



Sonderdruck aus  
Reprint from

58. Volume (2005) · No. 3 · pp. 44–51

bau|||verlag  
Springer BauMedien

# Zement Kalk Gips Cement Lime Gypsum

## Hüttensandmahlung mit Loesche-Mühlen

## Granulated blastfurnace slag grinding with Loesche mills

Caroline Hackländer-Woywadt  
Loesche GmbH, Düsseldorf/Germany



[www.loesche.com](http://www.loesche.com)



## Hüttensandmahlung mit Loesche-Mühlen

**Zusammenfassung:** Ressourcenschonung, Energieeinsparungen und CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung werden immer wichtiger. Der Energieverbrauch für die Zerkleinerung in Mahlanlagen ist immer noch sehr hoch, kann aber durch den Einsatz von effizienter Mahltechnik reduziert werden. Im folgenden Artikel wird die Loesche-Vertikalwälzmühle für die Mahlung von granulierter Hochofenschlacke als Klinkerersatzstoff vorgestellt, wobei konstruktive Merkmale, ein Verfahrensschema, Betriebswerte aus bestehenden Anlagen und Angaben zum Verschleiß diskutiert werden.

## Granulated blastfurnace slag grinding with Loesche mills

**Summary:** Resource protection, energy savings and CO<sub>2</sub> emission reduction are topics that are of increasing importance. The energy consumption for the material comminution process in grinding plants is still very high, but can be reduced by employing efficient grinding technology. The following article describes the Loesche vertical roller mill for the grinding of granulated blastfurnace slag as clinker substitute and discusses the design features, a process scheme, operating data from existing plants and wear data.

## Broyage de laitier de haut fourneau par broyeurs Loesche

**Résumé:** Ménager les ressources naturelles, économiser l'énergie et réduire les émissions de CO<sub>2</sub> revêtent de plus en plus d'importance. La consommation d'énergie pour la fragmentation dans les ateliers de broyage reste toujours très élevée, peut toutefois encore être réduite par application d'une technique de broyage performante. Le broyeur vertical à cylindres Loesche pour le broyage de laitier de haut fourneau granulé qui sert d'adjuvant au clinker est présenté dans cet article avec une discussion des caractéristiques constructives, d'un schéma opératoire, des caractéristiques de fonctionnement d'installations existantes et indications de l'usure.

## Molienda de escoria con molinos Loesche

**Resumen:** La preservación de los recursos, el ahorro de energía y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> cobran creciente importancia. El consumo de energía para la trituración en las instalaciones de molienda es todavía muy alto. Puede, sin embargo, reducirse mediante el empleo de la técnica de molienda adecuada. El presente artículo describe el molino vertical de rodillos Loesche para molienda de escorias de alto horno granuladas como sustitutivo del clinker. Se trata las características constructivas, un esquema de proceso, datos de operación de instalaciones existentes y cifras de desgaste.

### 1 Einleitung

Die Zementindustrie als energieintensiver Sektor forciert die Einsparung von Primär-Brennstoffen und elektrischer Energie. Eine Möglichkeit dazu ist der Einsatz von Klinker-Ersatzstoffen, insbesondere von granulierter Hochofenschlacke (Hüttensand), die als Nebenprodukt bei der Eisenverhüttung anfällt. Dadurch werden Rohstoffverbrauch vermindert, Energie eingespart und CO<sub>2</sub>-Emissionen verringert. Portlandhütten- und Hochofenzemente werden entweder durch gemeinsame Vermahlung mit Klinker und Gips oder durch getrennte Vermahlung der einzelnen Bestandteile und anschließendes Mischen hergestellt. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz von Hüttensandmehl als Feinstkornzuschlag direkt im Beton. Eine europäische Norm dazu befindet sich im Entwurfsstadium, in Großbritannien und den USA existieren bereits normative Vorschriften (ASTM C989, BS 6699) zur Verwendung von gemahlener Hochofenschlacke im Beton.

Vertikal-Wälzmühlen werden seit mehr als 10 Jahren verstärkt zur Klinker- und Hüttensandmahlung eingesetzt, da diese Mühlen Vorteile wie

- hohe Energieeffizienz,
- flexiblen Einsatz im Hinblick auf verschiedene Produkte,
- geringe Verschleißwerte,

### 1 Introduction

As an energy-intensive sector, the cement industry is making a great effort to save primary fuels and electrical energy. One possibility is offered by the use of clinker substitute materials, especially granulated blastfurnace slag, which is a by-product of the iron smelting process. This reduces the consumption of raw materials, saves energy and lowers CO<sub>2</sub> emission. Portland slag cement and blastfurnace cements are either manufactured by intergrinding with clinker and gypsum or by separate grinding and subsequent blending of the individual constituents. Another possibility is to use ground granulated blastfurnace slag as a supplementary cementing material in the concrete. A European standard for this purpose is currently under approval. In Great Britain and the USA relevant standards for the use of ground granulated blastfurnace slag in concrete already exist (ASTM C989, BS 6699).

For more than 10 years now, vertical roller mills have been gaining in popularity for clinker and granulated blastfurnace slag grinding because they provide such advantages as

- high energy efficiency,
- flexible use for the grinding of different products,
- low wear rates,
- short maintenance times.

– kurze Wartungszeiten  
aufweisen. Das Verfahren ist einfach, lässt sich in kompakten Anlagen realisieren und bietet gerade für die Mahlung von Hüttensand gute Trocknungsmöglichkeiten, da Mahlung, Sichtung und Trocknung in der Mühle erfolgen.

