

Herstellung von Hüttenzementen in einer Walzenschüsselmühle*)

H. Steinberg, R. Hoffmann, Hannover/Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Die Teutonia Zementwerk AG, Hannover, hat im Jahre 1980 die weltweit erste Mahlanlage mit Walzenschüsselmühle zur Herstellung von Hochofenzementen in Betrieb genommen. Auf der Mühle, es handelt sich um eine Walzenschüsselmühle der Baugrößenbezeichnung MPS 3750C der Gebr. Pfeiffer AG, Kaiserslautern, wurden während eines knapp zwei Jahrzehnte langen Produktionsbetriebs bis heute ca. 3 Mio. Tonnen Zement erzeugt. Die vom Markt geforderten Zement- und Betoneigenschaften werden von der Walzenschüsselmühle in allen Positionen erfüllt. Dabei eignet sich die Mühle sowohl zur gemeinsamen als auch getrennten Mahlung und Trocknung von Zementkomponenten. Das Mahlssystem besitzt auch den Vorteil, daß aufgrund der geringen Mahlgutmenge in der Mühle ein schneller Sortenwechsel gewährleistet ist. Im Vergleich zur Kugelmühle wird durch Einsatz der Walzenschüsselmühle sortenabhängig eine Energieeinsparung zwischen 25 und 40 % erreicht. Nachteilig sind allerdings die höheren Verschleiß- und Instandhaltungskosten, die vor allem durch den abrasiven Hüttenand verursacht werden. Da sich bei der Walzenschüsselmühle der Verschleiß an den Mahlwerkzeugen bekannterweise sehr nachteilig auf Durchsatz und Energieverbrauch auswirkt, müssen die Mahlwerkzeuge schon bei einer geringen Verschleißtiefe durch eine entsprechende Auftragschweißung regeneriert werden.

SUMMARY

In 1980 the Teutonia Zementwerk AG of Hannover commissioned the first grinding plant in the world with a vertical roller mill for producing blastfurnace cements. The mill – an MPS 3750C vertical roller mill from Gebr. Pfeiffer AG of Kaiserslautern – has so far produced approximately 3 million tonnes of cement during a production period of just under two decades. The cement and concrete properties required by the market are met in all respects by the vertical roller mill. The mill is suitable for grinding and drying the cement components either together or separately. The grinding system also has the advantage that, because of the small quantity of mill feed in the mill, it is possible to change product type rapidly without any appreciable transition material. A power saving of between 25 and 40 %, depending on the product, is achieved when using the vertical roller mill as compared to a ball mill. However, the high wear and maintenance costs, caused mainly by the abrasive granulated blastfurnace slag, are a disadvantage. It is well known that with vertical roller mills the wear on the grinding elements has a very detrimental effect on throughput and power consumption, so the grinding elements have to be regenerated by appropriate hardfacing after only small amounts of wear.

Production of slag cements in a vertical roller mill*)

RÉSUMÉ

En 1980, Teutonia Zementwerk A. G. à Hannover a mis en service le premier atelier de broyage au monde avec un broyeur à galets pour la fabrication de ciments de haut fourneau. Avec ce broyeur, un broyeur à galets de type MPS 3750C de la Gebr. Pfeiffer A. G., Kaiserslautern, ont été fabriquées jusqu'à présent env. 3 millions de tonnes de ciment, au cours d'une exploitation de près de deux décennies. Les propriétés du ciment et du béton exigées par les consommateurs ont été tout à fait respectées par le broyeur à galets. Ainsi, le broyeur s'adapte aussi bien au broyage et séchage en commun, que séparément, des composants du ciment. Le système de broyage a aussi l'avantage que, du fait de la faible quantité de matière à broyage dans le broyeur, il est possible de garantir un changement rapide de la qualité sans délai notable. Comparé au broyeur à boulets, l'utilisation du broyeur à galets permet, selon les sortes de ciment, de réaliser une économie d'énergie entre 25 et 40 %. Les inconvénients sont, bien sûr, des coûts plus élevés d'usure et de maintenance, causés surtout par l'abrasivité du laitier. Comme il est notoire, que l'usure des outils de broyage du broyeur à galets a un effet désavantageux sur le débit et la consommation d'énergie, il est nécessaire de resurfaçer les outils de broyage avec de la soudure rapportée appropriée, ceci déjà pour une faible profondeur d'usure.

Fabrication de ciments de haut fourneau dans un broyeur à galets

*) Überarbeitete Fassung eines Vortrags, den der zweitgenannte Autor auf der Frühjahrstagung des VDZ am 6. 2. 1997 in Düsseldorf gehalten hat
Revised text of a lecture given by the second author mentioned above to the VDZ's Spring Conference in Düsseldorf on 6. 2. 1997

