القلوية. تؤثر قيمة PH على سلوك المواد الرابطة الغضارية وتقاس بسهولة باستخدام جهاز يعتمد على الجهود الكهروكيماوية.

يجب أن يؤخذ بالحسبان في الرمال المربوطة كيميائياً والتي تستخدم محفزات حامضية وجود القلويات الموجودة في الرمل الأساسي قبل إضافة المواد الرابطة لأن قياسات PH تتأثر فقط بالمواد في المحلول. إن الهدف من اختبار المطلب الحمضي هو تقييم التأثير الكامل للقلويات عديمة الذوبان. يتضمن الاختبار إضافة حجم عياري من حمض الهيدروكلوريك المعروف التركيز لعينة رمل معلقة في الماء، يتفاعل الحمض مع كامل المحتوى القلوي مسبباً زيادة في HCl والذي يمكن أن يحدد بالمعايرة بالمحلول العياري لهيدروكسيد الصوديوم.

12.4.2.2 الفقد بالاحتراق(Loss on ignition):

يُستخدم الفقد بالاحتراق لتحديد المواد العضوية والمواد الأخرى المشكلة للغازات التي تتواجد في خليط الرمل(جديدأومستصلح) أوبأحد مكوناته الفردية، توزن عينة من الرمل تجفف ثم تحرق في بودقة(crucible) سيليكا محمولة في فرن عند درجة حرارة C° 925 لمدة ساعتين، تُحدد النسبة المئوية للخسارة في الوزن والتي تنشأ عن التطاير والأكسدة وتفسخ المواد المشكلة للغازات. تتضمن المواد المشكلة للغازات الإضافات أوبقايا الإضافات الفحمية مثل غبار الفحم، المواد الرابطة، الحبوب، الكربونات.

هناك اختبارات إضافية للرمال المربوطة كيميائياً:

13.4.2.2 Bench Life:

في هذا الاختبار تطبق اختبارات متانة الضغط على عينات دكت على فترات متعاقبة لمدة 5 دقائق بعد عملية الخلط، ويُعرف Bench Life على أنه الوقت المستغرق للوصول إلى الضغط ذو القيمة $10KN/m^2$ والذي بعده ستتضرر متانة الرمل المدكوك بتوقف عملية الربط الحادثة بين حبيبات الرمل.

14.4.2.2 زمن النزع:

يتم قولبة عدد من عينات الاختبار في صناديق جماعية متعددة فوراً بعد الخلط وتختبر على فترات بتطبيق اختبار متانة الضغط لتحديد الوقت الذي تصل فيه المتانة إلى القيمة $350\ KN/m^2$، والذي بعد هذا الوقت يمكن نزع النواة أوالقالب من صندوق القولبة دون حدوث تشوه لهما.

15.4.2.2 مقاومة التغلغل:

ينفذ هذا الاختبار بضغط مسبار حاد محمل نابضياً ذو تقسيمات 1cm بشكل يدوي ومتكرر على سطح الرمل، ويمثل رقم الضربات المطلوب للوصول إلى العمق المعطى مقاومة الجسم الرملي للتغلغل. يمكن أن تُنفذ هذه التجربة على قوالب الإنتاج أوعينات مكعبة تقولب وتختبر بينما هي موجودة في صندوق النواة. السمة الهامة لهذه الاختبار هو قدرته على اكتشاف نسبة وعمق التصلب واكتشاف أي خلل في المعالجة.

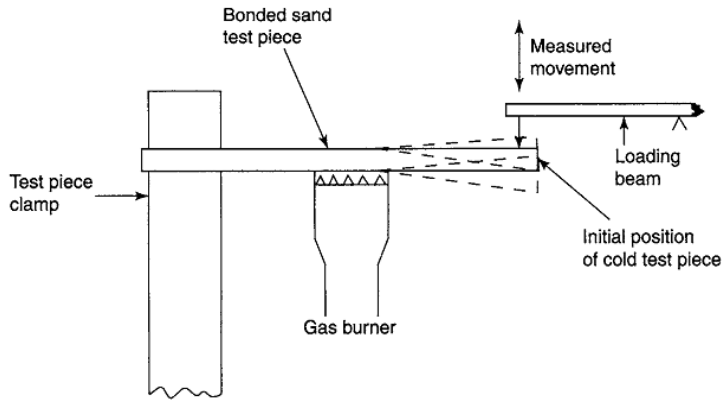
16.4.2.2 تحرر الفقاعات الغازية خلال التصلب(Gas Evolution):

تُحدد نسبة وحجم الغاز المتحرر من عينة جافة لرمل متصلب باستخدام فرن سيليكا أنبوبي مغلق يُتحكم بدرجة حرارته ومزود بجو من النتروجين. تُدفع العينة الموزونة إلى داخل المنطقة الحارة للأنبوب المليء بالغاز الخامل عادة عند درجة حرارة 850C°، يرتفع الضغط ويُسجل بشكل مستمر حيث يصل إلى القيمة العظمى، يمكن تحويل قراءات الضغط إلى حجوم باستخدام مخطط اشتق من التحرر الكلي المعروف من مادة عياريه.

يعتبر نسبة وحجم الغاز مؤشر هام على إمكانية تشكل عيوب الغازات في المسبوكة.

17.4.2.2 التشوه الحراري(Hot Distortion):

يُنفذ اختبار التشوه الحراري على عينة رملية ذات شكل شريحة مستوية تُثبت من إحدى طرفيها و الطرف الآخر يُحمل بطريقة كابولي (Cantilever) ثم يتم تسخين الجانب السفلي ويُقاس الميل الحاصل في الطرف المحمل بشكل مستمر. تُتبع الحركة الصاعدة بسبب التمدد الأولي للطبقات السفلية للشريحة بتدلي مع تلين حراري ثم انهيار نهائي وسقوط للمادة كما هو مبين بالشكل (2 ـ 4). تعطي منحنيات الوقت . الانفعال دليلاً على سلوك المواد الرابطة المختلفة[3].



الشكل (2 ـ 4) شكل تخطيطي لاختبار التشوه الحراري

تم في هذا الفصل التعرف على أهم الخصائص التكنولوجية للرمال المعدة للسباكة والتي يجب أن تتمتع بها الرمال وذلك للحصول على مسبوكات ذات جودة مقبولة، كما تم شرح لأهم الاختبارات التي تطبق على رمال السباكة لتحديد خواصها والمميزات التي تتمتع فيها. وبعد أن تم التعرف على مكونات رمال السباكة وخواصها وتجاربها في الفصلين الأول والثاني سيتم الاطلاع على بعض الدراسات المنفذة على رمال السباكة في بعض بلدان العالم للتعرف على أسلوب تنفيذ الاختبارات والنتائج التي تم التوصل إليها.

الفصل الثالث

دراسات عن رمال السباكة في بعض بلدان العالم

الفصل الثالث

دراسات عن رمال السباكة في بعض بلدان العالم

Studies of foundry sands at world countries

1.3الدراسات المنفذة على رمال السباكة في بعض بلدان العالم: توجد الرمال الطبيعية في مواقع مختلفة من العالم والتحدي الوحيد هو تقييم هذه الرمال المترسبة من خلال دراسة خواصها الكيميائية والفيزيائية وتحديد كمية المادة الرابطة المناسبة والنسبة الصحيحة للماء الواجب إضافتها للحصول على مسبوكات مرغوب فيها، في سبيل هذا التحدي قامت دراسات كثيرة في بلدان العالم لتحديد مدى صلاحية الرمال المتوفرة فيها لأعمال السباكة ونسب الغضار والماء الملائمين وتحديد أنواع المعادن التي يمكن استخدام الرمال لصبها.

في هذا الفصل سيتم التطرق لبعض الدراسات المنفذة في عدة دول من العالم بهدف التعرف على خصائص الرمال في هذه المناطق والأسلوب المتبع في هذه الدراسات.

1.1.3دراسة رمل أرضمة في العراق: في العراق نُفذت دراسة من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين لتحديد مدى صلاحية استخدام رمل الزجاج من مقلع أرضمة غرب مدينة الرطبة كرمل لأغراض سباكة المعادن وذلك من خلال تحقيق هذا الرمل للمواصفات الفنية المرجعية لرمل السباكة حيث يعتبر هذا الرمل من أجود أنواع رمال السيليكا المكتشفة في العراق.

في سبيل ذلك تم إخضاع نماذج ممثلة لرمل الزجاج من مقلع أرضمة لتحاليل كيميائية وفحوصات فيزيائية متعددة لتحديد مواصفات الرمل ومدى تحقيق هذه المواصفات للمواصفة القياسية العراقية المرقمة (2100) للرمال العالية السيليكا المستخدمة في المسابك والصادرة عن الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية في العراق.

بدايةً تم إجراء التحاليل الكيميائية للنماذج الممثلة للرمل لمعرفة مكونات الرمل الأساسية خاصة محتواه من السيليكا والعناصر القلوية والشوائب الأخرى والجدول(3 ـ1) يوضح نتائج التحاليل الكيميائية للنماذج.

الجدول(3 ـ1) نتائج التحليل الكيميائي لنماذج ممثلة لرمل أرضمة

Sample No	SiO_2 %	Fe_2O_3 %	AL_2O_3 %	TiO_2 %	MgO %	SO_3 %	LOI %	Na_2O %	K_2O %	CL %	Total
SA1	98.37	0.04	0.2	0.088	0.04	<0.07	0.1	0.017	0.008	0.1	98.76
SA2	97.21	0.04	0.19	0.085	0.05	<0.07	0.3	0.015	0.011	0.2	98.02

حيث أظهرت التحاليل المحتوى العالي للرمل من السيليكا والذي يزيد معدله عن %(97.79) ومحتواه المنخفض جداً من العناصر القلوية الضارة ولدى مقارنة هذه النتائج مع المواصفة العراقية التي صنفت رمال السيليكا للسباكة إلى ثلاثة أصناف حسب تركيبها الكيماوي والمبينة بالجدول(3 ـ 2) تبين أن رمل أرضمة يقع ضمن الصنف (أ) ويعتبر رمل عالي النقاوة وخواصه الكيماوية تجعل منه رمل يستطيع تلبية متطلبات صناعة قوالب السباكة من الناحية الكيميائية.

الجدول (3 ـ 2) أصناف رمل السيليكا حسب التركيب الكيماوي بموجب المواصفة القياسية العراقية(2000)

الصنف	محتوى السيليكا	محتوى الالومينا كحد أدنى %	محتوى أكسيد الحديد كحد أعلى%	محتوى أكسيد الحديدي والكالسيوم	محتوى القلويات	الفقدان بالحرق%
صنف أ	أكثر من 98	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2
صنف ب	98 -96.5	0.85	0.7	0.2	0.2	0.25
صنف ج	أكثر من 95	1	0.8	0.2	0.2	0.3

كما تم تحديد نسبة الغضار للرمال وكانت لا تتجاوز 0.4% ونسبة الغضار المسموح بها في الرمل بموجب المواصفة بين %(0.5–0.2) ورمل أرضمة يحقق المواصفة.

أما الفحوصات الفيزيائية فقد تمثلت بإجراء عملية تحليل حجمي لعينات الرمل باستخدام مناخل قياسية وفق النظام الأمريكي لتحديد التوزع الحجمي ورقم النعومة والجدول التالي(3 ـ 3) يبين التوزع الحجمي للرمل وحساب رقم النعومة.

الجدول(3 ـ 3) يبين التوزع الحجمي للرمل وحساب رقم النعومة لرمل أرض أرضمة

مقياس المنخل بالنظام الأمريكي		النسب المتبقية على كل منخل % A	معامل الضرب B	الناتج A*B
10		ـــــ	3	ـــــ
12	1.7	ـــــ	5	0.66
20	0.850	0.066	10	ـــــ
30	0.600	0.056	20	1.12
40	0.425	0.182	30	5.46
50	0.300	1.928	40	77.12
70	0.212	28.786	50	1439.4
100	0.150	62.022	70	4341.54
140	0.106	5.714	100	571.4
200	0.075	0.848	140	118.72
270	0.053	0.086	200	17.2
PAN		0.37	300	111
TOTAL		100		6682.96

معامل النعومة = مجموع النواتج / مجموع النسب المتبقية

668.96/100 =

AFS = 66.89

من خلال إجراء عملية التوزع الحجمي على رمل أرضمة قد تبين أن مجموع الرمال المتبقية على الثلاث مناخل المتتالية (300 – 212 – 150) ميكرون لا تقل عن 70%، بينما نسبة الرمل المتبقية على مجموعة المناخل (850– 600 – 425) ميكرون لا تتجاوز نسبة الـ 10% كحد أعلى وبذلك فأن رمل أرضمة يُعدٌّ رمل متساوي النعومة حسب نظام الثلاثة مناخل المتتالية الذي يعتبر الرمل متساوي النعومة عندما يتبقى 70% أو أكثر منه على ثلاث مناخل متتالية.

ومن دراسة خواص رمل أرضمة تبين أن حبيباته هي عبارة عن خليط من حبيبات شبه مدورة وشبه زاوية وبذلك تعطي هذه الحبيبات حدا وسطا بين الحبيبات المدورة ذات متانة الربط العالية والتمدد الحراري القليل والحبيبات ذات الشكل الزاوي التي تمتاز بقوة ربط ضعيفة.

حُددت الكثافة الحجمية لرمل أرضمة مخبرياً وقد تراوحت مابين t/m^3 (1.6–1.5) وهي ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية العراقية رقم 2011 التي حددت الكثافة الحجمية لرمال السباكة بحدود $1.5\ t/m^3$.

لم يتم تحديد درجة حرارة انصهار وتلبيد الرمال لعدم توفر الأفران المناسبة ولكن بما أن رمل أرضمة من الرمال النقية ذات محتوى سيليكي عالي فإنه سوف يتمتع بدرجة انصهار عالية.

اعتماداً على نتائج التحاليل والفحوصات السابقة وتحقيقها لمتطلبات المواصفة القياسية العراقية (2100) بعنوان (الرمال عالية السيليكا المستخدمة في المسابك) تبين أن رمل أرضمة صالح لاستخدامه في سباكة المعادن وخاصة المعادن الثقيلة ذات درجات الانصهار العالية[5].

2.1.3 دراسة رمل نهر النيجر والرمل في Ilesha وIlorin في نيجيريا: في نيجيريا وتحديداً في أكاديمية Defence قام باحثون بدراسة الخصائص المسبكية لرمل نهر النيجر للمنطقة الواقعة خلف شركة فولاذ Ajaokuta بهدف بيان إمكانية استخدامه في السباكة الرملية في المسابك، وقد تم استخدام غضار البنتونيت والكاولين (Kaloin) كمواد رابطة وتنفيذ الاختبارات التالية: التحليل الحبيبي الميكانيكي، محتوى الغضار، مقاومة الانضغاط الرطبة والجافة، القساوة الرطبة، النفاذية واختبار مؤشر التحطم[1].

أُخذت عينات من نقاط مختلفة (سطحية وداخلية) على طول نهر النيجر خلف معمل فولاذ Ajaokuta وتم تحضير الرمل أولا (بغسله وتجفيفه وطحنه ثم غربلته بواسطة منخل بريطاني 120mesh)، نُفذت الاختبارات الكيميائية في مختبر وكالة المسح الجيولوجي ويبين الجدول (3 ـ 4) نتائج تحليل عينة رملية للعناصر المعدنية الأساسية المكونة لها.

الجدول (3 ـ 4) نتائج التحليل الكيميائي لرمل قاع نهر النيجر عند Ajaokuta

رمل قاع نهر النيجر	Si_2O	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	MnO	H_2O^+
المكون وزناً%	71.6	19.50	3.65	1.20	1.20	0.79	0.10	0.1	0.01	0.85

حُددت مقاومة الانصهار للرمل باستخدام طريقة مخروط Seyder وتم في الدراسة الاعتماد على المواصفات البريطانية لغربلة الرمل وتحديد رقم النعومة والتوزع الحجمي حيث وُزنت عينة 942g من الرمل المغسول والمجفف ونُقلت إلى الغربال الميكانيكي القياسي وهُزت لمدة 30 دقيقة من أجل تحديد التوزع الحبيبي والمبين بالجدول (3 ـ 5)، استخدمت الرمال التي حجم حبيباتها يحقق المواصفات

البريطانية 72–40 لإعداد العينات الاختبارية والتي تختلف عن بعضها بالنسبة المئوية لمحتوى المادة الرابطة (البنتونيت والكاولين) والنسب المئوية هي%(3–2.5–2.0–1.5–1–0.5). تم تحضير العينات بدكها بواسطة جهاز الدك (عينات أسطوانية ذات قطر2in وارتفاع 2in والوزن الوسطي 130 g) وذلك بتطبيق ثلاث دكات.

لمعرفة النسبة المئوية لرطوبة الرمال تم استخدام جهاز تحديد الرطوبة السريع، ولتحديد النفاذية طبق الضغط الجوي القياسي على أنبوب العينة الحاوي على الرمل الرطب والموضوع على مقياس النفاذية وحدد الوقت الذي استغرقه مرور $2000cm^3$ من الهواء عبر العينة، بينما حددت متانة الانضغاط الجافة والرطبة على جهاز تحديد المتانة العالمي حيث طُبقت على العينات قوى انضغاط متزايدة بشكل ثابت حتى حدوث الانهيار أما عينات مقاومة الانضغاط الجافة فقد جُففت لدرجة حرارة 110°C لمدة ساعة ومن ثم بُردت لدرجة حرارة الغرفة قبل اختبارها.