## 2 Materialverhalten

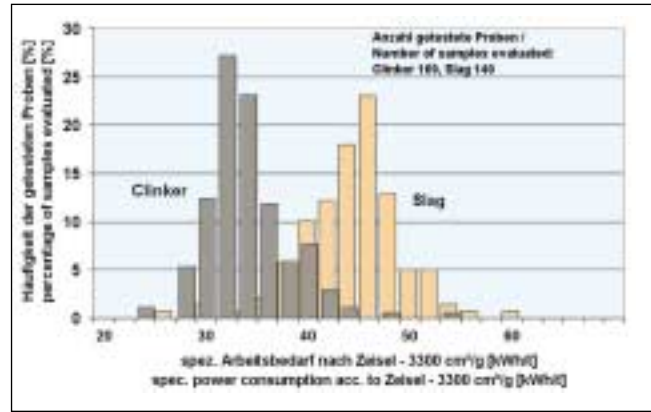
Granulierte Hochofenschlacke ist ein Nebenprodukt, das bei der Herstellung von Roheisen anfällt. Je nach Herkunft und chemischer Zusammensetzung der Hüttensande ändert sich das Mahlverhalten und damit der spezifische Energieaufwand, der zur Zerkleinerung benötigt wird. Zur Auslegung von Großmühlen muss die Mahlbarkeit berücksichtigt werden; dazu werden im firmeneigenen Technikum von Loesche Mahlversuche in einer Vertikal-Wälzmühle, die einen Mahlschüsseldurchmesser von 0,36 m hat, durchgeführt. Zusätzlich wird die Mahlbarkeit nach Zeisel der Hüttensande zur allgemeinen Klassifizierung ermittelt. Die untersuchten Hüttensande weisen je nach Herkunft verschiedene Mahlbarkeiten und Verschleißraten auf, die bei der Kalkulation der Durchsatzleistung und der Leistungsaufnahme entsprechend berücksichtigt werden. **Bild 1** zeigt als Übersicht die Mahlbarkeiten nach Zeisel von Portlandzementklinkern und Hochofenschlacken, die im Loesche-Technikum untersucht wurden. Das Material stammt weltweit aus verschiedenen Quellen; getestet wurden 169 Klinker- und 140 Hüttensandproben. Dabei wurden bezogen auf 3 300 cm<sup>2</sup>/g Mahlbarkeiten für Klinker zwischen 22 und 53 kWh/t, für Hüttensand zwischen 24 und 60 kWh/t gefunden.

## 3 Konstruktive Merkmale von Hüttensand und Klinkermühlen

In den Hüttensand- und Klinkermühlen werden gemäß der Modulphilosophie der Firma Loesche bewährte Elemente aus den Rohmehlmühlen eingesetzt. Das Basiskonzept mit paarweise angeordneten, konischen Walzen und horizontaler flacher Mahlbahn blieb erhalten. Die Module, bestehend aus Walze, Schwinghebel zur Führung der Walze und Kraftübertragung sowie dem hydropneumatischen Federungssystem mit Hydraulikzylinder, werden sowohl in Rohmehl- als auch in Hüttensand-/Klinkermühlen eingesetzt.

Klinker und Hüttensand werden im Vergleich zu Rohmehlen auf höhere Feinheiten gemahlen; der Siebrückstand auf 45 µm liegt bei Zementen < 15 %, für Hüttensand meist im Bereich < 2 % R<sub>0,045</sub>. Um diese notwendigen Feinheiten zu erreichen, ist ein hoher spezifischer Mahldruck nötig, der durch gezielte Mahlbettbildung mittels der paarweise wirkenden Walzen aufgebaut wird. Jedes Walzenpaar besteht aus einer kleineren, leichteren Support-Walze (S-Walze) und einer großen Master-Walze (M-Walze). Die S-Walzen sind für eine theoretisch rein rollende Bewegung konstruiert, sie arbeiten mit geringem Druck. Mit den S-Walzen wird das Mahlbett präpariert; die in Drehrichtung der Mahlschüssel gesehen dahinter angeordneten M-Walzen leisten die Zerkleinerungsarbeit [1]. Aufgrund der paarweisen Anordnung von kleineren und großen Walzen werden diese Mühlen mit „2+2- bzw. 3+3-Technologie“ bezeichnet.

Das unterschiedliche Fließverhalten von Hüttensand und Zement im Vergleich zu Rohmehl erfordert eine Staurandanpassung und eine geringere Mahlgeschwindigkeit. Die Staurandhöhen bei Mühlen des Typs CS sind höher als bei Rohmehl-



**1** Mahlbarkeiten nach Zeisel von Klinker und Hüttensand bei 3 300 cm<sup>2</sup>/g  
**1** Grindability of clinker and blastfurnace slag according to Zeisel at 3 300 cm<sup>2</sup>/g

The process is simple, can be performed in compact plants and provides a good drying capability, particularly for the grinding of granulated blastfurnace slag, as grinding, separation and drying all take place in the mill.

## 2 Material behaviour

Granulated blastfurnace slag is a by-product produced simultaneously with iron in the blastfurnace. Depending on the origin and chemical composition of the slag, the grinding properties and thus the specific power requirement for the grinding process vary. The feed material grindability influences sizing and selection of the mills. For this purpose, Loesche's own test plant facility performs grinding tests in a vertical roller mill which has a grinding table diameter of 0.36 m. In addition, the blastfurnace slag's grindability according to Zeisel is determined for the purpose of general classification. Depending on their origin, the tested slags have different grindabilities and wear rates, which have to be suitably taken into consideration during the calculation of the mill's throughput capacity and power consumption. **Figure 1** is an overview of the grindabilities according to Zeisel of Portland cement clinkers and blastfurnace slags which were analysed in the Loesche test plant facility. The material originates from various sources all around the world. 169 clinker and 140 slag samples were tested. The results, referred to 3 300 cm<sup>2</sup>/g, showed clinker grindabilities of between 22 and 53 kWh/t and granulated blastfurnace slag grindabilities of between 24 and 60 kWh/t.

