شركة مناجم الفوسفات الأردنية

دائرة الأبحاث والجودة

تنقية الكاولين من الحديد
بواسطة الفصل الفيزيائي والمغناطيسي الجاف والرطب

مؤتمر التعدين الاردني الدولي السادس

عمان 1 – 3 /2011/11

إعداد

المهندس/ إبراهيم الرواشده

المهندسه/ دينا الريان

المهندسه/ تغريد المجالي

الملخص

تم إجراء حوالي 35 تجربة على عمليات فصل الحديد عن الكاولين في سلطة المصادر الطبيعية ودائرة الأبحاث الفنية وذلك بواسطة الفصل الفيزيائي الرطب والجاف والفصل المغناطيسي الجاف والرطب حيث أُستخدم نوعين من الكاولين في هذه التجارب وهما الكاولين الأحمر من منطقة بطن الغول والذي يحتوي أصلاً على نسبة حديد مرتفعة تصل إلى 7% ونسبة ألمنيوم 27% . والكاولين الأبيض من منطقة بطن الغول أيضاً ولكن بمحتوى حديد منخفض حوالي (1.4 – 1.6%) ونسبة الألمنيوم تصل إلى (20 – 22%) .

Abstract

Separation of the iron content from two types of kaoline – Red Kaoline (with iron content up to 7%) and White Kaoline (with iron content up to 1.6%) from Batin Algool – South of Jordan, has been executed at the lab- Scale in JPMC- R&D department and the NRA laboratories.

Wet and dry physical & magnetic separation methods were used in the tests.

مقدمة:

تهدف هذه الدراسة إلى إيجاد طرق للتخلص من الحديد الموجود في الكاولين الأردني بهدف إستخدامه في صناعات مختلفة ومنها فلوريد الألمنيوم ، حيث يطلق مصطلح الكاولين على مجموعة من المعادن الطينية والمواد الغروية المكونة أصلاً من سيليكات الألمنيوم وهو الإسم التجاري للمعدن الصناعي والذي يسمى علمياً الكاولينات Kaolinite وقد تعددت الأسماء التجارية التي يتدرج تحتها الكاولين ومنها الكاولين الصيني أو الكاؤلين غير البلاستيكي وهو الأكثر نقاوة وبياضاً (China Clay) والكاؤلين الصلصالي البلاستيكي ويسمى Ball Clay .

والكاؤلين إسم تجاري لوصف الصلصال الأبيض المكوّن أساساً من الكاؤلينات $Al2Si2O5(OH)4$.

الإستعمالات :

يدخل الكاولين في حوالي 300 صناعة منها الرئيسية : صناعة الخزف ، مالئ صاقل في صناعة اللدائن والمطاط وصناعة الورق والدهانات ، مواد اللصق ، صناعة المبيدات ، صناعةالنسيج ، وصناعة مركبات الألمنيوم ، الإسمنت ، الفيبر جلاس ، المعاجين المختلفة ، الأدوية ، الكيماويات وورق الجدران .

الوضع الجيولوجي في الأردن :

تتكشف رسوبيات الكاولين في ثلاث مواقع رئيسية في جنوب المملكة ، بطن الغول ، المدورة ، والحصوة (تشمل الدبيب / أم سهم) يتواجد الخام في منطقة بطن الغول والمدورة ضمن تكوين حجر المدورة الرملي في مجموعة حجر البتراء الطيني ، وفي منطقة حصوة ودبيب/أم سهم يتواجد الخام ضمن الجزء السفلي من تكوين رمال الحصوة .

مناطق تواجد خام الكاولين :

1 . بطن الغول : تقع منطقة بطن الغول على مسافة 70كم جنوب شرق مدينة معان على الطريق إلى الحدود السعودية و 280 كم جنوب مدينة عمان .

2 . المدورة : تقع المدورة مجاورة للحدود السعودية 120كم جنوب شرق معان .

3 . الحصوة : يقع الخام على بعد 45كم شرق مدينة القويرة بالقرب من سكة حديد الحصوة ، ويمكن الوصول إليه بواسطة طريق وادي رم .

