Grobtrennung feuchter und verschmutzter Rohmaterialien
Coarse Separation of Moist and Impure Raw Materials

Séparation grossière de matières premières humides et polluées

Separación gruesa de materias primas húmedas y contaminados

Dipl.-Ing. Dirk Gering, **Wedel*)**

Zusammenfassung *Die Grobtrennung von feuchten und verschmutzten Rohstoffen, selbst bei groben Trennschnitten, bereitet immer wieder Probleme – wie Verstopfungen oder sehr starke Bettbildung. In einem Steinbruch in Puerto Rico wird zur Abscheidung von unbrauchbarem Abraum ein Mogensen Vibro-Stangensizer eingesetzt, der aufgrund seiner speziellen Konstruktion mit einseitig eingespannten, schwingenden Roststäben verstopfungsfrei und selbst bei schwankender Witterung ohne wesentliche Leistungsminderung arbeitet.*

Summary *The coarse separation of moist and impure raw materials, even at coarse cut-points, regularly causes problems such as screen clogging or blinding caused by extreme material bed formation. At a quarry in Puerto Rico, a Mogensen Vibratory Bar Sizer is used to screen off the unusable waste material. Thanks to its special design, based on vibrating bars fixed at one end, this sizer operates without clogging and without any reduction in capacity even in changing weather conditions.*

Résumé *La séparation grossière de matières premières humides et polluées, même à grosses mailles de coupure, ne se laisse pas toujours réaliser sans problèmes tels qu'engorgements ou très forte formation de lit. Dans une carrière de Puerto Rico, la séparation des déblais non récupérables se fait par séparateur vibrant à barres Mogensen qui, en raison de sa conception spéciale à grille vibrante à barres enserrée d'un côté seulement, travaille sans engorgement et même par temps variables sans réduction de débit notable.*

Resumen *La separación gruesa de materias primas húmedas y contaminadas siempre vuelve a plantear problemas, incluso en cortes de separación muy gruesos, como por ejemplo obstrucciones o una formación de un lecho muy espeso. En una cantera de Puerto Rico se emplea para la separación de escombros inutilizables un Sizer vibrante de barras de Mogensen que, gracias a su particular construcción, funciona con barras de criba oscilantes fijadas en un solo extremo sin presentar obstrucciones y sin reducir sustancialmente el rendimiento, incluso en caso de una climatología variable.*

1. Einführung

Eigentlich gelten im Bereich der Grobsiebung alle Probleme im Allgemeinen als gelöst. Einfache Schwingsiebe mit Lochblechen oder Gitterrosten als Siebbelag erfüllen in den meisten Fällen die verschiedenen Aufgabenstellungen. Jeder Anlagenbetreiber kennt jedoch die Probleme, die im täglichen Betrieb bei der Grobsiebung immer wieder auftreten.

Natürliche Rohstoffe kommen selten in reiner Form vor, so dass beim Abbau mit wechselnder Zusammensetzung des Gesteins gerechnet werden muss. Durch den Abbau im Freien oder die Lagerung auf Halde kommt es zudem noch zu witterungsbedingten Schwankungen der Feuchtigkeit.

Bei der Abtrennung von Grobanteilen aus derartigem Rohmaterial verstopfen selbst Siebe mit großen Maschenweiten. Bei klebrigem Aufgabegut kann es zu sehr starker Bettbildung kommen, so dass trotz freier Siebmaschen kein Siebeffekt mehr festzustellen ist. In solchen Situationen wird dann mit viel Personaleinsatz und manuellen Hilfsmitteln wie Schaufeln oder Stangen versucht, die Produktion aufrechtzuerhalten. Wird der nachfolgende Aufbereitungsprozess nicht mehr mit Material von ausreichender Menge und Qualität versorgt, ist ein Abschalten der Anlage unvermeidbar.

Je kleiner die Trennschnitte werden, desto größer wird diese Problematik. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erfordern jedoch fast immer feinere Trennungen, um die Ausbeute zu maximieren und Abraum möglichst zu vermeiden. Man kann es

*) Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel (D)
(www.mogensen.de)

1. Introduction

It is generally thought that all problems in coarse screening have now been solved. Simple vibrating screens with perforated plates or grizzlies are sufficient to meet the requirements of most applications. But every plant operator knows the problems that crop up in coarse screening in day-to-day operation.