## 3 Design features of granulated blastfurnace slag and clinker mills

In line with Loesche's module principle the well-proven elements of the cement raw material mills are adopted in the blastfurnace slag and clinker mills. The basic concept with paired conical grinding rollers and a horizontal, flat grinding table were retained. The module, consisting of the rollers, the rocker arm guiding the rollers and transmitting the grinding force and the hydropneumatic spring system with hydraulic cylinder, are used both in cement raw material mills and in slag and clinker grinding mills.

Compared to cement raw meals, both clinker and granulated blastfurnace slag are ground to higher finenesses. The residue



2 Schnitt Mahlschüssel/Austragsbohrung  
2 Sectional view of grinding table/discharge hole

mühlen. Durch das Erhöhen des Staurandes wird die Verweilzeit verlängert, und die in das Material eingebrachte Energie ist größer. Da bei Hüttensand- und Klinkermahlung das Mahlbett dünner ist als bei Rohmehlmahlung, sind mechanische Anschlagpuffer installiert, durch die der metallische Kontakt zwischen Walzen und Mahlschüssel vermieden wird. Der Einsatz von hochfesten Werkstoffen ist dadurch möglich. Mit dem hydropneumatischen Federungssystem, der guten Trocknungsleistung und der einfachen Anpassung der spezifischen Oberfläche kann auf wechselnde Aufgabematerialien reagiert werden; eine Sortenumstellung ist innerhalb von wenigen Minuten ohne Produktionsunterbrechung möglich.

Loesche-Mühlen für Hüttensand- und Klinkermahlung zeichnen sich durch ein extrem ruhiges Laufverhalten aus. Die Vibrationen werden nicht am Fundament, sondern oberhalb der Mühltür am Mühlenoberteil gemessen, um eine größere Spreizung der Messwerte für die Maschinenüberwachung zu erhalten. Für Hüttensand- und Klinkermahlung betragen die horizontalen Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Mühlengröße zwischen 3 und 6 mm/s.

Bei dem Herstellungsprozess von granulierter Hochofenschlacke verbleibt unter Umständen metallisches Eisen in der Hochofenschlacke. Dieses so genannte „pig-iron“ führt zu erhöhtem Verschleiß an den Mahlteilen, wenn es auf der Mahlschüssel verbleibt und sich dort anreichert. Um diesen Einfluss zu minimieren, wurde bis vor etwa zwei Jahren das metallische Eisen durch Öffnungen im Schüsselrand unter Einwirkung der Zentrifugalkraft ausgeschleust; eine höhere Effektivität wird heute durch Austragsbohrungen im Mahlteller erreicht. Das ausgetragene Eisen wird zusammen mit dem Reject-Material aus der Mühle ausgeschleust und wird mit einem Metallabscheider entfernt. **Bild 2** zeigt die schematische Darstellung vom Mahlteller mit einer Austragsbohrung.

Zurzeit existieren sieben verschiedene Baugrößen der Reihe LM-CS mit Durchsatzleistungen von etwa 40 bis 200 t/h Hüttensand für erzeugte Oberflächen von 4500 cm<sup>2</sup>/g (Blaine). Die installierten Motorleistungen für diese Mühlen reichen von 1500 bis 7800 kW. Für kleinere Durchsätze wird das 2+2-System eingesetzt, größere Durchsätze werden mit 3+3-Mühlen realisiert. Im Vergleich zu anderen Mahlssystemen können durch den Einsatz von Vertikal-Wälzmühlen bei Zementmahlung bis 30 % Energieeinsparung erzielt werden; bei Hüttensandmahlung liegt das Einsparpotenzial in Abhängigkeit von der Feinheit bei 50 % oder mehr [2].

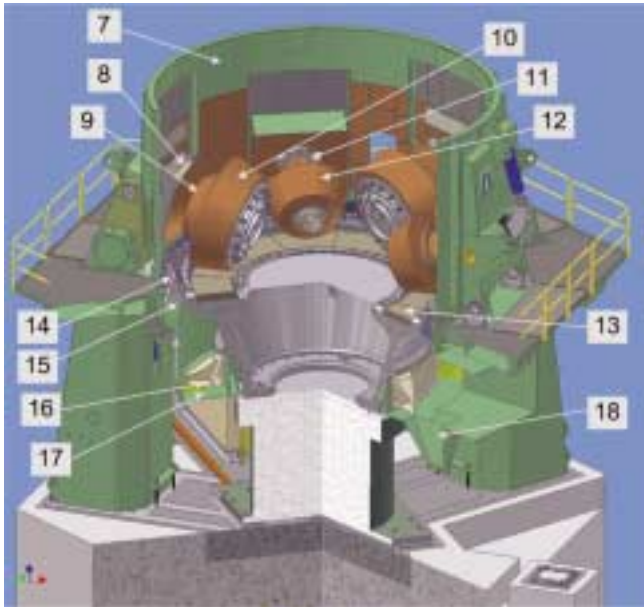
at 45 µm is < 15 % in the case of cements, but usually in the range of < 2 % R 0.045 in the case of blastfurnace slag. In order to achieve these required finenesses, a higher specific grinding pressure is necessary. This is achieved by controlled formation of the grinding bed by means of the paired roller units. Each roller pair consists of a smaller, lighter support roller (S-roller) and a large master roller (M-roller). The S-rollers are designed for a theoretically pure rolling movement and operate with low pressure. These S-rollers have the function of preparing the grinding bed while the M-rollers, which are located behind the S-rollers when looking in the direction of grinding table rotation, perform the grinding work [1]. Because of the paired arrangement of smaller and large rollers, these mills are called “2+2 or 3+3 technology”.

