(7-11) طرق الفصل المعدني Method of Separation

هنالك طرق وأساليب عديدة ومختلفة اعتمدت في معالجة واستخلاص المعادن، كل من هذه الطرق تستخدم خاصية معينة من خصائص إحدى المكونات المعدنية وتعتمد عليها في عمليات الفصل المعدني، وكذلك من العوامل الأخرى المؤثرة في اختيار أسلوب العمل هو التقنية المتوفرة، توفر رأس المال وكذلك المعرفة العلمية القادرة على انجاز العمل بكفاءة عالية. أهم طرق الفصل المعدني هي:

1- طرق الفصل القديمة Post – Separation of Minerals

أ- طريقة التثخين Thickening Method

ب-طريقة الترشيح Filtering Method

ج- طريقة التجفيف Thermal Drying method

2- طرق الفصل الفيزيائية Physical Methods of Separation

أ- الفصل بواسطة الحجوم Separation by Sizing

ب- الفصل اليدوي Hand Sorting

ج- الفصل بواسطة وسط كثيف Dense – Medium Separation

د- الفصل باستخدام الكثافة Density Separation

هـ- الفصل المغناطيسي Magnetic Separation

و- الفصل الكهربائي Electrical Separation

3- طرق الفصل الكيميائية Chemical Methods of Separation

أ- طريقة الطفو Flotation Method

ب-طريقة الترشيح أو الاستنزاف Leaching Method

(7-11-1) طرق الفصل القديمة

إحدى نواتج معامل المعالجة والاستخلاص المعدني هي طرح كميات كبيرة من المياه المستخدمة في عمليات الاستخلاص المعدني بصيغة مياه فضلات الى الخارج أما يستفاد منها لبعض متطلبات الحياة مثل سقي المزروعات أو الاستخدامات المنزلية بعد إعادة معالجتها وجعلها صالحة لمثل هذه الاستخدامات أو يعاد استخدامها صناعيا في نفس معمل المعالجة. المياه كانت تستخدم بصورة رئيسية في أعمال الفصل المعدني اعتمادا على مبدأ الاختلاف في الكثافة، لذلك فان الجزيئات المعدنية الكبيرة الحجم ممكن فصلها مباشرة بالسماح لهذه الجزيئات بالترسيب عند الخليط المعدني في خزان مائي ويتجمع في قعر الخزان.الجزيئات المعدنية الناعمة تترسب ببطء اعتمادا على كثافتها القليلة و بعض الجزيئات المعدنية تبقى مكونة محاليل عالقة لا يمكن ترسيبها بسهولة لذلك تم استخدام ثلاث طرق كل منهما لها أسلوبها الخاص المستخدم في فصل هذه الجزيئات من المياه او المحاليل المرتبطة بها وهي:

(7-11-1-1) عملية التكثيف او التثخين Thickening process

باستخدام هذه التقنية يتم وضع المياه الحاوية على الجزيئات المعدنية في حوض أو خزان كبير لفترة زمنية مناسبة بغية إعطاء الوقت الكافي للسماح للجزيئات المعدنية بالترسيب والاستقرار في قعر الحوض او الخزان بينما يبقى الجزء العلوي من المياه صافية او خالية من العوالق. ممكن ان يتم استخدام هذه العملية بصورة مستمرة عند إضافة خليط معدني جديد الى الخزان ويتم سحب الماء الصافي من أعلى الخزان وتسحب الجزيئات المعدنية الراكدة من أسفل الخزان. ممكن في كثير من الأحيان أن يكون معدل الترسيب للجزيئات المعدنية سريعا وبوقت قصير يسبب حصول عملية التصاق الجزيئات الناعمة مع الجزيئات الكبيرة او مع بعضها البعض لتكوين جزيئات اكبر حجما ذات سرعة ترسيب كبيرة تستقر في قعر الخزان بوقت قصير.

عمليات الاستخلاص المعدني التي تستخدم طريقة التكثيف لها عدة فوائد هي :

1- الحصول على مياه أو محاليل نقية ممكن إعادة استعمالها مرة ثانية في عمليات المعالجة والاستخلاص المعدني، او ان كانت مياه نقية ممكن طرحها الى الأنهار أو استخدامها في الزراعة والري للحصول على محاليل نقية بصورة مستمرة يجب أن تؤسس العملية على معدل جريان بطئ للمحاليل يتوازن مع معدل عمليات الترسيب للجزيئات المعدنية لضمان عدم خروج العوالق مع المحاليل الخارجة Over Flow.

2- لضمان تكوين طبقة من المواد الصلبة الحاوية على الجزيئات المعدنية ذات كثافة مناسبة قابلة للسحب الى خارج الخزان، إن كثافة أو صلابة الطبقة المعدنية المترسبة تتأثر كثيرا بسمك الطبقة المتكونة لذا يجب السيطرة على هذا السمك بما يتناسب مع كثافة وصلابة المواد لضمان سهولة سحبها وإفراغها الى الخارج. في بعض الأحيان تظهر الحاجة الى إجراء عمليات تحريك لهذه الترسبات إما بواسطة ضخ هواء أو استخدام معدات ميكانيكية او يدوية لتسهيل عمليات سحبها الى خارج الخزان.