النتائج: تم وضع النتائج التي تم الحصول عليها في الجداول (3 ـ 6)(3 ـ 7)(3 ـ 8)

الجدول(3 ـ 5) التوزع الحجمي للحبيبات وحساب رقم نعومة الحبيبات AFS للرمل

S/N	رقم المنخل	الرمل المتبقي	معامل الضرب	الناتج
1	16	00.05	10	0.50
2	30	22.59	20	451.80
3	40	61.95	30	1858.50
4	52	00.00	40	0.00
5	60	00.00	52	0.00
6	72	15.24	60	914.4
7	100	00.03	72	2.06
8	150	00.01	100	1.00
9	200	00.10	150	1.50
10	**غضار/pan**	00.04	300	12.00
المجموع		**100.00**	**المجموع**	**3241.41**

الجدول(3 ـ 6) الخصائص المسبكية المقاسة لرمل قاع نهر النيجر باستخدام نسب مختلفة من الماء

العينة:يستخدم الماء كمادة رابطة للرمل	A	B	C	D	E	F
الماء المضاف(%)	2.0	3.0	4.0	5.5	7.0	8.0
محتوى الرطوبة(%)	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0
المتانة الرطبة (KN/m^2)	–	–	–	–	–	–
المتانة الجافة (KN/m^2)	–	–	–	–	–	–
النفاذية الرطبة (رقم)	–	–	–	–	–	–
القساوة الرطبة (رقم)	–	–	–	–	–	–
مؤشر التحطم (رقم)	7.6	6.6	3.8	3.4	2.0	0.3

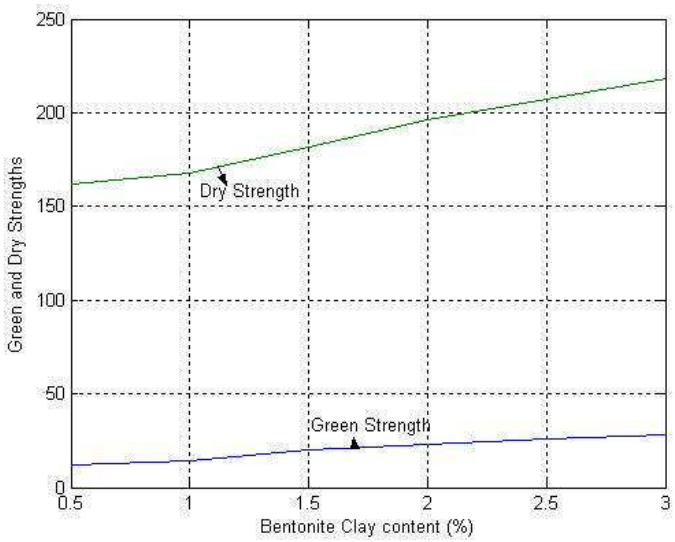
الجدول(3 ـ 7) الخصائص المسبكية المقاسة لرمل قاع نهر النيجر باستخدام نسب مئوية مختلفة من البنتونيت كمادة رابطة ونسبة 3% ماء

العينة:يستخدم البنتونيت كمادة رابطة للرمل	A	B	C	D	E	F
المادة الرابطة (%)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
محتوى الرطوبة(%)	2.0	2.0	1.8	1.8	1.7	1.6
المتانة الرطبة (KN/m^2)	12.0	14.0	20.0	23.0	26.0	28.0
المتانة الجافة (KN/m^2)	162.0	168.0	182.0	196.0	207.0	218.0
النفاذية الرطبة (رقم)	120. 3	115.7	111.4	107.4	103.7	100.5
القساوة الرطبة (رقم)	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	34.0
مؤشر التحطم (رقم)	90.0	86.0	83.0	75.0	62.0	56.0

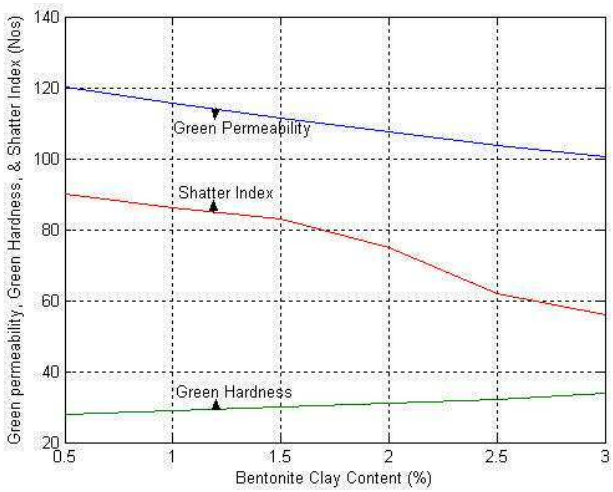
الجدول(3 ـ 8)الخصائص المسبكية المقاسة لرمل قاع نهر النيجر باستخدام نسب مئوية مختلفة من الكاولين كمادة رابطة ونسبة 3% ماء

العينة:يستخدم الكاولين كمادة رابطة للرمل	A	B	C	D	E	F
المادة الرابطة (%)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
محتوى الرطوبة(%)	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
المتانة الرطبة (KN/m^2)	20.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0
المتانة الجافة (KN/m^2)	180.0	220.0	268.0	190.0	329.0	340.0
النفاذية الرطبة (رقم)	157. 3	150.2	143.7	131.8	128.3	126.6
القساوة الرطبة (رقم)	45.0	48.0	53.0	56.0	58.0	60.0
مؤشر التحطم (رقم)	68.0	62.0	60.0	54.0	51.0	50.0

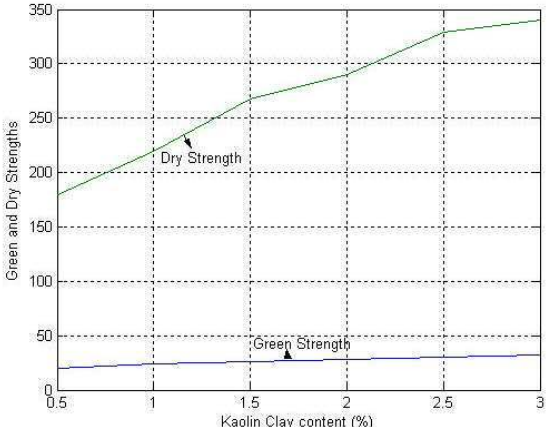
تبين الأشكال(3 ـ 1)(3 ـ 2) (3 ـ 3)(3 ـ 4) خصائص رمل نهر النيجر عند نسب مختلفة من البنتونيت و نسبة 3% ماء.



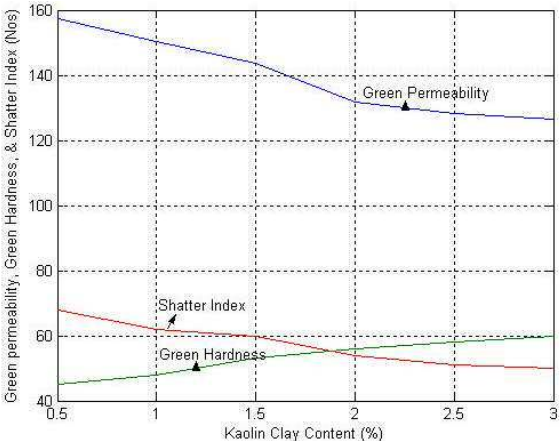
الشكل(3 ـ 1) المتانة الرطبة والجافة لقوالب رمل نهر النيجرالمربوطة بنسب مختلفة من البنتونيت و 3% ماء



الشكل(3 ـ 2) رقم النفاذية ورقم القساوة الرطبة ومؤشر التحطم لقوالب رمل نهر النيجر المربوطة بنسب مختلفة من البنتونيت و 3% ماء



الشكل(3 ـ 3) المتانة الرطبة والجافة لقوالب رمل نهر النيجرالمربوطة بنسب مختلفة من الكاولين و 3% ماء



الشكل(3 ـ 4) رقم النفاذية و رقم القساوة الرطبة ومؤشر التحطم لقوالب رمل نهر النيجرالمربوطة بنسب مختلفة من البنتونيت و 3% ماء

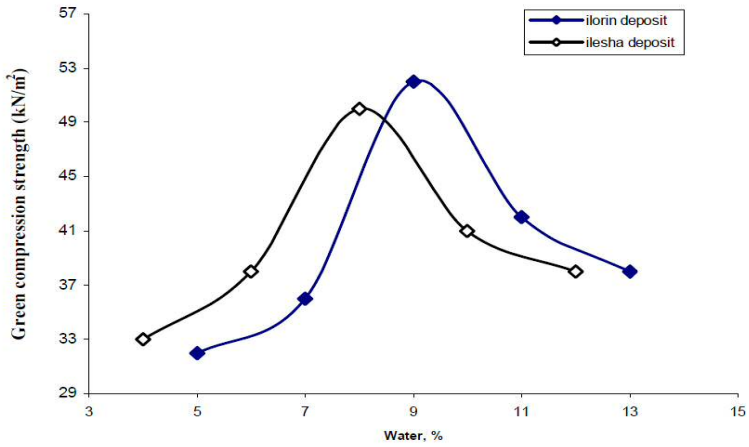
أظهر تحديد المقاومة الحرارية للرمل بأن رمل نهر النيجر مناسب بشكل رئيسي لصب المعادن اللاحديدية التي درجة انصهارها أقل من 1380°C أما محتوى الغضار فقد كان 0.04 وهو ضمن الحد المقبول. من دراسة جدول التوزع الحبيبي لوحظ أن 70% من الرمل ذو حبيبات متوسطة و 30% ذو حبيبات ناعمة وهو ضمن المعيار المقبول وفقاً للمواصفة البريطانية 72-40، رقم نعومة الحبيبات AFS = الناتج الكلي / كتلة الرمل% = 32.4.

تراوحت متانة الانضغاط الجافة من $12KN/m^2$ عند نسبة 0.5% بنتونيت إلى$28KN/m^2$ عند نسبة 0.3% بنتونيت وتراوحت من $20KN/m^2$ إلى $32KN/m^2$ لنفس النسب بالنسبة لغضار الكاولين ومنه استنتج أن الكاولين أفضل بحوالي 20% من البنتونيت كمادة رابطة.

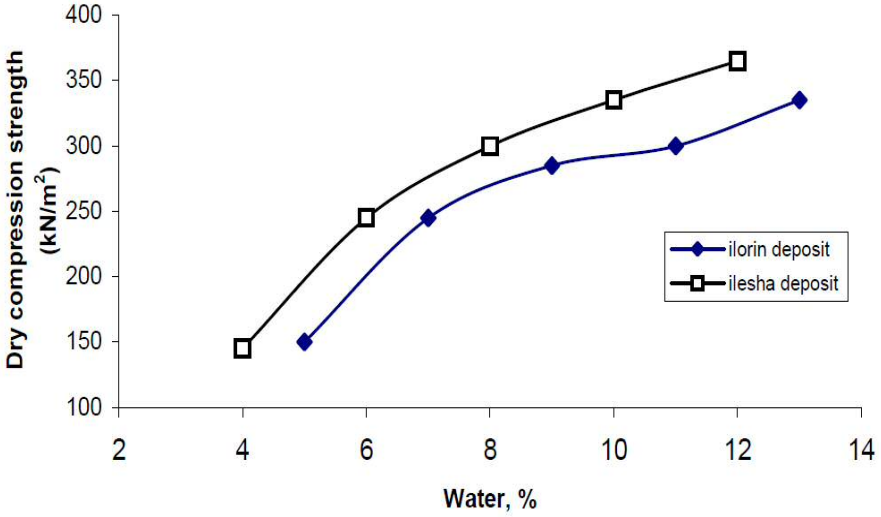
عندما قورنت النتائج مع معايير السباكة وجد أن هذه الرمال مناسبة لصب جميع أنواع مسبوكات السبائك اللاحديدية للقوالب الجافة والرطبة بنسبة 1.5% غضار بنتونيت و1% كاولين وماء بنسبة 2%، ولكن انخفاض المقاومة الحرارية لهذا الرمل أدى إلى استخدامه بشكل محدود وذلك بسبب وجود أكاسيد ذات درجة حرارة انصهار منخفضة مثل أكسيد الصوديوم الذي يذوب متحولاً إلى هيدروكسيد الصوديوم عند درجات الحرارة المرتفعة[6].

Ilesha و Ilorin الواقعتين في شمال غرب ووسط نيجيريا تمت دراسة الخصائص الميكانيكية والنفاذية للرمل الطبيعي المترسب فيهما والمستخدم في صب المعادن اللاحديدية وذلك بهدف تحديد محتوى الرطوبة الأمثل لأعمال السباكة من قبل جامعة Ilorin [2].

نفذت الاختبارات المخبرية في هذه الدراسة متضمنة المتانات الانضغاطية الجافة والرطبة، مؤشر التحطم، قابلية الدك والنفاذية على عينات رملية أضيف إليها الماء بنسب مئوية مختلفة والمخططات التالية(3 - 5)(3 - 6)(3 ـ 7)(3 - 8)(3 - 9) توضح النتائج التي تم الحصول عليها:

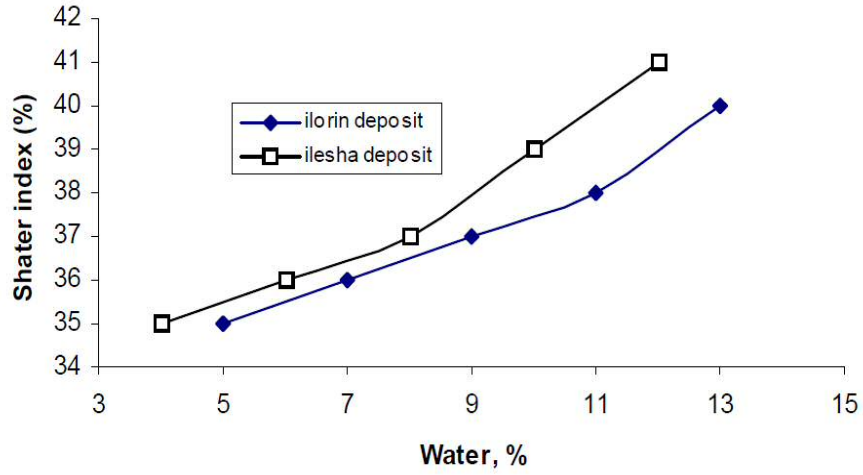


الشكل(3 ـ 5) تغير متانة الانضغاط الرطبة بزيادة النسبة المئوية للماء

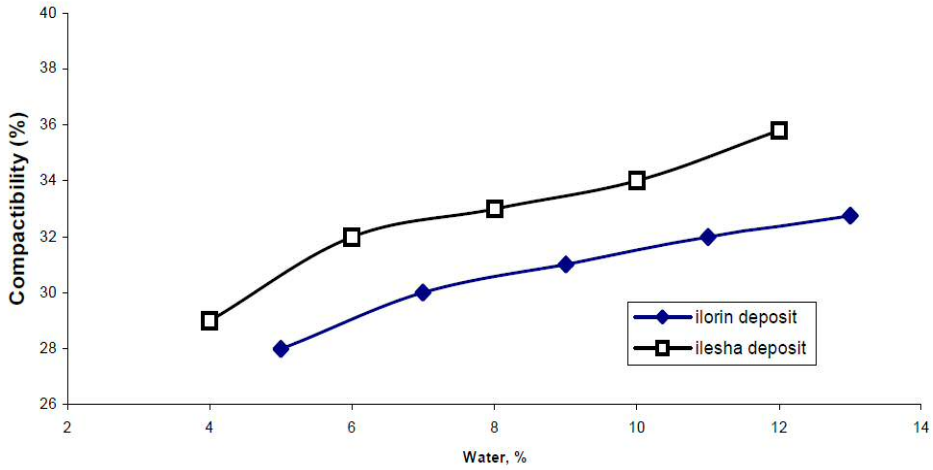


الشكل(3 ـ 6) تغير متانة الانضغاط الجافة بزيادة النسبة المئوية للماء

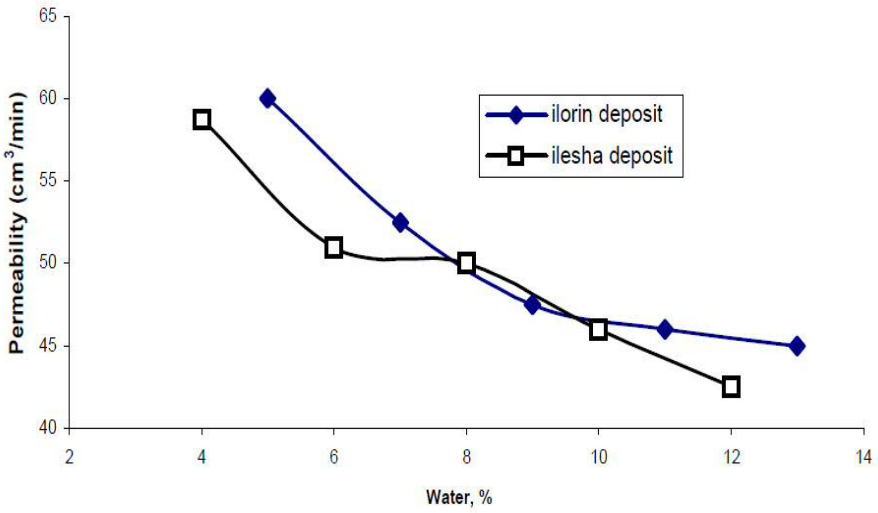
يبين الشكل (3 ـ 5) أن متانة الانضغاط الرطبة قد ازدادت مع زيادة نسبة الماء المضافة بشكل ثابت وصولاً للقيمة العظمى عند 8% ماء بالنسبة لرملIlesha وعند 9% بالنسبة لرمل Ilorin وأن أي زيادة عن هاتين النسبتين يؤدي إلى انخفاض المتانة لأن الماء الزائد سيعمل على إضعاف المادة الرابطة. أما متانة الضغط الجافة فقط ازدادت مع زيادة نسبة الماء لكلا الرملين المترسبين مما يجعلهما مناسبان لصب المسبوكات الكبيرة.



الشكل(3 ـ 7) تأثير النسبة المئوية للماء المضاف على مؤشر التحطم



الشكل(3 ـ 8) تأثير النسبة المئوية للماء المضاف على قابلية الدك لرمل الصب



الشكل(3 ـ 9) تأثير النسبة المئوية للماء المضاف على أرقام النفاذية

يزداد مؤشر التحطم لكلا الرملين المترسبين بزيادة نسبة الماء المضاف وهذا يعود لحقيقة أن الماء ينشط الغضار ويجعله متصلب ومقاوم للتحطم كما هو مبين بالشكل(3 ـ 7)، أيضاً تتزايد قابلية الدك للرمل في كلا الموقعين مع زيادة النسبة المئوية للماء المضاف كما هو موضح بالشكل(3 ـ 8)، بينما تتناقص النفاذية لكلا الرملين بزيادة النسبة المئوية للماء وينسب هذا إلى حقيقة أن الماء يتصرف كعائق لمسامات الهواء في الرمل فيعرقل خروج الهواء عبر الرمل والشكل (3 ـ 9) يبين ذلك.

لتقييم الرمل الطبيعي تم تنفيذ مقارنة بين قيم الخصائص الناتجة لكلا الرملين الجدول (3 ـ 9) مع القيم المعيارية المدرجة بالجدول (3 ـ 10) وتم التوصل إلى أن الرمال في كلا الموقعين ملائمة لصب المعادن اللاحديدية عند إضافة ماء بنسبة % 9 – 8 [7].

الجدول (3 ـ 9) الخصائص الميكانيكية للرمال الطبيعية في كلا Ilesha و Ilorin

Property	Ilorin sand deposit, 9% Water	Ilesha sand deposit, 8% Water
Green Compressive Strength, kN/m^2	52	50
Dry Compressive Strength, kN/m^2	285	300
Shatter Index, %	37	37
Compactibilty, %	31	33
Permeability, No	47.5	50

الجدول(3 ـ 10) القيم القياسية لخصائص رمال السباكة

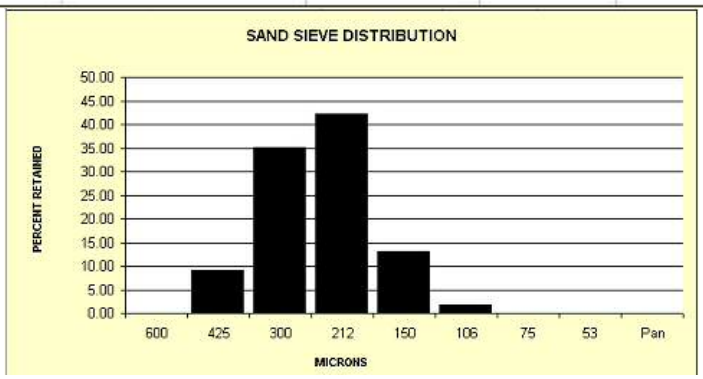
Metal	Green Compressive Strength, kN/m^2	Dry Compressive Strength, kN/m^2	Permeability, No
Heavy Steel	70-85	1000-2000	130-300
Light Steel	70-85	400-1000	125-200
Heavy Grey Iron	70-105	350-800	70-120
Aluminium	50-70	200-550	10-30
Brass and Bronze	55-85	200-860	15-40
Light Grey Iron	50-85	200-550	20-50
Malleable Iron	45-55	210-550	20-60
Medium Grey Iron	70-105	350-800	40-80

3.1.3 دراسة الرمل المترسب في جزيرة Queensland في استراليا: يتوفر رمل السيليكا في استراليا في معظم أرجائها ، ولكن لا تسمح المتطلبات التقنية للمسابك ألا لبعض الترسبات أن تنقب وتعالج لاستخدامها ومن بينها الترسبات الحادثة الترسبات في جزيرة Queensland حيث أجريت دراسة على هذه الرمال متضمنة بعض الاختبارات وكانت النتائج كالتالي، يبين الجدول (3 ـ 11)

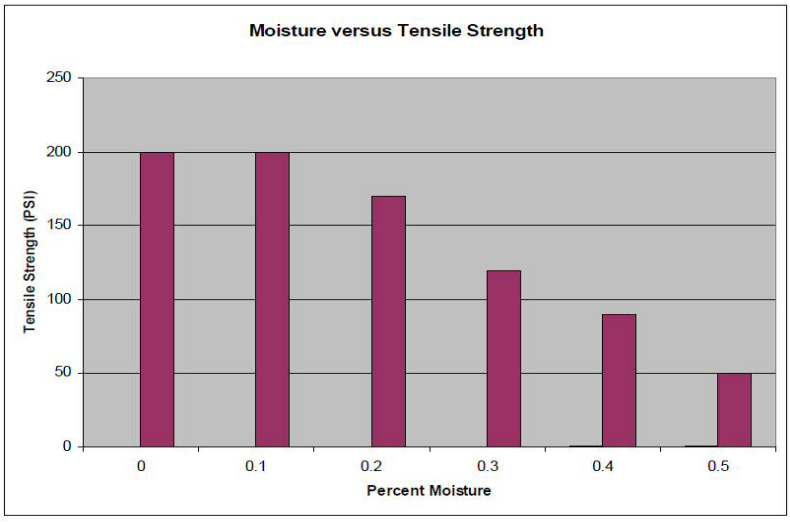
التوزع الحبيبي للرمل وحساب رقم النعومة ويبين الشكل (3 ـ 10) مخطط بياني لتوزع الحبيبات والشكل (3 ـ 11) محتوى الرطوبة المقابلة لمتانة الشد[3]:

جدول(3 ـ 11) التوزع الحجمي للرمل وحساب رقم النعومة

SAMPLE SOURCE:	Southern Pacific Sands	Weight of Sample	100	"grams
DATE OF TEST :	12/01/2001			
CUSTOMER	Cast Metal Services			
Sieve Size :Microns	Amount Retained	Percentage Retained %	Multiplication Factor	Product Per sieve
600	0.00	0.00	20	0.00
425	8.80	8.81	30	264.26
300	34.80	34.83	40	1393.39
212	42.00	42.04	50	2102.10
150	12.80	12.81	70	896.90
106	1.50	1.50	100	150.15
75	0.00	0.00	140	0.00
53	0.00	0.00	200	0.00
Pan	0.00	0.00	300	0.00
Total	99.90	100		4806.81
% Sieve Loss=	0.10%	Four sieve spread=		98.50%
	AFS GFN=	48.02		



الشكل(3 ـ 10) مخطط بياني لتوزع الحبيبات الرملية



الشكل(3 ـ 11) محتوى الرطوبة المقابلة لمتانة الشد

يبين الشكل(3 ـ 11) أن محتوى الرطوبة عند القيمة 0.2% والأعلى يضر بجودة المسبوكات عند استخدام المواد الرابطة المتصلبة على البارد ويوريثان الفينوليك، حيث تتناقص Bench life إلى حد كبير وتنخفض متانة النواة والنفاذية كما تتناقص أيضاً المؤشرات الأخرى من قساوة وصلابة، في الأحوال العامة تنخفض متانة الشد 30% عند كل 1% زيادة في الرطوبة. حُددت القيم المثالية لـ المطلب الحمضي لهذه الرمال بـ 4 ml - 0 والتي تعتبر قيمة مهمة لأنها تبين كمية المواد القلوية التي يجب عدم وجودها في رمل السيليكا[8].