RESUMEN

Fabricación de cementos siderúrgicos por medio de un molino de cubeta y rodillos

La Teutonia Zementwerke AG, de Hannover, puso en servicio, en el año 1980, la primera instalación en el mundo, destinada a la fabricación de cementos siderúrgicos. Con este molino, que es un molino de cubeta y rodillos, tipo MPS 3750C, fabricado por Gebr. Pfeiffer AG, de Kaiserslautern, han sido fabricadas durante un periodo de producción de casi dos décadas, y hasta el día de hoy, 3 millones de toneladas de cemento aprox. Las exigencias del mercado en cuanto a las propiedades del cemento y del hormigón las cumple el citado molino de cubeta y rodillos integralmente, el cual se presta tanto para la molienda y secado conjuntos como separados de los componentes del cemento. Este sistema de molienda tiene, además, la ventaja de que bebido a la reducida cantidad de material a moler dentro del molino, queda garantizado un rápido cambio de tipos de cemento, sin mayor transición. En comparación con el molino de bolas, el empleo del molino de cubeta y rodillos permite conseguir, en función del tipo de cemento, un ahorro de energía de 25 a 40%. No obstante, existe el inconveniente de mayores gastos por desgaste y mantenimiento, causados sobre todo por la abrasividad de la escoria siderúrgica. Puesto que en el molino de cubeta y rodillos el desgaste de los elementos de molienda influye, como es sabido, de forma muy negativa en el rendimiento y el consumo de energía, hay que regenerar dichos elementos de molienda en cuanto se haya producido un desgaste de poca profundidad, por medio de una soldadura de recargue.

1. Einleitung

Für die Auswahl und Arbeitsweise von Mahlanlagen zur Herstellung von Hochofenzementen sind die Anforderungen an die Zementeigenschaften, die Umweltverträglichkeit, das Betriebsverhalten und vor allem auch an niedrige Produktionskosten die entscheidenden Kriterien. Bei der Bewertung dieser Kriterien hat sich die Teutonia Zementwerke AG, Hannover, bereits im Jahre 1979 für den Einsatz einer Walzenschüsselmühle entschieden, zumal sehr gute Erfahrungen mit diesem Mühlensystem bei der Mahltrocknung von Rohmaterial für die Klinkererzeugung vorlagen.

1. Introduction

The decisive criteria in the choice and mode of operation of grinding plants for producing blastfurnace cements are the specifications for the cement properties, environmental compatibility, operating characteristics and, above all, low production costs. When evaluating these criteria the Teutonia Zementwerk AG of Hannover had made the decision back in 1979 to use a vertical roller mill, as this mill system had given very good results when drying and grinding raw materials for clinker production.



BILD 1: Die von der Gebr. Pfeiffer AG gelieferte Walzenschüsselmühle MPS 3750C für die Herstellung von Hochofenzementen bei der Teutonia Zementwerk AG, Hannover

FIGURE 1: The MPS 3750C vertical roller mill supplied by Gebr. Pfeiffer AG for producing blastfurnace cements at Teutonia Zementwerk AG in Hannover

TABELLE 1: Technische Daten der Walzenschüsselmühle MPS 3750 C
TABLE 1: Technical data for the MPS 3750 C vertical roller mill

Ausrüstung/Lieferant equipment/supplier	Maßeinheit units	Zahlenwert numerical value
Walzenschüsselmühle MPS 3750C/Gebr. Pfeiffer MPS 3750C vertical roller mill		
Abmessungen der Mahlwerkzeuge dimensions of the grinding elements		
- Anzahl der Mahlwalzen number of grinding rollers		3
- mittlere Mahlbahn Ø average grinding track diameter	mm	3750
- Durchmesser der Mahlwalzen grinding roller diameter	mm	2700
Antrieb der Mahlschüssel Pékrun KSP 8000 VA grinding table drive		
- Antriebsleistung mit 3-Stufen- Schaltgetriebe drive rating with 3-stage gear unit	kW	1900
- Antriebsdrehzahl drive speed	min ⁻¹	20,2/22,5/24,2
Mühlensichter SLF 6700/Gebr. Pfeiffer mill SLF 6700 classifier		
- Drehzahlbereich speed range	min ⁻¹	0-160
- Antriebsleistung drive rating	kW	330
Prozeßgebläse/Babcock process fan		
- Gasvolumenstrom gas flow	m ³ /h	277000
- Antriebsleistung drive rating	kW	623
Heißgaserzeuger/Pillard hot gas generator		
- Wärmeleistung heat capacity	GJ/h	30,1

2. Beschreibung der Anlage

2.1 Anlagenkonzept

Tabelle 1 enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten technischen Daten des von der Gebr. Pfeiffer AG gelieferten Mahltrocknungssystems zur Hochofenzement-Herstellung. Die **Bilder 2** und **3** zeigen den schematischen Aufbau der Anlage und eine Schnittdarstellung der Mühle.

Die Zementbestandteile werden über Dosierbandwaagen zugeteilt und mit einer Zellenradschleuse in die Mühle eingetragen. Drei ortsfeste Walzen mit einer Masse von je 43 t und einem Durchmesser von 2 700 mm werden mit einem Druckrahmen hydraulisch auf die Mahlschüssel gedrückt, deren mittlerer Mahlbahndurchmesser 3 750 mm beträgt. Durch das 3stufige Schaltgetriebe kann die Mühle je nach Zementart sehr flexibel mit der optimalen Drehzahl betrieben werden. Das gleichmäßige Mahlbett zwischen Schüssel und Walzen sorgt für einen ruhigen, vibrationsarmen Lauf.