The different flow behaviour of slag and cement compared to cement raw material requires modification of the dam ring and a lower grinding speed. The dam ring of type CS mill is higher than that of cement raw material mills. This has the effect of increasing the material retention time on the grinding table and thereby increasing the amount of specific energy transmitted to the material. As the grinding bed in a slag or clinker mill is thinner than that of a raw meal mill, they are equipped with stop buffers to prevent metallic contact between the rollers and the grinding table. This permits the use of high-strength materials. With the simple adjustment of the hydropneumatic spring system and the classifier speed it is easy to control the mill for different feeding materials of varying moisture and for different product fineness. Change over to a different product type takes just a few minutes and does not interrupt production.

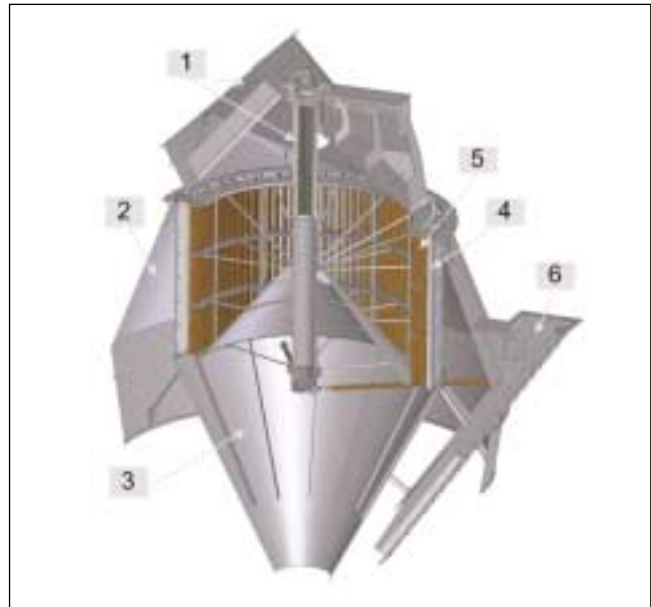
Loesche mills for blastfurnace slag and clinker grinding are known for their extremely smooth running. The vibrations are not measured at the foundation, but above the mill door in the upper housing section, in order to obtain a broader range of measured values for the vibration monitoring system. For granulated blast furnace slag and clinker grinding the horizontal vibration velocities are between 3 and 6 mm/s, depending on the size of mill.

During the formation process of slag, some metallic iron gets entrapped in slag. This so-called “pig iron” results in high grinding element wear if it remains on the grinding table and accumulates there. Up to about two years ago, the design solution for minimizing this effect was to discharge the metallic iron through holes in the dam ring utilizing the centrifugal force. Today, this is more efficiently achieved by means of discharge holes in the grinding table. The iron particles discharged from the mill together with the reject material are removed with a magnetic separator. **Figure 2** shows the schematic representation of the grinding table with a discharge hole.

At present, there are seven different sizes in the LM-CS series, with throughput capacities of approx. 40 to 200 tph for slag at 4500 cm<sup>2</sup>/g (Blaine). The installed mill drive capacities of these mills ranges from 1500 to 7800 kW. For smaller throughput rates the 2+2 system is selected, while larger throughput rates are achieved with 3+3 mills. Compared to other grinding systems, vertical roller mills achieve up to 30 % energy saving when used for cement grinding and in the case of blastfurnace slag grinding their savings potential is 50 % or more, depending on the product fineness [2].



**3** 3D-Schnitt LM 56.3+3 mit Nummerierung der Teile (Tabelle 1)  
**3** Sectional view of LM 56.3+3 with numbering of parts (Tab. 1)



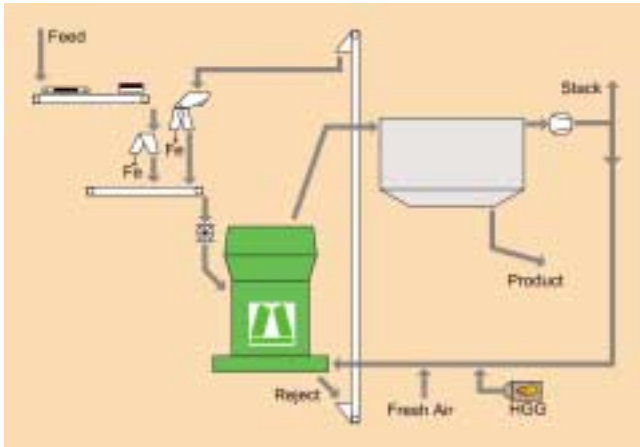
**4** 3D-Schnitt LSKS mit Nummerierung der Teile (Tabelle 1)  
**4** Sectional view of LSKS-separator with numbering of parts (Tab. 1)

**Bild 3** und **4** zeigen 3-D-Schnitte von einer Mühle mit 3 M- und 3 S-Walzen und einem Hochleistungssichter LSKS. Zu den nummerierten Verschleißteilen sind in **Tabelle 1** die Bezeichnungen und die Art des Verschleißschutzes mit Angaben zu Materialhärten aufgelistet.

**Figures 3** and **4** show 3-D sections through a mill with 3 M-rollers and 3 S-rollers and a LSKS high-efficiency classifier. For the numbered wearing parts, **Table 1** contains the part designations and types of wear protection, as well as the material hardness data.