Natural raw materials are seldom found in pure form, so that a varying composition of the rock must be expected during extraction. The outdoor extraction or storage of the material on stockpiles leads to weather-dependent variations in its moisture content.

In the separation of coarse components from such raw materials, even screens with large mesh widths can blind during operation. When sticky feed material is processed, extreme bed formation can result, preventing screening despite the screen mesh being free. In such situations, considerable manual effort goes into keeping production running with the help of shovels, bars, etc. If the downstream processing operation can not be longer supplied with sufficient quantity and quality of feed material, plant shutdown is unavoidable.

The smaller the cut-points are, the more frequently these problems affect the processing operation. Economic considerations, however, necessitate ever finer cut-points to maximize yield and minimize waste. Producers can no longer afford to pile up huge heaps of waste, which may still contain value particles extracted at considerable expense and occupy areas of workable land as no

*) Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel (D)
(www.mogensen.de)

sich nicht mehr leisten, große Bergemengen anzuhäufen, in denen noch teuer gewonnenes Wertmaterial enthalten ist und die womöglich noch auf abbaufähigen Flächen liegen, weil keine anderen Ablagerungsmöglichkeiten vorhanden sind.
Diese Situation wird oftmals als unveränderlich hingenommen. Wetterbedingte Anlagenstillstände sind in Betrieben, in denen bruch- oder haldenfeuchtes Rohmaterial verarbeitet wird, keine Seltenheit. Der hohe Kosten- und Wettbewerbsdruck zwingt jedoch dazu, immer mehr nach Alternativen zu suchen, die diese Produktionsausfälle verringern, besser noch vermeiden können.

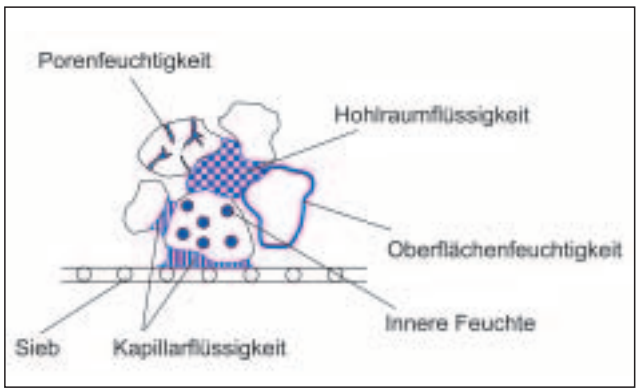

Bild 1: Arten der Flüssigkeitsanlagerung in Haufwerken
Fig. 1: Types of fluid accumulation in bulk materials

