

SUMMARY

Conservation of resources, energy saving and abatement of CO₂ emissions are subjects of increasing topicality. The cement industry throughout the world is therefore focusing on the use of efficient technology. The specific power consumption for finish grinding of cement can be very efficiently reduced by the use of vertical roller mills. Because of the market's demand for higher throughputs the mills also have to be optimized to achieve trouble-free operation, high availability and versatility. In the early 1970s Loesche introduced the module system with individual grinding rollers in its mills for producing raw meal. This system has now made it possible to operate large mills for grinding cement raw materials with drive ratings of up to 7000 kW and throughputs of up to 1000 t/h without any problems. The system has also been adapted for grinding clinker and granulated blastfurnace slag. The following article describes the technology used by Loesche for grinding clinker and granulated blastfurnace slag and gives a report of initial operating experience with an LM56.3+3 Loesche mill at the Rajgangpur cement works in India. ◀

ZUSAMMENFASSUNG

Ressourcenschonung, Energieeinsparung und die Minderung der CO₂-Emissionen sind Themen, die an Aktualität weiter zunehmen. Die Zementindustrie setzt deshalb weltweit auf den Einsatz effizienter Technologien. Der spezifische Energieverbrauch für die Fertigmahlung von Zement kann dabei sehr effizient durch den Einsatz von Vertikal-Rollenmühlen reduziert werden. Wegen der Forderung des Markts nach höheren Durchsätzen müssen die Mühlen auch in Hinblick auf störungsfreien Betrieb, hohe Verfügbarkeit und Vielseitigkeit angepasst werden. Loesche hat für seine Mühlen zur Rohmehlerzeugung in den frühen 1970er Jahren das Modul-System mit individuellen Mahlwalzen eingeführt. Durch Anwendung dieses Systems ist heute der störungsfreie Betrieb von Großmühlen für die Zerkleinerung von Zementrohmaterialien mit Antriebsleistungen bis zu 7000 kW und Durchsätzen bis zu 1000 t/h möglich geworden. Für die Klinker- und Hüttensandmahlung wurde dieses System adaptiert. Im folgenden Beitrag wird die von Loesche angewandte Technologie bei der Klinker- und Hüttensandmahlung vorgestellt und über die ersten Betriebserfahrungen mit einer Loesche-Mühle der Baugrößenbezeichnung LM56.3+3 im indischen Zementwerk Rajgangpur berichtet. ◀

Operating experience with the first Loesche mill with the 3+3 system for grinding clinker and blastfurnace slag

Betriebserfahrungen mit der ersten Loesche-Mühle mit 3+3-Technologie zur Mahlung von Klinker und Hüttensand

1 Introduction

Vertical roller mills (VRM) have been throughout the world used for decades for grinding cement raw materials and coal. The mills are characterized by their high efficiency, low energy consumption and outstanding drying capabilities. These properties are complemented by high reliability and availability. These mills have also been widely used for many years in the mineral processing sector, especially in the non-metallic minerals industry. In the last decade the vertical roller mill has also proved to be very reliable for grinding Portland cement clinker and granulated blastfurnace slag.

Mills with two, three or four rollers have been used for decades for grinding raw materials and coal. The use of these mills for grinding cement and granulated blastfurnace slag gave rise to new requirements so that the well-known advantages of high efficiency, flexible application with respect to grinding different products, low wear rates and short maintenance times could be utilized to their full extent. The technology specially developed by Loesche for grinding cement and granulated blastfurnace slag is described below. There is also a discussion of the initial operating experience with a 3+3 mill in an Indian cement works. Fig. 1 shows a sectional view of a Loesche mill using the 3+3 system.

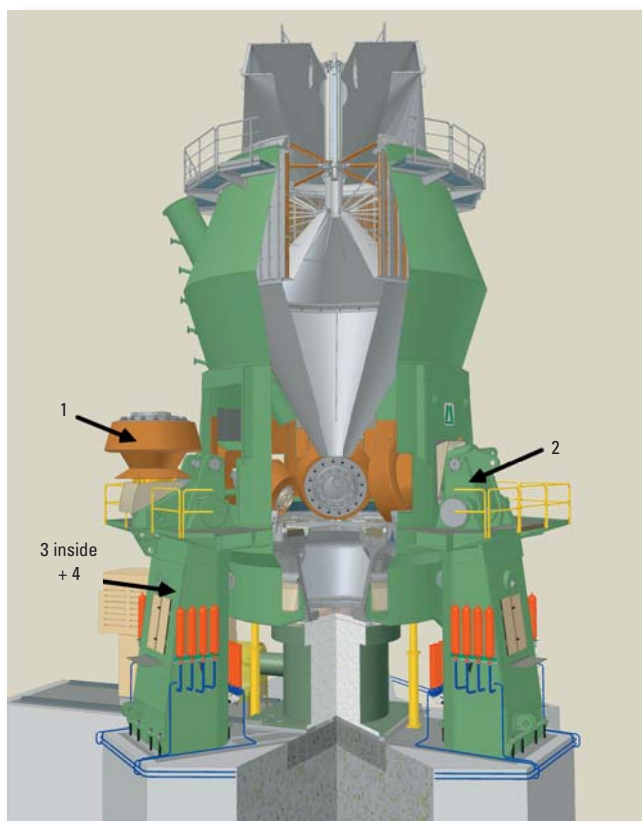


Figure 1: 3D representation of a Loesche mill using the 3+3 system

Bild 1: 3D-Darstellung einer Loesche-Mühle unter Anwendung der so genannten 3+3-Technologie

1 Einleitung

Vertikal-Rollenmühlen (VRM) sind für die Zerkleinerung von Zementrohmaterialien und Kohle seit Jahrzehnten eingeführt und weltweit verbreitet. Die Mühlen zeichnen sich durch eine hohe Effizienz, einen niedrigen Energieverbrauch sowie durch hervorragende Trocknungsmöglichkeiten aus. Diese Eigenschaften werden durch hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit ergänzt. Ebenso sind diese Mühlen auch im Bereich der Mineralaufbereitung, insbesondere in der Steine- und Erden-Industrie, seit vielen Jahren verbreitet. Im letzten Jahrzehnt hat sich die Vertikal-Rollenmühle auch bei der Mahlung von Portlandzementklinker und Hüttensand als sehr zuverlässig erwiesen.