Die Anlage arbeitet im Umlauf mit einem dynamischen Sichter, der direkt über dem Mahlraum im selben Gehäuse angeordnet ist. Ein Teil des Mahlguts wird durch 12 Bypassrohrleitungen am Sichter vorbeigeführt. Ihr nachträglicher Einbau hatte sich als notwendig erwiesen, um neben der Drehzeleinstellung des Sichterflügelrades auf die Korngrößenverteilung des Fertiggutes zusätzlich Einfluß nehmen zu können.

Das mit dem Luftstrom ausgetragene Fertiggut wird in einem Doppelzyklon abgeschieden. Das Mühlengebläse ist mit einem drehzahlregelbaren Antrieb ausgerüstet, um die Mühle optimal auf verschiedene Zementarten einstellen zu können. Der Luftvolumenstrom wird zum überwiegenden Teil wieder zur Mühle zurückgeleitet, nur ein verhältnismäßig kleiner Teil wird über einen Schlauchfilter mit Druckluftabreinigung abgeführt. Das Anlagenkonzept der Zyklonabscheidung mit einem relativ kleinen Schlauchfilter hat sich wegen der niedrigen Instandhaltungskosten bewährt. Einen nennenswerten Verschleiß an den Zyklonabscheidern oder am Laufrad des Mühlensichters konnte bislang nicht verzeichnet werden. Im Mahltrocknungsbetrieb bei der Herstellung von Hochofenzementen erwärmt ein Heißgaszerzeuger den Luftstrom. Der eingesetzte Gasbrenner hat eine Heizleistung von 30,1 GJ/h.

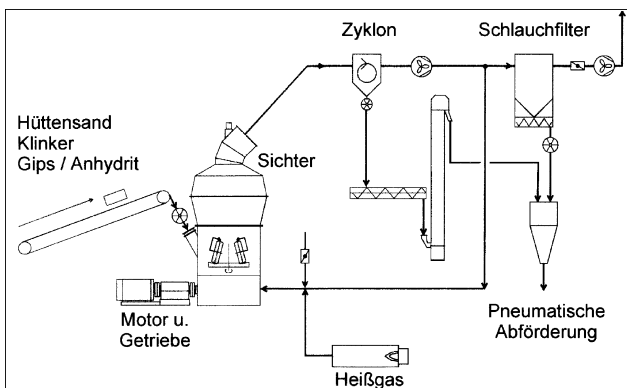


BILD 2: Flow Sheet der bei der Teutonia Zementwerk AG, Hannover, erstmalig in der Welt errichteten Mahlanlage mit MPS-Walzenschüsselmühle zur Herstellung von Hochofenzementen

FIGURE 2: Flow sheet for the world's first grinding plant with an MPS vertical roller mill for producing blastfurnace cements installed at Teutonia Zementwerk AG in Hannover

Hüttensand	granulated blastfurnace slag
Klinker	clinker
Gips/Anhydrit	gypsum/anhydrite
Motor u. Getriebe	motor and gear unit
Sichter	classifier
Zyklon	cyclone
Heißgas	hot gas
Schlauchfilter	bag filter
Pneumatische Abförderung	pneumatic discharge system

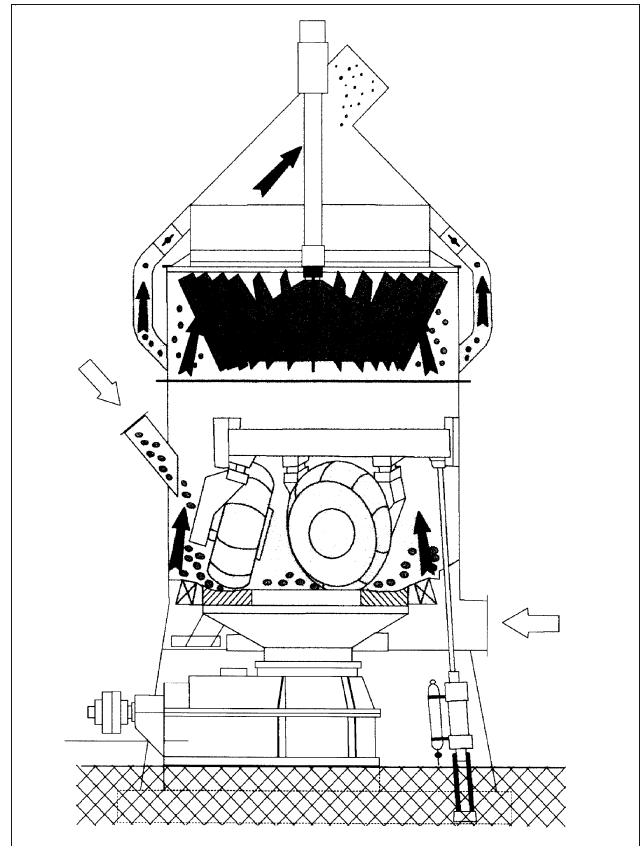


BILD 3: Schnittdarstellung der Walzenschüsselmühle MPS 3750 C

FIGURE 3: Sectional representation of the MPS 3750 C vertical roller mill

2. Description of the plant

2.1 Plant concept

Table 1 lists the most important technical data for the drying and grinding system supplied by Gebr. Pfeiffer AG for producing blastfurnace cement. **Figs. 2** and **3** show the structure of the plant diagrammatically, and give a sectional representation of the mill.