2. Das Verhalten von feuchtem Rohmaterial

Der Wassergehalt eines Haufwerkes bestimmt entscheidend sein Verhalten während des Siebvorganges. Das Wasser bewirkt sowohl die Haftkräfte zwischen einzelnen Partikeln (Kohäsion) als auch zwischen dem Haufwerk als Ganzem und den produktberührenden Teilen (Adhäsion). Man unterscheidet mehrere Arten der Flüssigkeitsanlagerung in Schüttgütern (**Bild 1**).
Die innere Feuchte und die Porenfeuchtigkeit haben keinen Einfluss auf die Haftkräfte an der Partikeloberfläche. Ein Beispiel dafür ist Braunkohle, die bei 40 % Porenfeuchtigkeit noch gut siebfähig ist. Problematisch wird es bei freier Anlagerungsflüssigkeit (Oberflächenfeuchte), die das Anhaften von Feingut an groben Partikeln verursacht. Je gröber das Kornspektrum des Haufwerkes ist, umso geringer ist seine spezifische Oberfläche, so dass sich die Schichtdicke der Flüssigkeit an der Partikeloberfläche vergrößert. Oberflächenfeuchtigkeit an groben Partikeln sorgt dann nicht nur für das Anlagern von Feingut, sondern auch noch für dessen teilweise Durchfeuchtung, was Anbackungen, Verstopfungen und nach Durchtrocknung Verkrustungen zur Folge hat.
Bei feineren Partikeln tritt Feuchtigkeit meist nicht als freie Anlagerungsflüssigkeit auf, sondern sammelt sich aufgrund der Kapillarwirkung in den engen Spalten zwischen den Partikeln als so genannte Kapillarflüssigkeit an. Das Feingut agglomeriert und kann bei hohem Mengenanteil sogar grobe Materialstücke vollständig einbinden. Eine saubere Klassierung ist bei einem solchen kritischen Wassergehalt kaum möglich.
Bei noch höheren Wassergehalten bilden sich in den Hohlräumen zwischen den Partikeln Wasseransammlungen, die nicht mehr durch Kapillarkräfte fixiert werden (Hohlraumflüssigkeit). Sie wirken als Gleitmittel, und es kommt zu einem teigartigen Verhalten des Haufwerkes. Auf einer konventionellen Siebmaschine bildet sich ein zähes, zusammenhängendes Gutbett, das die Siebung in den meisten Fällen unmöglich macht. Bei noch höheren Wassergehalten kommt es zum Übergang zur Nasssiebung; scharfe Klassierungen werden wieder möglich.
Eine Siebmaschine, die bei Anlagerungs-, Kapillar- und Hohlraumflüssigkeit zuverlässig arbeiten soll, müsste über Sieböffnungen mit „unendlich großer Dimension" verfügen (Spaltrostprinzip). Es wird völlig auf Querstege verzichtet, um Brückenbildung zu vermeiden; das Material kann sich nicht stauen und als Anbackung aufbauen. Die Roststäbe werden so gestaltet, dass sie sich während des Betriebes gegeneinander bewegen können und das Gutbett aufreißen. Sie führen zudem noch hochfrequente Schwingungen aus, die dafür sorgen, dass Materialanbackungen im laufenden Betrieb fortgeschleudert werden, wenn die anhaftende Masse eine bestimmte Größenordnung erreicht hat. Restanbackungen fallen nach dem Durchtrocknen ab.

other areas are available for storage.
This situation is often accepted as something that simply can't be changed. Plant standstills caused by weather conditions are not rare in operations in which wet run-of-quarry or stockpiled material is processed. The high costs and pressure from the competition forces producers to search for more alternatives that reduce or preferably avoid these production downtimes completely.

2. The Behaviour of Wet Raw Material

The water content of a feed material has a crucial influence on its behaviour during screening. The water results in adhesive forces between single particles (cohesion) as well as between the material as a whole and those components in contact with the product (adhesion). There are different types of fluid accumulation in bulk materials (**Fig. 1**).
The inherent moisture and pore fluid have no influence on the adhesive forces at the particle surface. This is shown by the example of lignite, which can still be easily screened with 40 % pore fluid.
Problematic is the free liquid (surface moisture) that causes the adhesion of fine to coarse particles. The coarser the particle size range of the material is, the lower its specific surface area, so that the thickness of the layer of fluid on the particle surface increases. Surface moisture on coarse particles not only causes the attachment of fine particles, it also moistens the fines to a certain extent, which results in caking, plugging and, once the particles are dried, encrustation on the screening surface.
Moisture is not usually found as free liquid on fine particles, but, as a result of the capillary effect, it accumulates as capillary fluid in the narrow gaps between the particles. The fine particles agglomerate and, if the fines content is high enough, they can even "encase" the coarse particles completely. Sharp sizing is hardly possible when the capillary water content reaches a critical level.
At an even higher water content, water collects in the spaces between the particles and can no longer be fixed by capillary forces (interstitial fluid). The water acts as a lubricant, effecting a dough-like behaviour. On a conventional screen, a tenacious, coherent bed of material is formed, which makes screening generally impossible. At an even higher water content, the screening process turns into wet screening and sharp sizing becomes possible again.
A screen that operates reliably despite surface, capillary and interstitial moisture would have to have screen apertures of infinitely large size (bar screen or grizzly principle). There are absolutely no cross-ties in order to avoid arching, the material cannot dam up and cake to the screening surface. The bars are designed such that they can move towards each other during operation and rip through the material bed. They are also vibrated at high-frequencies, which ensures that any material caking to the screen surface is flung off during ongoing operation once the adhesive mass has grown to a certain level. Any caked material left on the bars falls away once it is dry.