Für die Rohmaterial- und Kohlemahlung befinden sich Mühlen mit zwei, drei oder vier Walzen seit Jahrzehnten im Einsatz. Mit der Anwendung dieser Mühlen für die Zement- und Hüttensandmahlung ergaben sich neue Anforderungen, um die bekannten Vorteile der hohen Energieeffizienz, des flexiblen Einsatzes im Hinblick auf die Mahlung verschiedener Produkte, niedriger Verschleißraten und kurzer Wartungszeiten in vollem Umfang zu nutzen. Im Folgenden wird die durch Loesche speziell entwickelte Technologie für die Zement- und Hüttensandmahlung vorgestellt. Außerdem werden die ersten Betriebserfahrungen mit einer so genannten 3+3-Mühle in einem indischen Zementwerk diskutiert. Bild 1 zeigt eine Loesche-Mühle nach der 3+3-Technologie in Schnittdarstellung.

2 Die Loesche-Mühle für die Zement- und Hüttensandmahlung

2.1 Die 2+2- und die 3+3-Technologie

Ende der 1980er Jahre wurden nach einer Loesche-Lizenz Vertikal-Rollenmühlen mit vier Mahlwalzen für die Mahlung von Zementklinker und Hüttensand in Asien installiert. Diese Materialien müssen im Vergleich zu Zementrohstoffen wesentlich feiner gemahlen werden: der Siebrückstand R_{0,045} ist qualitätsabhängig bei Zementen gewöhnlich < 15 %, bei der Erzeugung von Hüttensandmehl meist im Bereich < 2 %. Die damals in Betrieb genommenen Mühlen zeigten starke Vibrationen, die durch ein instabiles Mahlbett verursacht wurden. Dadurch war keine Optimierung des Mühlendurchsatzes möglich, auch nicht in Hinsicht auf die Produktqualität, die der von in Kugelmühlen hergestellten Zementen entsprechen sollte. Um ein besseres Mahlbett zu erhalten, wurden zwei der vier Walzen durch kleinere ersetzt. Mit diesen kleineren Walzen, den so genannten S-Walzen (support-roller), wird das Mahlbett präpariert, bevor die – in Drehrichtung der Mahlschüssel gesehen – angeordnete M-Walze (master-roller) das Mahlgut zerkleinert. Der Schwinghebel-Walzenweg nach unten wird durch mechanische Puffer begrenzt, sodass ein metallischer Kontakt zwischen Walze und Mahlbahn verhindert wird. Die S-Walzen sind wie die M-Walzen konisch ausgeführt und führen

2 The Loesche mill for grinding cement and granulated blastfurnace slag

2.1 The 2+2 and 3+3 systems

Vertical roller mills built under licence from Loesche with four grinding rollers were installed in Asia at the end of the 1980s for grinding cement clinker and granulated blastfurnace slag. These materials are normally ground substantially more finely than cement raw materials. Depending on the type of cement the sieve residue on 0.045 mm is usually $< 15\%$, and in the production of blastfurnace slag meal is usually in the range $< 2\%$. The mills that came into operation at that time suffered from severe vibrations caused by an unstable grinding bed. This meant that it was not possible to optimize the mill throughput – not even in respect of the product quality that was intended to correspond to that of cements produced in ball mills. To obtain a better grinding bed two of the four rollers were replaced by smaller ones. The grinding bed is prepared by these smaller rollers, the so-called S-rollers (support rollers), before the following – in the direction of rotation of the grinding table – M-rollers (master rollers) grind the mill feed. The downward travel of the rocker arm and roller is limited by mechanical buffers to prevent metal-to-metal contact between roller and grinding track. Like the M-rollers, the S-rollers are conical and theoretically execute a purely rolling motion so that no shear forces are transmitted to the grinding bed. Because of the arrangement of pairs of small and large rollers the Loesche mills designed with this system are also designated 2+2 or 3+3 mills [1]. This principle is illustrated in Fig. 2.

2.2 The Loesche mill's module system

The module system with individual grinding rollers for the Loesche mill was introduced in the early 1970s. Before that the mills for raw meal throughputs of up to 60 t/h had been fitted with two rollers. A mill with four smaller rollers was developed to fulfil the market demand for higher throughputs. This development led to the "module system" in which each roller is carried in a rocker arm and supported by a pedestal. The introduction of this system has made it possible to produce large mills with drive ratings of up to 7000 kW and raw meal throughputs of up to 1000 t/h.

Fig. 3 illustrates the concept of the module system, which applies for all roller configurations. Each possible configuration has an optimum with respect to dimensions, throughput, weight, operating costs and maintenance costs. It follows from the diagram that after the optimum has been reached

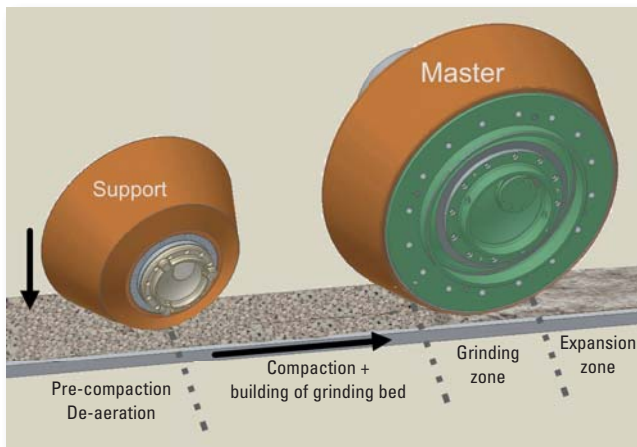


Figure 2: Operating principle of the 2+2 and 3+3 systems

Bild 2: Wirkprinzip der 2+2- bzw. 3+3-Technologie

theoretisch eine rein rollende Bewegung aus, sodass auf das Mahlbett keine Scherkräfte übertragen werden. Aufgrund der paarweisen Anordnung von kleineren und großen Walzen werden die nach dieser Technologie ausgeführten Loesche-Mühlen auch als 2+2- oder 3+3-Mühlen [1] bezeichnet. Das beschriebene Prinzip ist in Bild 2 dargestellt.