The cement constituents are proportioned by belt weigh-feeders and fed into the mill through a rotary-vane feeder. The fixed rollers, each with a mass of 43 t and a diameter of 2 700 mm, are pressed hydraulically by a pressure frame against the grinding table which has an average grinding track diameter of 3 750 mm. The mill with its 3-stage gear unit can be operated very flexibly at the optimum rotational speed to suit the type of cement. The uniform grinding bed between the table and rollers ensures quiet, low-vibration running.

The plant operates in circuit with a dynamic classifier which is located in the same housing directly above the grinding chamber. Part of the material being ground is led past the classifier through 12 bypass pipes. These had to be retrofitted to achieve extra control of the particular size distribution of the finished product in addition to adjusting the speed of the classifier impeller.

The finished material carried out with the air flow is collected in a double cyclone. The mill fan is fitted with a variable speed drive so that the mill can be set up optimally for different types of cement. The majority of the air flow is returned to the mill and only a relatively small proportion is discharged through a bag filter, which has a compressed air cleaning system. The plant design with cyclone separation and a relatively small bag filter has proved successful because of the low maintenance costs. So far no appreciable wear has been recorded on the cyclone separators or on the impeller of the mill fan. In dry-

2.2 Regelkreise

Die Mühle wird vollautomatisch vom Zentralen Leitstand des Werkes aus gefahren. Geregelt werden der Luftstrom, der Unterdruck vor der Mühle, die Aufgabemenge und die Abgastemperatur. Der Luftvolumenstrom durch die Mühle wird über die Drehzahl des Mühlengebläses konstant gehalten, der Unterdruck vor der Mühle durch Regeln des Filtergebläses. Die Frischgutaufgabe wird in Abhängigkeit vom Differenzdruck geregelt. Beim Mahlen von Komposit-Zementen wird die Abgastemperatur nach der Mühle durch Regeln der Wärmeleistung des Heißgaserzeugers konstant gehalten.

2.3 Beeinflussung der Zementqualität

Das Anlagenkonzept erlaubt es, auf die Korngrößenverteilung und damit auf die Produkteigenschaften gezielt Einfluß zu nehmen. Es wurde bereits erwähnt, daß durch das 3stufige Schaltgetriebe die Mühle je nach Zementorte sehr flexibel mit der optimalen Drehzahl (20,2/22,5/24,2 min⁻¹) betrieben werden kann. Durch die installierten Bypassrohrleitungen kann ein Teil des Mahlguts gezielt am Sichter vorbeigeführt werden. Da die Bypassrohrleitungen zusätzlich mit Klappen ausgestattet sind, können sie paarweise zugeschaltet werden, wodurch sich die Korngrößenverteilung bzw. die Rückstände R_{0,032} bzw. R_{0,090} verändern. Die Veränderung von Aufgabemenge, Sichterzahl, Luftmenge und Anpreßdruck der Walzen auf die Mahlschüssel sind weitere Möglichkeiten, um die Feinheit bzw. den Korngrößenbau des Fertigguts einstellen zu können. Der maximale Anpreßdruck der Walzen auf die große Mahlschüssel beträgt bis zu 350 bar.

3. Betriebserfahrungen

3.1 Energieverbrauch

Bei der Herstellung von Hochofenzementen beeinflusst die Mahlbarkeit der Zementbestandteile Klinker und Hüttenand ganz entscheidend den spezifischen Arbeitsbedarf und damit die Produktionskosten. Gegenüber Kugelmühlzementen liegt der spezifische Arbeitsbedarf bei Wälzmühlen-Zementen mit gleicher massebezogener Oberfläche vergleichsweise niedrig. Mit 33 kWh/t bei einem Zement der Sorte CEM III/A 32,5 und mit 45 kWh/t beim CEM III/B 32,5 NWHSNA beträgt die Energieeinsparung 25 bis 40%. **Tabelle 2** enthält den spezifischen Arbeitsbedarf für die Zementarten CEM III/A und B 32,5, aufgeschlüsselt auf die einzelnen Antriebe.

Das bei der Walzenschüsselmühle angewandte Luftstromprinzip bietet hervorragende Bedingungen für die Mahltrocknung von Hüttenzementen, d. h. für die gemeinsame Mahlung von Klinker mit Temperaturen von 80°C und Hüttenand mit einer Feuchte von in der Regel 10%. Einerseits ist die Verweilzeit im Mahlssystem verhältnismäßig niedrig, so daß keine Reaktionen des Klinkers mit dem durch den feuchten Hüttenand eingebrachten Wasser möglich sind. Andererseits können Dank des großen Gasdurchsatzver-

ing and grinding operation when producing blastfurnace cements the air flow is heated by a hot gas generator. The gas burner used has a heating capacity of 30.1 GJ/h.