لم تقتصر الدراسات التي أجريت على الرمال في المواقع المختلفة من العالم على دراسة الرمال وخصائصها فحسب بل شملت أيضا دراسة الرمال وخصائصها باستخدام مواد متوفرة بديلة للمواد الرابطة كما في دراسة قام بها باحثون من جامعة Federal في نيجيريا حيث استخدموا غضار Tudun- wada المتوفر في المنطقة بدلاً من غضار البنتونيت كمادة رابطة للرمل المدروس في بحث هدفه بيان تأثير محتوى الرطوبة على خصائص القولبة لرمل نهر النيجر حيث أظهرت جميع النتائج التي تم الحصول عليها والمبينة بالجدول(3 ـ 12) أن خصائص الرمل قد تأثرت بمحتوى الرطوبة وعوامل أخرى مثل الغضار حيث أظهرت القيمة المرتفعة للمتانة الرطبة بأن القالب الناتج سيمتلك مقاومة أكبر للتآكل وللضغط الداخلي وأظهرت الزيادة في النفاذية أن قوالب Tudun- wada ذات تنفيس أفضل للغازات المتشكلة لذلك عند صب المعادن المسالة الحارة في هذه القوالب لن تظهر انتفاخات أو فتحات في المسبوكات، ووجد أنه يمكن استخدام غضار Tudun- wada كبديل مرضي للبنتونيت لما يتمتع به فهو غضار ناعم جداً ويمتلك طبيعة مرنة عند مزجه بالماء فهذه الخاصية جعلته مادة رابطة مناسبة لتطبيقات السباكة، في النهاية تم استنتاج أن خليط القولبة المكون من رمل نهر النيجر وغضار Tudun- wada والكمية الملائمة من الماء مناسب لصب المعادن السبائكية الحديدية واللاحديدية[9].

الجدول (3 ـ 12) يبين الخصائص الميكانيكية للرمل مع تغير النسبة المئوية للماء

Water (%)	1	2	4	6	8	10
Green compression strength (psi) (KN/m^2)	11.1 76.59	9.2 63.48	6.8 46.92	4.9 33.81	4.7 32.43	4.2 28.98
Green shear strength (psi) (KN/m^2)	1.2 8.28	1.1 7.59	0.6 3.6	0.5 3.45	0.3 2.07	0.2 1.38
Dry compression strength (psi) (KN/m^2)	62 427.8	73.5 507.15	465 3208.5	467.5 3225.75	>467.5 >3225.75	>467.5 >3225.75
Dry shear strength (psi) (KN/m^2)	8.5 58.65	22 151.8	110 759	140 966	205 1414.5	230 1587
Permeability (mmws)	280	360	420	350	300	260

في هذا الفصل تم الاطلاع على بعض الدراسات المنفذة على رمال السباكة في بعض بلدان العالم كالعراق والنيجر واستراليا بهدف التعرف على الاختبارات المستخدمة في الدراسات والنتائج التي تم التوصل إليها. في الفصل القادم سيتم تحديد أهم المواقع في سورية التي تتوفر فيها الرمال الكوارتزية المستخدمة في السباكة وبعض خواصها وذلك وفقا لدليل المؤسسة العامة للجيولوجية والثروة المعدنية في سورية.

الفصل الرابع

مواقع الرمال الكوارتزية في سورية

الفصل الرابع

مواقع الرمال الكوارتزية في سورية

Locations of quartz sands in Syria

1.4وجود الرمال الكوارتزية في سورية: تتكشف توضعات الرمال الكوارتزية الهامة في

مناطق عديدة من أراضي القطر كما هو مبين بالشكل(4 ـ 1) وذلك في التشكيلات الجيولوجية العائدة لقاعدة الكريتاسي والأوليغوسين والميوسين. تتمثل رمال قاعدة الكريتاسي بتشكيلة حجر رمل الأساس، والتناوبات الرملية للابسيان العلوي وتتكشف في عدة مناطق من الجزء الجنوبي لسلسلة لبنان الشرقية منها مناطق: الزبداني ، التكية، بلودان، المنحدرات الجنوبية الشرقية للحرمون وهي غالباً رمال ملونة بأكاسيد الحديد باستثناء بعض الطبقات النقية نسبياً بالقرب من بلودان وشمال الزبداني وفي منطقة الزبداني المتاخمة لشمال طريق بيروت ـ دمشق. كما تتكشف في نوى محدبات التدمرية الجنوبية وخاصة في جبل المزار حيث تتكشف رمال كوارتزية سائبة ألوانها حمراء وآجرية وصفراء.

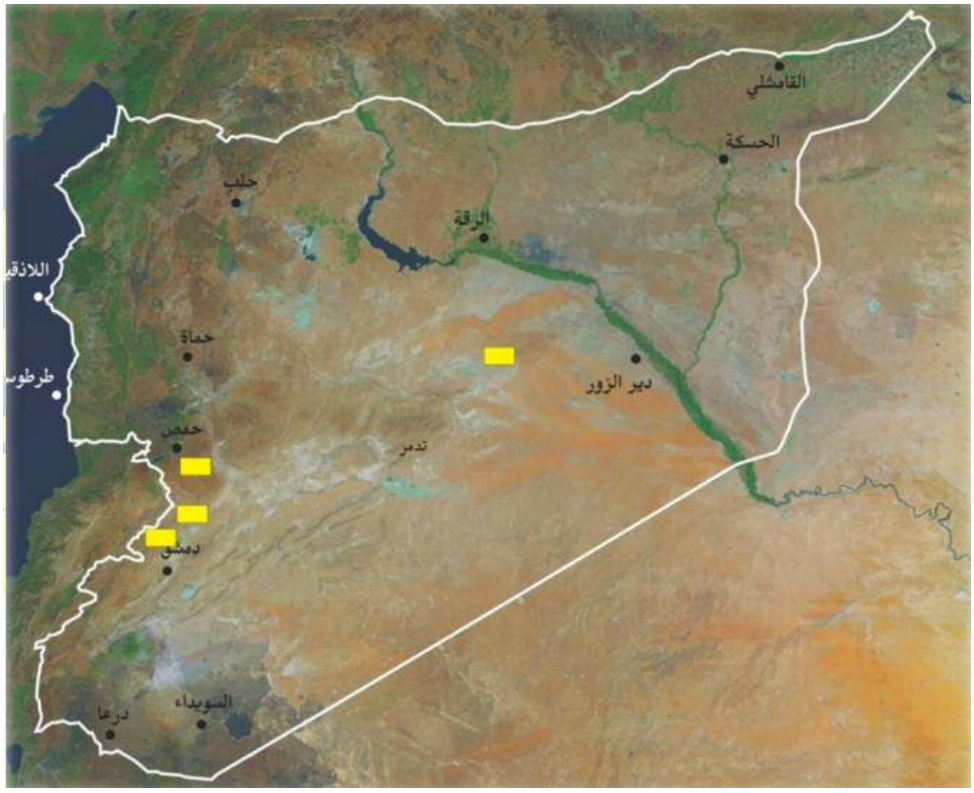
أما رمال الأوليغوسين والميوسين الأسفل فيتوزع معظمها على منحدرات السلسلة التدمرية وجبل البشري وعلى الجهة اليمنى لنهر الفرات حتى منطقة البوكمال وهي عموماً رمال فاتحة اللون مؤلفة من حبيبات كوارتزية ناعمة وخشنة أحياناً يجمعها ملاط كربوناتي. أفضل وأهم التوضعات يتوزع في المنطقة الواقعة بين حمص والقريتين ودمشق وفي منطقة جبل الطبوق (منطقة البشري) وتتواجد الرمال الكوارتزية في مناطق واسعة أهمها:

1.1.4منطقة القريتين:

1.1.14 موقع الدعكانة: يقع مكمن الدعكانة إلى الشمال الشرقي من بلدة القريتين بمسافة 7Kmويرتبط مع طريق عام القريتين حمص بطريق ترابي (صحراوي) يمكن أن تسير عليه الشاحنات، وتظهر مقالع الرمال على شكل عدسة تمتد باتجاه شمال شرق قليلاً ـ جنوب غرب بطول حوالي 5Km وعرض 80Km وتصل السماكة الأعظمية لطبقة الرمال في المكمن إلى أكثر من 50m.يبين الجدول (4 ـ 1) نتائج التحليل الكيميائي لرمل الدعكانة.

الجدول(4 ـ 1) التحليل الكيميائي لرمل الدعكانة

SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	L.O.I
74 - 98.2	0.01 – 0.82	0.25 – 1.54	0.01 – 11.98	<0.02 – 0.76	0.04 – 0.13	0.38-10.70



الشكل(4 ـ 1) مصور توضع الرمال الكوارتزية في سورية

2.1.1.4 موقع تلال الخضاريات ـ السد: تقع المنطقة جنوب بلدة القريتين بمسافة Km(10 –9). تنتشر تشكيلة الرمال الكوارتزية في الموقع انتشاراً أفقياً واسعاً في الجهة الشرقية بينما تضيق في القسم الجنوبي الغربي، وهي عبارة عن رمال سائبة ناعمة إلى متوسطة الخشونة بشكل عام ألوانها تتراوح من الأبيض إلى الأصفر فالأحمر الآجري، تبلغ السماكة الأعظمية لطبقة الرمال في الموقع اكثر من 70m. يبين الجدول (4 ـ 2) نتائج التحليل الكيميائي لرمل موقع تلول الخضاريات.

الجدول(4 ـ 2) التحليل الكيميائي لرمل تلول الخضاريات

SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	L.O.I
83.07 – 98.39	0.06 – 0.85	0.38 – 1.07	<0.05 – 7.67	<0.02 – 0.59	0.05 – 0.14	0.48 – 7.07

3.1.1.4 موقع الرميلة: يقع مكمن الرميلة إلى الشمال الغربي من بلدة القريتين بسافة 7Km. تتصف خامات الرمال الكوارتزية في كافة انحاء الموقع على أنها رمال نقية بيضاء باستثناء الطبقة السطحية حتى عمق 3m وتكون مشوبة بالكلس والحديد في معظم أجزاء الموقع.

يبين الجدول (4 ـ 3) نتائج التحليل الكيميائي لرمل موقع الرميلة، أما الجدول (4 ـ 4) فيبين التحليل الحبي لرمل موقع الرميلة

الجدول(4 ـ 3) التحليل الكيميائي لرمل موقع الرميلة

SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	L.O.I
95.4 – 99.07	0.08 – 0.20	0.15 – 1.25	0.1 – 1.7	0.03 – 0.69	0.03 – 0.69	0.24 – 1.78

الجدول (4 ـ 4) التحليل الحبي لرمل موقع الرميلة

خام	خشن	ناعم	مغسول	ميكرون
0.24	14.5	–	–	**1000**
7.25	40.50	–	0.67	**710**
18.47	41.93	0.42	13.30	**500**
34.79	3.07	4.45	74.66	**250**
21.26	–	46.18	10.64	**125**
10.75	–	28.80	0.54	**90**
7.25	–	20.15	0.13	**90<**

2.1.4 منطقة القلمون: تتألف من رمال كوارتزية وحجر رملي كوارتزي وحجر كلسي في مناطق: الثنايا، السحل، يبرود، فليطا. وعلى السفوح الغربية لجبل الكاودان. الرمال في هذه المنطقة تكون نقية غالباً بيضاء اللون مع وجود مستويات صفراء وأخرى حمراء. تتراوح سماكة التشكيل الرملي في عموم المنطقة مابين 3m في جبل الكاودان وتصل إلى 100m في منطقة السحل.

1.2.1.4 مكمن الثنايا: يقع هذا المكمن إلى الشمال الشرقي من مدينة دمشق بمسافة 30Km. ويمتد على شكل حزام يتراوح عرضه مابين (100 – 250)m يمتد لمسافة 6Km تقريباً وبسماكة مابين (15 – 50) m تتراوح ألوانها ما بين الابيض إلى الأصفر وتشاهد رمال حمراء في قاعدة التشكيل.

يبين الجدول (4 ـ 5) نتائج التحليل الكيميائي لرمل موقع الثنايا.

الجدول(4 ـ 5) التحليل الكيميائي لرمل موقع الثنايا

SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	L.O.I
85.3 – 93.6	1.1 – 3.3	4.3 – 9.5	0.3 – 2.5	0.3 – 2	-	1.5 – 2.7

2.2.1.4 مكمن النبك(السحل): يقع هذا المكمن على مسافة 2Km إلى الشرق من بلدة السحل وتمتد رسوبيات الرمال لمسافة 2Km وأهم الخامات تقع في جبل المخرشم وتصل سماكتها حتى 30m. تتألف الرمال من حبيبات ناعمة إلى متوسطة الحجوم وبألوان تختلف من الأصفر الفاتح إلى الرمادي الفاتح إلى الأبيض. يبين الجدول (4 ـ 6) نتائج التحليل الكيميائي لرمل موقع السحل.

الجدول(4 ـ 6) التحليل الكيميائي لرمل موقع السحل

SiO_2	R_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	L.O.I
97.9	1.5	0.4	0.3	0.3	0.4

3.2.1.4 مكمن الكاودان: يقع هذا المكمن إلى الشمال الشرقي من بلدة قارة بمسافة 4Km. تتألف الخامات من رمال كوارتزية ذات ملاط كلسي وغالباً ما تكون مغطاة بطبقات كلسية وتتألف من ذرات ناعمة إلى متوسطة الحجوم وبألوان أبيض إلى مصفر ورمادي فاتح. تتراوح نسبة السيليس في الخام مابين %(94.58 –93.67) ونظراً لكون هذه الرسوبيات مغطاة غالباً ولوجودها بكميات محدودة مع احتوائها على نسبة من الكربونات فلا ينصح باستثمارها لاغراض أخرى غير أغراض البناء.

4.2.1.4 مكمن يبرود (الفليطا): الرمال في هذا الموقع تكون بشكل عام ناعمة الحبيبات ونادراً متوسطة إلى خشنة، ملساء الحواف جيدة الاستدارة وتكون نقية بشكل استثنائي في التكشفات الرملية البيضاء وجيدة النقاوة في التكشفات الملونة، تراوحت نسبة المواد غير الذوابة لعدد من العينات مابين %(99.43 – 94). يعتبر هذا الموقع من أهم مواقع التكشفات للرمال الكوارتزية في منطقة القلمون.

3.1.4 منطقة سلسلة لبنان الشرقية:

تتألف الرمال الكوارتزية من حجر رملي كوارتزي متوسط إلى خشن الحبيبات، تتميز الرمال بتصنيف حُبيبي رديء وبألوان صفراء وحمراء وبنية غامقة بسبب الإغناء بالمواد الحديدية. أهم التكشفات من ناحية الامتداد والكمية تقع في محيط منطقة الروضة ومنحدرات جبل السقوفة وفي منطقة وادي الدردار وتأتي منطقة جديدية يابوس وإلى الشرق منها في المرتبة الثانية من حيث الأهمية.

4.1.4 منطقة جبل البشري: يشكل جبل البشري النهاية الشمالية الشرقية للسلسلة التدمرية، ويعتبر من أكبر المحدبات في المنطقة الشمالية من هذه السلسلة. تتميز الرسوبيات بسيطرة التوضعات الرملية السائبة أو ذات الملاط الضعيف وهي عبارة عن رمال جيدة الاستدارة ومتوسطة إلى ناعمة الحبيبات وتتراوح ألوانها من الأبيض إلى الأبيض المصفر إلى الرمادي الفاتح إلى البني المحمر وغالباً ما تكون ذات سماكات قليلة لا تتجاوز الـ 50m.

1.4.1.4موقع جبل الطبوق: الرمال الكوارتزية بيضاء مصفرة إلى صفراء ونادراً بيضاء نقية تبلغ سماكتها 10m. تتداخل معها مستويات رقيقة من حجر رملي كوارتزي بملاط كربوناتي أصفر غامق اللون. يبين الجدول (4 ـ 7) نتائج التحليل الكيميائي لرمل موقع جبل الطبوق

الجدول(4 ـ 7) التحليل الكيميائي لرمل موقع جبل الطبوق

SiO_2	Fe_2O_3	CaO	مواد غير ذوابة بـ Hcl
91.8	0.6	2.1	94

2.4.1.4 موقع الرحوم: الرمال في هذا الموقع ناعمة الحبيبات عموماً(0.8 – 0.2)mm بألوان بيضاء مصفرة إلى صفراء ورمادية ونادراً بلون قرميدي فاتح. يبين الجدول (4 ـ 8) نتائج التحليل الكيميائي لرمل موقع الرحوم

الجدول(4 ـ 8) التحليل الكيميائي لرمل موقع الرحوم

SiO_2	Fe_2O_3	CaO	مواد غير ذوابة بـ Hcl
93.3	0.5	1.1	96.4

3.4.1.4 موقع وادي الكيار: تتصف الرمال الكوارتزية في الموقع بكونها ملونة ما بين الأصفر إلى البني الفاتح، ناعمة إلى متوسطة حجوم الحبيبات. بلغت نسبة المواد غير الذوابة بحمض كلور الماء 96.3%.

4.4.1.4 موقع وادي الجيري: تتراوح ألوان رمال هذا الموقع ما بين الأبيض المصفر والرمادي الفاتح والأصفر الفاتح البرتقالي والبنفسجي حجوم الحبيبات ناعمة إلى متوسطة.

يبين الجدول (4 ـ 9) نتائج التحليل الكيميائي لرمل موقع وادي الجيري

الجدول(4 ـ 9) التحليل الكيميائي لرمل موقع وادي الجيري

SiO_2	Fe_2O_3	مواد غير ذوابة بـ Hcl
94.6 - 97	0.07 - 0.33	87.18 - 97.5

5.4.1.4 موقع البولية: يقع إلى الشرق من وادي الجيري بحدودKm(8 – 6) تكون رمال الكوارتز على شكل تلال محدودة الارتفاعات مغطاة بتشكيلات رملية منقولة بفعل الرياح وتتكشف في وديان البولية القاطعة لها. وتكون الرمال رمادية فاتحة إلى بنية محمرة ناعمة الحبيبات عموماً، تضم في قسمها الاوسط سويات من الحجر الكلسي العضوي بسماكة 6m تتماسك الرمال بملاط كلسي لتشكل حجر رملي كوارتزي بلون رمادي محمر.