2.2 Das Modul-System der Loesche-Mühle

Das Modul-System mit individuellen Mahlwalzen wurde für die Loesche-Mühle in den frühen 1970er Jahren eingeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt waren die Mühlen für Rohmehldurchsätze bis 60 t/h mit zwei Walzen ausgestattet. Um die Marktanforderungen nach höheren Durchsätzen zu erfüllen, wurde eine Mühle mit vier kleineren Walzen entwickelt. Diese Entwicklung führte zum so genannten „Modul-System“, bei dem jede Walze in einem Schwinghebel geführt und von einem Ständer unterstützt wird. Durch Einführung dieses Systems ist die Realisierung von großen Mühlen mit Antriebsleistungen bis 7000 kW und Rohmehldurchsätzen bis zu 1000 t/h möglich geworden.

Bild 3 veranschaulicht die Idee des Modul-Systems, welches für alle Walzenanordnungen gültig ist. Jede mögliche Konfiguration hat dabei ein Optimum hinsichtlich Abmessungen, Durchsatz, Masse, Betriebs- und Wartungskosten. Aus dem Bild folgt, dass bei Erreichen des Optimums die jeweils nachfolgende Konfiguration gewählt wird, um eine negative Kostenentwicklung zu vermeiden.

Eine größere Anzahl von individuell arrangierten Walzen entspricht dabei der Anwendung des Modul-Konzepts. Ein Modul besteht aus der Walze (1), dem Schwinghebel (2) zur Führung der Walze und zur Übertragung der Kraft vom Federungssystem auf die Walze, dem hydropneumatischen Federungssystem (3) mit dem Hydraulikzylinder, welches im Ständer installiert ist. Der Ständer (4) unterstützt die bewegten Teile (s. Bild 1).

Mit der Nachfrage nach höheren Durchsätzen wurde die Anzahl der Walzen erhöht. Dabei werden heute bei Mühlen für die Rohmehlerzeugung mehr als vier Walzen, für die Zement- und Hüttensandmahlung mehr als zwei Walzen eingesetzt. Dieses Downsizing hat große Vorteile hinsichtlich der Massereduzierung des einzelnen Moduls, der Herabsetzung von Vibrationen und dynamischen Lasten auf das Mühlenfundament, der besseren Verfügbarkeit von sich im Betrieb bewährten Teilen sowie auch niedrigere Investitionskosten für Ersatzteile zur Folge.

Seit mehr als zehn Jahren wird das Prinzip der M- und S-Walzen erfolgreich umgesetzt. Für größere Durchsätze wurde das 3+3-System entwickelt. Alle bewegten und kritischen Teile konnten dabei von bereits existierenden Modulen, die sich seit Jahren im Betrieb bewährt haben, übernommen werden. Die Masse der Walze und des Schwinghebels einer Loesche-Mühle der Baugrößenbezeichnung LM 56.3+3 beträgt beispielsweise nur 60 % der Masse dieser Komponenten der Mühle LM 56.2+2, wobei die Loesche-Mühle LM 56.3+3 einen um 20 % höheren Durchsatz als die Mühle LM 56.2+2 besitzt. Für die Mühlen nach der 2+2- bzw. 3+3-Technologie werden die vorhandenen Module der Mühlen für die Rohmehlerzeugung übernommen. Zurzeit existieren neun verschiedene Baugrößen der Reihe LM-CS mit Durchsätzen von etwa 40 bis 200 t/h Hüttensandmehl mit spezifischen Oberflächen von 4500 cm²/g nach Blaine bzw. von 50 bis 300 t/h für Portlandzement mit 3300 cm²/g nach

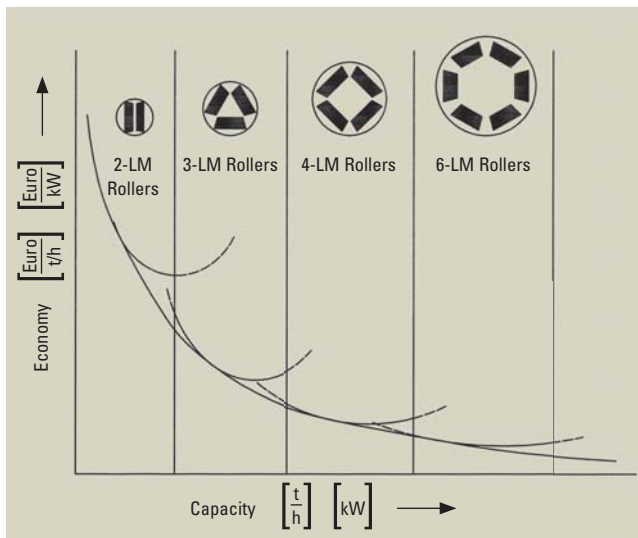


Figure 3: Illustration of the module system

Bild 3: Veranschaulichung des so genannten Modul-Systems

the next configuration is chosen to prevent the costs moving in the wrong direction.

The module design concept therefore implies the use of a large number of individually arranged rollers. A module consists of the roller (1), the rocker arm (2) that guides the roller and transmits the force from the spring loading system to the roller, the hydro-pneumatic spring unit (3) with hydraulic cylinder that is installed in the pedestal. The pedestal (4) supports the moving parts (see Fig. 1).

The number of rollers was increased with the demand for higher throughputs. Nowadays mills with more than four rollers are used for producing raw meal and with more than two rollers are used for grinding cement and granulated blastfurnace slag. This downsizing has great advantages with respect to reducing the weight of the individual modules, lowering vibrations and dynamic loads on the mill foundation, better availability of the field-proven parts and lower capital costs for spare parts.

The principle of M- and S-rollers has been successfully implemented for more than ten years. The 3+3 system was developed for larger throughputs. All moving and critical parts have been taken from existing modules that had already proved effective during many years in operation. The weight of the roller and rocker arm of an LM56.3+3 Loesche mill, for example, is only 60 % of the weight of these components in the LM56.2+2 mill, although the 56.3+3 Loesche mill has a throughput that is 20 % higher than that of the LM56.2+2 mill. For the mills using the 2+2 and 3+3 systems, existing modules were taken from the mills for producing raw meal. At present there are nine different models in the LM-CS series with throughputs from about 40 to 200 t/h for blastfurnace slag with specific surface areas of 4 500 cm²/g Blaine or from 50 to 300 t/h for Portland cement with specific surface areas of 3 300 cm²/g. The installed drive ratings for these mills range from 1 500 to 7 800 kW. The 2+2 system is used for smaller throughputs.