2.2 Control loops

The mill is run fully automatically from the works' central control room. The air flow, the negative pressure before the mill, the feed rate, and the exhaust gas temperature are controlled. The volume of air flow through the mill is kept constant by the speed of the mill fan, and the negative pressure before the mill by controlling the filter fan. The fresh material feed is controlled as a function of the differential pressure. When composite cements are being ground the exhaust gas temperature after the mill is kept constant by controlling the heat output from the hot gas generator.

2.3 Controlling the cement quality

The plant design makes it possible to apply specific controls to the particle size distribution and hence to the product properties. It has already been mentioned that through its 3-stage gear unit the mill can be operated very flexibly at the optimum rotational speed (20.2, 22.5, 24.2 rpm) to suit the type of cement. A controlled proportion of the ground material can be led past the classifier through the installed bypass pipes. The bypass pipes are also fitted with dampers, so they can be closed off in pairs, thereby changing the particle size distribution and the residues R_{0,032} and R_{0,090}. The variations in feed quantity, classifier speed, air volume, and the pressure applied by the rollers to the grinding table are other options for adjusting the fineness or the particle size composition of the finished product. The maximum pressure applied by the rollers to the large grinding table is 350 bar.

3. Operating experience

3.1 Power consumption

During the production of blastfurnace cements the grindability of the clinker and granulated blastfurnace slag components of the cement has a very decisive effect on the specific power consumption, and hence on production costs. The specific power consumption of vertical roller mill cements is comparatively low when compared with ball mill cements with the same specific surface area. At 33 kWh/t for a CEM III/A 32,5 cement and 45 kWh/t for a CEM III/B 32,5 NWHSNA (low-heat, highly-sulphate-resistant, low-alkali) cement the power saving is 25 to 40%. **Table 2** contains the specific power consumptions for CEM III/A and B 32,5 cements, broken down for the individual drives.

The air-swept principle used in vertical roller mills provides excellent conditions for drying and grinding slag cements, i. e. for intergrinding clinker with a temperature of 80°C and granulated blastfurnace slag which usually

TABELLE 2: Spezifischer Arbeitsbedarf bei der Herstellung von zwei verschiedenen Zementen auf der Walzenschüsselmühle
TABLE 2: Specific power consumption during the production of two different cements in the vertical roller mill

Bezeichnung designation	Maßeinheit units	Zahlenwert je nach Zementorte numerical value depending on cement type	
		CEM III/A 32,5	CEM III/B 32,5 NWHSNA
Durchsatz/throughput	t/h	70,0	45,0
Spez. Arbeitsbedarf/specific power consumption	kWh/t		
- Mahlschüssel/grinding table		20,6	31,0
- Prozeßgebläse/process fan		8,5	8,8
- Sichterflügelrad/classifier impeller		1,6	2,5
- Sonstiges/other		1,6	2,5
Gesamt/total	kWh/t	32,3	44,8

TABELLE 3: Qualitätseigenschaften der Hochofenzemente
TABLE 3: Quality characteristics of blastfurnace cements

Zementeigenschaft cement properties	Maßeinheit units	Zementsorte cement type	
		CEM III/A 32,5	CEM III/B 32,5
Hüttensandgehalt tr. blastfurnace slag, dry	%	52	75
Spez. Oberfläche nach Blaine specific surface area acc. to Blaine	cm ² /g	3600	4300
Mahlfeinheit fineness	%		
- R 0,032 mm residue on 0.032 mm		14,1	6,6
- R 0,09 mm residue on 0.09 mm		1,5	0,1
Wasseranspruch water demand	%	27,5	29,0
Druckfestigkeit compressive strength	N/mm ²		
- 2 Tage/ 2 day		15,2	9,0
- 7 Tage/ 7 day		31,7	29,1
- 28 Tage/28 day		49,0	47,5
Erstarren setting times	min		
- Anfang/initial		205	250
- Ende/final		270	315

mögens der Mühle und wegen der damit verbundenen guten Wärmeübergangsbedingungen im Mahlraum große Mengenströme niedrigwertiger Gase zur Trocknung vorteilhaft genutzt werden.

Bei gleichzeitiger Aufgabe eines Klinkers mit Temperaturen von 80 °C und eines Hüttensands mit einer Feuchte von 10 % beträgt die Zementtemperatur max. 70 °C. Die Gas-temperaturen liegen am Mühleneingang bei 140 °C und nach der Mühle bei 80 °C. Der spezifische Wärmebedarf für die Trocknung beläuft sich auf 260 kJ/kg Zement.

3.2 Qualitätswerte der Hochofenzemente

In **Tabelle 3** sind die Qualitätswerte der in der Walzenschüsselmühle erzeugten Hochofenzemente zusammengestellt. Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß die in dieser Mühle erzeugten Zemente die vom Markt geforderten Eigenschaften hinsichtlich Festigkeiten, Wasseranspruch und Erstarren im vollen Umfang erfüllen.