6.4.1.4 موقع الشجيري: تتألف الرسوبيات من رمال كوارتزية ناعمة إلى متوسطة حجوم الحبيبات بألوان تتراوح ما بين الأبيض المصفر وحتى البنفسجي الغامق جيدة الاستدارة. وهناك رمال تتكشف على السطح مباشرة على شكل مستويات رقيقة نسبياً بلون رمادي محمر إلى بني، ناعمة الحبيبات يتوضع فوقها حجر كلسي عضوي حطامي.

7.4.1.4 موقع ناظرة البشري: تتكشف الرمال على جدران وادي ناظرة وتتضمن طبقة سماكتها بحدود 3m مؤلفة من عناصر خشنة من الرمال الكوارتزية والحصى وتتراوح ألوان المواد الحطامية مابين البني المخضر إلى الأصفر الفاتح أو الأبيض الشاحب. إلى الجنوب من الموقع المذكور تتكشف رمال الكوارتز الميوسينية على شكل حزام ويمتد لعدة كيلو مترات وبألوان بيضاء إلى رمادية فاتحة ناعمة جداً مع شوائب كلسية وحديدية ولهذه الرمال الناعمة أهمية في صناعة رمال السباكة والرمل المعياري.

8.4.1.4 موقع وادي أديمة: تتكشف في الموقع رمال كوارتزية بسماكة تزيد عن 10m وتزداد سماكة الطبقات المغطية باتجاه الجبل بحيث تؤثر على الاستثمار المقلعي بشكل مفتوح. الرمال ناعمة إلى متوسطة حجوم الحبيبات و تحوي على نسبة%(20 - 10) من الجص ونسبة قليلة من الكربونات واكاسيد الحديد وبألوان رمادي مصفر إلى أصفر وزهري وتتراوح نسبة المواد غير الذوابة ما بين %(98.1 – 81.7) بشكل عام تعتبر الرمال الكوارتزية في هذا الموقع متوسطة إلى رديئة المواصفات سواءً من ناحية التركيب الكيميائي أو الحبيبي ولا يمكن اعتبارها صالحة للإستخدام لأغراض صناعية ذات نوعية عالية وهي صالحة للسباكة وأعمال البناء وصناعة الإسمنت وغيرها. عملية استثمار هذه الرمال تعتبر صعبة نسبياً نتيجة وعورة المنطقة وقلة الطرق الموصلة إليها.

5.1.4 المنطقة الجنوبية الشرقية: تشكل هذه المنطقة الحواف الشمالية لنهوض الرطبة وتتميز الرسوبيات باحتوائها على رمال وحجر رملي كوارتزي وتكون بشكل عام جيدة النقاوة، ناعمة إلى متوسطة حجوم الحبيبات وبلغت نسبة المواد غير الذوابة في التوضعات المتكشفة من مناطق وادي

الوعر ووادي صواب ووادي مياه ما بين %(95.43 – 92.85)_ويمكن استعمال هذه الرمال لأغراض البناء.

2.4 الاحتياطي المقدر:

يبين الجدول (4 ـ 10) مقادير الاحتياطي المقدر لعدة مكامن

الجدول (4 ـ 10) مقادير الاحتياطي المقدر لعدد من مكامن الرمال

الموقع	الخامات المستثمرة /مليون طن/				
	الاحتياطي المأمول	الاحتياطي المدروس	الاحتياطي القابل للاستثمار	الكميات المستثمرة	الكميات الجاهزة للاستثمار
الفريتين الرميلة	200	200	155	24	131
الدعكانة والخضاريات الفريتين	52	52	43	2	41
السحل والمشرفة النبك	12	12	9	5	4
وادي المنقورة والمزار (التدمرية الجنوبية	148	-	-	-	-
التدمرية الشمالية الشرقية – البشري	8325	-	-	-	-
التدمرية الشمالية شمال حوض الدو	1110	-	-	-	-

3.4 تعدين الخام:

الرمال متفككة وسائبة ومتكشفة على السطح في معظم المكامن، وتستخرج بطريقة المناجم المكشوفة وبكلفة تعدين قليلة. يستخرج حالياً حوالي (1.4) مليون طن سنوياً من المكامن المفتوحة من الرمال الكوارتزية النقية والمشوبة لتزويد مصانع الزجاج والأسمنت والسيراميك والسكابة ولمختلف الأعمال الإنشائية. يبين الجدول(4 ـ 11) التركيب الكيميائي والاستخدام الصناعي لمواقع الرمال الكوارتزية في سورية

الجدول(4 ـ 11) التركيب الكيميائي والاستخدام الصناعي لمواقع الرمال الكوارتزية في سورية

المنطقة	التركيب الكيميائي		الاستخدام الصناعي
	Fe_2O_3	SiO_2	
القلمون			
القريتين	0.06 - 0.18	96.6 - 99	صناعة الزجاج ـ سباكة ـ صناعة مواد البناء و الاسمنت
الثنايا	1.1 - 3.3	85.3 - 93.6	أغراض البناء ـ صناعة الاسمنت
النبك	0.4	97.9	صناعة الاسمنت ـ مواد البناء ـ السباكة
الكادوان		93.67 - 94.58	أغراض البناء
يبرود فليطة		94 - 99.43	أغراض البناء ـ صناعات مختلفة
البشري			
جبل طبوق	0.6	91.8	أغراض البناء
الرحوم	0.5	93.3	أغراض البناء
وادي الكبار		96.3	أغراض البناء
وادي الجيري	0.7	94.6 - 97	صناعة الأوعية الزجاجية ـ السباكة
البولية	0.1 - 0.6	93.1 - 98.2	صناعة الاسمنت ـ أغراض البناء
الشجيري	0.04 - 0.11	96.2 - 99.11	
ناظرة البشري	0.2	93.75 - 95.57	
وادي اديمة		81.7 - 98.1	أغراض البناء
الزبداني			
نبع بردى	0.5	98.2	أغراض البناء ـ صناعة الزجاج
وادي الدرداء	0.04 - 0.08	98.1 - 98.9	
عين االباردة	0.07	98.6	
كفير يابوس	0.05	98.1	
سرغايا	0.1	97.9	

الفصل الخامس

الإجراء التجريبي

الفصل الخامس

الإجراء التجريبي

Experimental Procedure

1.5المواد المستخدمة:

1 – الرمال: تم استخدام ثلاثة أنواع من الرمال الطبيعية المتوفرة في سورية والأكثر استخداماً لأعمال السباكة محلياً وهي رمل القريتين، رمل المزار، رمل الحلبية.

2 – المواد الرابطة: تم استخدام مادة البنتونيت كمادة رابطة وهي من مصدر أجنبي.

تم تنفيذ الاختبارات في مخبر الرمال في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة دمشق.

2.5 تحضير رمال العينات:

بعد أن تم الحصول على الرمال من بعض ورش السباكة، تم أولا تكسير كتل الرمال المتماسكة وإزالة الحصى والشوائب التي قد تتواجد، ثم تم نخل الرمال بواسطة منخل قطر فتحته 6mm وذلك للتخلص من الذرات كبيرة الحجم ثم جففت الرمال في الهواء ونخلت لمرة ثانية بمنخل قطر فتحته 3mm، بعد ذلك تم خلط الرمال جيداً وأخذت عينات لتحديد نسبة الغضار والتوزع الحجمي للحبيبات.

تم خلط الرمال مع المادة الرابطة والماء بشكل يدوي حيث تم أولاً خلط الرمل والمادة الرابطة في الحالة الجافة لمدة (3–2) دقيقة ولكي لا يتكون الغبار أثناء عملية الخلط الجافة تم رش بعض الماء بعد عملية الخلط أضيف الماء واستمرت عملية الخلط (4–3) دقيقة، بهذه الطريقة يمكن الحصول على توزيع منتظم للمادة الرابطة والماء في ما بين ذرات الرمل، وترك الرمل الخليط فترة قصيرة ليتسنى للرطوبة أن تتوزع في جميع أجزاء الخليط بشكل كامل. يبين الشكل(5 ـ 1) تجهيز رمل المزار ومادة البنتونيت للخلط.



الشكل(5 ـ 1) تجهيز رمل المزار ومادة البنتونيت للخلط

تم تحضير خلطات تمثل نسب رطوبة مختلفة ونسب مختلفة من المادة الرابطة حيث تم تحضير عينات من رمل القريتين تمثل نسب الرطوبة التالية%(12-9-7-5) أما خلطات رمل المزار فقد كانت خلطات تركيبية تم فيها زيادة نسبة الرطوبة لكل نسبة من المادة الرابطة(البنتونيت) (نسب المادة الرابطة%(9-7-5-3) ونسب الرطوبة %(9-7-5-3))، أيضاً خلطات رمل الحلبية تم فيها زيادة نسبة الرطوبة لكل نسبة من المادة الرابطة(البنتونيت) (نسب المادة الرابطة%(12-8-4) ونسب الرطوبة %(9-7-5)).

3.5 تحديد نسبة الرطوبة:

تعد نسبة الرطوبة التي يحتويها الرمل من أهم خواص رمال السباكة لما لها تأثير على الخواص الأخرى من متانة ونفاذية وسيولة.

تم تحديد نسبة الرطوبة للرمال بالطريقة الكيميائية باستخدام جهاز تحديد الرطوبة المتوفر في المخبر والذي يعطي نسبة الرطوبة اعتماداً على تحسسه لضغط غاز الاستيلين المتشكل نتيجة اتحاد كربيد الكالسيوم(Calcium carbide) مع الماء الموجود في الرمل. يبين الشكل (5 ـ 2) جهاز تحديد الرطوبة المستخدم في عملية تحديد نسبة الرطوبة في العينات





الشكل(5 ـ 2) جهاز تحديد الرطوبة وميزان معايرة الوزن

بعد تحديد كمية الرمل التي تحقق توازن الميزان المرفق بجهاز الرطوبة توضع هذه الكمية بجهاز تحديد الرطوبة ويضاف ملعقة من كربيد الكالسيوم ويحكم إغلاق الجهاز ويهز لضمان خلط الرمال مع الكربيد ونتيجة التفاعل ينطلق غاز الاستيلين مولدا ضغطا مرتبطا بنسبة الرطوبة في عينة الرمل والتي يشير إليها الجهاز.

4.5 تحديد النسبة المئوية للغضار:

نتيجة لتعطل جهاز غسل الرمل تم تحديد النسبة المئوية للغضار يدوياً، حيث تم تجفيف كمية من الرمال في درجة حرارة 120C° ثم وضعت عينة وزنها 50g من الرمال المجففة في وعاء وأضيف إليها 475mm من الماء المقطر و $25mm^3$ من محلول الصود الكاوي ذي التركيز 3%، تم تحريك الخليط لمدة 5 دقائق ثم أضيفت كمية من الماء و تم التحريك بقضيب زجاجي لعدة ثواني ثم ترك المحلول يستقر لمدة 10 دقائق بعد استقرار المحلول سُحب بواسطة سيفون كمية من المحلول، أُعيد ملئ الوعاء بالماء وحرك لعدة ثواني وترك ليستقر لمدة 5 دقائق وأعيد سحب الماء بواسطة السيفون وكررت العملية إلى أن أصبح الماء صافياً، أحذت كمية الرمال الرطبة وجففت في درجة حرارة 150C°-220C°، تم الحصول على النسبة المئوية للغضار بمضاعفة النقص الحاصل في وزن العينة نتيجة عملية الغسل، ويبين الشكل(5ـ3) أوعية تحتوي على رمال يتم غسلها لتحديد نسبة الغضار فيها.



الشكل(5 ـ3) أوعية حاوية على رمال يتم غسلها لتحديد نسبة الغضار التي تحتويها

5.5 تحديد قياسات حبيبات الرمال وكمياتها:

إن التوزع الحجمي لحبيبات الرمل هو عامل حاسم في التحكم بنفاذية الرمل وخشونة السطح النهائي للمسبوكة وله تأثير أيضاً على الخواص الأخرى للقالب، وقد أجريت عملية تحليل حجمي للعينات باستخدام هزاز(Vibrator) ميكانيكي ذي مجموعة مناخل اختبار قياسية وفق النظام البريطاني (11 منخل) ذات فتحات لها أقطار بالمليمترات على التوالي:

(0.05 – 0.075 – 0.106 – 0.150 – 0.21– 0.25– 0.335 – 0.5– 0.71 – 1 – 1.7)

تم وزن عينة 100 g بعد إزالة المواد العالقة بها وتجفيفها عند درجة حرارة (105C°–110C°) ونُخلت لمدة 15 دقيقة وضبط الهزاز الميكانيكي على تردد 5 هرتز.يبين الشكل(5 ـ 4) الهزاز الميكانيكي المستخدم.



الشكل (5 ـ 4) الهزاز الميكانيكي

إن المناخل الأحد عشر السابقة تعطي اثنتي عشرة درجة من الأقطار. تم حصر كميات الرمل المتبقية على كل منخل وحددت النسب المئوية لأوزانها منسوبة إلى الوزن الكلي للعينة، ولحساب رقم النعومة AFS تم ضرب النسبة المئوية الوزنية لكل درجة بمعامل ثابت لهذه الدرجة وجمعت حواصل الضرب وقُسم الناتج على النسب المئوية لوزن الرمل فيكون الناتج هو رقم النعومة.

المعاملات الثابتة للدرجات الاثني عشرة وفق النظام البريطاني هي على الترتيب:

10 – 16 – 22 – 30 – 44 – 60 – 72 – 100 – 150 – 200 – 300

تم تنظيم النتائج في جدول كالجدول التالي[1]

رقم المنخل	قياس فتحة المنخل mm	النسبة المئوية الوزنية للرمل المتبقي في المنخل %	معامل الضرب	الناتج
1	1.7		10	
2	1		16	
3	0.71	.	22	
4	0.5		30	
5	0.335		44	
6	0.25		60	
7	0.212		72	
8	0.15		100	
9	0.106		150	
10	0.075		200	
11	0.05		300	
pan				
المجموع				

6.5اختبارات تحديد الخواص لرمال المسابك:

لإجراء اختبارات تحديد الخواص يلزم تجهيز ثلاث عينات لكل اختبار والاختبارات المنفذة هي: مقاومة الانضغاط الرطبة، مقاومة الانضغاط الجافة، مقاومة القص، مقاومة الشد، النفاذية، القساوة الرطبة، القساوة الجافة.

1.6.5 تجهيز العينات لاختبارات تحديد الخواص:

تم تجهيز عينات اسطوانية مدكوكة بقطر 50mm وارتفاع 50mm (أو2in*2in حسب AFS) حيث تم دك الرمل بواسطة جهاز الدك المبين بالشكل(5 ـ 5) وحسب الAFS يتم دك العينات بثلاث ضربات تنتج عن سقوط وزن 6.67Kg من ارتفاع 50 mm بالإضافة إلى 1.5 Kg مقدار وزن العمود والقرص الكابس ويكون التجاوز المسموح به في ارتفاعات العينات المدكوكة ±0.3mm .

توضع الرمال المجهزة داخل اسطوانة الدك الاسطوانية المبينة بالشكل(5 ـ 6) والمصنوعة من الصلب بقطر 50mm ثم يسوى السطح دون الضغط عليه بتحريك قرص الدك دون إسقاطه وذلك لضمان الحصول على سطح مستو تماماً بعد ذلك يتم دك الرمل بإسقاط قرص الدك ثلاث مرات متتالية.



الشكل(5 ـ 5) جهاز دك العينات



الشكل(5 ـ 6) أنبوب العينة(أسطوانة الدك)



الشكل(5 ـ 7) أنبوب العينة المقسوم

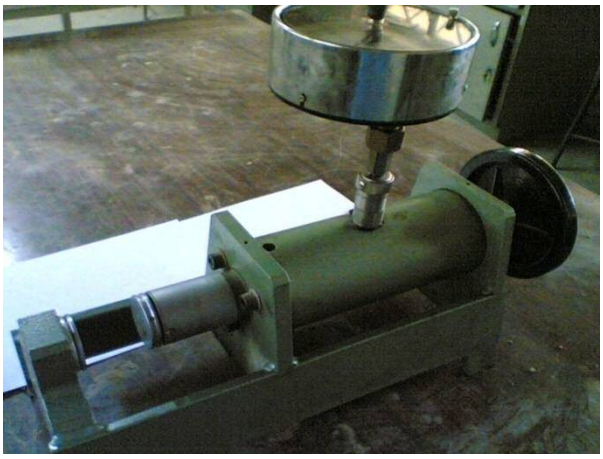
تم مراعاة إجراء الاختبارات فور تجهيز العينات مباشرة حتى لا تتغير نسبة الرطوبة بها، عندما يكون الرمل ضعيفا جداً(أي أن الرمل سيتفتت عندما يؤخذ من الأنبوب) تم استخدام أنبوب العينة المقسوم والموضح بالشكل(5 ـ 7)، أما عينات الشد تم تحضيرها باستخدام قطع الدك المبينة بالشكل(5 ـ 8).



الشكل(5 ـ 8) قطع الدك المستخدمة لتحضير عينات الشد

2.6.5 اختبار تحديد مقاومة الانضغاط الرطبة والجافة:

لتحديد مقاومة الانضغاط الرطبة تم استخدام جهاز اختبار المتانة المبين بالشكل(5 ـ 9) وضعت عينة الاختبار المبينة بالشكل(5 ـ 10) بحيث يكون محورها أفقياً ومحصورة بين فكي الجهاز والموضحين بالشكل(5 ـ 11)، وضع مؤشر مقياس الجهاز على القيمة صفر وطبق الضغط المتدرج على العينة عن طريق تدوير الذراع الجانبية التي تسبب تقدم اللولب الأفقي باتجاه العينة ضاغطا إياها، يستمر تدوير الذراع حتى تتحطم العينة، تتم قراءة قيمة الإجهاد الذي تعرضت له العينة من مقياس الجهاز.



الشكل(5 ـ 9) جهاز اختبار المتانة

لتحديد مقاومة الانضغاط الجافة يتم أولاً تجفيف العينات بالفرن عند درجة حرارة 200C° لمدة ساعتين ثم إخراج العينات من الفرن وتبريدها إلى درجة حرارة المخبر، ثم يتم اختبارها كما تختبر العينات الرطبة. يبين الشكل(5 ـ 12) اختبار عينة على الانضغاط أما الشكل(5 ـ 13) يوضح تحطم عينة تحت إجهاد الانضغاط.



الشكل(5 ـ 10)عينات اختبار مقاومة الانضغاط



الشكل(5 ـ 11) فكي اختبار مقاومة الانضغاط والقص



الشكل(5 ـ 12) اختبار عينة على الانضغاط



الشكل(5 ـ 13) تحطم عينة تحت إجهاد الانضغاط

3.6.5 اختبار تحديد مقاومة القص:

يتم اختبار مقاومة القص باستخدام جهاز اختبار المتانة إلا انه يتم تبديل فكي الجهاز بفكين آخرين مخصصين لاختبار القص والمبينان بالشكل (5 ـ 14) يوضع الفكان بشكل متناظر لتحقيق القص على العينة عند الاختبار، ثم يتم اختبار العينة على القص كما تختبر العينات على الانضغاط والشكل (5 ـ 15) يبين تحطم عينة تحت إجهاد القص.



الشكل(5 ـ 14) فكي اختبار القص



الشكل(5 ـ 15) تحطم عينة تحت إجهاد القص

4.6.5 اختبار تحديد مقاومة الشد:

لتحديد مقاومة الشد للعينات تم أولاً تحضير عينات الشد الموضحة بالشكل (5 ـ 16) وذلك باستخدام قطع دك عينات الشد وجهاز الدك النظامي إلا أنه يتم تبديل دافعة مكبس جهاز الدك بدافعة الشد الموضحة بالشكل(5 ـ 17).