The use of vertical roller mills for grinding cement can achieve energy savings of up to 30 % when compared with ball mills. For grinding granulated blastfurnace slag the potential savings can be as high as 50 % or more, depending on the fineness of grinding [2].

Blaine. Die installierten Antriebsleistungen für diese Mühlen reichen von 1 500 bis 7 800 kW. Für kleinere Durchsätze wird das 2+2-System eingesetzt.

Im Vergleich zur Kugelmühle kann durch den Einsatz von Vertikal-Rollenmühlen bei der Zementmahlung eine Energieeinsparung bis zu 30 % erzielt werden; bei Hüttensandmahlung kann das Einsparpotenzial in Abhängigkeit von der Mahlfeinheit sogar bei 50 % oder darüber liegen [2].

2.3 Konstruktive Merkmale der Mühle LM 56.3+3

Die neue Loesche-Mühle LM 56.3+3 mit einem nominalen Durchsatz von mehr als 200 t/h ist mit drei Paaren von S- und M-Walzen ausgestattet, wie sie bereits seit vielen Jahren in der Mühle LM 46.2+2 eingesetzt werden. Daher war es nicht notwendig, die dynamisch belasteten Komponenten wie Walzen, Schwinghebel, Federungssystem und Lagerungen neu zu entwickeln, wodurch Auslegungsrissen vermieden wurden. Um eine ausreichende Steifigkeit im Mühlenunterteil zu erhalten, ist die Mühle LM 56.3+3 mit drei Ständern unter den M-Walzen ausgestattet. Diese sind durch Brücken und einen Rahmen miteinander verbunden. Der Abstand zwischen den Ständern erlaubt die Installation von zwei Gaskanälen am Ringkanal. Wartungsarbeiten am Getriebe sind aufgrund des Abstands der Ständer problemlos möglich. Die S-Walzen sind fixiert am Mühlenoberteil. Die bewährten Schwenkvorrichtungen für die S- und M-Walzen zum schnellen Austausch verschlissener Mahlteile finden ebenfalls Anwendung. Oberhalb der Zerkleinerungszone ist der Hochleistungssichter vom Typ LSKS montiert, der auch bei den 2+2-Mühlen eingesetzt wird.

2.4 Prozessbeschreibung

Bild 4 zeigt das Flow-Sheet einer Zement- bzw. Hüttensandmahanlage unter Einsatz einer Loesche-Mühle. Die Aufgabematerialien werden durch eine zur Vermeidung von Falschluff speziell konstruierte Zellenradschleuse in die Mühle eingetragen und falls nötig getrocknet. Das auf Endfeinheit gemahlene Fertiggut wird gesichtet und mit dem durch die Mühle gesaugten Gasstrom im nachgeschalteten Gewebeabscheider abgeschieden. Noch nicht auf Endfeinheit gemahlene Partikel fallen zurück auf den Mahlteller. Material, welches über den Schaufelkranz in den unteren Teil der Mühle fällt, wird über ein Becherwerk mechanisch in den Mahlkreislauf zurückgeführt. Die für den Prozess u.U. erforderliche Trocknungswärme wird entweder durch Prozessgase oder durch einen Heißgaserzeuger zur Verfügung gestellt.

Die erste mit der so genannten 2+2-Technologie ausgerüstete Loesche-Mühle nahm im Jahre 1994 in Taiwan den Betrieb auf. Diese Mühle mit der Baugrößenbezeichnung LM 46.2+2 war ursprünglich nur für die Klinkermahlung vorgesehen und wurde dann ein Jahr später nach geringen Veränderungen auch erfolgreich für die Hüttensandmahlung eingesetzt. Die Mühle besitzt einen Mahlteller mit einem Durchmesser von 4,6 m, der von einem Motor mit einer installierten Leistung von 3 100 kW angetrieben wird. Die Mühle LM 46.2+2 gelangte bisher an 37 Standorten zum Einsatz. Insgesamt befinden sich heute 42 Mühlen für die Klinker- und Hüttensandmahlung in Betrieb, darunter auch die ersten Mühlen mit der Baugrößenbezeichnung LM 56.3+3.

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der bisher weltweit verkauften Mühlen mit einer besonderen Kennzeichnung der Mühlen, die nach Indien und Bangladesch geliefert wurden.

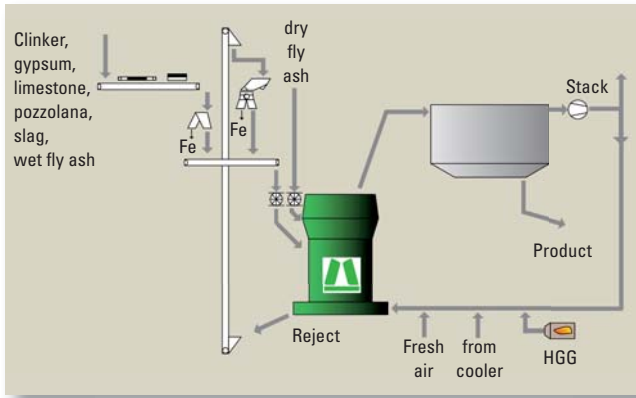


Figure 4: Simplified flow sheet for a clinker and blastfurnace slag grinding system with Loesche mill

Bild 4: Vereinfachtes Flow-Sheet einer Klinker- und Hüttensandmahl-anlage mit Loesche-Mühle

2.3 Design features of the LM 56.3+3 mill

The new LM56.3+3 Loesche mill with a nominal throughput of more than 200 t/h is equipped with three pairs of S- and M-rollers that have already been used for many years in the LM46.2+2 mill. This meant that the dynamically loaded components, such as rollers, rocker arms, hydro-pneumatic spring unit and bearings, did not have to be developed from new, which avoided any design risks. To achieve adequate stiffness in the lower part of the mill the LM56.3+3 mill is provided with three pedestals under the M-rollers. These are connected to one another by bridges and a frame. The distance between the pedestals makes it possible to install two gas ducts at the ring duct. Maintenance work on the gear unit can be carried out without problem because of the distance between the pedestals. The S-rollers are fixed to the upper part of the mill. The proven swing-out devices for the S- and M-rollers for rapid replacement of worn grinding parts are also used. The LSKS high-performance classifier, which is also used in the 2+2 mills, is mounted above the grinding zone.