الإحتياطي :

الموقع	الإحتياطي (مليون طن)	السماكة
بطن الغول	1100	7.5 - 47
المدورة	9700	22 - 102
الحصوة	54	3 - 30
دبيديب / أم سهم	1090	2 - 4

خواص الخام:

المواصفات الكيميائية :

المنطقة	Al2O3%		SiO2%		Fe2O3%	
	أعلى	أقل	أعلى	أقل	أعلى	أقل
بطن الغول	25.37	14.01	68.32	47.77	8.37	1.5
المدورة	27.54	13.36	70.2	41.87	10.54	4.54
الحصوة	29.27	12.94	78.88	49.04	9.09	1.15
دبيديب أم سهم	24.7	17.0	61.97	49.4	11.04	3.5

الشركات المعدنة للخام :

الشركة	منطقة التعدين
الشركة العامة للتعدين	بطن الغول وماحص
الشركة الأردنية لإنتاج وتصنيع الكاولين والفلدسبار	القناصية
مؤسسة الفاعوري للتعدين	العدسية
مؤسسة الرحاب للخدمات الصناعية والتجارية	رأس النقب
شركة الإتحاد للتعدين	ميسرا / البلقاء

الوضع الإستثماري :

- جميع الشركات المعدنة للكاولين تقوم ببيعه كمادة أولية غير معالجة للشركات التي تعمل في صناعة الإسمنت والسيراميك ، الطوب الحراري .
- الإستخراج الحالي من منطقة ماحص يتم لأغراض السيراميك ومنطقة بطن الغول لأغراض البلاط الأرضي .

طرق تركيز خامات الكاولين :

من النادر العثور على خامات كاولينية ذات خواص فيزيائية وكيميائية ملائمة لأكثر أو لجميع الإستعمالات وذلك بسبب الشوائب التي تحتويها هذه الخامات .

* يمكن تقسيم شوائب خامات الكاولين إلى نوعين :-

النوع الأول : وجود شوائب تقلل من السعر التجاري للكاولين لأنها تحد من مجالات إستخدامه مثل :

1. الغرين Silt .
2. السيليكا Quartz .
3. المعادن الصلصالية غير الكاولينيات والتي تتميز بدرجات حرق منخفضة .
4. المركبات والأتربة القلوية .

ورغم أن السيليكا مكون أساسي في الكاولين إلا أن الكوارتز تؤثر على خاصية الإمتصاص واللدونة والإنسيابية والمتانة . ويمكن لأنواع الكاولين الخام الحاوية على السيليكا الدخول في صناعة الخزف الصيني وما شابهها وكذلك الدخول في صناعة الإسمنت الأبيض .

النوع الثاني : وجود مواد تحول دون إستخدام الكاولين الخام في معظم المجالات وبالتالي تعتبر مواد ضارة وأهمها :-

1. الأكاسيد والهيدروكسيدات المعدنية : وهي مواد تسيء إلى لون المادة الكاولينية بعد عمليات التكليس أو الحرق وتشمل مركبات الحديد والنحاس والمنغنيز والتيتانيوم والكروم .
2. الكبريتيدات (الكبريتورات) : وهذه المواد تطلق غازات كبريتية تحدث تآكلاً في المعادن كما ينتج عن تفككها أكاسيد ملونة ومن أمثلتها معدن المركزايت والبايرايت.

3. مواد عضوية تكسب الكاولين لوناً رمادياً أو أسود داكن مثل هذه الشوائب يمكن التخلص منها بعملية الكلسنة أو الحرق .

ونظراً لندرة الأنواع الراقية من الكاولين إجمالاً في الأردن فإن الحاجة تدعو إلى معالجة خامات الكاولين المتوفرة لرفع درجة نقاوتها بحيث تلائم مجالات أوسع من الإستعمالات .

ويمكن رفع درجة Grade الكاولين بعدّة عمليات تجهيز وتركيز مختلفة جافة ورطبة .

* العوامل التي تعتمد عليها طرق التجهيز والتركيز :-

أ. حجم وطبيعة الخام .
ب. الخواص الفيزيائية والكيميائية .
ت. نوع الكاولين المطلوب للمستهلك .

* أهم طرق تركيز خام الكاولين :-

1 – الفصل الحجمي الجاف :

Particle Size Classification Process

تتم هذه العملية بتكسير الخامات إلى حجوم مناسبة لعمليات التركيز وعمليات الفصل اللاحقة .