الشكل(5 ـ 16) عينات شد



الشكل(5 ـ 17) دافعة الشد

تم استخدام جهاز اختبار المتانة لتحديد مقاومة الشد وذلك بعد تبديل فكي الجهاز بآلية شد العينات الموضحة بالشكل(5 ـ 18) ويبين الشكل(5 ـ 19) تحطم عينة الشد تحت إجهاد الشد.



الشكل(5 ـ 18) آلية شد العينات



الشكل(5 ـ 19) تحطم عينة الشد تحت إجهاد الشد

5.6.5 اختبار تحديد النفاذية:

تعرف النفاذية بأنها تلك الخاصة الفيزيائية للرمل المشكل والتي تسمح للغاز أن يمر من خلاله، توجد هذه الخاصة عن طريق قياس معدل تصرف الهواء من خلال عينة نظامية بعد الدك تحت ضغط نظامي.

تعطى العلاقة العامة لحساب النفاذية على الشكل التالي

$$\text{Permrability} = \frac{\text{V . H}}{\text{F . P .}T}$$

V: حجم الهواء المار من خلال العينة

H: ارتفاع عينة الاختبار

P: ضغط الهواء

F: مساحة مقطع العينة

T: الزمن اللازم لمرور الهواء من خلال العينة

تقتضي الطريقة النظامية للقياس أن تكون كمية الهواء المارة هي $V= 2000\ cm^3$

لتحديد نفاذية الرمال تم استخدام جهاز النفاذية المبين بالشكل (5 ـ 20)، بعد دك العينة يوضع أنبوب العينة الذي يحتوي عينة الرمل على حامل الأنبوب الذي يتضمن فتحتين حيث تستخدم الفتحة ذات القطر 0.5mm في حالة الرمال ذات النفاذية المنخفضة حتى الرقم 40 بينما تستخدم الفتحة ذات القطر 1.5mm في حالة الرمال ذات النفاذية المرتفعة التي تزيد عن 40، يُفتح صمام الهواء حتى تمر كمية الهواء المحددة والتي هي $2000\ cm^3$ ثم يُغلق الصمام و يُؤخذ رقم النفاذية مباشرة من المقياس.



الشكل(5 ـ 20) جهاز قياس النفاذية

6.6.5 اختبار القساوة:

تم اختبار القساوة بالقبض على جسم جهاز الاختبار المبين بالشكل (5 ـ 21) وضغط المصدم المحيط بالمسبر على النواة أو القالب. إن مقدار نفوذ المسبر داخل سطح الرمل هو الدليل على مقدار قساوة القالب ويمكن قراءة قيمة القساوة مباشرة على الميناء المدرج.



الشكل(5 ـ 21) مقياس القساوة الرطبة

تم في هذا الفصل شرح الإجراء التجريبي للبحث حيث تم شرح كيفية إعداد العينات المستخدمة في تنفيذ الاختبارات وكيفية تحديد نسبة الغضار والتوزع الحجمي واختبارات تحديد الخواص، وسيتم عرض ومناقشة نتائج هذه الاختبارات في الفصل القادم.

الفصل السادس

النتائج و التوصيات

الفصل السادس

النتائج والتوصيات

1.6نتائج الاختبارات المنفذة على رمل القريتين:

- **نسبة الغضار**: 13.5%
- **التوزع الحجمي وحساب رقم النعومة:** يبين الجدول(6 ـ 1) التوزع الحجمي لرمل القريتين وحساب رقم النعومة، أما الشكل(6 ـ 1) فيبين مخططاً بيانياً للتوزع المئوي الوزني للرمل

الجدول(6 ـ 1) التوزع الحجمي لرمل القريتين وحساب رقم النعومة

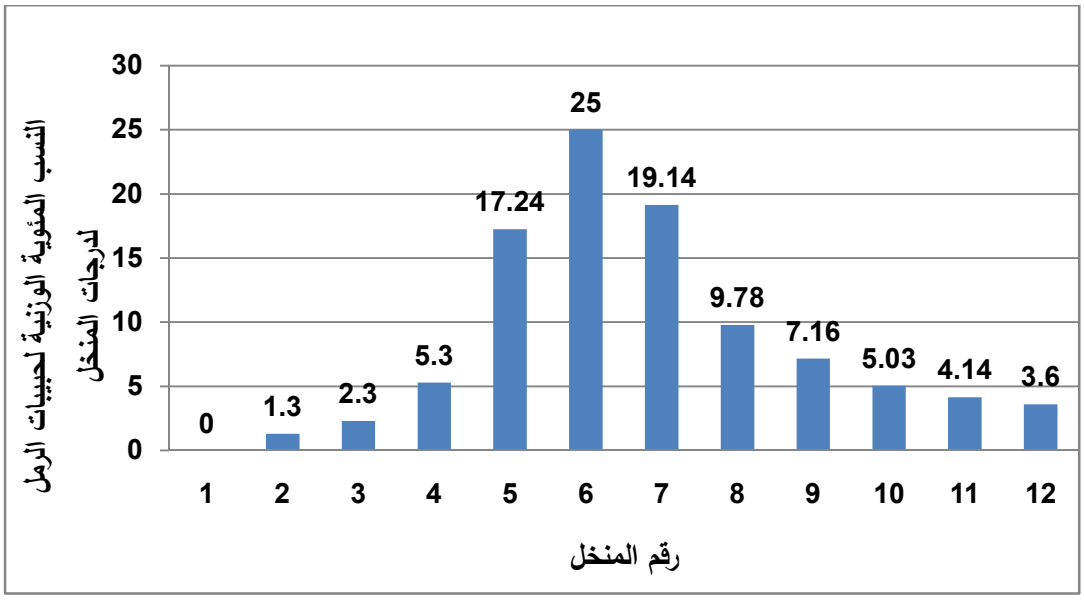
رقم المنخل	قياس فتحة المنخل mm	النسبة المئوية الوزنية للرمل المتبقي في المنخل %	معامل الضرب	الناتج
1	1.7	1.3	10	13
2	1	2.3	16	36.8
3	0.71	5.3	22	116.6
4	0.5	17.24	30	517.2
5	0.335	25	44	1100
6	0.25	19.14	60	1148.4
7	0.212	9.78	72	704
8	0.15	7.16	100	716
9	0.106	5.03	150	745.5
10	0.075	4.14	200	880
11	0.05	3.6	300	1080
المجموع		**100**		**7057.5**

- **رقم النعومة:** AFS = 7057.5 /100

AFS = 71

نلاحظ من جدول التوزع الحجمي(6 – 1) أن 62% من الرمال قد تبقت على ثلاث مناخل متتالية وهي (0.212–0.25–0.335) حسب نظام الثلاثة مناخل المتتالية الذي يعتبر الرمل متساوي النعومة عندما يتبقى 70% أو أكثر منه على ثلاث مناخل متتالية، ومنه نستنتج أن هذا الرمل متساوي النعومة تقريباً كونه حقق نسبة قريبة من النسبة 70%.

أما رقم النعومة AFS = 71 الذي يعتبر مؤشر على نعومة الرمال فهو يقع ضمن مجال قيم AFS الأكثر استخداماً الذي يتضمن القيم التالية: (35 ـ 40 ـ 45 ـ 5 ـ 55 ـ 60 ـ 65 ـ 70 ـ 80 ـ90)



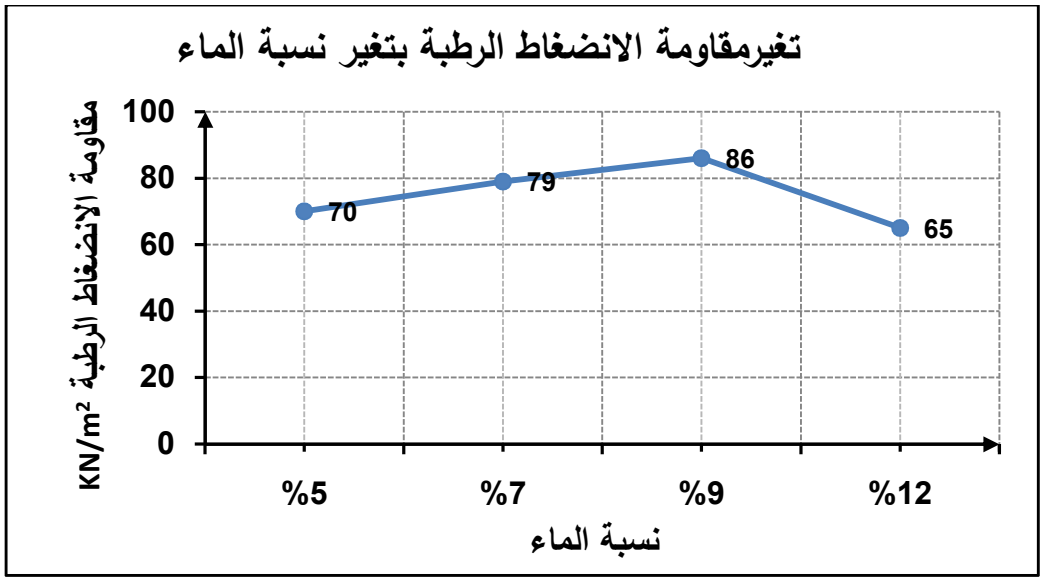
الشكل(6 ـ 1) مخطط بياني للتوزع المئوي الوزني لرمل القريتين

يبين المخطط البياني تجمع معظم الرمل على المناخل المتوسطة ومنه نستنتج أن الرمل ذي حبيبات متوسطة الحجم حيث تبقى القسم الأكبر من الرمل على المناخل الوسطى في مجموعة المناخل.

يبين الجدول(6 ـ 2) النتائج التي تم الحصول عليها نتيجة تنفيذ اختبارات تحديد الخواص على رمل القريتين والمنحنيات البيانية الممثلة لهذه النتائج مبينة بالأشكال من الشكل(6 ـ 2) إلى الشكل(6 ـ 7).

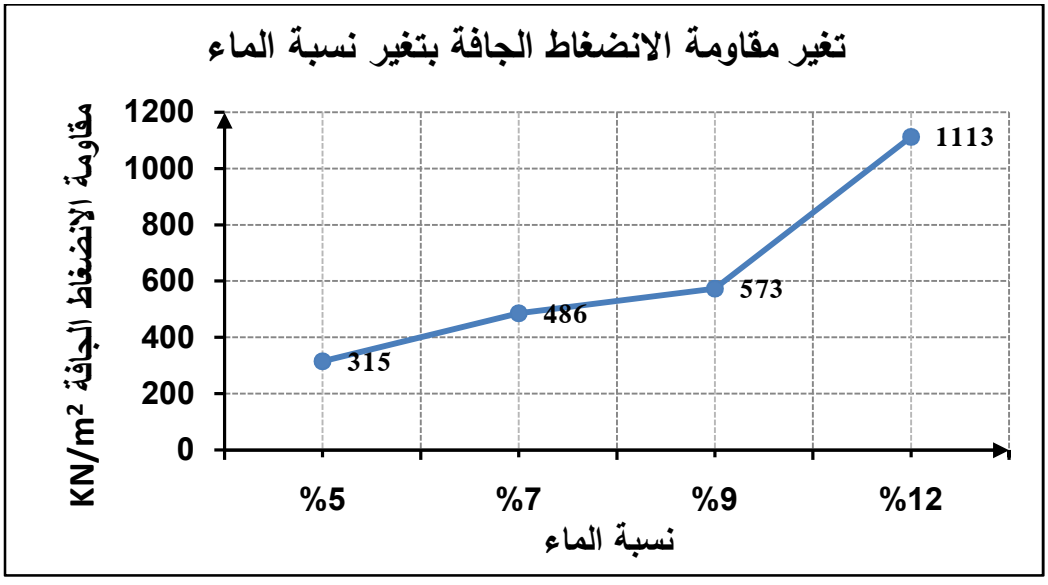
الجدول(6 ـ 2) نتائج اختبارات تحديد الخواص لرمل القريتين

نسبة الماء	5%	7%	9%	12%
مقاومة الانضغاط الرطبة KN/m^2	70	79	86	65
مقاومة الانضغاط الجافة KN/m^2	315	486	573	1113
مقاومة الشد الجافة KN/m^2	10	17	20	21
مقاومة القص KN/m^2	22	76	225	290
القساوة الرطبة	90	88.3	86	78
القساوة الجافة	91	94.3	96.6	98
النفاذية	91	77	68	30



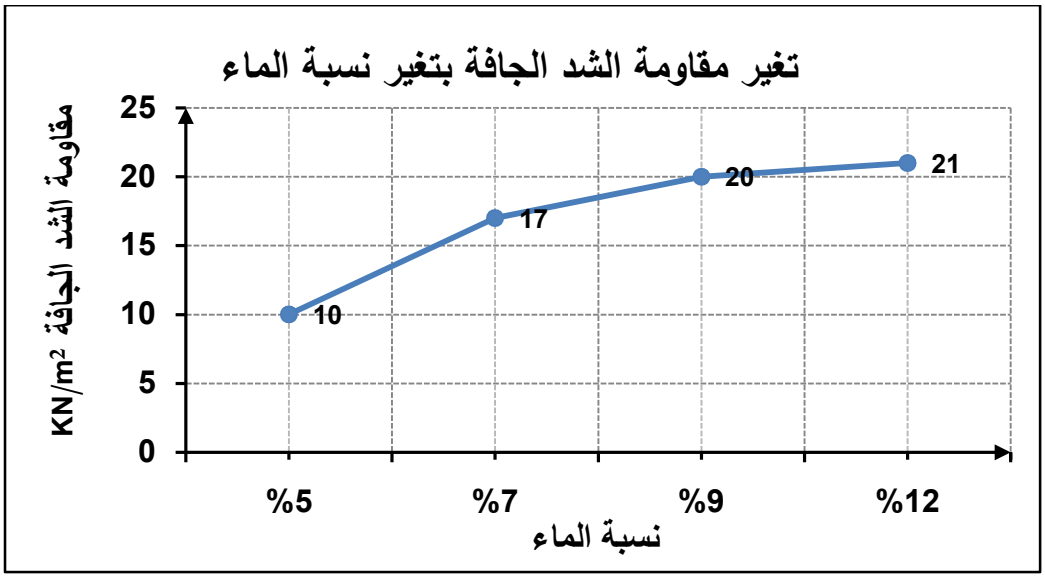
الشكل(6 ـ 2) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الرطبة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين

نلاحظ من الشكل(6 ـ 2) تزايد مقاومة الانضغاط الرطبة بتزايد نسبة الماء وصولا إلى قيمة عظمى 86 KN/m² عند نسبة ماء 9% ثم تعود وتتناقص مع تزايد نسبة الماء وهذا بسبب تميع الغضار أي أن كمية الماء قد زادت عن الكمية التي يحتاجها الغضار لإكسابه خاصة التماسك والتلاصق فأدت إلى إضعافه وبالتالي إضعاف الترابط بين حبيبات الرمل.



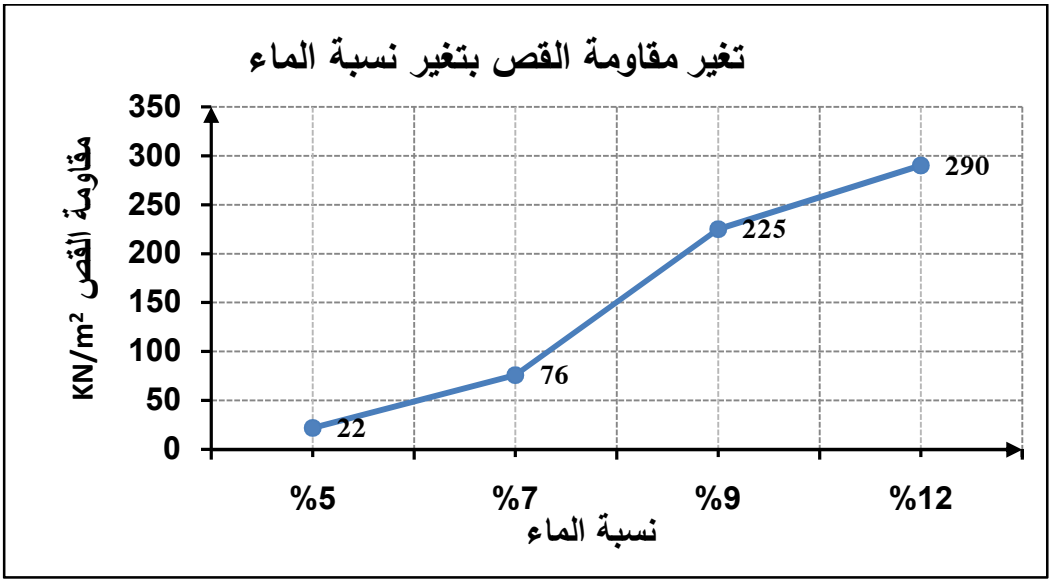
الشكل(6 ـ 3)المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الجافة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين

يبين الشكل (6 ـ 3) تزايد مقاومة الانضغاط الجافة بتزايد نسبة الماء وصولاً للقيمة 1113Kn/m² عند نسبة ماء 12% وسبب زيادة مقاومة الانضغاط أن الغضار عندما يجفف ويخسر الماء الذي امتصه يحدث انكماش في بنيته الشبكية مما يؤدي إلى زيادة تلاصقه وتماسكه.



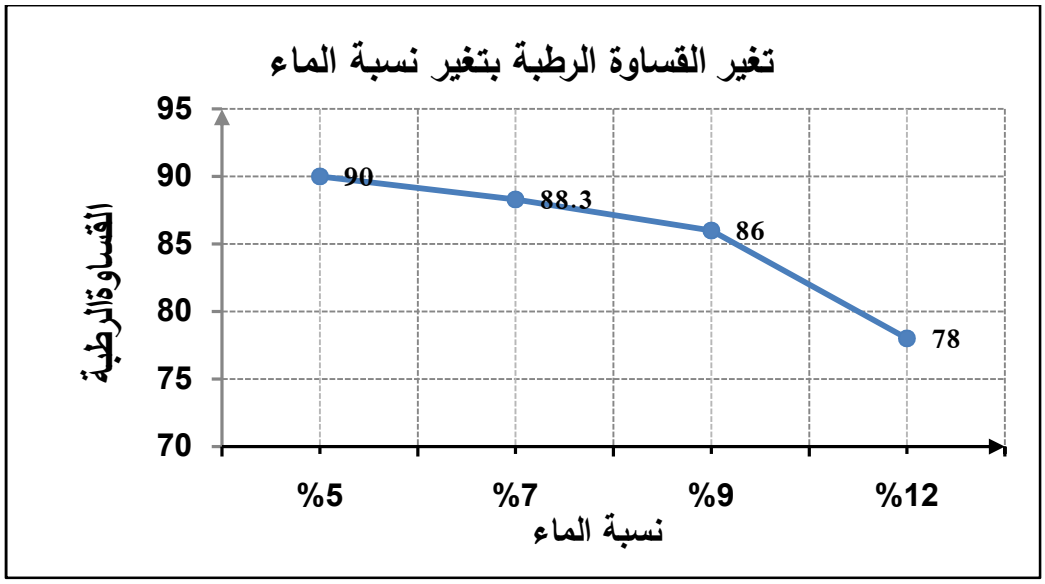
الشكل(6 ـ 4) المنحني البياني لتغير مقاومة الشد بتغير نسبة الماء لرمل القريتين

نلاحظ من الشكل(6 ـ 4) تزايد مقاومة الشد للرمل بتزايد نسبة الماء وسبب تزايد مقاومة الشد فقدان الغضار للماء نتيجة التجفيف مما يؤدي إلى تزايد تماسكه وتلاصقه.