2.4 Description of the process

Fig. 4 shows the flow sheet for a cement and blastfurnace slag grinding plant using a Loesche mill. The feed materials are introduced into the mill through a specially designed rotary feeder to avoid false air and, if necessary, are dried. The finished product that has been ground to the end fineness is separated and collected in the downstream fabric filter with the gas flow drawn through the mill. Particles that have not yet been ground to the end fineness drop back onto the grinding table. Material that falls through the louvre ring and into the lower part of the mill is returned mechanically to the grinding circuit by a bucket elevator. The drying heat that is sometimes required for the process is provided either by process gases or by a hot gas generator.

The first Loesche mill equipped with the 2+2 system came into operation in Taiwan in 1994. This LM46.2+2 mill was originally intended only for grinding clinker but a year later was also used successfully for grinding blastfurnace slag after minor alterations. The mill has a grinding table with a diameter of 4.6 m that is driven by a motor with an installed rating of 3 100 kW. So far the LM46.2+2 mill has been used at 37 locations. There are now a total of 42 mills in operation for grinding clinker and blastfurnace slag, including the first LM56.3+3 mills. Table 1 gives a list of the mills sold so far throughout the world, with a separate indication of the mills that have been supplied to India and Bangladesh.

3 Fallbeispiel: Klinker- und Hüttensandmahlung bei der OCL Ltd., Indien, Zementwerk Rajgangpur

3.1 Anlagenbeschreibung

Die erste Loesche-Mühle für die Klinker- und Hüttensandmahlung in Indien, eine Mühle LM 46.2+2, wurde 1997 in Rajgangpur – einem Zementwerk der 1949 gegründeten OCL Ltd. – in Betrieb genommen. Das Werk, das sich in Orissa, Ostindien, befindet, arbeitet nach dem Trockenverfahren und wurde im Zuge einer zweiten Ausbaustufe im Jahre 2003 auf einen Klinkerdurchsatz von 3 000 t/d gesteigert.

Die Mühle LM 46.2+2 war ohne erforderliche Anpassungen sowohl für die getrennte als auch gemeinsame Mahlung von Klinker und Hüttensand ausgelegt worden.

Garantiert worden war für die Hüttensandmahlung bei einer Mahlfineinheit entsprechend einer spezifischen Oberfläche nach Blaine von 3 400 cm²/g ein Durchsatz von 92 t/h und für die Mahlung von Portlandzement ein Durchsatz von 117 t/h. Die Mahlanlage wurde erfolgreich in Betrieb genommen und optimiert. Dabei wurden sowohl die Garantieparameter erreicht als auch die Flexibilität der Mühle hinsichtlich der Mahlung verschiedener Materialien mit variierenden Mahlfineinheiten nachgewiesen. Der im Original gelieferte Sichter mit der Typenbezeichnung LDKS wurde später durch einen Stabkorbsichter LSKS ersetzt, was zu einer Steigerung des Durchsatzes um ca. 10 % führte.

Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme der Mühle konnten sehr schnell alle früheren Zweifel hinsichtlich der Qualität des in einer Vertikal-Rollenmühle produzierten Zements ausgeräumt werden, sodass durch OCL verschiedene Produkte von hervorragender Qualität auf den Markt gebracht werden konnten. In diesem Zusammenhang wurden auch Versuche durchgeführt, um die separate mit der gemeinsamen Mahlung hinsichtlich des möglichen Einsatzschlüssels für Hüttensand zu vergleichen. Im Ergebnis dieser Untersuchungen konnte der Anteil an Hüttensand im Zement wesentlich erhöht werden, indem durch getrennte Mahlung Hüttensand und Klinker auf Mahlfineinheiten entsprechend einer spezifischen Oberfläche von 4 000 bis 4 500 cm²/g nach Blaine aufbereitet wurden. Damit wurde die Möglichkeit geschaffen, eine breite Produktpalette maßgeschneiderter Mischzemente entsprechend den Marktanforderungen anbieten zu können.

Aufgrund der Anforderung, die vorhandene Kapazität erneut zu steigern, entschloss man sich im Wiederholungsauftrag eine zweite Loesche-Mühle LM 46.2+2 zu errichten. Diese Mühle war ausgestattet mit dem neuesten Sichter LSKS und ausgelegt für die Erzielung von Produktfeinheiten entsprechend einer spezifischen Oberfläche von > 4 500 cm²/g nach Blaine.

Table 1: Loesche mills used worldwide for grinding cements and blastfurnace slag (current situation)

Tabelle 1: Loesche-Mühlen für die Klinker- und Hüttensandmahlung weltweit (gegenwärtiger Stand)

Model designation	LM 35.2+2	LM 46.2+2	LM 56.2+2	LM 53.3+3	LM 56.3+3
Total (worldwide)	6	37	16	1	12
Of which installed in India	1	5	1	–	2

Table 2: Operating results for the LM46.2+2 Loesche mill, Line 2, at the Rajgangpur cement plant in India

Tabelle 2: Betriebsergebnisse der Loesche-Mühle LM 46.2+2, Linie 2, im indischen Zementwerk Rajgangpur

Product	Parameter					
	Guaranteed			Achieved		
	Throughput [t/h]	Blaine specific surface area [cm ² /g]	Specific power consumption [kWh/t]*)	Throughput [t/h]	Blaine specific surface area [cm ² /g]	Specific power consumption [kWh/t] ^{†)}
Blastfurnace slag meal	110	4 000	–	113.9	4 120	35.4
Blastfurnace slag meal	82	4 500	38.8	101.0	4 510	38.7
CEM I cement	102	4 000	36.8	103.4	4 125	33.6
CEM I cement	77	4 500	–	78.7	4 605	41.4

^{†)} for mill, mill fan classifier and auxiliary drives, measured at the shaft

3 Case history: grinding clinker and blastfurnace slag at the Rajgangpur cement plant of OCL Ltd., India

3.1 Description of the plant

The first Loesche mill for grinding clinker and blastfurnace slag in India, an LM46.2+2 mill, was commissioned in 1997 in Rajgangpur – a cement plant belonging to OCL Ltd., which was founded in 1949. The plant, which is located in Orissa in eastern India, uses the dry process and was upgraded to a clinker output of 3000 t/d during a second expansion stage in 2003.