3. The Mogensen Vibratory Bar Sizer

The screen designed according to this principle, especially for the separation of difficult-to-screen, moist and impure materials, is the Mogensen Vibratory Bar Sizer (**Fig. 2**)
Several bar decks are cascaded in a motor-driven vibrating frame. The steps between the decks are used to loosen up and circulate the

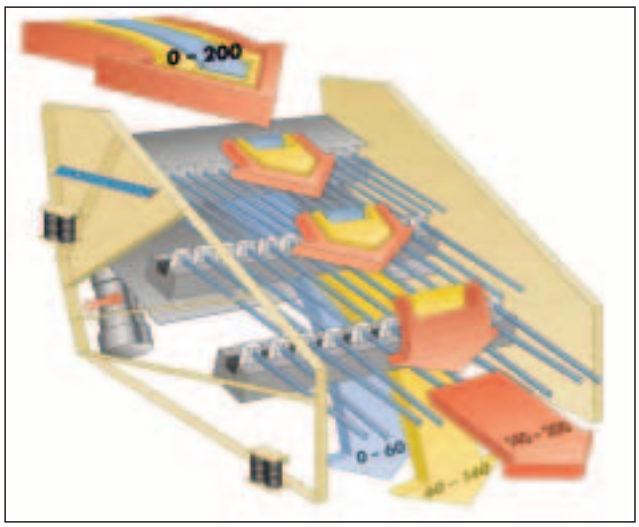

Bild 2: Funktionsprinzip des Vibro-Stangensizers
Fig. 2: Principle of operation of the Vibratory Bar Sizer

3. Der Mogensen Vibro-Stangensizer

Eine Siebmaschine, die nach diesem Prinzip besonders für die Trennung von siebschwierigen, feuchten und verschmutzten Haufwerken konzipiert wurde, ist der Mogensen Vibro-Stangensizer (**Bild 2**).

Mehrere Stangendecks sind stufenförmig in einem angetriebenen Schwingrahmen hintereinander angeordnet. Die so entstehenden Stufen zwischen den Decks dienen zur Auflockerung und Umwälzung des Materials und lösen anhaftendes Fein- vom Grobgut.

Die einzelnen Stangendecks sind mit einseitig eingespannten Klassierstangen ausgerüstet, deren Abstand aus dem jeweiligen Trennschnitt resultiert. Der Stangenabstand ist stufenlos einstellbar und kann an neue Aufgabenstellungen angepasst werden. Durch das Fehlen von Querverbindungen bleibt der freie Materialfluss gewährleistet und es besteht ein Maximum an Materialauflösung sowie absolute Verstopfungsfreiheit. Durch die fehlenden Querstege vergrößert sich die offene Siebfläche und es werden mit relativ kompakten Maschinen hohe Durchsätze erzielt. Die einseitige Befestigung ermöglicht zusätzlich ein freies Schwingen der einzelnen Stangen gegeneinander. Selbst siebschwierige Produkte werden mit hoher Leistung optimal aufgelockert und getrennt.

Bei einer Vielzahl von Siebaufgaben ist es vorteilhaft, statt planer, parallel angeordneter Stangen jeweils zwei nebeneinander liegende Stäbe unterschiedlich geneigt (divergierend) anzuordnen. Sie weisen dadurch eine nach vorne größer werdende Spaltöffnung auf, so dass sich keine Teile verklemmen können.

Für feinere Trennungen werden dünnere Stäbe mit engen Abständen, bei Grobtrennungen dickere Stäbe mit weiteren Abständen verwendet. Eine leichte Neigung der Stangendecks in Förderrichtung unterstützt den Materialtransport. Durch das Verstellen des Neigungswinkels kann die Verweildauer des Siebgutes auf den Decks optimiert werden.

Die Klassierstangen werden aus verschiedenen Spezialstählen gefertigt – abhängig von den mechanischen und chemischen Eigenschaften des Siebgutes.