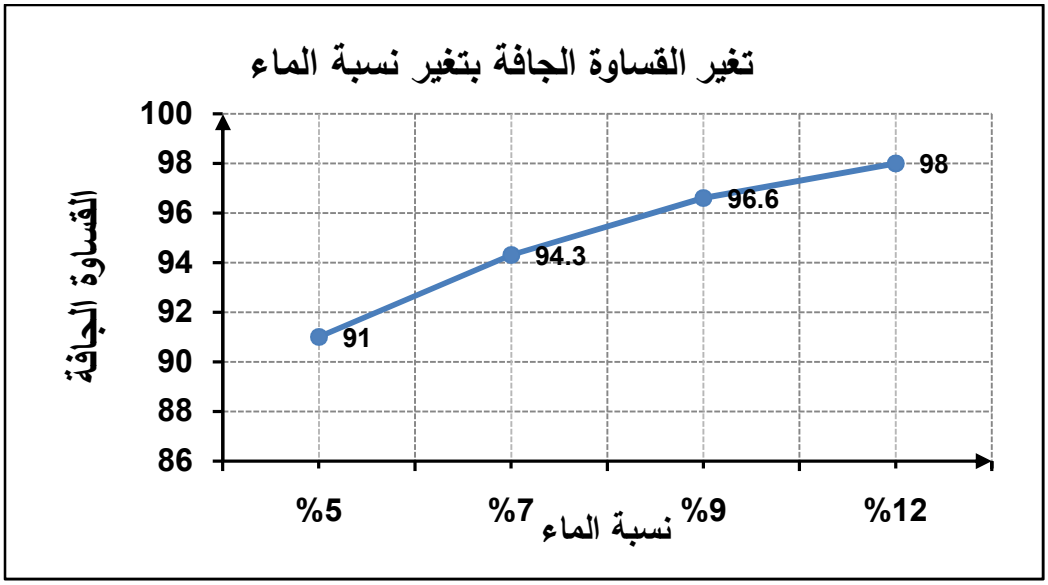
الشكل(6 ـ 4) المنحني البياني لتغير مقاومة القص بتغير نسبة الماء لرمل القريتين

نلاحظ من الشكل(6 ـ 4) تزايد مقاومة القص للرمل بتزايد نسبة الماء وسبب تزايد مقاومة القص فقدان الغضار للماء بسبب تجفيفه مما يؤدي إلى تزايد تماسكه وتلاصقه.



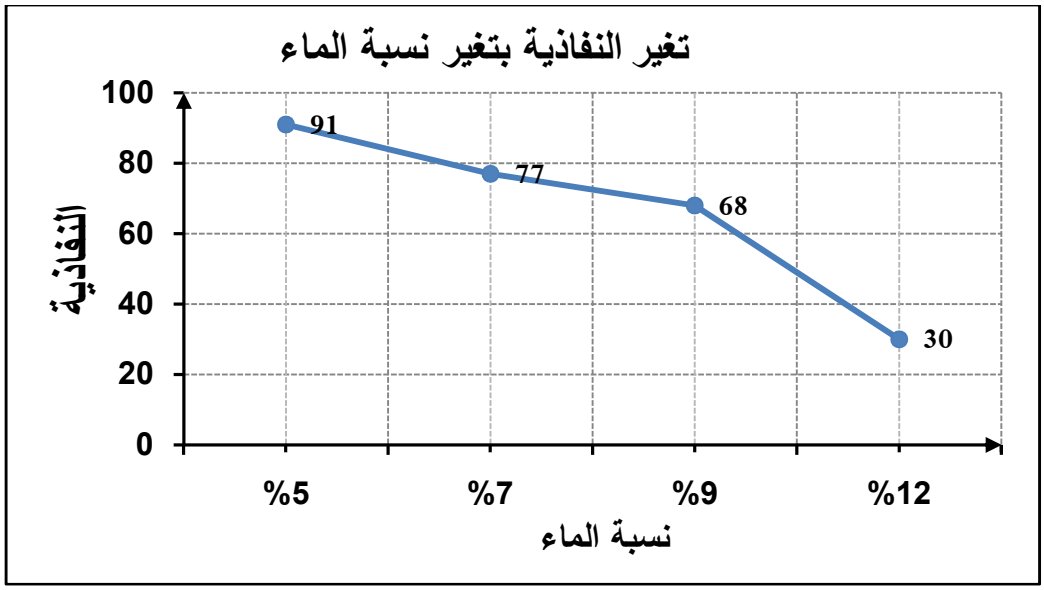
الشكل(6 ـ 5) المنحني البياني لتغير القساوة الرطبة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين

نلاحظ من الشكل(6 ـ 5) تناقص القساوة الرطبة للرمل بزيادة نسبة الماء المضاف وسبب تناقص القساوة أن الماء الزائد عن الكمية التي يحتاجها الغضار لتماسكه تعمل على إضعافه.



الشكل(6 ـ 6) المنحني البياني لتغير القساوة الجافة بتغير نسبة الماء لرمل القريتين

نلاحظ من الشكل(6 ـ 6) زيادة القساوة الجافة للرمل بزيادة نسبة الماء المضاف ونتيجة التجفيف يزداد تماسك وتلاصق الغضار مما يكسب الرمل تماسك أكبر.



الشكل(6 ـ 7) المنحني البياني لتغير النفاذية بتغير نسبة الماء لرمل القريتين

نلاحظ من الشكل(6 ـ 7) تناقص النفاذية للرمل بزيادة نسبة الماء المضاف وسبب تناقص النفاذية عائد إلى حقيقة أن الماء يتصرف كعائق لخروج الهواء والغازات الناتجة من الرمال وذلك بسده لمسامات الهواء.

لتحديد أنواع المعادن التي تكون قوالب رمل القريتين مناسبة لصبها، فأنه سيتم مقارنة نتائج الاختبارات المنفذة على هذا الرمل مع القيم المعيارية لخصائص رمال السباكة والمبينة في الجدول(3 ـ 10).

الجدول (3 ـ 10) القيم المعيارية لخصائص رمال السباكة [11]

Metal	Green Compressive Strength (KN/m^2)	Permeability NO	Dry Strength (KN/m^2)
Heavy Steel	70 – 85	130 - 300	1000 - 2000
Light Steel	70 – 85	125 - 200	400 - 1000
Heavy gray iron	70 - 105	70 - 120	350 - 800
Aluminium	50 - 70	10 – 30	200 - 550
Brass &Bronze	55 - 85	15 – 40	200 - 860
Light gray iron	50 - 85	20 – 50	200 - 550
Malleable Iron	45 - 55	20 - 60	210 - 550
Medium gray iron	70 - 105	40 – 80	350 - 800

نسبة الماء	5%	7%	9%	12%
مقاومة الانضغاط الرطبة KN/m^2	70	79	86	65
مقاومة الانضغاط الجافة KN/m^2	315	486	573	1113
النفاذية	91	77	68	30

بالمقارنة بين نتائج رمل القريتين والجدول (3-10) نستنتج أن الرمل عند إضافة ماء بنسبة 7% سيكون مناسبا لصب حديد الفونت والمعادن اللاحديدية كالألمنيوم والنحاس والبرونز، فعند نسبة 7% ماء ستحقق مقاومة الانضغاط الرطبة والجافة والنفاذية القيم المطلوبة لتلك المعادن.

2.6 نتائج الاختبارات المنفذة على رمل المزار:

- **نسبة الغضار:** 8%
- **جدول التوزع الحجمي وحساب رقم النعومة:** يبين الجدول(6 ـ 3) التوزع الحجمي لرمل المزار وحساب رقم النعومة، أما الشكل(6 ـ 8) فيبين مخططاً بيانياً للتوزع المئوي الوزني للرمل.

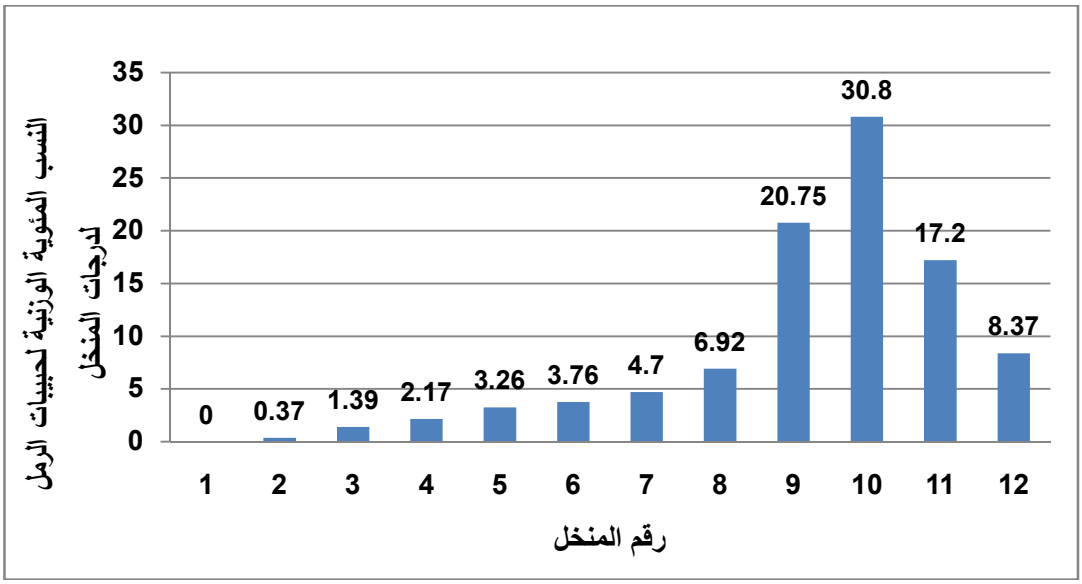
الجدول(6 ـ 3) التوزع الحجمي لرمل المزار وحساب رقم النعومة

رقم المنخل	قياس فتحة المنخل mm	النسبة المئوية الوزنية للرمل المتبقي في المنخل %	معامل الضرب	الناتج
1	1.7	0.37	10	3.7
2	1	1.39	16	22.24
3	0.71	2.17	22	47.74
4	0.5	3.26	30	97.8
5	0.335	3.76	44	156.44
6	0.25	4.7	60	282
7	0.212	6.92	72	498.24
8	0.15	20.75	100	2075
9	0.106	30.8	150	4620
10	0.075	17.2	200	3440
11	0.05	8.37	300	2511
المجموع		**99.95**		**16274**

- **رقم النعومة:** AFS = 16274 /99.95

AFS = 163

إن رقم AFS لهذا الرمل هو 163 وهو يقع خارج المجال المحدد من قبل AFS الأكثر استخداما (35 ـ 40 ـ 45 ـ 50 ـ 55 ـ 60 ـ 65 ـ 70 ـ 80 ـ90)



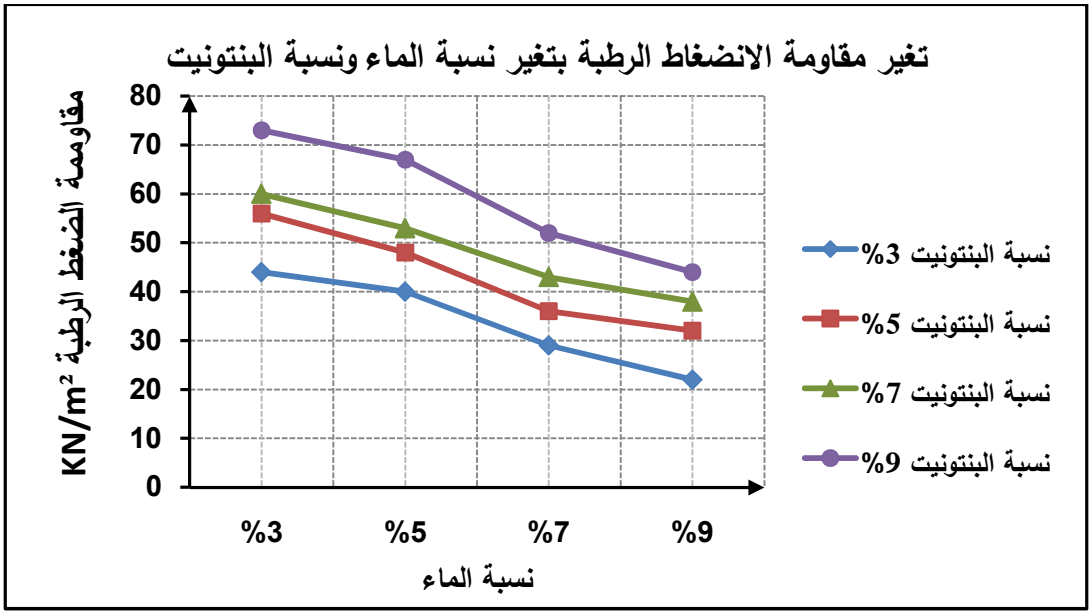
الشكل(6 ـ 8) مخطط بياني للتوزع المئوي الوزني لرمل المزار

نلاحظ من المخطط تجمع 70% من الرمال على المناخل الأخيرة وهذا يدل على أن الرمال ذو حبيبات ناعمة جدا وهذا ما يؤكده رقم النعومةAFS=163 . سيعطي هذا الرمل مسبوكات ذات سطوح ملساء إلا أنها ستؤثر بشكل سلبي على النفاذية التي تتناقص بزيادة نعومة الرمل.

تبين الأشكال من الشكل(6 ـ 9) إلى الشكل (6 ـ 12)المنحنيات البيانية الممثلة للنتائج المبينة بالجداول من الجدول(6 ـ 4)إلى الجدول(6 ـ 10) والتي تم الحصول عليها نتيجة تنفيذ اختبارات تحديد الخواص على خلطات تركيبية من رمل المزار وذلك بتغير نسبة الماء لكل نسبة من المادة الرابطة (البنتونيت).

الجدول(6 ـ 4) مقاومة الانضغاط الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

مقاومة الانضغاط الرطبة KN/m^2	نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت 3%	44	40	29	22
	نسبة البنتونيت 5%	56	48	36	32
	نسبة البنتونيت 7%	60	53	43	38
	نسبة البنتونيت 9%	73	67	52	44

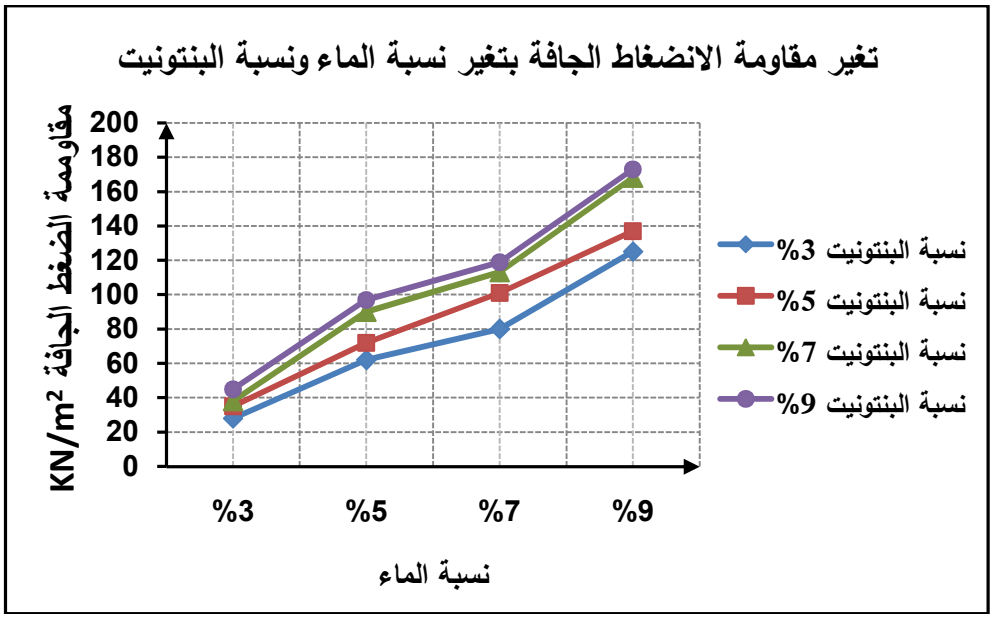


الشكل(6 ـ 9) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الرطبة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 9) تناقص مقاومة الانضغاط الرطبة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت مقاومة الانضغاط عند نسبة 9% بنتونيت هي الأعلى إلا أنها تتناقص بزيادة نسبة الماء. أما سبب تناقص مقاومة الانضغاط بزيادة نسبة الماء فتعود إلى تميع الغضار الذي زادت فيه كمية الماء اللازمة لإكسابه خاصية التماسك والتلاصق فعملت على إضعافه.

الجدول (6 ـ 5) مقاومة الانضغاط الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

مقاومة الانضغاط الجافة KN/m^2	نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت 3%	28	62	80	125
	نسبة البنتونيت 5%	35	72	101	137
	نسبة البنتونيت 7%	38	90	113	168
	نسبة البنتونيت 9%	45	97	117	173

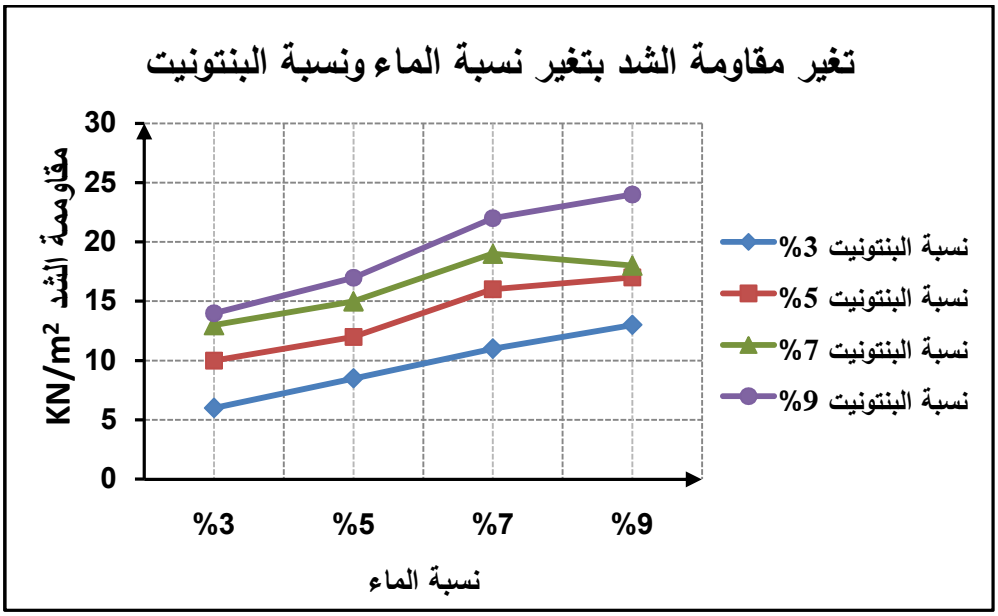


الشكل(6 ـ 10) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الجافة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 10) تزايد مقاومة الانضغاط الجافة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت مقاومة الانضغاط عند 9% بنتونيت هي الأعلى أي أن مقاومة الانضغاط تزداد بزيادة نسبة البنتونيت ونسبة الماء وسبب زيادة مقاومة الانضغاط عند تجفيف الرمال عائد لحقيقة أن الغضار عندما يجف ويخسر الماء المتكاثف تنكمش بنيته الشبكية مما يؤدي إلى زيادة خاصة التماسك و التلاصق بين جزيئاته.

الجدول(6 ـ 6) مقاومة الشد الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

	نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
مقاومة الشد الجافة KN/m^2	نسبة البنتونيت 3%	6	8.5	11	13
	نسبة البنتونيت 5%	10	12	16	17
	نسبة البنتونيت7%	13	15	19	18
	نسبة البنتونيت9%	14	17	22	24

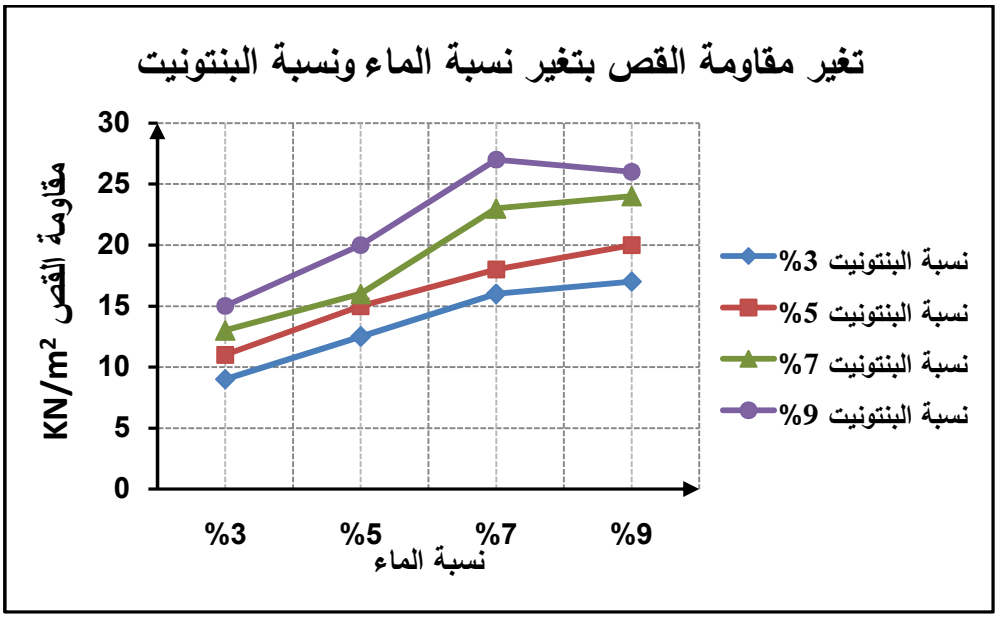


الشكل(6 ـ 11) المنحني البياني لتغير مقاومة الشد لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 11) تزايد مقاومة الشد الجافة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت مقاومة الشد عند 9% بنتونيت هي الأعلى أي أن مقاومة الشد تزداد بزيادة نسبة البنتونيت ونسبة الماء.