The LM46.2+2 mill was designed for separate as well as combined grinding of clinker and granulated blastfurnace slag without needing any adaptation.

A throughput of 92 t/h had been guaranteed for grinding blastfurnace slag to a fineness corresponding to a specific surface area of 3400 cm²/g Blaine, and a throughput of 117 t/h for grinding Portland cement. The grinding plant was successfully commissioned and optimized. The guaranteed parameters were achieved and the flexibility of the mill was demonstrated with respect to grinding different materials to varying finenesses. The LDKS classifier originally supplied was later replaced by a LSKS cage-rotor classifier, which increased the throughput by about 10%.

The successful commissioning of the mill very rapidly dispelled all earlier doubts about the quality of the cement produced in a vertical roller mill, with the result that OCL was able to place various products of outstanding quality on the market. In this connection, trials were also carried out to compare separate grinding with combined grinding in relation to the possible schemes for using blastfurnace slag. As a result of these investigations it became possible to make a substantial increase in the proportion of blastfurnace slag in the cement by processing the blastfurnace slag and clinker to finenesses corresponding to specific surface areas of 4000 to 4500 cm²/g Blaine by separate grinding. This made it possible to offer a wide product range of tailor-made blended cements to meet market requirements.

Because of the demand for a further increase in the existing capacity the decision was made to install a second LM46.2+2 Loesche mill in a repeat contract. This mill was equipped with the latest LSKS classifier and designed to achieve product finenesses corresponding to specific surface areas of > 4500 cm²/g Blaine.

Zeitgleich wurde der Sichter der Linie 1 auf den neuesten technischen Stand gebracht, um sowohl höhere Mahlfeinheiten als auch die für Linie 2 garantierten Parameter erreichen zu können. Die zweite Mühle LM 46.2+2, die 2002 in Betrieb genommen wurde, erfüllte alle Garantien bezüglich Durchsatz, Produktfeinheit und spezifischem Energieverbrauch.

Tabelle 2 enthält einen Vergleich von garantierten und im Produktionsbetrieb erreichten Parametern.

Für die Herstellung eines Portlandzements werden keine Mahlhilfen eingesetzt. Beide Mühlen der Linie 1 und 2 sind auch für die Produktion eines Portlandflugaschzements mit einem Flugascheanteil bis zu 35 % ausgerüstet worden.

Da Betriebszuverlässigkeit und Verfügbarkeit einer Anlage bzw. Maschine für die Produktivität und Wirtschaftlichkeit eines Zementwerks sehr entscheidend sind, garantierte Loesche eine Mühlenverfügbarkeit > 550 Stunden pro Monat für sechs aufeinander folgende Monate ab Inbetriebnahme.

Beide Mühlen mit der Baugrößenbezeichnung LM 46.2+2 befinden sich seit ihrer Inbetriebnahme sowohl für die Hüttensand- und Klinkermahlung als auch für die Erzeugung von Portlandflugaschzementen in erfolgreichem Produktionsbetrieb. Der Wechsel von einer Zementsorte zur anderen kann dabei durch Umstellung der Prozessparameter von der Leitwarte aus einfach und ohne Anhalten der Mühle erreicht werden. Sowohl die Stabilität des Mahlprozesses als auch die Möglichkeit, verschiedenste Materialien mit variierender Feuchte und Aufgabekorngröße mahlen zu können, wurden nachgewiesen.

Durch die im Ergebnis verbesserte Produktqualität konnte die Substitution von Klinker durch Hüttensand im Zement gesteigert werden. Damit konnte ohne Erhöhung der Klinkerproduktion die Zementkapazität von 0,7 Mio. auf 1,0 Mio. t/a mit der Installation der ersten Mühle und später mit beiden Mühlen auf 1,3 Mio. t/a gesteigert werden.

Neben den zahlreichen Vorteilen, die eine Vertikal-Rollenmühle bei der Klinker- und Hüttensandmahlung mit sich bringt, beträgt die Energieeinsparung bei der Produktion von hüttensandhaltigen Zementen im Vergleich zur Kugelmühle 16 kWh/t. Bei der Produktion von Portlandzementen mit Mahlfeinheiten von 4500 cm²/g nach Blaine läuft die Mühle ohne den Einsatz von Mahlhilfen „ruhig“. Schließlich sei noch erwähnt, dass durch die Erhöhung des Hüttensandanteils eine wesentliche Reduzierung der CO₂-Emissionen innerhalb des Zementwerks erzielt werden konnte.

Table 3: Guaranteed values for the LM56.3+3 Loesche mill in the Rajgangpur cement plant in India

Tabelle 3: Garantiewerte der Loesche-Mühle LM 56.3+3 im indischen Zementwerk Rajgangpur

Parameter	Units	Cement type			
		OPC	OPC	GGBS	GGBS
Blaine specific surface area	cm ² /g	4000	4500	5000	5500
Throughput	t/h	178	134	100	88
Specific power consumption (mill, mill fan, classifier, auxiliary drives)	kWh/t	–	39.9	–	52.0

At the same time the classifier in Line 1 was upgraded to the state of the art so that it could produce greater finenesses and also achieve the parameters guaranteed for Line 2. The second LM46.2+2 mill, which was commissioned in 2002, fulfilled all the guarantees with respect to throughput, product fineness and specific energy consumption. Table 2 compares the guaranteed parameters with those achieved during production.

No grinding aids are used for producing Portland cement. The two mills in Line 1 and 2 have been equipped for producing a Portland-fly ash cement containing up to 35 % fly ash.

The operational reliability and availability of a plant or machine are absolutely crucial for the productivity and cost-effectiveness of a cement plant, so Loesche guarantees a mill availability > 550 hours per month for six consecutive months from commissioning.