(7-11-1-2) طريقة الترشيح Filtering Process

لغرض تقليل نسبة الماء الداخلة ضمن محتويات المواد الصلبة التي تم فصها بعملية التكثيف يمكن انجاز ذلك باستخدام عملية الترشيح Filtration. تتم هذه العملية بواسطة اجراء عمليات ضخ هذا الخليط (الماء مع الجزيئات المعدنية) كي نجبره على المرور من خلال حاجز مسامي ذات فتحات مناسبة سواء كان هذا الحاجز معدني او من القماش الذي يسمح بمرور الماء فقط ويحجز الجزيئات المعدنية لكي تتجمع مكونة طبقة من هذه المواد تؤدي الى تقليل كفاءة الفصل، لذلك مع مرور الوقت وبصورة متكررة يتم إزالتها دوريا وجمع هذه المواد خارجا مع استمرار عمليات المعالجة.

(7-11-1-3) عملية التجفيف Drying Process

نواتج عملية الترشيح عبارة عن مواد صلبة لا تزال تحتوي على نسبة معينة من الرطوبة ضمن مكوناتها المعدنية لذا يجب التخلص منها بهدف الحصول على مواد جافة ويتم ذلك بإجراء عملية تجفيف حراري لهذه المواد وفي المناطق الصحراوية ذات درجة الحرارة العالية والأيام المشمسة الطويلة، تتم عمليات التجفف بواسطة تعرض المواد ونواتج عمليات الترشيح لأشعة الشمس المباشرة للتخلص من الرطوبة. في المناطق الحضرية أو في أجواء غير المناسبة تستخدم أفران حرارية كبيرة تعمل بأحد المشتقات النفطية لانجاز اعمال التجفيف.

(7-11-2) طريقة الفصل الفيزيائية Physical Method of Separation

تعتمد طريقة الفصل المعدني الفيزيائية على الخصائص والصفات الفيزيائية للمعادن أو الصخور حيث يتم استغلال هذه الصفات والفروقات الناتجة عنها بين المعادن لإجراء أعمال الفصل المعدني، ومن أهم طرق الفصل الفيزيائية هي:

(7-11-2-1) الفصل الحجمي Separation by Sizing

إن مرحلة تكسير وسحق الصخور والخامات الأولية أو الثانوية المستخدمة خلال عمليات قلع واستخراج الترسبات المعدنية من المنجم يمكن اعتبارها بأنها أهم مرحلة من مراحل فصل المكونات المعدنية أثناء العمليات التعدينية والتشغيلية للمنجم.مثال على ذلك أعمال قلع واستخراج مواد البناء الأولية في المقالع تتضمن تهيئة وتحضير رمال مع حصى تختلف باختلاف الأحجام لاستخدامها في الأغراض المخصصة لها والتي يتم استخدام مختلف أنواع المناخل والغرابيل المصنفات لغرض فصل وتصنيف هذه المواد حسب الحجم الحبيبي مثل فصل الحصى الخشن عن الحصى الناعم، فصل الرمل الخشن عن الرمل الناعم وعن الطين وهكذا .

وفي بعض الأحيان يتم عملية خلط من أحجام مختلفة لكي تستخدم في مشاريع البناء المدني أو الهندسي أو لتلبية بعض المتطلبات الصناعية. في بعض الترسبات المعدنية تتواجد المعادن في الجزء الخشن من الحجم الحبيبي وتعطي بذلك إمكانية إجراء عملية تصنيف لفصل الجزء الخشن المحتوي على المعادن باستخدام أسلوب الغربلة والتصنيف اعتمادا على الاختلافات الموجودة في الحجم الحبيبي كما هي الحال في الترسبات Nigerian Colombite في نيجريا. في بعض ترسبات

الحديد شوائب من السيلكون والأطيان تعمل كمواد رابطة لجزيئات الحديد، هذه المواد سهلة التكرير الى أجزاء ناعمة عما هي الحال في الحديد وبذلك يكون من السهل إزالتها عن معادن الحديد باستخدام عمليات الغسل بالماء على المنخل او المصنف وتبقى الترسبات على السطح العلوي للمنخل.

مثال رقم (3-7):

ترسبات فتاتيه حاملة لمعدن التيتانيوم تحتوي على خمسة مكونات معدنية هي الكوارتز (SiO_2)، والزركون (ZnO_2)، ماكنيتايت (Fe_3O_4)، روتايل (TiO_2) مع الطين خلال عمليات الفحص ألمختبري لهذه الترسبات يتم تقسيم النموذج الى أربعة أجزاء ويتم تحليل كل جزء من هذه الأجزاء الأربعة لمعرفة نسبة هذه المكونات المعدنية الخمسة في كل جزء. النتائج المختبرية سجلت في الجدول التالي رقم (2-7).

المطلوب:

1- ما هي نسبة كل معدن في مجموعة الترسبات المعدنية.
2- اقترح وصمم مخطط لفصل معدن الروتايل عن المكونات المعدنية الأخرى اعتمادا على الفصل ألحجمي.
3- احسب نسبة الروتايل في النتائج النهائي للمخطط في الفترة الثانية.

جدول رقم (2-7) نتائج الفحوصات المختبرية

Size Fraction µm	Mass %	Quartz %	Zircon %	Magnetite %	Rutile %	Clay %
+500	40	97	1	1	1	0
-500 +400	10	50	10	10	30	0
-400 +300	20	20	30	30	20	0
-300	30	7	1	1	1	90

الحل:

1- بداية الحل نقوم بتحويل النتائج في الجدول (2-7) الى نسبة تواجد كتلة كل مكون معدني موجود ضمن الخليط. الحجم الحبيبي 500+ يمثل 40% من الكتلة الكلية للنموذج، تسجل النتائج في الجدول رقم (3-7). ونسبة الكوارتز في هذا الجزء من الحجم الحبيبي هو 97% وعليه فان كتلة الكوارتز تحسب كما يلي 0.388 = 0.4 × 0.97 او يساوي 38.8% من الكتلة الكلية لنموذج. تعاد نفس الحسابات في الخطوة اعلاه لبقية المكونات المعدنية وتسجل النتائج بنفس الجدول.