**Tabelle 1:** Angaben zum 3D-Schnitt LM 56.3+3 und LSKS, Bezeichnung der Schleißteile, eingesetzte Werkstoffe  
**Table 1:** Parts of mill and separator, wearing parts, type of protection

Position Item	Bezeichnung Wearing Part	Art des Verschleißschutzes Type of protection	Materialhärte Material hardness
1	Sichteraustritt, Lagerpatronengehäuse Classifier outlet, drive cartridge lining	Densit	Keramik ceramic mortar
2	Sichter-Gehäusewandpanzerung/Classifier housing wall lining unterer Bereich/lower section oberer Bereich/upper section	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate Riffelblech/checker plates	60–63 HRC DIN 59220
3	Grieße-Konus/Classifier grit cone	verschleißfeste Bleche/wear resistant plate	350–450 HB
4	Sichter-Klappen/Classifier guide vanes	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	60–63 HRC
5	Sichter-Rotorleisten/Classifier rotor blades	verschleißfeste Bleche/wear resistant plate	350–450 HB
6	Aufgabeschurre/Inlet chute	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	60–63 HRC
7	Mühlenoberteilpanzerung/Mill body lining oberer Bereich/upper section unterer Bereich/lower section	Riffelblech/checker plates Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	DIN 59220 60–63 HRC
8	Hebeldichtung/Sealing box lining seitlich/side strips obere/untere/top and bottom strip	verschleißbeständiges Gusseisen/chromium alloy cast iron Guss/casting GGG70	58–60 HRC EN 1563
9	M-Walze Schutzglocke/M-roller guard	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	60–63 HRC
10	M-Walze Mantel/M-roller tyre	Ni-Hard IV/Ni-Hard IV – cast iron	750 HV20
11	S-Walze Schutzglocke/S-roller guard	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	60–63 HRC
12	S-Walze Mantel/S-roller tyre	Ni-Hard IV/Ni-Hard IV – cast iron	700 HV30
13	Mahlplatte/Grinding plate	Ni-Hard IV/Ni-Hard IV – cast iron	750 HV20
14	Panzerring/Armour ring	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	60–63 HRC
15	Schaufelkranz/Schaukeln/Louvre ring/louvres	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	60–63 HRC
16	Räumerblech/Scraper lining	Verbundpanzerblech/hard faced compound plate	60–63 HRC
17	Ringkanalboden/Ring duct	Blech/standard steel plate	DIN EN 10029
18	Rejektschurre im Gaskanal/Reject chute	Blech/standard steel plate	DIN EN 10029



5 Verfahrensschema  
5 Flow sheet for slag grinding

#### 4 Verfahren

**Bild 5** zeigt ein verallgemeinertes und vereinfachtes Fließbild als Beispiel für eine Mahlanlage mit einer Loesche-Mühle mit 2+2- bzw. 3+3-Technologie für die Mahlung von Hüttensand. Bevor das Aufgabematerial über eine Zellenradschleuse in die Mühle gelangt, wird metallisches Eisen mit einem Überbandmagnet und einem Metalldetektor abgeschieden. Die Zellenradschleuse kann mit Heißgasen beheizt werden, um Anbackungen in den Kammern des Zellenrades zu verhindern. Der Hüttensand wird in der Mühle gleichzeitig getrocknet und gemahlen. Nachdem das Material durch die Aufgabeschurre vom Zentrum des Mahl Tellers unter die Walzen gelangt ist und dort zerkleinert wurde, wird es von den Heißgasen zum Hochleistungssichter transportiert. Das endgültige Sichterfeingut verlässt als Produkt die Mühle zusammen mit den Heißgasen; die noch nicht hinreichend feinen Sichtergrieße fallen mit dem frischen Aufgabegut mittig in den Mahlraum zurück. Grobes Material, welches seitlich außen über die Mahlschüssel und durch den Schaufelkranz fällt, wird von den mit der Mahlschüssel umlaufenden Räumern gesammelt, über einen Trichter ausgetragen und über ein Becherwerk direkt dem frischen Aufgabegut wieder zugeführt. Die für die Trocknung notwendige Wärme wird in reinen Mahlwerken durch einen Heißgaserzeuger zur Verfügung gestellt, wenn andere Prozessgase nicht zur Verfügung stehen. Der Großteil der Wärme bleibt im System, da nach Abscheiden des Produktes im Filter die Heißgase zur Mühle rezirkuliert werden.

#### 5 Referenzen

Die erste Mühle mit 2+2-Technologie für reine Hüttensandmahlung, eine LM 35.2+2, wurde Anfang 1995 in der Anlage Fos sur Mer (Lafarge-Gruppe), Frankreich, in Betrieb genommen. Das in diesem Mahlwerk produzierte Hüttensandmehl wird bei der Bindemittelherstellung verwendet.

Die erste Mühle mit 2+2-Technologie, die 1994 in der Anlage Pu-Shin in Taiwan installiert wurde, eine LM 46.2+2, war ursprünglich nur für die Klinkermahlung vorgesehen. Im Jahr 1995 wurde nach geringen Umbauten ebenfalls Hüttensand in dieser Anlage vermahlen.

Heute (Stand Januar 2005) sind 54 Mühlen für Klinker- und Hüttensandmahlung verkauft, davon stellen 32 Anlagen ge-

#### 4 Process

**Figure 5** shows a typical flowsheet as an example for a blast-furnace slag grinding plant equipped with a Loesche mill with 2+2 or 3+3 technology. Before the feed material enters the mill through a rotary airlock, metallic iron is removed by a crossbelt magnetic separator and a metal detector. The star feeder can be heated with hot gases in order to prevent cloggings in the compartments. The slag is simultaneously dried and ground in the mill. The material fed onto the centre of the grinding table via the feed chute passes under the rollers where it is ground and is then transported by the hot gases to the high-efficiency classifier. The classifier fine material is discharged from the mill together with the hot gases as product while the grit is returned and falls onto the centre of the grinding table together with the fresh feed material. The coarse material which falls over the dam rim of the grinding table and through the louvre ring is collected by scrapers that rotate with the grinding table, discharged via a cone and returned directly to the fresh feed material by a bucket elevator. In pure grinding plants, the heat required for the drying process is provided by a hot gas generator if other process gases are not available. The major portion of the heat remains in the system, as the hot gases are recirculated to the mill after the product has been collected.