Since their commissioning the two LM46.2+2 mills have been operating successfully both for grinding blastfurnace slag and clinker and for producing Portland-fly ash cements. The change from one type of cement to another can be achieved by a simple adjustment of the process parameters from the control room without stopping the mill. The stability of the grinding process and the ability to grind a wide variety of materials of varying moisture content and feed particle size were also established.

The improved product quality meant that more of the clinker in the cement could be replaced by blastfurnace slag. This meant that without raising the clinker production the cement capacity was increased from 0.7 million to 1.0 million t/a by the installation of the first mill and later to 1.3 million t/a with two mills.

In addition to the numerous advantages associated with the use of a vertical roller mill for grinding clinker and blastfurnace slag there is an energy saving during the production of slag cements of 16 kWh/t when compared with a ball mill. During the production of Portland cements with finenesses of 4500 cm²/g Blaine the mill runs "quietly" without the use of grinding aids. It should also be mentioned that the increased use of blastfurnace slag achieved a substantial reduction of the CO₂ emissions.

In 2003 OCL decided to increase the kiln output again, which made it necessary to raise the capacity for clinker grinding by more than 70 %. After detailed consideration OCL decided to install an LM56.3+3 Loesche mill, the first six roller mill, so that the required throughput could be achieved reliably. The decision was based on criteria such as planning and mainte-

Im Jahr 2003 beabsichtigte OCL den Ofendurchsatz erneut zu erhöhen, was eine Vergrößerung der Kapazität für die Klinkermahlung um über 70 % notwendig machte. Um den geforderten Durchsatz sicher zu erzielen, entschied sich OCL nach detaillierten Betrachtungen zur Installation einer Loesche-Mühle LM 56.3+3, die erste 6-Walzen-Mühle. Basis für die Entscheidung waren solche Kriterien wie die Projekt- und Wartungskosten, die bei der Errichtung einer einzelnen Mühle geringer sind als z.B. für zwei Mühlen der Baugrößenbezeichnung LM 46.2+2, der Platzbedarf, der bei der Errichtung einer großen Mühle geringer ist als bei zwei kleineren Mühlen, und schließlich die Tatsache, dass dank des angewandten Modul-Systems kritische Komponenten, wie z.B. Walzen und Hydraulik-System aus standardisierten, im Betrieb bewährten Elementen, ohne Risiko zum Einsatz gebracht werden können.

3.2 Beschreibung der installierten Loesche-Mühle LM 56.3+3

Die Loesche-Mühle LM 56.3+3 mit einem Mahltellerdurchmesser von 5,6 m besitzt eine installierte Antriebsleistung von 5400 kW. Für den pneumatischen Materialtransport in der Mühle sorgt ein Gebläse mit einer Leistung von 2500 kW. Die Mühle ist mit einem Hochleistungssichter LSKS ausgestattet. Die garantierten Parameter der Mühle bzw. der Mahlanlage in Abhängigkeit von der Zementqualität enthält Tabelle 3.

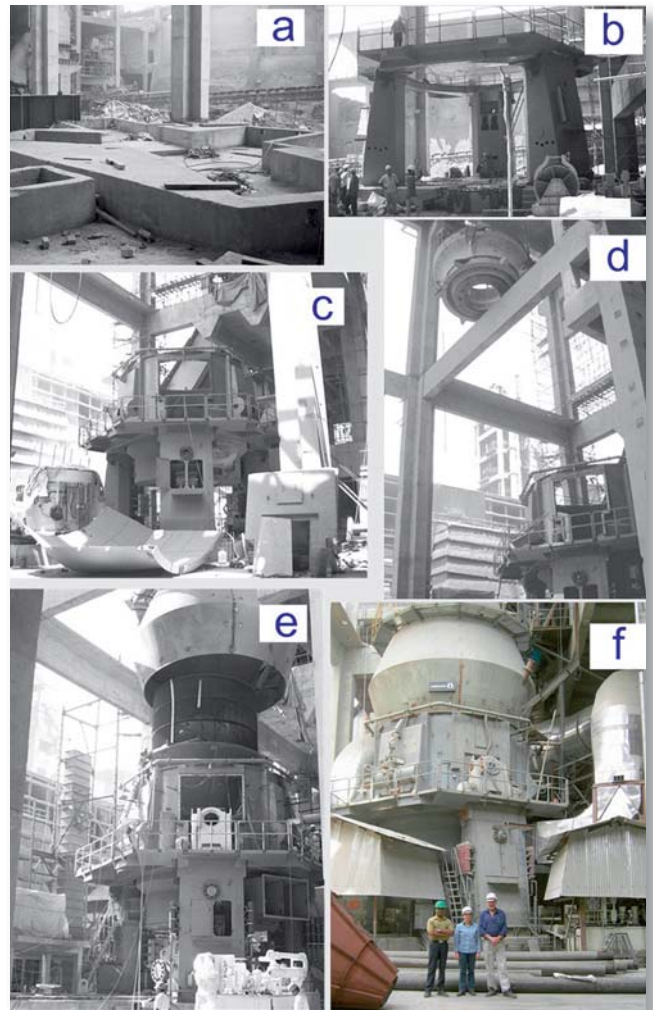


Figure 5: Sequence of photographs of the installation of the LM56.3+3 Loesche mill at the OCL Rajgangpur cement plant

Bild 5: Fotosequenz von der Montage der Loesche-Mühle LM 56.3+3 im Zementwerk der OCL Rajgangpur



Figure 6: In-situ hard-facing of the roller surfaces

Bild 6: In-Situ-Aufschweißen der Walzenoberflächen

nance costs, which are lower for installing a single mill than, for example, for two LM46.2+2 mills, the space requirement, which is less for the installation of one large mill than for two smaller mills, and finally the fact that, thanks to the module system used, critical components like rollers and hydraulic systems could be brought into use from standardized field-proven elements without incurring any risk.

3.2 Description of the LM56.3+3 Loesche mill installed

The LM56.3+3 Loesche mill with a grinding table diameter of 5.6 m has an installed drive rating of 5400 kW. The pneumatic transport to the mill is provided by a fan with a rating of 2500 kW, and the mill is equipped with an LSKS high-performance classifier. The guaranteed parameters for the mill and the grinding plant for different types of cement are shown in Table 3.