جدول رقم (3-7) نتائج حساب الكتل المعدنية في النموذج

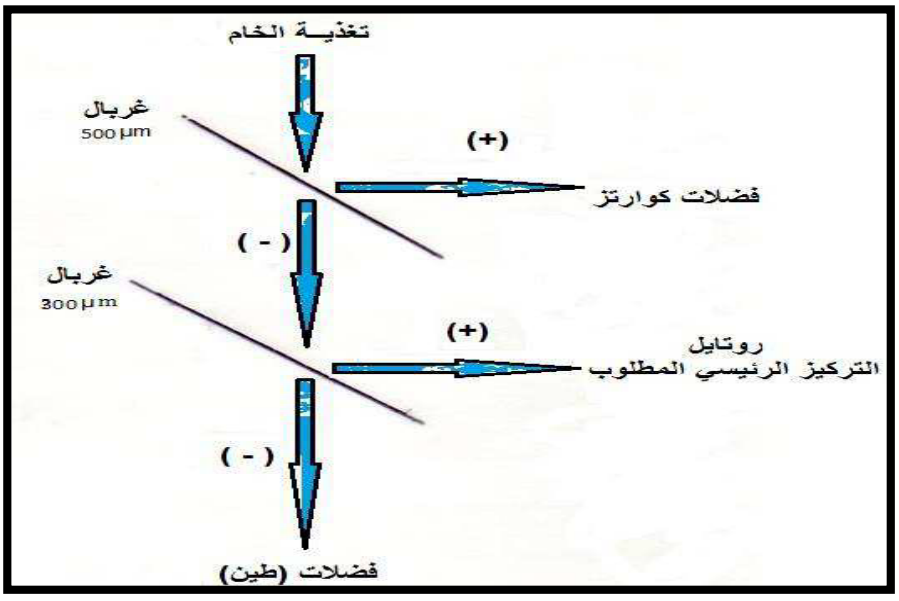
Size Fraction µm	Quartz	Zircon	Magnetite	Rutile	Clay	Total
+500	38.8	0.4	0.4	0.4	-	40.0
-500 +400	5.0	1.0	1.0	3.0	-	10.0
-400 +300	4.0	6.0	6.0	4.0	-	20.0
-300	2.1	0.3	0.3	0.3	27.0	30.0
Total	49.9	7.7	7.7	7.7	27.0	100.00

من الجدول (3-7) نستطيع أن نستنتج مايلي:-

أ- الحجم الحبيبي +500 µm يحتوي بصورة رئيسية على الكوارتز بنسبة تساوي 5.2% = 100 × $\frac{0.4}{7.7}$ من كمية الروتايل الكلية الموجودة في الخام.

ب-الحجم الحبيبي -300 µm يحتوي بصورة رئيسية على الطين Clay وبنسبة تساوي 3.9% = 100 × $\frac{0.3}{7.7}$ من كمية الروتايل الكلية الموجودة في الخام. لو تم فصل هذين الجزئين من الحجوم التي هي +500 µm و -300 µm بواسطة عملية الغربلة واستبعادها من الخام، بذلك سوف نحصل على فضلات قدرها 70% من المواد الخام تحتوي على كمية 9.1% روتايل،هذه يجب استبعادها من الخام وهذه النسبة ضئيلة جدا اذا ما قورنت مع الكمية الكبيرة الفائضة عن الحاجة، حيث يمكن انجاز ذلك بعملية سهلة وسريعة وبسيطة وغير مكلفة باستخدام عملية الفصل ألحجمي، أما الجزيئيتين المتبقيتين الذين هما +400 500 µm و +300 400- ،فإنها تمثل 30% من المواد الخام التي تحتوي على الكمية الرئيسية من الروتايل في هذين الجزئين، وهما 39.0 = 100 × $\frac{3.0}{7.7}$ و 52.0 = 100 × $\frac{4.0}{7.7}$ والتي تكون نسبة الروتايل هي 91% من كمية الروتايل الكلية الموجودة في الخام.

2- مخطط الفصل ألحجمي للجزيئات المعدنية هو كما يلي:



3- نسبة الروتايل في الناتج النهائي للمخطط هي كما يلي:-

لو نفرض تم تغذية (100) كغم من الخام فان كمية الخام التي سوف تطرح خارجا كفضلات يمثل الحجم الحبيبي µm 500+ والحجم الحبيبي µm 300- واتي تمثل نسبة 70% من النموذج وتبقى نسبة 30% من النموذج هي التي تحتوي على روتايل والتي تساوي (7) كغم روتايل. نسبة الروتايل في نسبة 30% من النموذج تساوي $\frac{7}{30} \times 100 = 23.3\%$ مقارنة مع ما موجود في الجدول رقم (3-7) الذي كانت نسبة الروتايل تساوي 7.7% في الخام الأصلي.

(7–11–2–2) الفصل اليدوي او التصنيف اليدوي Hand Sorting

ألتصنيف اليدوي واحد من أقدم طرق التصنيف الفيزيائي التي استخدمت في عمليات فصل المكونات المعدنية بعضها عن بعض الآخر في عمليات التعدين المنجمية، خاصة عندما تتوفر الأيدي العاملة الرخيصة عندما يكون الاختلاف واضح بين المعادن الاقتصادية المستهدفة في عمليات الفصل المعدني والفضلات.