Der Vibro-Stangensizer ist auf Paketen aus Schraubenfedern gelagert und wird bei leichteren Ausführungen durch zwei gegensinnig rotierende Vibrationsmotoren, bei schwereren Ausführungen durch Getrieberichterreger, in Linearschwingungen versetzt.

4. Grobsiebung von feuchtem Kalkstein

Ein gutes Beispiel für die Leistungsfähigkeit des Vibro-Stangensizers bei der Siebung von feuchten und verschmutzten Rohstoffen bildet

material and break up the bonds between fine and coarse particles. The individual bar decks are fitted with sizing bars fixed at one end. The gaps between these depends on the respective cut-point. The gap between the bars is infinitely adjustable and can be changed to meet the requirements of new applications. Owing to the absence of any cross-ties, the material flow is guaranteed, material loosening is maximized and zero clogging achieved. As a side effect, the absence of cross-ties increases the open screen area, so that high throughput rates can be achieved with relatively compact machines. The fixing of the bars at one end enables the individual bars to freely vibrate towards each other. Even difficult-to-screen products are optimally broken up and separated with high efficiency.

For a large number of screening applications, instead of using planar, parallel arranged bars, it is useful to arrange two adjacent bars with different angles of inclination (i.e. so that they diverge). This results in a widening gap so that feed particles cannot get stuck between the bars.

For finer cuts, thinner bars with narrower gaps are used and for coarse cuts, thicker bars with wider gaps. A slight inclination of the bar deck in the direction of transport assists the transport of the material. By adjusting the angle of inclination, it is possible to optimize the residence time of the feed material on the decks.

The sizing bars are engineered from various special steels, depending on the mechanical and chemical properties of the feed material they will be used to separate.

The Vibratory Bar Sizer is mounted on stacks of helical springs. Lighter weight models are vibrated in a linear motion by means of two counterrotating motor vibrators, while geared directed force exciters are used for heavier models.

4. Coarse Screening of Moist Limestone

A good example of the efficiency of the vibratory bar size for screening moist and impure raw materials is a machine that has been operating in Puerto Rico for just under a year (**Fig. 3**).

The processing plant is located in the north of the island, where extensive deposits of limestone can be found. The limestone, however, is not deposited in pure form as solid rock, but as loose material with a high percentage of fines and clay and loam impurities. Because the material comes direct from the quarry, its moisture content varies depending on the weather conditions. On account of the climatic conditions in Puerto Rico, frequent and heavy rainfall but also long dry periods have to be expected.

Bild 3: Siebanlage mit eingebautem Vibro-Stangensizer in Puerto Rico
Fig. 3: Screening plant with installed Vibratory Bar Sizer in Puerto Rico

eine Maschine, die sich seit knapp einem Jahr in Puerto Rico im Einsatz befindet (**Bild 3**).
Das Werk liegt im Norden der Insel, wo sich ausgedehnte Vorkommen an Kalkstein befinden. Dieser liegt allerdings nicht in reiner Form als Felsgestein vor, sondern als loses Material mit hohem Anteil an Feingut, und ist mit Ton und Lehm verunreinigt. Weil das Material direkt aus dem Abbau kommt, schwankt die Feuchtigkeit je nach Witterung. Aufgrund der Klimaverhältnisse ist in Puerto Rico mit häufigen und starken Regenfällen, aber auch mit längeren Trockenperioden zu rechnen.
Der Abbau erfolgt durch Radlader und Bagger, die das Material auf Muldenkipper verladen. Diese transportieren den Kalkstein dann zur Aufbereitungsanlage, wo das Rohmaterial von einem Bunker auf einen Rollenrost zur Vortrennung gelangt. Der Überlauf > 80 mm wird gebrochen und anschließend der Nassaufbereitung zugeführt. Der Durchgang des Rollenrostes < 80 mm ist das eigentliche Aufgabegut des Vibro-Stangensizers, in dem noch erhebliche Mengen an brauchbarem Kalkstein enthalten sind, die von Feinanteilen getrennt werden müssen.
Das Siebgut setzt sich zusammen aus 40–60 Gew.-% Feingut < 25 mm und 60–40 Gew.-% Grobgut 25–80 mm. Für eine Aufgabemenge von 450 bis 500 t/h wird ein 2 m breiter Vibro-Stangensizer vom Typ VX 2088 (**Bild 4**) mit acht stufenförmig angeordneten Stangendecks eingesetzt, der in die Fraktionen 0–25 und 25–80 mm trennt.
Die ersten beiden Decks sind wegen der höheren mechanischen Beanspruchung durch das noch nicht ausgesiebte Materialbett mit divergierend angeordneten Stangen von 16 mm Durchmesser ausgerüstet, die anderen mit abwechselnd 12 und 16 mm Stangendurchmesser. Die unterschiedlichen Durchmesser begünstigen die Eigenschwingungen der Klassierstangen und damit auch den Abreinigungseffekt zusätzlich.
Das Feingut < 25 mm ist Abraum und kann nicht mehr weiterverwendet werden, während das Grobgut zunächst in ein Pufferlager gelangt und nach Bedarf direkt der Nassaufbereitung zugeführt wird. Das Endprodukt wird als Betonzuschlagstoff verwendet.