الجدول(6 ـ7) مقاومة القص بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

	نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
مقاومة القص الجافة KN/m^2	نسبة البنتونيت 3%	9	12.5	16	17
	نسبة البنتونيت 5%	11	15	18	20
	نسبة البنتونيت7%	13	16	23	24
	نسبة البنتونيت 9.%	15	20	27	26

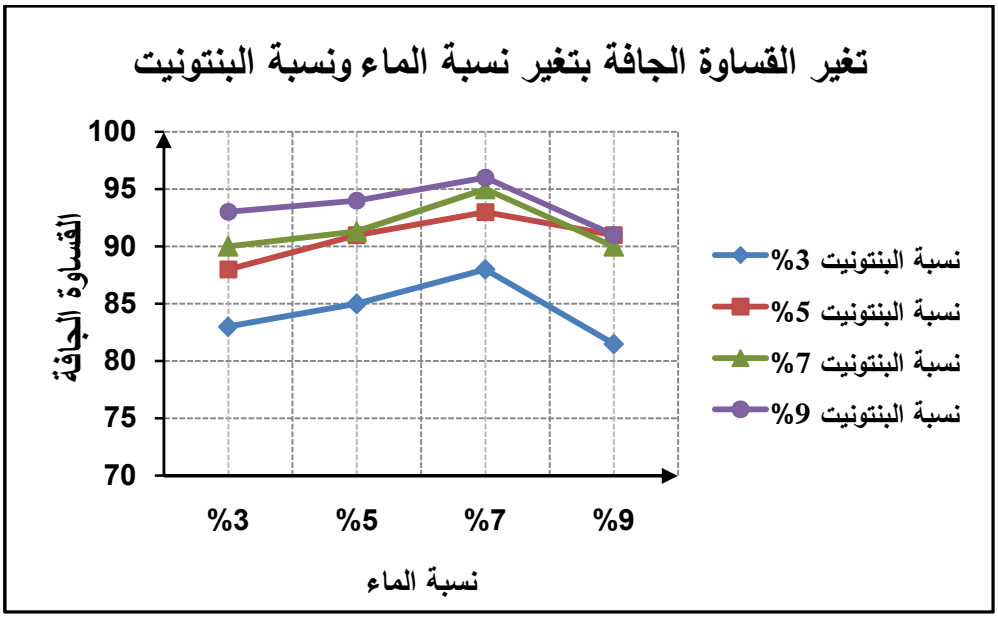


الشكل(6 ـ 12) المنحني البياني لتغير مقاومة القص لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 12) تزايد مقاومة القص بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت مقاومة الشد عند 9% بنتونيت هي الأعلى أي أن مقاومة القص تزداد بزيادة نسبة البنتونيت ونسبة الماء.

الجدول(6 ـ 8) القساوة الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

	نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
القساوة الجافة	نسبة البنتونيت 3%	83	85	88	81.5
	نسبة البنتونيت 5%	88	91	93	91
	نسبة البنتونيت7%	90	91.3	95	90
	نسبة البنتونيت 9%	93	94	96	91

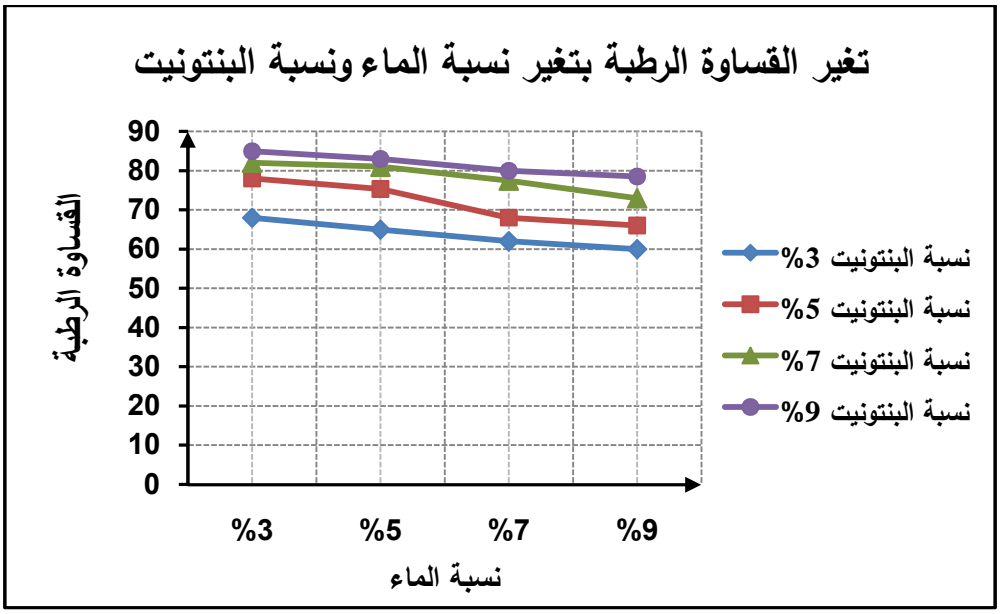


الشكل(6 ـ 13) المنحني البياني لتغير القساوة الجافة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 13) تزايد القساوة الجافة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وصولا لنقطة عظمى ثم تعود لتتناقص عند نسبة ماء 7%، وكانت القساوة الجافة عند نسبة 9% بنتونيت هي الأعلى.

الجدول(6 ـ 9) القساوة الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

القساوة الرطبة	نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت 3%	68	65	62	60
	نسبة البنتونيت 5%	78	75.3	68	66
	نسبة البنتونيت7%	82	81	77.5	73
	نسبة البنتونيت 9%	85	83	80	78.5

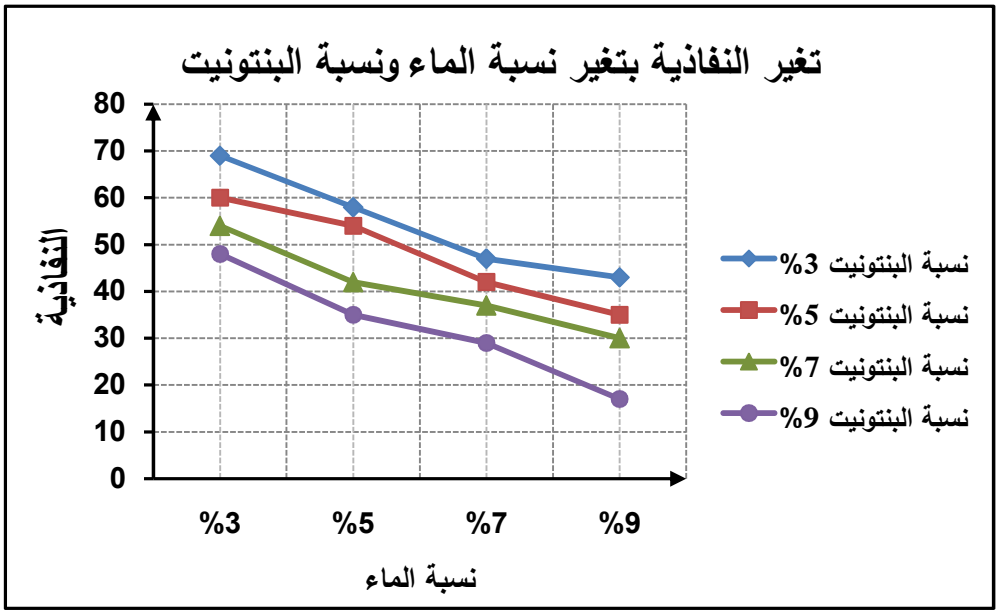


الشكل(6 ـ 14) المنحني البياني لتغير القساوة الرطبة لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 14) تناقص القساوة الرطبة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت القساوة الرطبة عند نسبة 9% بنتونيت هي الأعلى، إلا أن جميع القيم تتناقص بشكل قليل.

الجدول(6 ـ 10) النفاذية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

	نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
النفاذية	نسبة البنتونيت 3%	69	58	47	43
	نسبة البنتونيت 5%	60	54	42	35
	نسبة البنتونيت 7%	54	42	37	30
	نسبة البنتونيت 9%	48	35	29	17



الشكل(6 ـ 15) المنحني البياني لتغير النفاذية لرمل المزار بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 15) تناقص النفاذية بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت النفاذية الأعلى عند 3% بنتونيت هي الأعلى، وتتناقص النفاذية لأن كل من الماء والبنتونيت يعملان كعائق يسد الفراغات بين الحبيبات مما يمنع الغازات المتشكلة من الخروج من القالب. لتحديد أنواع المعادن التي تكون قوالب رمل المزار مناسبة لصبها، فإنه سيتم مقارنة نتائج الاختبارات المنفذة على هذا الرمل مع القيم المعيارية لخصائص رمال السباكة والمبينة في الجدول(3– 10).

تم الحصول على أفضل النتائج لرمل المزار عند إضافة 9% من البنتونيت كما هو مبين في الجدول التالي

نسبة الماء	3%	5%	7%	9%
مقاومة الانضغاط الرطبة KN/m^2	73	67	52	44
مقاومة الانضغاط الجافة KN/m^2	45	97	101	173
النفاذية	48	35	29	17

وبمقارنة هذه النتائج مع قيم الجدول(10–3) نستنتج أن الرمل عند إضافة 9% بنتونيت و 5% - 3% ماء سيكون مناسبا لصب حديد الصب والمعادن اللاحديدية كالألمنيوم والنحاس والبرونز.

3.6 نتائج الاختبارات المنفذة على رمل الحلبية:

- **نسبة الغضار**: 10%
- **جدول التوزع الحجمي وحساب رقم النعومة:** يبين الجدول(6 ـ 11) التوزع الحجمي لرمل الحلبية وحساب رقم النعومة، أما الشكل(6 ـ 16) فيبين مخططاً بيانياً للتوزع المئوي الوزني للرمل.

الجدول(6 ـ 11) التوزع الحجمي لرمل الحلبية وحساب رقم النعومة

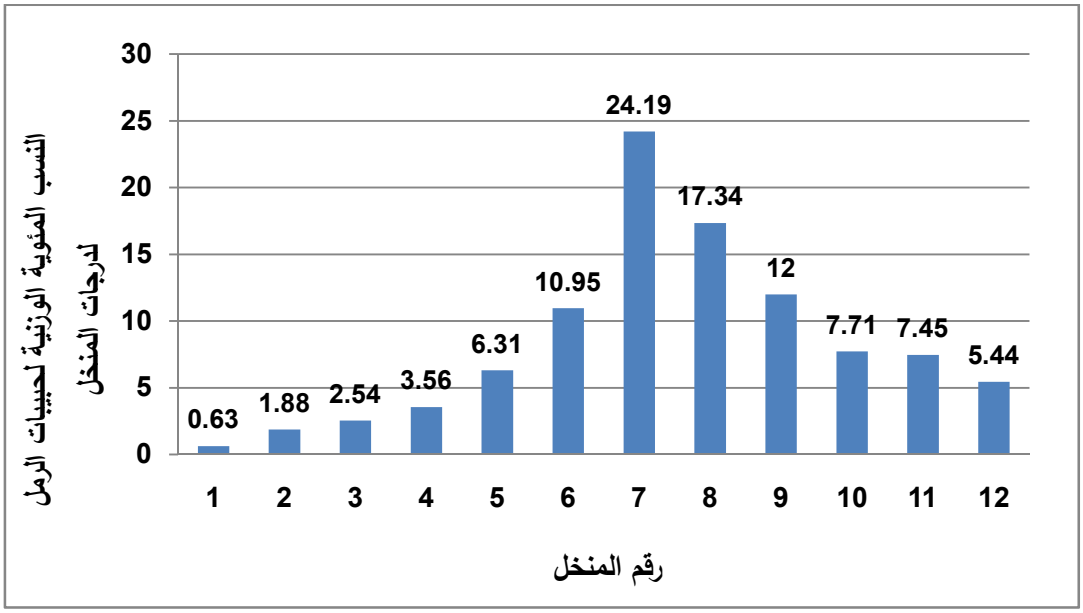
رقم المنخل	قياس فتحة المنخل mm	النسبة المئوية الوزنية للرمل المتبقي في المنخل %	معامل الضرب	الناتج
1	1.7	1.88	10	18.8
2	1	2.54	16	40.64
3	0.71	3.56	22	78.32
4	0.5	6.31	30	189.3
5	0.335	10.95	44	481.8
6	0.25	24.19	60	1473
7	0.212	17.34	72	1248
8	0.15	12	100	1200
9	0.106	7.71	150	1165.5
10	0.075	7.45	200	1490
11	0.05	5.44	300	1632
المجموع		**100**		**9017**

- **رقم النعومة:** $AFS = 9017 / 100$

$$AFS = 90$$

إن رقم AFS لهذا الرمل هو 90 وهو يقع ضمن المجال الأكثر استخداما

(35 ـ 40 ـ 45 ـ 50 ـ 55 ـ 60 ـ 65 ـ 70 ـ 80 ـ90).



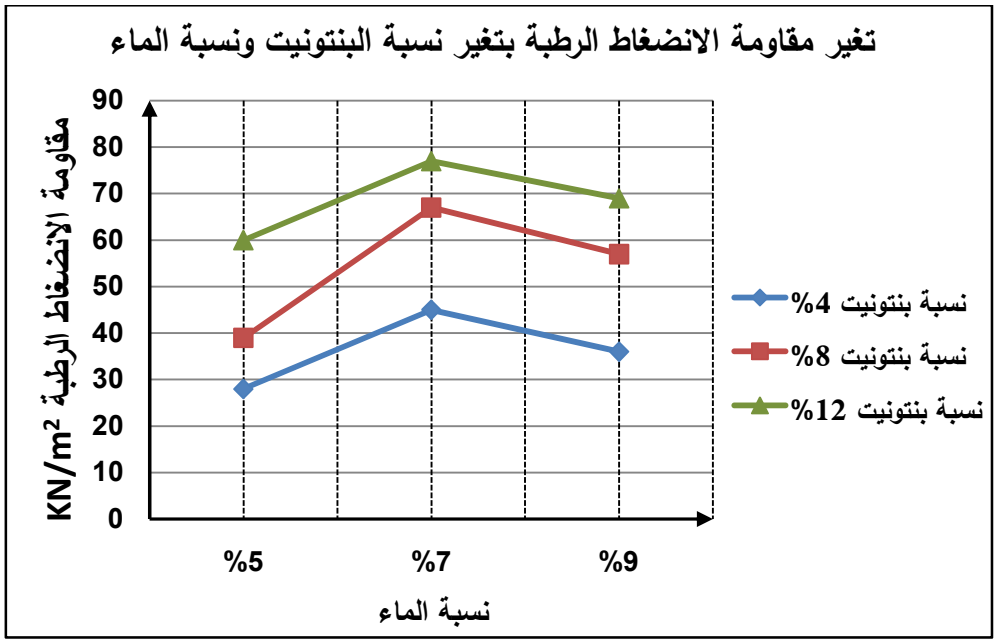
الشكل(6 ـ 16) المخطط البياني للتوزع المئوي الوزني لرمل الحلبية

نلاحظ من الشكل(6 ـ 16) أن 70% من الرمل ذو حبيبات متوسطة الحجم و 30% من الرمال ذو حبيبات ناعمة.

تبين الأشكال من الشكل (6 ـ 17) إلى الشكل(6 ـ 23) المنحنيات البيانية الممثلة للنتائج المبينة بالجداول من (6 ـ 12) إلى (6 ـ 18) والتي تم الحصول عليها نتيجة تنفيذ اختبارات تحديد الخواص على خلطات تركيبية من رمل الحلبية وذلك بتغير نسبة الماء لكل نسبة من المادة الرابطة (البنتونيت).

الجدول(6 ـ 12) مقاومة الانضغاط الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية

مقاومة الانضغاط الرطبة KN/m^2	نسبة الماء	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت 4%	28	45	36
	نسبة البنتونيت 8%	39	67	57
	نسبة البنتونيت 12%	60	77	69

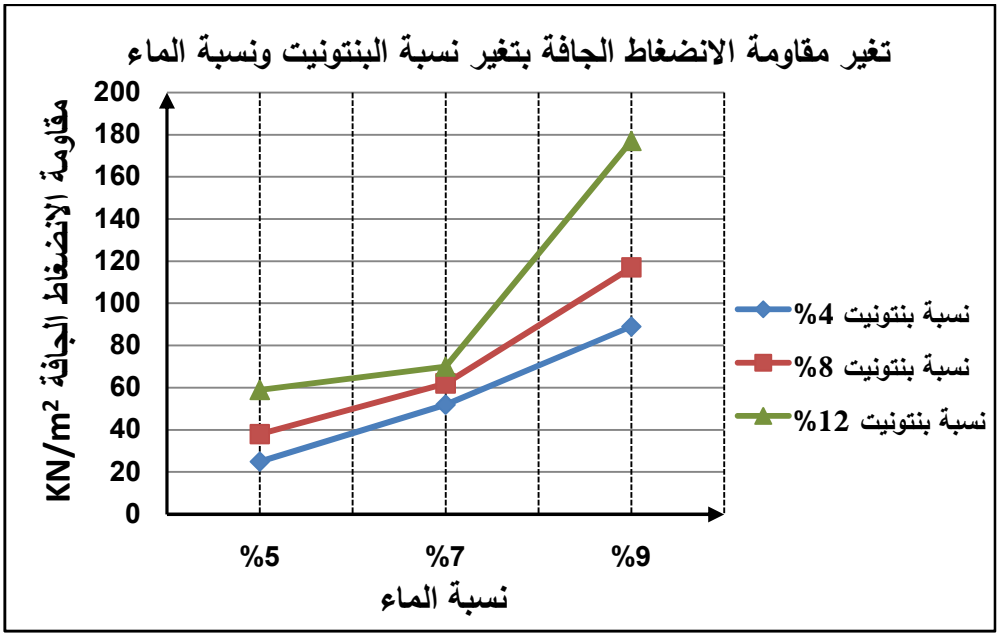


الشكل(6 ـ 17) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الرطبة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 17) تزايد مقاومة الانضغاط الرطبة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وصولاً إلى قيمة عظمى عند نسبة ماء 7% ثم تعود وتتناقص مع تزايد نسبة الماء وهذا بسبب تميع الغضار فزيادة كمية الماء اللازمة لإكساب الغضار تماسكه وتلاصقه تؤدي إلى إضعافه وبالتالي إضعاف الرمل.