لا يزال الفصل اليدوي يستخدم كطريقة معتمدة حتى الوقت الحاضر بالنسبة للجزيئات الصخرية ذات الحجم اكبر من (4) سم. هذه الطريقة تتم اما بالاعتماد على فرق اللون أو على خاصية الوميض تحت الأشعة فوق البنفسجية، بعض الحالات تعتمد على الطرق اليدوية في إزالة واستبعاد الفضلات والمواد العقيمة من الترسبات المعدنية وهي في مكانها خاصة الترسبات ذات النوع العرقي veins لزيادة عمليات التركيز المعدني بهدف زيادة كفاءة عملية الفصل، وكمثال على ذلك هو فصل الماس النقي من ترسبات الماس الحاملة له.

(7–11–2–3) الفصل باستخدام الوسط الكثيف Dense – Medium Separation

من السهولة فصل حبيبات الرمل عن نشارة الخشب مثلا عند وضع الخليط في خزان مائي. بنفس الطريقة يمكن إجراء عملية فصل المعدنين في أي خليط معدني عندما يغمر هذا الخليط في سائل ذو كثافة معتدلة حيث يطفو احد المعادن القليلة الكثافة ويغطس المعدن ذات الكثافة العالية. الوسط الذي يستخدم مختبرياً في عمليات الفصل الجزئي المعدني هو سائل غير عضوي ثقيل ولكن هذا السائل غالي الثمن إضافة إلى كونه سام وبذلك لا يمكن استخدامه بصورة تجارية في معامل الاستخلاص المعدني.

يمكن تحضير وسط مائي مناسب للفصل المعدني بواسطة وضع جزيئات صلبة ناعمة بطيئة الركود في الماء تبقى عالقة في الماء تعمل عمل وسط معتدل الكثافة ملائم لعملية الفصل المعدني ويسمى (الوسط الثقيل) Heavy media. يعتمد في عمليات الفصل على توفر او وجود اختلاف في كثافات المعادن.

ألوسط الثقيل الجيد المستخدم في عمليات الفصل يجب أن تتوفر فيه مواصفات معينة حتى يكون ملائم للاستخدام وهي:

1– مقاوم للتفسخ الكيميائي والفيزيائي.

2– يحافظ على كثافته أثناء عمليات الفصل.

3- يكون سهل الاسترجاع وإعادة الاستخدام بعد عملية الفصل.

4- يجب ان يكون متوفر ورخيص للاستخدام التجاري وعلى نطاق واسع.

من اهم هذه المحاليل المستخدمة للفصل المعدني هي:-

1- **السوائل العضوية:** تتراوح كثافة هذه السوائل بين (1.4 – 3) غم/سم^3 حيث ان استخدامها محدود جدا في عمليات الفصل التجاري. ويقتصر استخدامها للأغراض ألمختبريه فقط كون لزوجتها قليلة مما يعطي عملية فصل اكثر جدية من العوالق الاخرى.

2- **عوالق المواد الصلبة:** وهي الشائعة الاستخدام في المجالات الصناعية ويستخدم عادة مواد المغنيتايت Fe_3O_4، كثافته (5.1) غم/سم^3 وعند مزجه مع الماء نحصل على كثافة مقدارها (2.8) غم/سم^3، كذلك تستخدم مواد الفيروسيليكون وسليكون FeSi وكثافته (6.8) غم/سم^3 وعند مزجه مع الماء نحصل على محلول كثافته (3.6) غم/سم^3 .

يفضل استخدام الفيروسيليكون وسيلكون لأنه يتكون من دقائق كروية مما يقلل من اللزوجة الظاهرية للخليط كما يمكن الحصول على كثافة عالق أعلى من الماكنيتايت. وعند مزج المادتين يمكن الحصول على كثافة بحدود (3) كغم/م^3 ، ولغرض الحصول على كثافة ثابتة تجري عملية تدوير وتحريك مستمرة لمنع ترسيب الدقائق وانخفاض كثافة سائل الفصل.

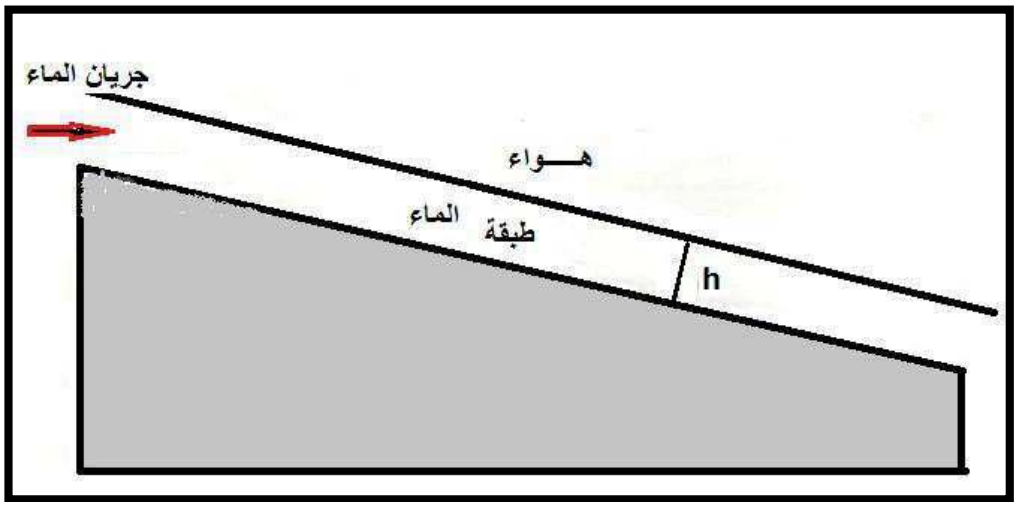
من تطبيقات الفصل بالسوائل الثقيلة هي عمليات فصل الفحم، خام الحديد، الزنك والرصاص.