3.3 Verschleiß

Nachteilig im Vergleich zur Kugelmühle sind die höheren Verschleiß- und Instandhaltungskosten, die vor allem durch den abrasiven Hüttensand verursacht werden. In der Walzenschüsselmühle treten folgende Verschleißarten auf: Druck- und Reibverschleiß an den Mahlwerkzeugen sowie der Strahl- und Gleitverschleiß infolge des Luftstroms am Mühllengehäuse und an den Mühleinbauten. Dieser Verschleiß erhöht sich extrem bei der Mahlung von Hochofenzementen, verursacht durch den hohen eisenhaltigen Hüttensandanteil. Eine Möglichkeit zur Verschleißminderung stellt der Einbau eines Magnetabscheiders im äußeren Griebkreislauf dar, um die z. T. erst durch die Mahlung freigelegten Eisenpartikel auszuschleusen.

Die dem Strahl- und Gleitverschleiß ausgesetzten Bereiche wie Düsenring, Druckrahmen und unteres Mühllengehäuse wurden nachträglich mit hochlegiertem Stahl gepanzert. Dabei haben sich Panzerungen aus Ni-Hard 4, d. h. aus einem nickel-chrom-legierten Hartguß, als ein besonders dauerhafter Schutz erwiesen. Siebflügel und -gehäuse wurden durch Einsatz von Stahlblechen mit einer Brinellhärte von 250 HB geschützt. Um den Druck- und Reibverschleiß

has a moisture content of 10%. On the one hand the residence time in the grinding system is relatively low, so that clinker is not able to react with the water introduced by the moist granulated blastfurnace slag. On the other hand, large volume flows of low-grade gas can be used to advantage for the drying, thanks to the large gas throughput capacity of the mill and the associated good heat transfer conditions in the grinding chamber.

With simultaneous feed of clinker at a temperature of 80 °C and granulated blastfurnace slag containing 10% moisture the maximum cement temperature is 70 °C. The gas temperature at the mill inlet is 140 °C and after the mill is 80 °C. The specific heat consumption for drying comes to 260 kJ/kg cement.

3.2 Quality parameters of the blastfurnace cements

The quality parameters of the blastfurnace cements produced in the vertical roller mill are listed in **Table 3**. From the list it can be seen that the cements produced in this mill completely fulfil the properties required by the market with respect to strengths, water demand and setting times.

3.3 Wear

The higher wear and maintenance costs, which are due mainly to the abrasive granulated blastfurnace slag, are a disadvantage when compared with ball mills. The following types of wear occur in the vertical roller mill: compressive and frictional wear on the grinding elements, and abrasive jet wear and sliding abrasion resulting from the air flow in the mill housing and on the mill internals. This wear is greatly increased when blastfurnace cements are ground because of the high proportion of granulated blastfurnace slag, which contains iron. One possible way of reducing the wear is to install a magnetic separator in the external tailings circuit in order to remove the iron particles, some of which are only released during the grinding.

The parts which are exposed to abrasive jet wear and sliding abrasion, such as the louvre air ring, pressure frames and lower mill housing, were retrofitted with high-alloy steel plating. It has been found that liner plates made of Ni-Hard 4, i. e. of a nickel-chrome alloy chill casting, form a durable protection. The classifier impeller and housing were protected by using sheet steel with a Brinell hardness of 250 HB. In order to lower the compressive and frictional wear on the grinding elements the wearing parts were altered and made simpler to replace.

It is well known that increasing wear on the grinding elements in vertical roller mills has a detrimental effect on the throughput and power consumption. The rollers and table become worn in different ways as a result of frictional wear and this impairs the grinding geometry. The service lives of the grinding element are therefore not limited by the low net wear of the grinding parts, but by the deteriorating comminution effect. Clear indicators for replacement of wearing parts, or their regeneration, are increasing power consumption and changed particle size distribution. For this reason the grinding elements are now regenerated by hardfacing after only a small amount of wear. **Fig. 4** shows how the grinding plate segments are resurfaced in the mill. The wear segments which were supplied in 1987 have been hardfaced three times and have achieved a service life of over 18000 hours. The mill grinds different types of cement in continuous operation, so only the total wear is known. The specific wear data for the individual types of cement in **Table 4** should therefore only be regarded as estimated values.

TABELLE 4: Spezifische Verschleißwerte (geschätzt) der Mahlwerkzeuge in g/t
TABLE 4: Specific wear values (estimated) of the grinding elements in g/t

Zementsorte cement type	Zahlenwert numerical value
CEM I 42,5 R	6,5
CEM III/A 32,5	28
CEM III/B 32,5 NWHSNA	38

an den Mahlkörpern zu senken, wurden die Verschleißteile verändert und ihre Austauschbarkeit vereinfacht.

Wie bei Walzenschüsselmühlen allgemein bekannt, hat der zunehmende Verschleiß der Mahlwerkzeuge einen negativen Einfluß auf die Entwicklung von Durchsatz und Energiebedarf. Infolge Reibverschleiß nutzen sich Walzen und Schüssel unterschiedlich ab und verschlechtern die Mahlgeometrie. Deshalb werden die Standzeiten der Mahlwerkzeuge nicht durch den an sich geringen Nettoverschleiß der Verschleißteile, sondern durch die sich verschlechternde Zerkleinerungswirkung limitiert. Deutliche Indikatoren für einen Austausch von Verschleißteilen bzw. Regenerierung sind der ansteigende Arbeitsbedarf und eine veränderte Korngrößenverteilung. Aus diesem Grunde werden die Mahlwerkzeuge heute schon bei einer geringen Verschleißtiefe durch Auftragschweißen regeneriert. **Bild 4** zeigt, wie die Mahlplattensegmente in der Mühle aufgeschweißt werden. Mit Verschleißsegmenten, die 1987 geliefert wurden, ist eine Standzeit von über 18000 Stunden bei dreimaliger Auftragschweißung erreicht worden. Da die Mühle im kontinuierlichen Betrieb unterschiedliche Zementsorten mahlt, ist nur der Gesamtverschleiß bekannt. Die spezifischen Verschleißangaben für die einzelnen Zementsorten in **Tabelle 4** verstehen sich deshalb nur als Schätzwerte.