The installation of the mill started in February 2005 and lasted for less than six months. The installation was made harder by the restricted space around the mill and the limited access. The sequence of photographs in Fig. 5 shows views during the installation: a: mill foundation, b: pedestals and bridges, c: platform and mill body installed, d: lifting the grinding table, e: installation of the classifier housing, f: mill in operation.

The commissioning phase started in September 2005 with the grinding of blastfurnace slag. The feed moisture varied between 11 and 15 %. The requisite drying heat was provided by a coal-fired hot gas generator. Although provision had been made for adding grinding aids the relevant equipment had not yet been installed, but in principle it was possible to sprinkle water on the grinding bed.

The mill is provided with appropriate wear protection. An in-situ welding machine is available for hard-facing the roller tyres and table liners. The roller tyres of the three master rollers can be hard-faced simultaneously (Fig. 6). It is thought that the specific wear lies between 5 and 7 g/t; further optimisation is planned.

The mill has been used successfully for producing CEM I cement as well as blastfurnace slag meals with various finenesses. Trials have been carried out for producing specific surface areas of up to 6000 cm²/g Blaine. The smoothness of operation of the mill depends crucially on the stability of the grinding bed and it was established that the mill was also able to operate at these high finenesses.

Die Montage der Mühle wurde im Februar 2005 begonnen und dauerte weniger als sechs Monate. Die engen Platzverhältnisse um die Mühle und der beschränkte Zugang erschwerten die Montage. Die Fotossequenz auf Bild 5 zeigt Ansichten von der Montage: a: Mühlenfundament, b: Ständer und Brücken, c: errichtete Bühne und Mühlenoberteil, d: Anheben der Mahlschüssel, e: Montage des Sichtergehäuses, f: Mühle im Betrieb.

Die Inbetriebnahme-Phase startete im September 2005 mit der Mahlung von Hüttensand. Die Aufgabefeuchte variierte dabei zwischen 11 und 15 %. Die erforderliche Trocknungswärme wird von einem kohlebefeuerten Heißgaserzeuger zur Verfügung gestellt. Obwohl die Möglichkeit der Zugabe von Mahlhilfen gegeben ist, wurden diesbezügliche Vorrichtungen noch nicht installiert; eine Wasserberieselung des Mahlbetts ist jedoch prinzipiell möglich.

Die Mühle ist mit einem angemessenen Verschleißschutz ausgestattet. Eine In-Situ-Schweißmaschine steht für das Aufschweißen der Walzenmäntel und der Mahlplatten zur Verfügung. Dabei können die Walzenmäntel der drei Master-Walzen gleichzeitig aufgeschweißt werden (Bild 6). Nach bisherigen Erkenntnissen beläuft sich der spezifische Verschleiß auf Werte von 5 bis 7 g/t, wobei weitere Optimierungen geplant sind.

Die Mühle ist sowohl für die Produktion eines Zements der Sorte CEM I als auch von Hüttensandmehlen mit verschiedenen Mahlfineinheiten erfolgreich in Betrieb gegangen. Versuche zur Erzeugung von spezifischen Oberflächen bis 6000 cm²/g nach Blaine wurden durchgeführt. Der Mühlenbetrieb, dessen Laufruhe entscheidend von der Stabilität des Mahlbetts abhängt, konnte auch bei diesen hohen Mahlfineinheiten nachgewiesen werden.

Aufgrund der momentan starken Nachfrage des Markts nach Hüttensandmehlen mit einer spezifischen Oberfläche von 4500 cm²/g nach Blaine, hat sich OLC gegenwärtig für die ausschließliche Produktion dieses hochwertigen Hüttensandmehls entschieden. Eine weitere Optimierung der Mühle nach dieser Hochsaison ist geplant. Tabelle 4 enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten Betriebsparameter bei der Produktion von hochfeinen Hüttensandmehlen.

4 Schlussbetrachtung

Loesche-Mühlen befinden sich für die Klinker- und Hüttensandmahlung seit über zehn Jahren weltweit im Einsatz. Die Mühlen haben sich vielfach bewährt. Im System einer Mahlanlage zeichnen sich die Mühlen durch ihr kompaktes Layout aus. Ihre hohe Flexibilität in Bezug auf die wirtschaftliche Mahlung unterschiedlichster Mahlgüter, ihre hohe Verfügbar-

Table 4: Operating results for the LM56.3+3 Loesche mill when grinding blastfurnace slag

Tabelle 4: Betriebsergebnisse der Loesche-Mühle LM 56.3+3 bei der Hüttensandmahlung

Parameter	Units	Value
Feed moisture content	%	11 to 13
Throughput	t/h	140
Blaine specific surface area	cm ² /g	4500
Specific power consumption (mill, mill fan, classifier, auxiliary drives)	kWh/t	41

Due to the current heavy market demand for blastfurnace slag meal with a specific surface area of 4500 cm²/g Blaine OLC has decided at present only to produce this high-grade blastfurnace slag meal. There are plans for further optimization of the mill after this peak season. Table 4 summarizes the most important operating parameters during the production of very fine blastfurnace slag meals.

4 Final remarks

Loesche mills have been used all round the world for over 10 years for grinding clinker and blastfurnace slag. The mills have now proved their worth many times over. Within a grinding plant system the mills are distinguished by their compact layout. Their high flexibility with respect to cost-effective grinding of a wide variety of mill feeds, their high level of availability as well as their energy efficiency make any grinding plant using a vertical roller mill into a cost-saving grinding system. ◀

keit sowie Energieeffizienz machen eine Mahlanlage unter Einsatz einer Vertikal-Rollenmühle zu einem Kosten sparenden Mahlsystem. ◀

LITERATURE / LITERATUR

- [1] Brundiek, H.: Die Loesche-Mühle für die Zerkleinerung von Zementklinker und Zuzahlstoffen in der Praxis. ZKG International 47 (1994) No. 4, pp. 179–186.
- [2] Schäfer, H.-U.: Slag grinding: latest advances. World Cement (2002) No. 9, pp. 61–66.