(7-11-2-4) الفصل المعدني المعتمدة على الكثافة

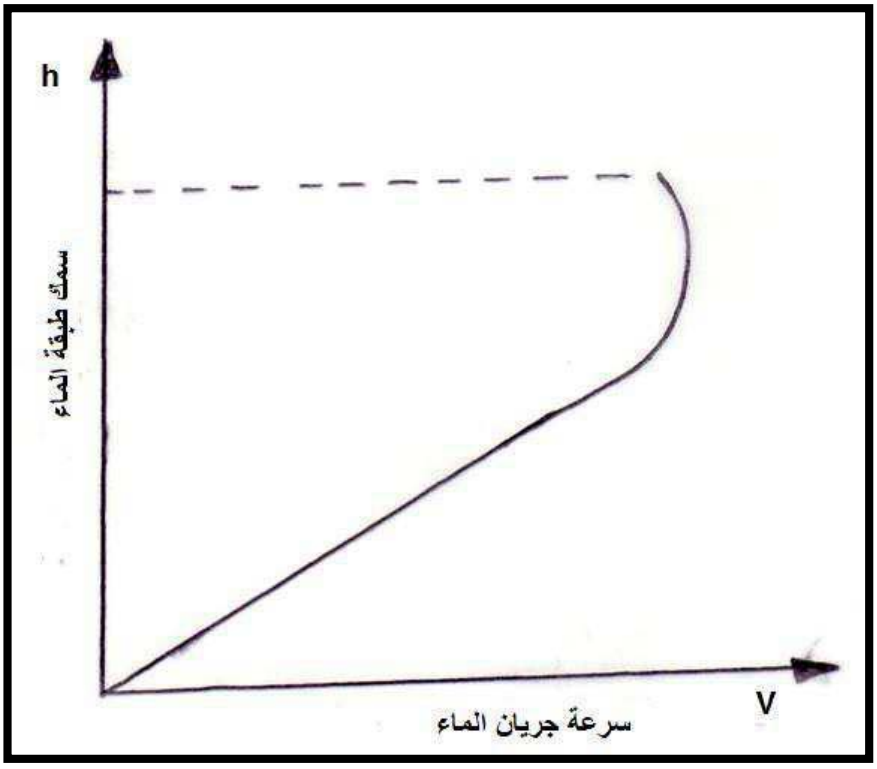
Separation Method Based on Density

وهي من اطرق الفصل المعدني المعتمدة على الكثافة بين المكونات المعدنية، ولغرض ضمان نجاح تقنية استخدام هذه الطريقة، يجب أن تمتلك الجزيئات المعدنية المختلفة فرق في الكثافة اكثر من (1000) كغم/م^3 لضمان كفاءة فصل جيدة، وهذا يعني إن أسلوب عمل هذه الطريقة يعتمد على المعادن المحررة أو التي تتواجد بشكل حر مثل تلك المتواجدة في الرمال الساحلية والترسبات الغرينية.

إن من أقدم اطرق المستخدمة في عملية فصل المعادن بالاعتماد على فرق الكثافة هي استخدام سلوكيات الجزيئات المعدنية وطبيعة حركتها في طبقة مياه رقيقة جارية Thin film of flowing water كما في الشكل (13-7) الذي يوضح تأثير اختلاف سرعة الماء مع السمك للمياه الجارية. الماء الملاصق لسطح القاعدة المعدنية المائلة المستخدمة في عملية الفصل يكون تقريبا مستقر وتزداد سرعة الماء بالابتعاد عن القعر المعدني ثم تقل السرعة عند حد ملامسة سطح الماء لطبقة الهواء كما نلاحظ ذلك في الشكل رقم (14-7).