4. Konstruktive Verbesserungen

Entscheidend für die Senkung der Produktionskosten und das gute Betriebsverhalten der Mühle sind inzwischen auch grundlegende konstruktive Verbesserungen, die der Mühlenhersteller, nicht zuletzt auch gestützt auf die bei TEUTONIA gesammelten Erfahrungen, an anderer Stelle umgesetzt hat.

Bild 5, 6 sowie **Tabelle 5** enthalten die wichtigsten Neuerungen, die zur neuen Mühlengeneration führten. Im we-



BILD 4: Auftragschweißen von Mahlplattensegmenten in der Mühle
FIGURE 4: Hardfacing grinding plate segments in the mill

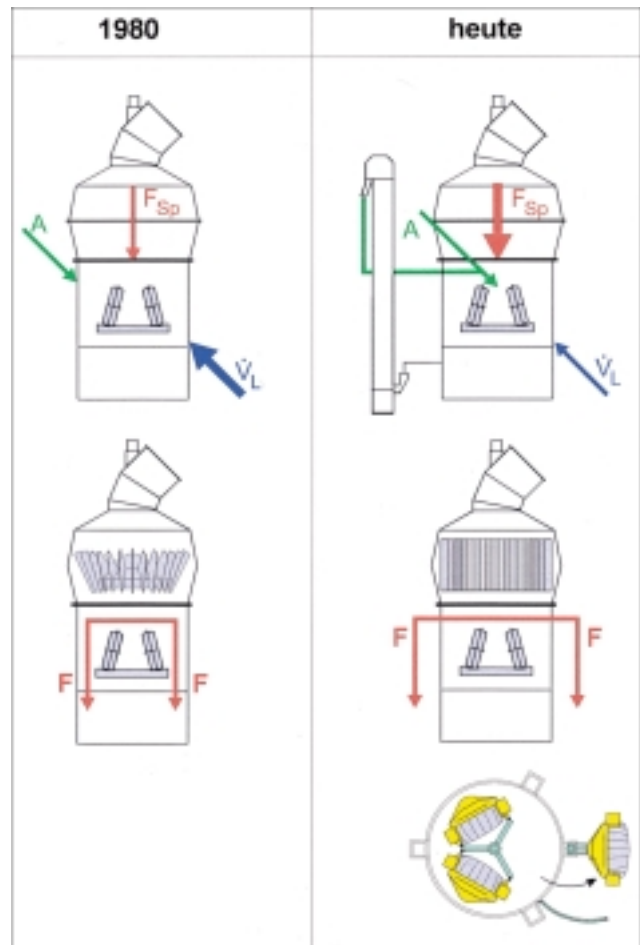


BILD 5: Gegenüberstellung der alten und neuen Mühlengeneration
FIGURE 5: Comparison of the old and new mill generations

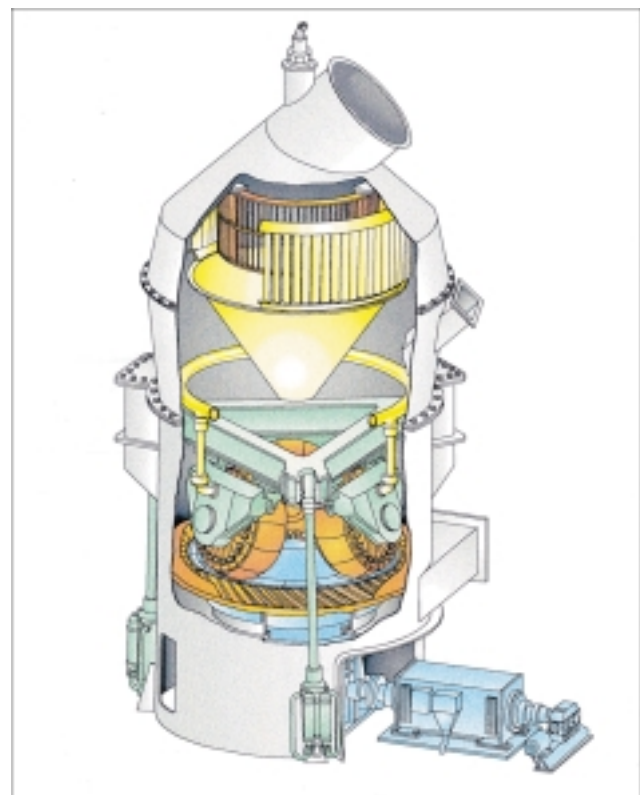


BILD 6: Schnittdarstellung der MPS-Walzenschüsselmühle neuer Generation

FIGURE 6: Sectional representation of an MPS vertical roller mill of the new generation