#### 5 References

The first mill with 2+2 technology for pure granulated blast-furnace slag grinding, a LM 35.2+2, was put into operation at the beginning of 1995 in the French plant Fos sur Mer (Lafarge Group). The ground granulated blastfurnace slag produced in this grinding plant is used as supplementary cementing material.

The first mill with 2+2 technology, which was installed in 1994 at the Pu-Shin plant in Taiwan, a LM 46.2+2, was originally intended for clinker grinding only. Since 1995, after some minor modifications, both slag and clinker are being ground in this unit.

Today (status January 2005), 54 mills have been sold for clinker and slag grinding, of which 32 plants manufacture ground granulated blastfurnace slag of different finenesses. In 28 plants the LM 46.2+2, with a grinding table diameter of 4.6 m and a mill drive power of 3 100 kW is installed. 16 plants are equipped with the LM 56.2+2 (table diameter 5.6 m, mill drive power 4 300 kW). Five mills of type LM 35.2+2 with a grinding table diameter of 3.5 m are in operation.

Five mills with 3+3 technology, all of type LM 56.3+3 with a table diameter of 5.6 m, have already been sold. All those mills are equipped with components used and proven in the LM 46.2+2. The installed motor rating is 5 400 kW. Four of these mills are being installed in India. In one of the plants, namely Orissa Cement Ltd., Rajgangpur, already equipped with two LM 46.2+2, the warranted throughput rates for slag are 100 tph at a mass-specific surface area of 5 000 cm<sup>2</sup>/g and 88 tph at 5 500 cm<sup>2</sup>/g.

#### 6 Operating parameters

**Table 2** shows the operating data of the LM 46.2+2 installed at Holcim's Carboneras plant (**Fig. 6**), in Spain, compared to the specified guarantee figures. In this mill, the granulated blastfurnace slag used as feed material is relatively easy to grind.

mahlenes Hüttensandmehl in unterschiedlichen Feinheiten her. In 28 Anlagen ist die LM 46.2+2 mit einem Mahlschüsseldurchmesser von 4,6 m und einer Antriebsleistung von 3 100 kW installiert, in 16 Anlagen die LM 56.2+2 (Schüsseldurchmesser 5,6 m, Antriebsleistung 4 300 kW). Mit einem Mahlschüsseldurchmesser von 3,5 m und einer Antriebsleistung von 1 500 kW sind fünf Mühlen des Typs LM 35.2+2 in Betrieb.

Bereits fünf Mühlen mit 3+3-Technologie, alle vom Typ LM 56.3+3, sind verkauft. Dieser Mühlentyp mit einem Schüsseldurchmesser von 5,6 m ist mit dem Modul der LM 46.2+2 ausgestattet, d. h. es wird auf bewährte Teile zurückgegriffen; die installierte Motorleistung liegt bei 5 400 kW. Vier dieser Mühlen werden in Indien errichtet, wobei Loesche für eine Mühle bei Produktion von Hüttensandmehlen eine Mahlfeinheit bis 5 500 cm<sup>2</sup>/g garantiert. Für das Werk Rajgangpur, Orissa Cement Ltd, wo bereits zwei LM 46.2+2 installiert sind, werden Durchsatzraten für Hüttensand von 100 t/h bei einer massespezifischen Oberfläche von 5 000 cm<sup>2</sup>/g und 88 t/h bei 5 500 cm<sup>2</sup>/g garantiert.

## 6 Betriebsparameter

**Tabelle 2** zeigt die Betriebsdaten der im Werk Carboneras (Bild 6), Holcim Spanien, installierten LM 46.2+2 im Vergleich zu den festgelegten Garantieparametern. In dieser Mühle wird ein relativ leicht mahlbarer Hüttensand als Aufgabematerial eingesetzt.

**Tabelle 3** enthält einen Vergleich der vertraglich vereinbarten Garantieparameter mit den erreichten Ergebnissen bei der Mahlung von Hüttensand mit neuen und verschlissenen Mahlteilen an der LM 35.2+2 in Rouen (Bild 7). Wie zu erkennen ist, wurden im Vergleich zu den garantierten Parametern der Durchsatz und der spezifische elektrische Energiebedarf sowohl mit neuen als auch mit verschlissenen Mahlteilen über- bzw. unterboten. Die Durchsatzleistung mit verschlissenen Mahlteilen ist gegenüber der Leistung bei Einsatz neuer Mahlteile lediglich um etwa 4 % reduziert. Die im Betrieb erreichten



6 Anlage Carboneras, Spanien, LM 46.2+2  
6 Carboneras, LM 46.2+2

**Table 3** presents a comparison of the contractually agreed guarantee figures with the results actually achieved when grinding granulated blast furnace slag with new and with worn out grinding elements in the LM 35.2+2 in Rouen (Fig. 7). This shows that with both new and worn out grinding elements, the mill exceeded the warranted throughput and had a lower specific electrical energy requirement than the warranted figure. The throughput rate with worn out grinding elements is only around 4 % lower than that with new grinding elements. The throughput rates achieved during operation, as listed in Table 4, are higher than the contractually agreed figures – and that at finer product qualities than agreed.