2 – الفصل الحجمي الرطب :-

يسبق عمليات الفصل الحجمي الرطب عمليات تكسير وتنخيل للتخلص من الحبيبات الخشنة ومن ثم تتم عمليات خلط على خلاط ذو كثافة عالية يليها عمليات فصل بجهاز الفصل السايكلوني وذلك بإستخدام جهاز هيدروسيكلون لفصل الحبيبات الناعمة عن الخشنة أو بواسطة الطرد المركزي .

3 – عمليات الفصل المغناطيسي :-

أ. عمليات الفصل المغناطيسي الجاف ويمكن هنا إستخدام أيضاً Microwave لتسخين حبيبات الكاولين ومغنطة الحديد قبل دخولها على جهاز الفصل المغناطيسي الجاف .

ب. عمليات الفصل المغناطيسي الرطب العالي الشدّة (High Intensity Wet Magnetic Separators) . وذلك لفصل الشوائب الحديدية والتيتانية والمايكا والبيريت وما شابهها .

4 – عمليات الكلسنة :-

أ. يستعمل لإكساب الكاولين الناعم بياضاً إضافياً وهذا النوع من الكاولين يستخدم لصناعة البلاستيك ، المطاط وبعض أنواع الدهانات .

ب. كلسنة الصلصال الكاوليني الخشن .

5 – عمليات تفكيك بفعل ضغوط إجهادية حقيقية Extrusion Process . وذلك بتفكيك الكتل الطينية إلى رقاقات وصفائح رقيقة ودقيقة .

6 – المعالجة الكيميائية Bleaching or Leaching Process : وتتم بتذويب المواد الحديدية الملونة الموجودة في الخام بإضافة مواد كيماوية خاصة .

7 – التعويم : يستعمل هذا الأسلوب لإزالة الشوائب الحديدية والتيانيومية الدقيقة االحبيبات وتجري في وسط مائي وإضافة بعض المواد المعومة مثل زيوت التعويم الكيروسين وبعض الأحماض .

* طريقة البحث

تم العمل على رفع نسبة الكاولين والتخلص من الحديد بعدّة طرق وكان الهدف هو إيجاد طريقة للتخلص من الحديد بأقل التكاليف الممكنة :

1. إجراء الفصل الفيزيائي الجاف : أجريت تجارب تكسير وطحن وتنخيل فيزيائي جاف لتحديد الحجوم الأقل محتوى من الحديد . مرفق التقرير الكامل لخطوات العمل والنتائج مبينة في (Annex I) .

2. إجراء الفصل الفيزيائي الرطب : وذلك من أجل تحرير حبيبات الحديد من الكاولين المحيط بها وذلك تمهيداً لفصلها عن طريق التنخيل الرطب للعينة وفصل الحديد عنها . التقرير والنتائج (Annex II) .

3. عمليات الفصل المغناطيسي الجاف : لعينات من بطن الغول تم إجراء (22) تجربة فصل مغناطيسي جاف على جهازين الأول High Magnetic Intensity حيث أجريت تجارب بعدّة متغيرات على هذا الجهاز مثل (Vibrating و Roll Speed) كما أجريت عدّة تجارب على جهاز آخر (Boxmag) . ويبين (Annex III) نتائج هذه التجارب .

4. عمليات الفصل المغناطيسي الرطب :- تم إستخدام جهازي فصل فيزيائي رطب Boxmag وجهاز آخر High Magnetic Intensity . حيث تم التحكم بمتغيرات تحضير العينات من حيث زمن الخلط ونسبة المواد الصلبة والتنخيل والتكسير . النتائج مبينة في (Annex IV) .

(Annex I)

دراسة تركيز الحديد والألمنيوم
حسب التوزيع الحجمي في الكاولين – بطن الغول

تم إجراء الدراسة لعينتين (50 كغم لكل منهما) من كاولين بطن الغول / الشركة العامة للتعدين وهما:

1/ – عينة كاولين أبيض .

2/ – عينة كاولين أحمر .

منهجية العمل (حسب المخطط المرفق) :

1/– تم تجفيف كامل العينات لإحتوائها على نسبة مرتفعة من الرطوبة .

2/– تم تمرير كامل العينة على الكسارة (Jaw Crusher) لتسهيل عملية التقسيم والفصل .

3/– تم أخذ عينة ممثلة لعينة الأصل للتحليل الكيميائي.