الجدول(6 ـ 13) مقاومة الانضغاط الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية

	نسبة الماء	5%	7%	9%
مقاومة الانضغاط الجافة KN/m^2	نسبة البنتونيت4%	25	52	89
	نسبة البنتونيت 8%	38	62	117
	نسبة البنتونيت 12%	59	70	177

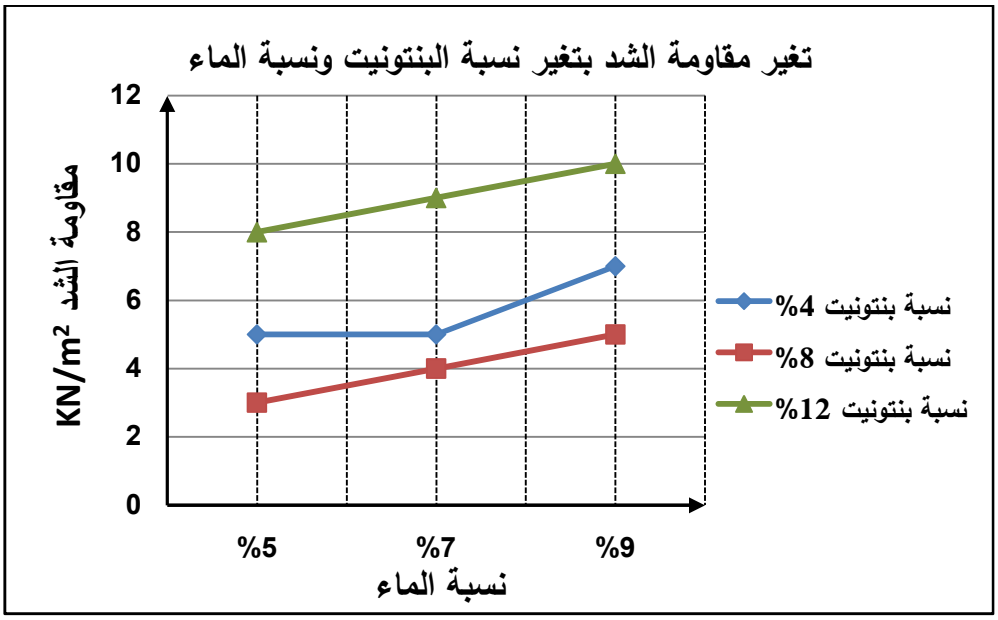


الشكل(6 ـ 18) المنحني البياني لتغير مقاومة الانضغاط الجافة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 18) تزايد مقاومة الانضغاط الجافة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت مقاومة الانضغاط عند 12% بنتونيت هي الأعلى أي أن مقاومة الانضغاط تزداد بزيادة نسبة البنتونيت ونسبة الماء.

الجدول(6 ـ 14) مقاومة الشد بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية

مقاومة الشد KN/m^2	نسبة الماء	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت4%	5	5	7
	نسبة البنتونيت 8%	3	4	5
	نسبة البنتونيت 12%	8	9	10

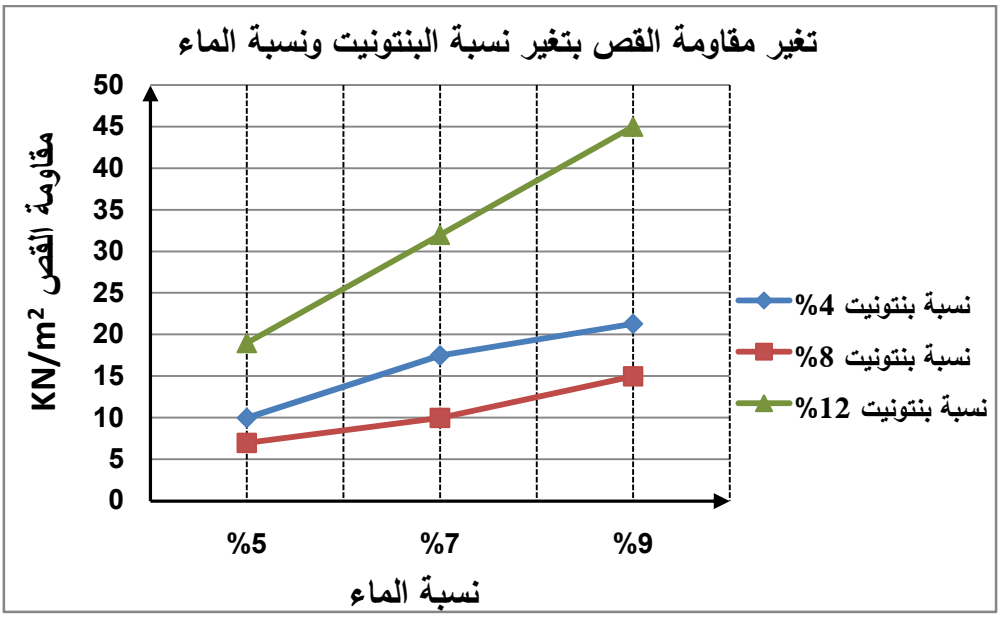


الشكل(6 ـ 19) المنحني البياني لتغير مقاومة الشد لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 19) تزايد مقاومة الشد الجافة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت مقاومة الشد عند 12% بنتونيت هي الأعلى أي أن مقاومة الشد تزداد بزيادة نسبة البنتونيت ونسبة الماء.

الجدول(6 ـ 15) مقاومة القص بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

مقاومة القص KN/m^2	نسبة الماء	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت4%	10	17.5	21.3
	نسبة البنتونيت 8%	7	10	15
	نسبة البنتونيت 12%	19	32	45

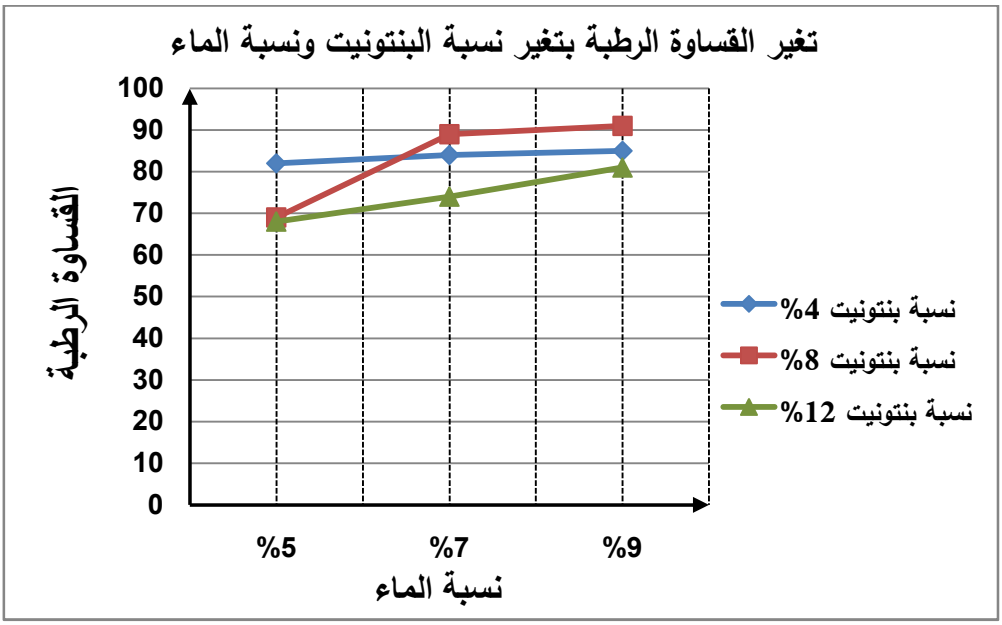


الشكل(6 ـ 20) المنحني البياني لتغير مقاومة القص لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 20) تزايد مقاومة القص بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت مقاومة الشد عند 12% بنتونيت هي الأعلى أي أن مقاومة القص تزداد بزيادة نسبة البنتونيت ونسبة الماء.

الجدول(6 ـ 16) القساوة الرطبة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية

القساوة الرطبة	نسبة الماء	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت4%	82	84	85
	نسبة البنتونيت 8%	69	89	91
	نسبة البنتونيت 12%	68	74	81

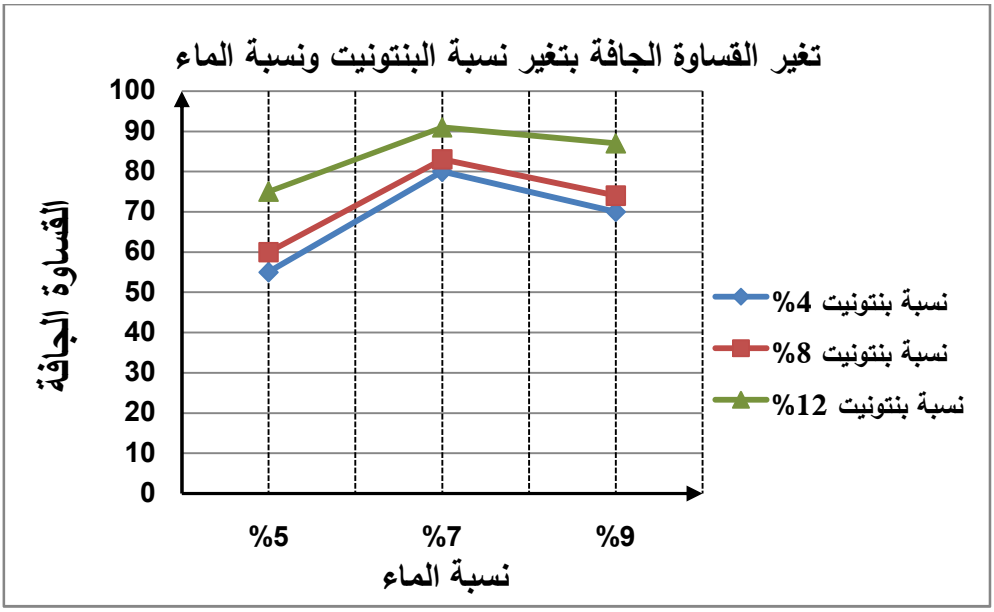


الشكل(6 ـ 21) المنحني البياني لتغير القساوة الرطبة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 21) تزايد القساوة الرطبة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت القساوة الرطبة عند نسبة 12% بنتونيت هي الأعلى، إلا أن جميع القيم تتزايد بشكل قليل.

الجدول(6 ـ 17) القساوة الجافة بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية

القساوة الجافة	نسبة الماء	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت4%	55	80	70
	نسبة البنتونيت 8%	60	83	74
	نسبة البنتونيت 12%	75	91	87

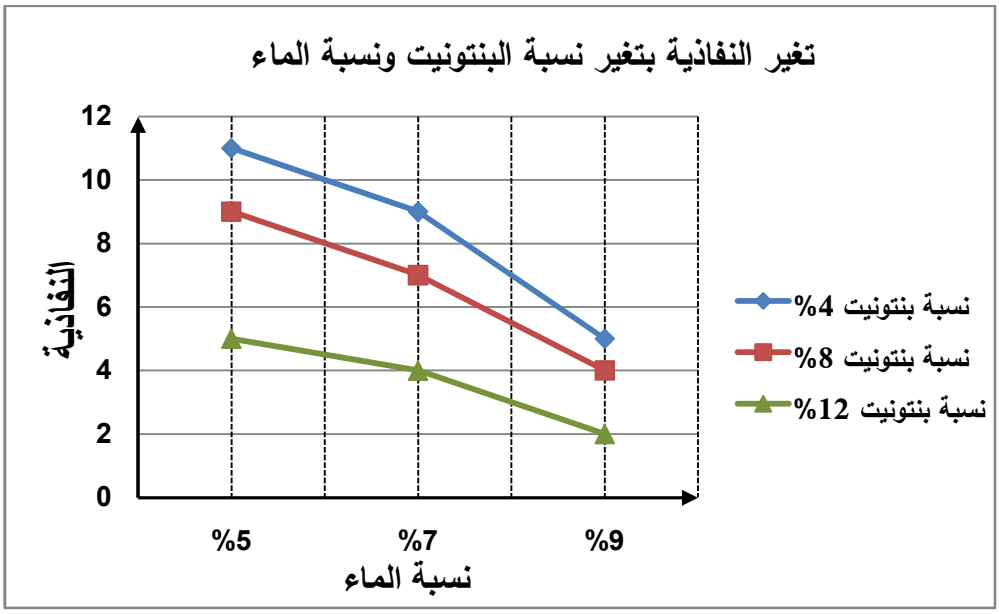


الشكل(6 ـ 22) المنحني البياني لتغير القساوة الجافة لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 22) تزايد القساوة الجافة بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وصولا لنقطة عظمى ثم تعود لتتناقص بزيادة نسبة ماء، وكانت القساوة الجافة عند نسبة 12%بنتونيت هي الأعلى.

الجدول(6 ـ 18) النفاذية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت لرمل الحلبية

النفاذية	نسبة الماء	5%	7%	9%
	نسبة البنتونيت 4%	11	9	5
	نسبة البنتونيت 8%	9	7	4
	نسبة البنتونيت 12%	5	4	2



الشكل(6 ـ 23) المنحني البياني لتغير النفاذية لرمل الحلبية بتغير نسبة الماء ونسبة البنتونيت

نلاحظ من الشكل(6 ـ 23) تناقص النفاذية بزيادة نسبة الماء لجميع نسب البنتونيت وكانت النفاذية الأعلى عند 4% بنتونيت هي الأعلى، وتتناقص النفاذية لأن كل من الماء والبنتونيت يعملان كعائق يسد الفراغات بين الحبيبات مما يمنع الغازات المتشكلة من الخروج من القالب. يلاحظ من منحنيات النفاذية أن قيم النفاذية منخفضة جداً.

لتحديد أنواع المعادن التي تكون قوالب رمل الحلبية مناسبة لصبها، فأنه سيتم مقارنة نتائج الاختبارات المنفذة على هذا الرمل مع القيم المعيارية لخصائص رمال السباكة والمبينة في الجدول(3– 10).

تم الحصول على أفضل النتائج لرمل الحلبية عند إضافة 12% من البنتونيت كما هو مبين في الجدول التالي:

نسبة الماء	5%	7%	9%
مقاومة الانضغاط الرطبة KN/m^2	60	77	69
مقاومة الانضغاط الجافة KN/m^2	59	70	177
النفاذية	5	4	2

بمقارنة هذه النتائج مع قيم الجدول(3– 10) نستنتج أن الرمل عند إضافة 12% بنتونيت و 7% - 5% ماء سيكون مناسبا فقط لصب المعادن اللاحديدية كالألمنيوم والنحاس والبرونز، إلا أن هذا الرمل يتصف بنفاذية منخفضة جداً غير مقبولة سوف تؤدي إلى تشكل عيوب الفقاعات الغازية لذلك عند استخدامه يجب العمل على تحسين النفاذية أما باستخدام مواد تحسن من النفاذية أو زيادة عدد فتحات التنفيس.

الاستنتاجات:

رمل القريتين:

- يتمتع رمل القريتين المدروس بحبيبات متوسطة الحجم وهو رمل متساوي النعومة حسب نظام الثلاثة مناخل المتتالية، رقم النعومة AFS له بلغ 71 وهو يقع ضمن المجال المحدد من قبلAFS .

ـ إمكانية استخدام رمل القريتين لصب المعادن اللاحديدية والفونت والحديد للقوالب الجافة والرطبة وذلك باستخدام ماء بنسبة 7%.

رمل المزار:

- يتمتع رمل المزار المدروس بحبيبات ناعمة جدا وهذا ما يؤكده رقم النعومة والذي بلغAFS=163 وهو يقع خارج مجال المحدد من قبلAFS ، سيعطي هذا الرمل مسبوكات ذات سطوح ملساء إلا أنها ستؤثر بشكل سلبي على النفاذية التي تتناقص بزيادة نعومة الرمل.

ـ إمكانية استخدام رمل المزار لصب المعادن اللاحديدية والفونت والحديد للقوالب الجافة والرطبة وذلك باستخدام نسبة 9% من البنتونيت وبنسبة ماء تتراوح مابين 5% - 3% .

رمل الحلبية:

- أن 70% من رمل الحلبية المدروس ذو حبيبات متوسطة الحجم و 30% حبيبات ناعمة، وبلغ رقم النعومة له AFS = 90

ـ إمكانية استخدام رمل الحلبية لصب الألمنيوم والنحاس للقوالب الجافة والرطبة وذلك باستخدام نسبة 12% من البنتونيت وبنسبة ماء تتراوح مابين 7% - 5%.

ـ عند استخدام رمل الحلبية في تشكيل القوالب يجب الانتباه إلى أن نفاذية الرملة الحلبية منخفضة جداً وغير مقبولة لذلك يجب زيادتها بزيادة فتحات التنفيس أو باستخدام إضافات تحسن من النفاذية.

التوصيات:

ـ إجراء دراسة شاملة للمواقع الأخرى التي تتوفر فيها الرمال الكوارتزية في سورية، لتحديد مواصفات الرمال المستخرجة منها ومدى صلاحيتها لأعمال السباكة، وتحديد المعادن التي يمكن صبها باستخدام الرمال المستخرجة من المواقع المدروسة.

ـ العمل على منح المقالع شهادات تبين مواصفات الرمال التي تستخرجها وذلك بعد إجراء دراسة لرمال المقلع، وذلك بهدف تسهيل عملية اختيار الرمال المناسبة.

ـ العمل على وضع مواصفة قياسية لرمال السباكة المتوفرة في سورية بهدف تحديد المتطلبات الأساسية التي يجب أن تتوفر فيها بما يضمن جودة المنتج.

المراجع

1- فؤاد عازر، مازن يعقوب،1997-1996،سباكة المعادن في النظرية والتطبيق ، منشورات جامعة دمشق

2-John R. Brown,2000, " Foseco Ferrous Foundryman's Handbook",11thEdition, Butterworth Heinemann.2001.

3-ASM International Handbook Committee,1992,"ASM Metals Handbook Volume 15 casting",9th Edition, ASM International 2009.

4-Peter R Beeley, "Foundry Technology:The moulding material properties, preparation and testing",2 Edition, Butterworth Heinemann.2001.

5 - خليل هليل حسين،مي محمود حسين،إمكانية استخدام رمل أرضمة غرب العراق كرمال لأغراض سباكة المعادن، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، بغداد، العراق

6 -Nuhu A. Ademoh, 2008, "Evaluation of the Foundry Properties of River Niger Sand Behind Ajaokuta Steel Company Limited", American-Eurasian Journal of Scientific Research 3 (1),pp. 75-83 , Nigeria.

7- J. O. Aweda and Y. A. Jimoh, 2009, "Assessment of Properties of Natural Moulding Sands in Ilorin and Ilesha, Nigeria", USEP:Journal of Research Information in Civil Engineering,Vol.6,No.2,pp.68-77.

8- M.Dawson, Silica Sand: "Foundry Requirements and Classification, Cast Metal Services PTY.LTD, WWW.Atilim.edu.tr.

9- Matthew Sunday Abolarin, Sunday Albert Lawal and AbdulRahman Asipita Salawu, 2010, "Effect of Moisture Content on the Moulding Properties of River Niger Sand Using Tudun-Wada Clay as a Binder", AU J.T. 13(3),pp. 170-174.

10- دليل الخامات المعدنية واللامعدنية، 2010،المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية ،دمشق سورية.

11- Dieter, H.W., (1966), Foundry Core Practice, 3rd Edition, American Foundrymen's Society, Des Plaines, pp2-154

Abstract:

The basic aim of this research is to determine the properties of natural foundry sands in Syria and determine optimum conditions for their use. To obtain sound castings and reducing rate of unsound castings.

The research include two parts, one is theoretical and the other is practical, the theoretical part include the basics and theory, which we depended on them in practical procedure, where we studied the basic theory from the scientific references and websites.

In experimental procedure, the tests were carried out on three types of natural sands which it is used locally for sand casting. The sands are (Kareataeen, Mazaar, Halabiia).

The tests include green and dry compressive strength, dry and green hardness and dry shear strength, tensile strength and permeability, in addition the mechanical sieve analysis, and determination of clay content.

Kareataeen sand was studied as natural sand, and the aim was to determine the optimum moisture content for appropriate foundry works. Sands of Mazaar and Halabiia were used to prepare mixtures which differ by rate of water and rate of binder. Bentonite was used as binder in the mixtures.

The results obtained show that Kareataeen sand and Mazaar sand are suitable for non-ferrous castings and iron, Halabiia sand is suitable for Aluminium and Brass.

Damascus University
Faculty of Mechanical and Electrical Engineering
Mechanical Design Department

Study of the foundry sands available in Syria and determination the optimal conditions

Thesis Submitted for the Degree MSC. In materials science Engineering

Prepared by
Eng: Nour Khadrah

Supervised by:
Dr.Eng. Mazen Yakoub

Academic year
2011-2012