Bild 4: Der Vibro-Stangensizer Typ VX 2088 vor Auslieferung
Fig. 4: The VX 2088 Vibratory Bar Sizer prior to shipment

5. Betriebserfahrungen

Nach der Inbetriebnahme waren nur geringe Arbeiten zur Optimierung der Maschine notwendig. Trotz eines selbst für die Region sehr regenreichen Winters erfüllt die Anlage die in sie gesetzten Erwartungen. Wetterbedingte Einflüsse unterbrechen nicht mehr den Betrieb, und die Produktion kann in vollem Umfang ohne große Einbußen bei den Qualitätsanforderungen aufrechterhalten werden. Die Abraummenge konnte durch den Einsatz des Vibro-Stangensizers wesentlich reduziert werden. Ein übermäßiger Verschleiß war bisher nicht zu beobachten. Weitere Maschinen sollen in Zukunft auch in anderen Werken des Betreibers eingesetzt werden.

The limestone is extracted by means of wheel loaders and diggers, which load the material on to dumper trucks. These transport it to the processing plant, where the raw material is sent from a bin to a grizzly for scalping. The oversize > 80 mm is crushed and then fed to the wet processing facility. The grizzly undersize < 80 mm is the actual feed material of the Vibratory Bar Sizer. This material still contains considerable quantities of useful limestone particles, which must be separated from the fines.
The feed consists of 40–60 wt. % fines < 25 mm and 60–40 wt. % coarse material in the size range 25–80 mm. For the feed rate of 450 to 500 t/h, a 2-m-wide VX 2088 Vibratory Bar Sizer (**Fig. 4**), with eight cascaded bar decks, is used to separate the material into the fractions 0–25 und 25–80 mm.
To take the higher mechanical load of the unscreened material bed, the first two decks are fitted with diverging bars measuring 16 mm in diameter, the others with alternating 12- and 16-mm bar diameters. The different bar diameters promote the self-vibration of the sizing bars and therefore also the cleaning effect.
The fines < 25 mm constiture waste and cannot be used further, while the coarse material is first sent to intermediate storage and can be fed directly to wet processing as required. The finished product is used as concrete aggregate.

5. Field Report

Following commissioning by Mogensen technicians, only slight modifications were necessary to optimize the machine. Despite an extremely wet winter even for the region, the sizer has met all expectations. Weather conditions no longer disrupt operation and production can be maintained at full capacity and without any significant losses. The volume of waste material has been reduced substantially by the use of the Vibratory Bar Sizer. Excessive wear, beyond the norm for screening plants, has not been observed. In future, more such machines are to be installed in other plants run by this operator.

Schrifttum/References

[1] *Schweinle, W.*: Das Abraumproblem im Steinbruch. Aufbereitungs Technik 31 (1990) Nr. 12, S. 684 ff.
[2] Mogensen GmbH & Co. KG: Brechervorabsiebung und Sekundärsiebung. Chemische Produktion (1991) Nr. 7/8