4/– تم أخذ عينة عدد (2) بزنة (1/2 كغم) لكل منهما لإجراء الدراسة .

5/– تم إجراء الفصل الحجمي الجاف لإحدى العينات السابقة كما هي بعد التكسير (Coarse Fraction) على المناخل (270-,270+,200+,100+,60+,32+,16+,9+,4+) .

6/– تم طحن العينة الأخرى على مطحنة (Disc Mill) وإجراء عملية الفصل الفيزيائي الجاف (Fine Fraction) على المناخل (400-,400+,270+,200+,100+,80+) .

7/– تم الحصول على (30) عينة ناتج عمليات الفصل الفيزيائي الجاف المذكورة .

8/– تم إجراء عملية الطحن والتجفيف للعينات الناتجة (30) عينة وتجهيزها للتحليل الكيميائي .

9/– تم إجراء التحاليل الكيميائية اللازمة بواسطة جهاز الأشعة السينية والتحليل المخبري .

ويبين الجدول من (1–4) نتائج التحاليل الكيميائية للعينات كما تبين الرسوم البيانية توزيع كل من (الحديد ، الألمنيوم والسيليكا) حسب حجوم الفصل الفيزيائي التي أجريت للعينات .

(Annex II)

الفصل الفيزيائي الرطب للكاولين الأحمر

Table No. 5

زمن الخلط : 5 min نسبة المواد الصلبة : 40%

Fraction #	Wt%	Al2O3	Fe2O3
+ 270	13.01	17.46	20.8
+ 400	2.53	19.92	13.68
+ 600	7.05	21.57	10.09
- 600	77.41	25.82	3.37
Total	100.00	24.28	6.37

Table No. 6

زمن الخلط : 10 min نسبة المواد الصلبة : 40%

Fraction #	Wt%	Al2O3	Fe2O3
+ 270	13.14	17.49	22.98
+ 400	1.95	20.78	14.55
+ 600	7.13	20.86	10.02
- 600	77.78	25.34	3.34
Total	100.00	23.90	6.62

Table No. 7

زمن الخلط : 5 min نسبة المواد الصلبة : 40%

Fraction #	Wt%	Al2O3	Fe2O3
+ 4	3.33	14.65	29.31
+ 9	2.04	16.03	27.82
+ 16	0.9	15.10	25.00
+ 32	0.8	12.26	17.69
+ 60	0.5	11.64	18.84
+ 100	0.3	12.04	19.06
+ 200	0.6	14.57	15.30
+ 270	2.03	21.35	16.13
- 270	89.5	26.93	4.93
Total	100.00		6.89

الفصل الفيزيائي الرطب للكاولين الأبيض

Table No. 8

زمن الخلط : 5 min نسبة المواد الصلبة : 40%

Fraction #	Wt%	Al2O3	Fe2O3
+ 4	2.59	15.52	1.46
+ 9	6.47	19.61	1.52
+ 16	9.77	21.59	2.42
+ 32	13.75	15.95	1.98
+ 60	8.86	18.61	2.14
+ 100	4.59	22.10	1.33
+ 200	4.21	11.40	0.69
+ 270	2.98	11.82	0.7
+ 400	3.46	12.0	0.73
+ 600	4.92	12.32	0.82
- 600	38.4	20.31	1.16
Total	100.00	18.29	1.50

(Annex III)

عمليات الفصل المغناطيسي الجاف للكاولين الأحمر
(High Magnetic Intensity Separator) على جهاز

Table No. 9

Test No.	Roll Speed	Vibrating Speed	Wt. Rec.		Al2O3 %		Fe_2O_3 %	
			mag	Non.mag	mag	Non.mag	mag	Non.mag
1		30	24.93	75.07	27.07	28.73	8.15	5.15
2	10	60	17.9	82.1	26.9	28.20	8.77	4.61
3		70	10.84	89.15	27.0	28.2	8.59	4.78
4		80	6.64	93.36	27.2	28.2	7.84	5.15
5		30	27.47	72.53	25.66	27.87	12.61	5.84
6	15	37	25.95	74.05	26.1	27.80	10.56	5.13
7		44	11.74	88.26	26.25	27.16	10.18	6.02
8		55	34.8	65.2	25.8	28.7	12.4	4.4
9	20	44	25.77	74.23	25.95	28.5	11.81	4.96
10		55	22.89	77.11	26.12	28.52	10.58	5.08