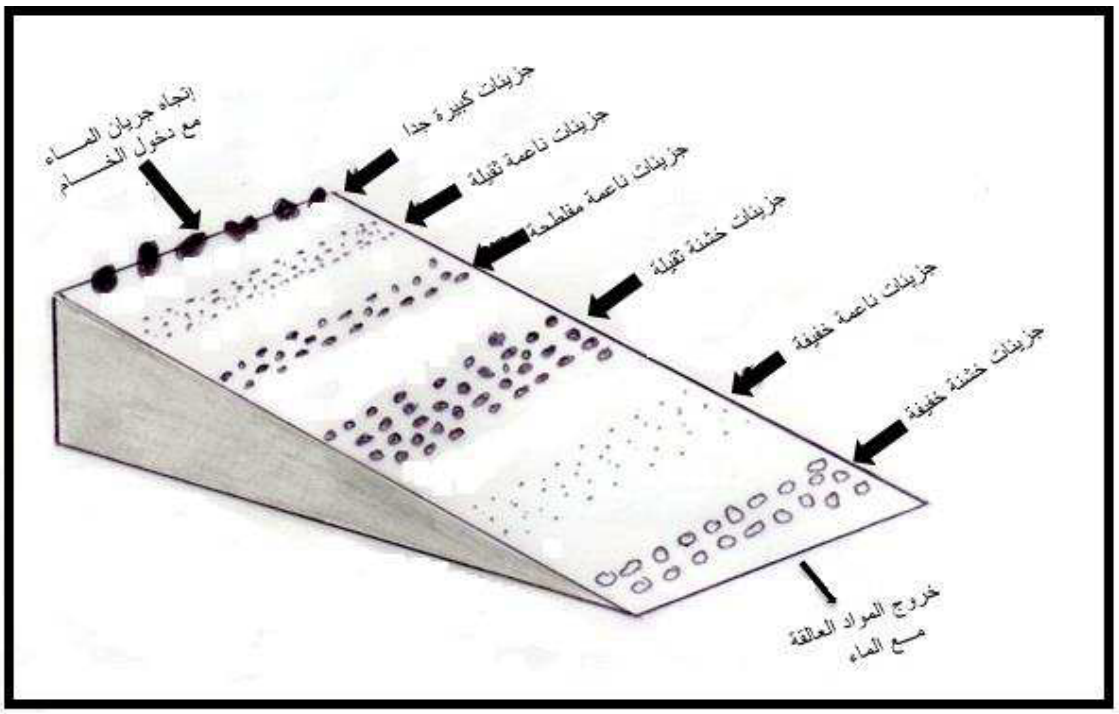


شكل رقم (13 - 7) ميكانيكية جريان طبقة خفيفة من الماء



شكل رقم (14 - 7) سرعة الجريان وعلاقتها مع سمك طبقة الماء

شكل رقم (15-7) يوضح ترتيب تقنية الفصل المعدني باستخدام طبقة رقيقة من الماء الجاري على سطح معدني مائل بدرجة معينة قد يكون ثابت او متحرك.



شكل رقم (15 - 7) مخطط يوضح تسلسل فصل الجزيئات في طبقة خفيفة من الماء على سطح مائل

ألجزيئات المعدنية التي تمتلك قطر مقارب تقريبا لسمك طبقة الماء او تمتلك كثافة متساوية فإنها تميل إلى التجمع في منطقة معينة على السطح المائل اعتمادا على العلاقة بين درجة ميلان السطح وسرعة جريان الطبقة المائية مع قطر وكثافة وشكل الجزيئات المعدنية وبذلك فإنها تعطي خاصية عزل جيدة باستخدام هذه التقنية، وهذا يعني انه عند وضع جزيئات ذات أحجام وأشكال مختلفة فان الجزيئات ذات الحجوم الكبيرة تترسب أسرع بينما تنجرف الجزيئات ذات الأحجام الصغيرة مع تيار ماء لتترسب في مكان آخر على السطح المائل اعتمادا على درجة الميلان وسرعة الماء، أما إذا تساوت الحجوم واختلفت الكثافات فان الجزيئات ذات الكثافة العالية تترسب أسرع من الجزيئات ذات الكثافة القليلة.

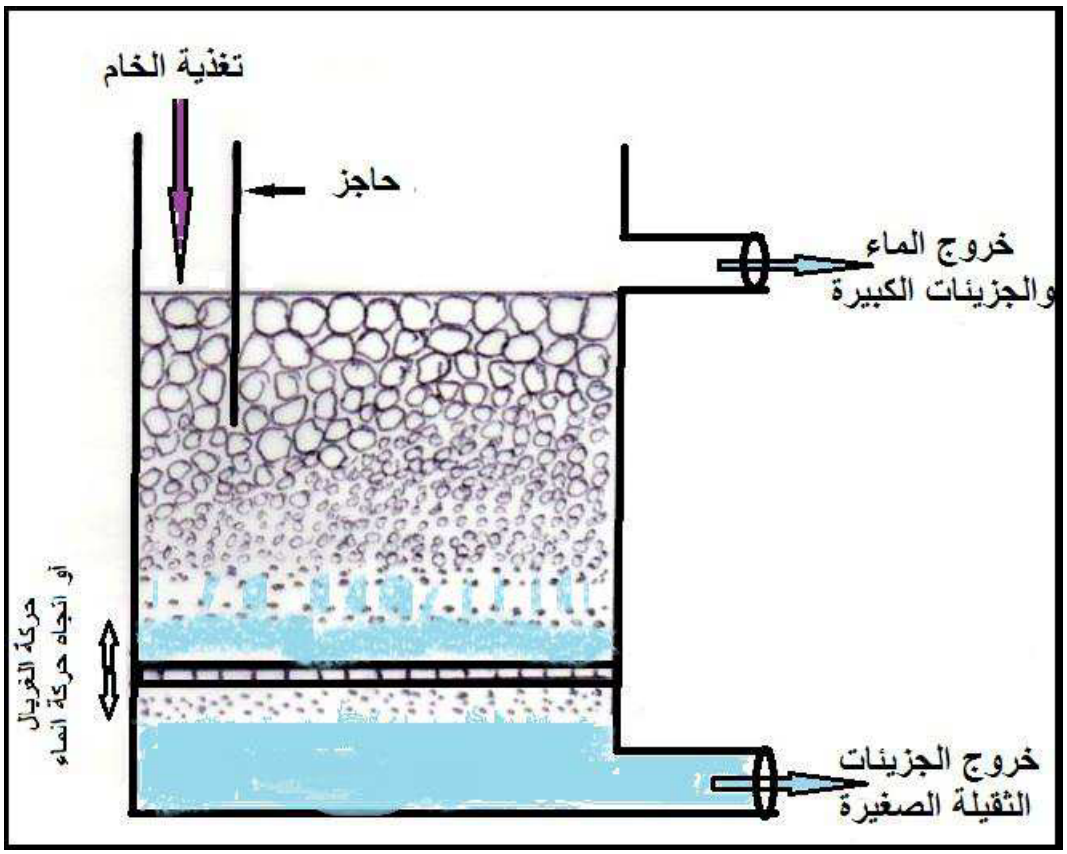
أحد أهم تطبيقات هذه الطريقة هي استخدام المنضدة الهزازة أو المتحركة (Shaking Table) والتي هي عبارة عن منضدة مستطيلة تميل بدرجة معينة ويمكن تحريكها او تتحرك بصورة ترددية مستوية أفقية غير متماثلة وتتحرك كذلك بصورة عمودية على اتجاه جريان الماء، لذلك فان الجزيئات المعدنية سوف تؤثر عليها قوى باتجاهات متعددة وان محصلة هذه القوى هي التي مسار ومكان استقرار الحبيبات. الحركة التأرجحية للمنضدة الهزازة تؤدي بالجزيئات المعدنية المتشابهة في الصفات الى أن تتحرك بصورة متقطعة باتجاه احد نهايات المنضدة وتتجمع على شكل حزم في مكان واحد، التغذية المستمرة بالمواد والخليط مع الحفاظ على نفس الظروف المذكورة آنفا تؤدي الى إمكانية إجراء فصل معدني للجزيئات المعدنية المطلوبة.