The data presented in Tables 2 and 3 are from pure slag grinding plants, while those of Table 4 concern a LM 46.2+2 which is used for grinding both slag and clinker. The Rajgangpur plant of OCL Ltd. in India, is equipped with two slag and clinker mills of type LM 46.2+2. These produce ground granulated blast-

**Tabelle 2:** Vergleich von Betriebsergebnissen mit Garantieparametern – LM 46.2+2, Carboneras, Spanien (Inbetriebnahme Mai/Juni 2004)

**Table 2:** Comparison of operating data with guaranteed figures – LM 46.2+2, Carboneras, Spain (Commissioning May/June 2004)

Parameter	Maßeinheit Unit	Garantie Guarantee figures	erreicht mit neuen Mahlteilen achieved with new grinding parts
Durchsatz, trocken/Throughput, dry	t/h	58	84
spez. Oberfläche nach Blaine/Spec. surface area (Blaine)	cm <sup>2</sup> /g	4 500	5 000
Rückstand 45 µm/Residue 45 µm	%	5	< 0.3
Aufgabefeuchte/Feed moisture	%	12	8
Restfeuchte im Produkt/Residual moisture	%	0.3	0.2
spez. Energiebedarf Mühle/Spec. power consumption (mill)	kWh/t	33.0	26.0
spez. Energiebedarf (Mühle, Ventilator, Sichter, sonstige) Spec. power consumption (mill, classifier, fan, aux.)	kWh/t	47.2	35.0

**Tabelle 3:** Vergleich von Betriebsergebnissen mit Garantieparametern – LM 35.2+2, Rouen, Frankreich

**Table 3:** Comparison of operating data with guaranteed figures – LM 35.2+2, Rouen, France

Parameter	Maßeinheit Unit	Garantie Guarantee figures	erreicht mit neuen Mahlteilen achieved with new grinding parts	erreicht mit verschlissenen Mahlteilen achieved with worn out grinding parts
Durchsatz, trocken/Throughput, dry	t/h	50	55	53
spez. Oberfläche nach Blaine/Spec. surface area (Blaine)	cm <sup>2</sup> /g	3 500	3 520	3 560
Rückstand 63 µm/Residue 63 µm	%	<= 1,5	0.41	–
Aufgabefeuchte/Feed moisture	%	<= 15	7.73	9.2
Restfeuchte im Produkt/Residual moisture	%	<= 0.3	0.06	0.22
spez. Energiebedarf Mühle/Spec. power consumption (mill)	kWh/t	23.0	20.15	22.0

Durchsätze, wie in **Tabelle 4** aufgelistet, sind höher als die vertraglich vereinbarten bei feineren Produktqualitäten.

Die Daten aus Tabelle 2 und Tabelle 3 sind von reinen Hütten-sandmahlanlagen, wohingegen Tabelle 4 Angaben über eine LM 46.2+2 enthält, in der sowohl Hütten-sand als auch Klinker vermahlen werden. Im Werk Rajgangpur der OCL Ltd. in Indien stehen zwei Hütten-sand- und Klinkermühlen des Typs LM 46.2+2 zur Produktion von Hütten-sandmehl, Hochofenzement, Portlandzement und Portlandflugaschezement mit variierender Feinheit und Qualität.

An verschiedenen Mühlen des Typs LM 35.2+2 und LM 46.2+2 wurden Versuche zum Erzeugen hoher Oberflächen (> 6000 cm<sup>2</sup>/g nach Blaine) von Hütten-sandmehl durchgeführt. Dies waren entweder Anlagen zur reinen Hütten-sandmahlung oder zur Mahlung von verschiedenen Zementen und Hütten-sand. In diesen Versuchen wurden Produktfeinheiten von 5 600 bis über 6 300 cm<sup>2</sup>/g nach Blaine mit spezifischen Energieverbräuchen für die gesamte Anlage (Mühle, Gebläse, Sieber) von 40 kWh/t bis 60 kWh/t je nach Mahlbarkeit erreicht. Bemerkenswert dabei ist, dass diese hohen Feinheiten ohne konstruktive Änderungen in der Mühle erzeugt werden konnten, nämlich nur durch die Variation des Volumenstromes, des Mahldrucks und der Sieberdrehzahlen.

Hütten-sand ist ein abrasives Material, das den Verschleiß hauptsächlich an den M-Walzen und der Mahlplatte verursacht. Er wird bestimmt durch die Qualität und Art der Werkstoffe, die hergestellten Produkte und die Feuchtigkeit der Aufgabematerialien. Die Verschleißrate ist niedriger an aufgeschweißten Mahlteilen mit hohen Karbidanteilen gegenüber den hochchromhaltigen Gußwerkstoffen; die Standzeiten für M-Walzen und Mahlplatte werden dadurch verlängert. **Tabelle 5** zeigt vergleichend die Rüst- und Aufschweißzeiten für zwei Anlagen. Der Nettoverschleiß für gemahlene Hütten-sand liegt unter 5 g/t bei erzeugten massespezifischen Oberflächen von 3 500 bis 5 400 cm<sup>2</sup>/g. Das Aufschweißen kann mit Einfach- oder Doppelschweißkopf durchgeführt werden; davon ab-



7 Anlage Rouen, Frankreich, LM 35.2+2  
7 Rouen plant, LM 35.2+2

furnace slag, Portland slag cement, Portland cement and Portland fly ash cement of different finenesses and qualities.