TABELLE 5: Gegenüberstellung der MPS-Mühle alter und neuer Generation
TABLE 5: Comparison of MPS mills of the old and new generations

Konstruktionsmerkmale/design features	1980	heute/now
Mühlentyp/mill type	MPS C	MPS BC
Mühlengehäuse mill housing	hexagonal hexagonal	zylindrisch cylindrical
Materialaufgabe material feed	seitlich side	zentral central
Zugstangenanordnung tension rod configuration	innerhalb Mühlengehäuse inside mill housing	außerhalb Mühlengehäuse outside mill housing
Lift-and-Swing-System lift and swing system	nein no	ja yes
Spez. Anpreßkraft specific pressure force	mittel medium	hoch high
Elektr. Messung der Mahlbetthöhe electrical measurement of grinding bed depth	nein no	ja yes
Luftgeschwindigkeit im Düsenring in m/s air speed in louver ring in m/s	70-90	30
Äußerer Materialumlauf external material circuit	nein no	ja yes
Dynam. Sichter dynamic classifier	Flügelsichter impeller classifier	Korbsichter cage rotor classifier

sentlichen ist die neue Mühlengeneration durch die zentrale Materialaufgabe, einen zusätzlichen mechanischen Materialumlauf, durch außen liegende Zugstangen, durch optimal bemessene Mahlwerkzeuge, durch einen dynamischen Korbsichter und schließlich auch durch große Montageöffnungen mit Lift- und Swing-Vorrichtungen gekennzeichnet.

5. Schlußbemerkung

Die Teutonia Zementwerk AG, Hannover, hat im Jahre 1980 die weltweit erste Walzenschüsselmühle zur Herstellung von Hochofenzementen in Betrieb genommen. Nachdem in einem Zeitraum von fast zwei Jahrzehnten auf dieser Mühle ca. 3 Mio. Tonnen Hüttenzement gemahlen wurden, kann auf der Grundlage der gemachten Erfahrungen über Betriebsverhalten und Wirtschaftlichkeit dieses Mahlsystems folgende Bewertung abgegeben werden:

- Die Korngrößenverteilung kann optimal auf die gewünschten Zementeigenschaften eingestellt werden.
- Wegen der niedrigen Fertigtguttemperaturen – auch bei hohen Durchsätzen – ist keine gesonderte Zementkühlung erforderlich.
- Die relativ geringe Mahlgutmenge in der Mühle ermöglicht einen schnellen Sortenwechsel ohne nennenswerten Übergang.
- Der Mühlenbetrieb ist vibrationsarm und durch einen niedrigen Geräuschpegel gekennzeichnet.
- Die Energieeinsparung im Vergleich zur Kugelmühle beträgt je nach Zementsorte im Durchschnitt zwischen 25 bis 40 %.

Die gemeinsame Mahlung und Trocknung von Zementkomponenten zur Herstellung von Hüttenzementen auf der Walzenschüsselmühle hat sich verfahrenstechnisch bewährt. Die vom Markt geforderten Zement- und Betoneigenschaften werden von den in der Walzenschüsselmühle erzeugten Zementen erfüllt. Auch für die getrennte Mahlung von Zementkomponenten kann dieses Mahlsystem vorteilhaft eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis/Literature

- [1] Leyser, W., Sillem, H.: Planung, Bau und Betrieb einer Zementmahlanlage mit einer MPS-Walzenschüsselmühle. ZKG INTERNATIONAL 37 (1984) No. 2, pp. 83-86.

4. Design improvements

Fundamental design improvements which the mill manufacturer has implemented elsewhere, based not least on the experience gained at TEUTONIA, have now been crucial in reducing production costs and achieving good mill operating characteristics.

Figs. 5 and 6, and Table 5, contain the most important innovations which have led to the new generation of mills. This new generation is essentially characterized by the central mill feed, an additional mechanical material circuit, external tension rods, optimally dimensioned grinding elements, a dynamic cage rotor classifier, and finally also by large assembly openings with lift-and-swing equipment.

5. Conclusion

In 1980 the Teutonia Zementwerk AG in Hannover commissioned the first vertical roller mill in the world to be used for producing blastfurnace cements. Now that about 3 million tonnes of slag cement have been ground in this mill in a period of almost two decades it is possible to make the following evaluation of the operating characteristics and cost-effectiveness of this grinding system based on the experience obtained:

- The particle size distribution can be optimally adjusted to give the required cement properties.
- Because of the low temperature of the final product – even at high throughputs – there is no need for a separate cement cooling system.
- The relatively small quantity of mill feed in the mill facilitates a rapid change of product without any appreciable transition material.
- The mill operation has little vibration and is characterized by a low noise level.
- The average power saving in comparison with a ball mill lies between 25 and 40% depending on the type of cement.

The intergrinding and drying of cement components to produce slag cements in the vertical roller mill has proved to be a process engineering success. The cement and concrete properties required by the market are fulfilled by the cements produced in the vertical roller mill. This grinding system can also be used advantageously for grinding the cement components separately.