عمليات الفصل المغناطيسي الجاف للكاولين الأبيض
(High Magnetic Intensity Separator) على جهاز

Table No. 10

Test No.	Roll Speed	Vibrating Speed	Wt. Rec.		Al2O3 %		Fe_2O_3 %	
			mag	Non.mag	mag	Non.mag	mag	Non.mag
11	10	30	15.38	84.6	24.82	23.95	1.88	1.37
12		60	1.76	98.16	18.93	19.94	1.68	1.43
13		70	2.5	97.5	18.34	19.5	1.64	1.43
14		80	3.5	96.5	18.23	18.88	1.62	1.39
15	15	30	9.2	90.8	21.57	21.37	2.44	1.36
16	20	37	9.56	90.94	24.63	23.6	2.07	1.46
17		44	10.84	89.16	24.48	23.51	2.02	1.54
18		55	7.18	92.82	24.58	23.48	2.12	1.46

عمليات الفصل المغناطيسي الجاف للكاولين الأحمر والأبيض على جهاز (Boxmag)

Table No. 11

Test No.	الكاولين	Wt. Rec.		Al_2O_3 %		Fe_2O_3 %	
		mag	Non.mag	mag	Non.mag	mag	Non.mag
19	أبيض	6.7	93.3	19.68	18.6	1.29	1.25
20	أبيض	3.1	96.9	19.6	19.4	1.49	1.33
21	أحمر	2.4	97.6	27.08	26.21	7.48	5.58
22	أحمر	4.5	95.5	26.72	26.75	6.12	5.24

(Annex IV)

نتائج عينات فصل الكاولين الأحمر على جهاز الفصل المغناطيسي الرطب
(High Intensity Wet Magnatic Seprator)

Table No. 12

زمن الخلط : 15 min نسبة المواد الصلبة : 40%

	Wt% Rec.	Al2O3	Fe2O3
Feed	100	24.8	6.92
+ 35 #	4.2	14.26	29.52
Mag.	5.2	26.39	6.38
Non. Mag.	76.5	24.91	5.36
Middling	14.06	26.6	8.86

نتائج عينات فصل الكاولين الأحمر على جهاز الفصل المغناطيسي الرطب
(Boxmag)

Table No. 13

زمن الخلط : 15 min نسبة المواد الصلبة : 40%

	Wt% Rec.	Al2O3	Fe2O3
Feed	100	26.0	6.8
+ 35 #	8.77	5.82	28.76
Mag.	7.82	27.37	5.12
Non. Mag.	83.41	27.42	4.66

نتائج عينات فصل الكاولين الأبيض على جهاز الفصل المغناطيسي الرطب
(High Intensity Wet Magnatic Seprator)

Table No. 14

زمن الخلط : 15 min نسبة المواد الصلبة : 40%

كاولين الأبيض	Wt% Rec.	Al2O3	Fe2O3
Feed	100	17.0	1.37
+ 35 #	5.89	19.29	1.49
Mag.	3.17	19.2	1.90
Non. Mag.	82.21	16.62	1.32
Middling	8.73	17.99	1.52

الخلاصة

ومن خلال النتائج فإنه يمكن تخفيض محتوى الحديد بنسبة أقصاها 50% للكاولين الأحمر ، أما الكاولين الأبيض فلا يتجاوز 20% وكانت أعلى نسبة للفصل الفيزيائي الرطب .

ومن الملاحظ أن عينات الكاولين الأبيض تختلف من منطقة لأخرى من حيث محتواها من الألمنيوم والحديد . وبإستعراض نتائج الفصل الفيزيائي الرطب إنخفض محتوى الحديد في الكاولين الأبيض في الأجزاء (#600-) إلى 1.16% . أما الكاولين الأحمر فإنخفض الحديد من 7% إلى 3.2% في نفس الأجزاء (#600-) . وبخصوص عمليات الفصل بواسطة الفصل المغناطيسي الرطب والجاف فقد تبين أنه يمكن تخفيض نسبة الحديد في الكاولين الأبيض من 1.6% إلى 1.3%، بينما في الكاولين الأحمر إنخفضت نسبة الحديد من 7% إلى 4.5% .