تصنع المناضد الهزازة عادة من الخشب المطلي بمادة ذات معامل احتكاك عالي مثل البلاستك او المطاط وبزاوية ميلان تتراوح بين $(0\text{-}6)^0$، يتم وضع أشرطة بارتفاع بسيط على سطح

المنضدة او يتم عمل تجاويف حلزونية باتجاه عمودي على اتجاه جريان الماء لزيادة كفاءة الفصل حيث تساعد على تجميع الجزيئات المعدنية في أماكن موحدة.

ألاستخدام الأساسي لهذه التقنية هي معالجة وفصل الجزيئات المعدنية التي تتراوح حجوم جزيئاتها من (250-25) مايكرو مليمتر. عادة ما تكون مساحة المنضدة تسوي (3×1)م^2 ولها القابلية معالجة وفصل (5) طن/ساعة من المواد الخام.

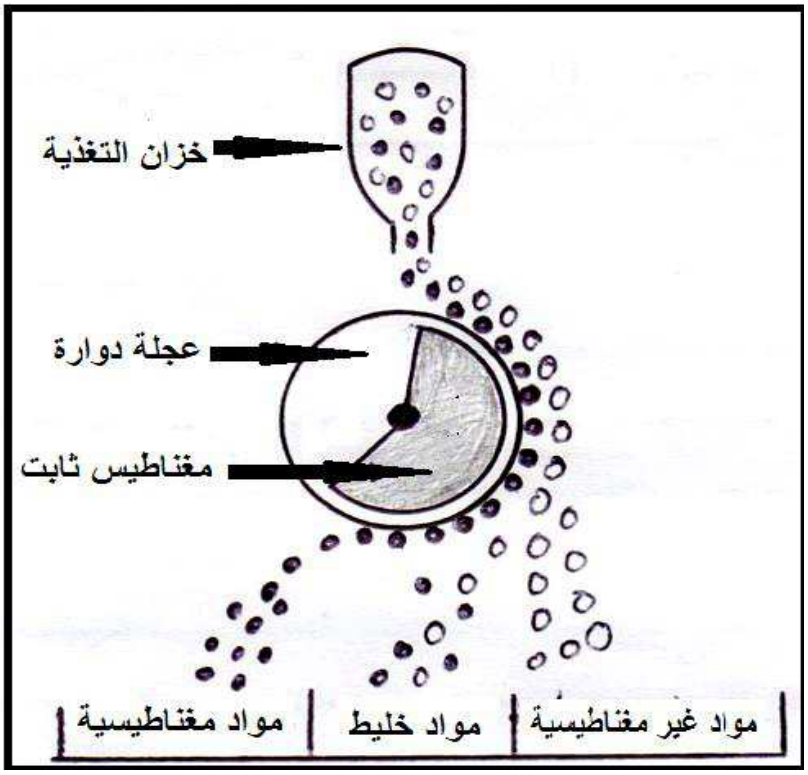
ألطريقة البديلة لفكرة المنضدة الهزازة هي فكرة استخدام الاسطوانة الحديدية (Jig) وتسمى طريقة (Jigging) أي الغربال المائي وتعتبر من الطرق القديمة المستخدمة في عمليات الفصل الجزيئي على أساس الوزن النوعي ويستخدم في الغالب الحبيبات ذات الحجوم الكبيرة التي يتراوح قطرها بين (40) ملم ولغاية (2)ملم، تستخدم هذه الطريقة في فصل الجزيئات المعدنية التي تمتلك أحجام جيبيه اكبر من التي يمكن معالجتها في المنضدة الهزازة. طريقة العمل تعتمد على وضع الجزيئات المعدنية او الخليط الخام في اسطوانة حديدية كما موضح في الشكل رقم (16-7) تحتوي في قعرها على منخل او غربيل ذو فتحات مناسبة محسوبة حجم الفتحات على ضوء الحجم الحبيبي المراد فصله عن مواد الخام. تملأ هذه الاسطوانة بالماء الجاري من أسفل الغربيل ويخرج من أعلى الاسطوانة، حيث يتم الفصل بواسطة تحريك الغربيل مع المواد في حركة تواترية الى الأعلى والأسفل او التصميم الحديث لهذه لطريقة هي عمل دفعات من الماء الى الأعلى و الغرابيل ثابت من خلال الجزيئات المعدنية، بهذه الطريقة فان الجزيئات المعدنية المتشابهة تميل الى تكوين طبقات، الجزيئات الصغيرة والثقيلة تميل الى التجمع في قعر الاسطوانة بينما الجزيئات الكبيرة الخفيفة تميل الى التجمع الى الأعلى. إن التشغيل والتغذية المستمرة تؤدي الى استمرار تجمع الجزيئات على شكل طبقات ويتم بعدها فصل الجزيئات الثقيلة عن الجزيئات الخفيفة. تستعمل هذه الطريقة بصورة واسعة في فصل واستخلاص الفحم الحجري لكون الفحم الحجري اقل كثافة من المعادن المصاحبة معهُ ويتجمع في الطبقات العليا، الذهب، الكاسيتيرايت، الألماس يتجمع في الطبقات السفلى، الحجم الحبيبي المعتمد للاستخدام في هذه الطريقة هو بين (-10 µm + 200 µm).