Tests into the production of high ground granulated blastfurnace slag surfaces (> 6000 cm<sup>2</sup>/g acc. to Blaine) have been carried out at various mills of types LM 35.2+2 and LM 46.2+2. These were either plants for pure slag grinding or for grinding different cements and ground granulated blastfurnace slag. Depending on the grindability, these tests resulted in product finenesses from 5 600 to more than 6 300 cm<sup>2</sup>/g (Blaine) at specific energy consumptions of 40 kWh/t to 60 kWh/t for the entire plant (mill, fan, classifier). It is remarkable that these high finenesses were achieved without any design modifications to

**Tabelle 4:** Vergleich von Betriebsergebnissen mit Garantieparametern – LM 46.2+2, Rajgangpur, Indien

**Table 4:** Comparison of operating data with guaranteed figures – LM 46.2+2, Rajgangpur, India

Parameter	Maßeinheit/Unit	Garantie/Guarantee figures		erreicht/Achieved	
Durchsatz, trocken/Throughput, dry	t/h	110	82	113.9	101.0
spez. Oberfläche nach Blaine/Spec. surface area (Blaine)	cm <sup>2</sup> /g	4 000	4 500	4 120	4 520
spez. Energiebedarf Mühle/Spec. power consumption (mill)	kWh/t	–	–	26.1	29.5
spez. Energiebedarf (Mühle, Ventilator, Sieber, sonstige) Spec. power consumption (mill, classifier, fan, aux.)	kWh/t	–	38.8	35.4	38.7

**Tabelle 5:** Verschleißdaten zu 3 Anlagen (LM 35.2+2, LM 46.2+2)

**Table 5:** Wear rates for three plants (LM 35.2+2, LM 46.2+2)

Produkt/Product	LM 35.2+2	LM 46.2+2	LM 46.2+2
	GGBS	GGBS	GGBS, CEM I, CEM III/ -V
spez. erzeugte Oberfläche nach Blaine/Spec. surface area (Blaine)	3 500 cm <sup>2</sup> /g	5 400 cm <sup>2</sup> /g	3 000–4 000 cm <sup>2</sup> /g
Durchsatz trocken/Throughput, dry	60 t/h	75 t/h	Durchschnitt/avg. 119 t/h
Rüstzeit (Vorbereitung zum Aufschweißen)/Set-up time (preparation for hardfacing)	15 h	12 h	40 h
Aufschweißzeit/Time for hardfacing	36 h	36 h	60 h
Verschleißgewichte/Weld			
M-Walze 1/Master-Roller 1		231 kg	
M-Walze 2/Master-Roller 2		231 kg	
Mahlplatte/Grinding table		270 kg	
total	480 kg	732 kg	517 kg
Nettoverschleiß, trocken/Net wear rate, dry	4.97 g/t	4.35 g/t	3.16 g/t



**8** Walzen neu  
**8** Rollers with new grinding parts

hängig ist die Aufschweißzeit, die für die angegeben Anlagen zwischen ca. 8 und 13 kg Schweißdrahtverbrauch pro Stunde und Schweißkopf liegt. Grundsätzlich erfolgt die Aufschweißung im eingeschwenkten Zustand der Walzen in der Mühle („In-situ-Aufschweißung“). **Bild 8** und **9** zeigen Aufnahmen vom Mühleninnenraum mit neuen Walzen vor der Inbetriebnahme und aufgeschweißten Walzen. Heute liegen Betriebserfahrungen vor über Walzen, die mehr als 20-mal aufgeschweißt wurden.

## 7 Schlussbetrachtung

Loesche Vertikal-Wälzmühlen mit 2+2- bzw. 3+3-Technologie sind seit über 10 Jahren weltweit im Einsatz für die Mahlung von Hüttensand und Klinker. In den meisten Anlagen werden Produkte wie Hüttensandmehl, Portlandzemente sowie verschiedene Portlandkompositzemente hergestellt. Mit dem einfachen und kompakten Design der Anlagen, Flexibilität, hoher Verfügbarkeit und Energieeffizienz bietet Loesche der Industrie ein kostensparendes Mahlsystem.

### Literaturverzeichnis/Literature

- [1] Brundiek, H.: Die Loesche-Mühle für die Zerkleinerung von Zementklinker und Zumahlstoffen in der Praxis. ZKG 04/1994.  
 [2] Schäfer, H.-U.: Slag grinding: latest advances. World Cement 09/2002.



**9** M-Walze nach Aufschweißung (links), S-Walze (rechts)  
**9** M-rollers after rewelding (left), S-rollers (right)

the mill, just by varying the gas flow rate, the grinding pressure and the classifier speed.

Granulated blastfurnace slag is abrasive and causes high wear on the M-rollers and the grinding plate. Extent of wear is influenced by the quality and type of grinding elements, the fineness of products and the moisture content of the feed materials. Hardfaced grinding elements with high carbide content have a lower wear rate than that of cast metals with a high chromium content and thus extend the service lives of the M-rollers and grinding plates. **Table 5** compares the set up times and hardfacing times of two mills. The net wear for ground granulated blastfurnace slag is below 5 g/t in the case of produced mass-specific surface areas of 3 500 to 5 400 cm<sup>2</sup>/g. The hardfacing can be carried out with single or double welding heads. This influences the required welding time, which for the stated plants was between approx. 8 and 13 kg weld deposit per hour per welding head. The hardfacing is always carried out with the rollers inside the mill (“in-situ welding”). **Figures 8** and **9** are photographs of the mill interior with new rollers before commissioning and with hardfaced rollers. Today, operating experience is available for rollers which have been rewelded more than 20 times.

## 7 Conclusion

Loesche vertical roller mills with 2+2 or 3+3 technology have been in operation all around the world for more than 10 years in granulated blastfurnace slag and clinker grinding applications. In most plants, products such as ground granulated blastfurnace slag, Portland cements and different Portland composite cements are manufactured. With these plants of simple and compact design, high flexibility, outstanding availability and energy efficiency, Loesche offers the industry a cost-saving grinding system.





T H E G R I N D I N G E X P E R T

Hansaallee 243 · 40549 Düsseldorf · Germany

Phone: +49-211-53 53-0 · Fax: +49-211-53 53-500  
loesche@loesche.de · [www.loesche.com](http://www.loesche.com)