شكل (16 - 7) مخطط جهاز فصل الجزيئات نوع Jig

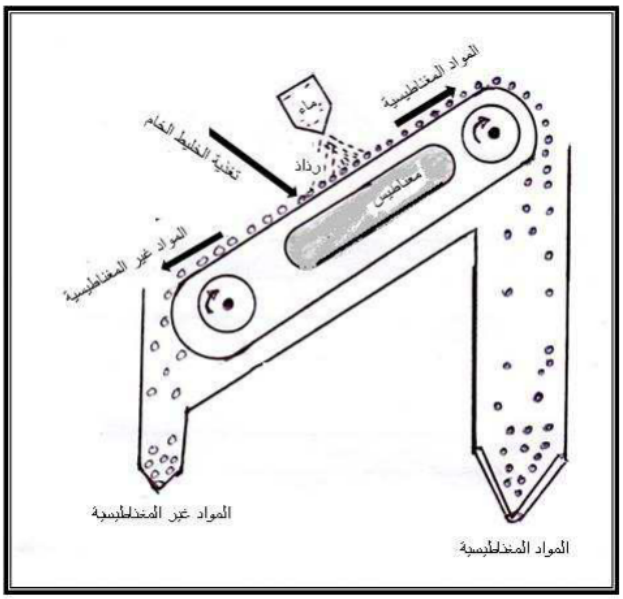
(7-11-2-5) الفصل المغناطيسي Magnetic Separation

ألمعادن في الطبيعة تختلف كثيرا في الحساسية المغناطيسية وبذلك أمكن استخدام هذه الصفة في عمليات الفصل المعدني، بعض المعادن تمتلك خاصية المغناطيسية طبيعياً والبعض الأخر تكتسب المغناطيسية عند تعرضها لمجال مغناطيسي والبعض الأخر لا يتأثر بهذه الصفات. تقنية الفصل المغناطيسي استخدمت بصورة واسعة في العمل كوحدة حراسة (guard Unit) لحماية المكائن والمعدات والكسارات من دخول او مرور القطع الحديدية الصلبة من المواد السيراميكية، وكذلك استخدمت في معالجة وفصل المعادن الغنية بمركبات الحديد مثل الماكنيتايت Fe_3O_4 عن المعادن غير المغناطيسية مثل الكوارتز وذلك باستخدام مجال ضعيف ،اما الخامات الحديدية الضعيفة مثل الهيماتايت Fe_2O_3 فتستخدم في عمليات الفصل باستخدام مجال مغناطيسي قوي او عالي الشدة او يتم تحويل الهيماتايت بطريقة التسخين والتحميص الى الماكنيتايت ثم فصله بمجال مغناطيسي ضعيف. عند استخدام جهاز الفصل المغناطيسي في فصل ومعالجة الخامات المعدنية المغناطيسية نلاحظ عند مرور خليط الجزيئات المعدنية عبر المجال المغناطيسي فأن الجزيئات او الحبيبات المعدنية المغناطيسية تنحرف كثيراً مع مسافة التأثير للمجال المغناطيسي شكل رقم (7-17) اما الجزيئات غير المغناطيسية فإنها لا تتأثر وتسقط بعيداً عن تأثير المجال المغناطيسي.



شكل رقم (17 - 7) مخطط عمليات الفصل المغناطيسي الجاف

تصنف طريقة الفصل المغناطيسي الى نوعين هي الفصل الجاف والفصل الرطب، يستخدم الفصل الجاف في فصل المواد ذات المغناطيسية العالية كالماكنيتايت، والفصل الرطب له تطبيقات كثيرة ومتعددة ويستخدم بشكل خاص لخامات الأخرى غير الماكنيتايت. للفصل ألرطب مزايا واضحة عند استخدامه لمعالجة المواد الناعمة حيث يؤدي الماء الى توزيع الجزيئات والحبيبات المعدنية بشكل متجانس وبالتالي سهولة فصلها والحصول على خام ذات درجة تركيز عالية. شكل رقم (18 - 7) يوضح عمليات الفصل المغناطيسي للجزيئات المعدنية الناعمة جداً باستخدام أسلوب المعالجة الرطبة (الماء) لمعدنين احدهما ذو خاصية مغناطيسي جيدة والآخر غير مغناطيسي والسبب في استخدام المعالجة الرطبة هي لمنع حصول تكتلات جزيئية للمواد الناعمة مما يؤدي الى تقليل كفاءة عملية الاستخلاص.



شكل رقم (18-7) مخطط عمليات الفصل المغناطيسي الرطب