

# **Trockenfeinstvermahlung und Sichtung von keramischen Werkstoffen anhand von praktischen Anwendungsbeispielen**

---

NETZSCH-CONDUX  
Mahltechnik GmbH  
Rodenbacher Chaussee 1  
D-63457 Hanau/Wolfgang  
Telefon +49 6181 506-01  
Telefax +49 6181 57 12 70  
info@ncx.netzsch.com  
www.netzsch-condux.de

**NETZSCH**  
●●●●●●●●●●

Dipl.-Ing.  
Andree Maindok,  
Netzsch-Condux  
Mahltechnik  
GmbH,  
Deutschland

# Trockenfeinstvermahlung und Sichtung von keramischen Werkstoffen anhand von praktischen Anwendungsbeispielen

In der keramischen Industrie ist die mechanische Behandlung von Roh-, Hilfs- oder Fertigstoffen ein wichtiger Teil vieler Produktionsverfahren. Eine zentrale Bedeutung kommt dabei Zerkleinerungs- und Sichtprozessen zu, um für den jeweiligen Prozess ein oftmals genau definiertes Kornspektrum zur Verfügung zu stellen.

Insbesondere bei der Zerkleinerung von keramischen und abrasiven Materialien hat sich aufgrund der Härte das Mahlprinzip der Gegenstrahlmahlung bewährt. Diese können heute in einem Arbeitsschritt auf hohe Feinheiten mit exakter Oberkornbegrenzung aufgemahlen werden.

## Grundlagen der Strahlmahlung

Fließbett-Gegenstrahlmühlen arbeiten nach dem Prinzip der Expansion von komprimierten Gasen und sind somit besonders geeignet zur Feinstvermahlung von mittelharten bis harten Produkten bei relativ günstigem Verschleißverhalten. Oftmals zusätzlich geforderte produktspezifische Eigenschaften wie Farbwerte oder Kontaminationsfreiheit lassen sich ebenfalls mit diesem Mahlprinzip einfacher in die Praxis umsetzen. Das Aufgabegut wird mittels einer Taktschleuse über ein Zulaufrohr (1) in die Mühle gegeben (Bild 1). In der Nähe des Mühlenbodens sind Mahldüsen (3) am Umfang der Mahlkammer angebracht, die komprimierte Luft horizontal in das Zentrum der Mahlkammer (2) einblasen.

Am Kopf der Mühle ist ein Sichtrad integriert, mit dem die mit dem Luftstrom aufsteigenden Feinpartikel ausgesichtet werden. Die Produktfeinheit lässt sich dabei über die Veränderung der Sichtraddrehzahl mittels eines am Antriebsmotor (5) installierten Frequenzumformers einstellen. Am Produktaustritt (6) nach dem Sichtrad befindet sich eine

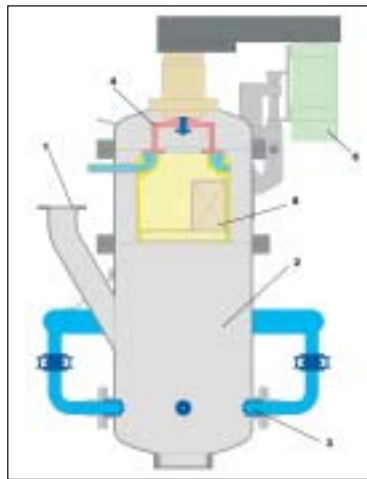


Bild 1 Aufbau einer Fließbettgegenstrahlmühle

Expansionskammer zur Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeiten bzw. den damit einhergehenden Verschleiß und zur Realisierung eines drallfreien Austritts aus der Mühle.

Ein mitrotierendes Tauchrohr im Sichtrad (Patente angemeldet) sorgt für ein spritzkornfreies Feingut. Durch die Auswechselbarkeit des Tauchrohres kann weiterhin die Anlage produktspezifisch über den Tauchrohrdurchmesser an die gewünschte Partikelfeinheit angepasst werden.

In der Regel arbeitet man bei mittelharten bis harten Produkten mit

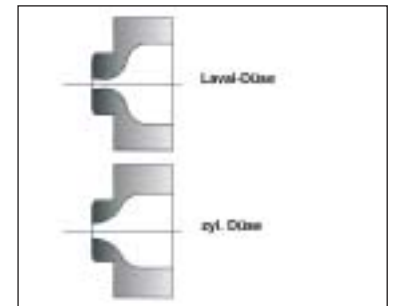


Bild 2 Mahldüsenausführungen

Mahlluftdrücken zwischen 6 und 10 bar (ü) und verwendet dabei als Düsenform die Laval-Düse. Bei einigen speziellen Anwendungen hat es sich als günstig erwiesen, im Niederdruckbereich bei ca. 2,5 bis 3 bar (ü) zu arbeiten. In diesem Fall werden im allgemeinen Düsen mit einem zylindrischen Querschnitt eingesetzt (Bild 2).

## Heißgasbetrieb

Mittels einer Heißgasmahlung bei ca. 160°C kann zusätzlich der spezifische Energiebedarf um ca. 30 % gesenkt werden, sofern das Produkt temperaturunempfindlich ist. Bei diesem Verfahren wird die Temperaturerhöhung im Kompressor ausgenutzt und die Mahlluft ohne Nachkühlstufe verwendet. Je nach Mahlluftdruck und Produktunempfindlichkeit kann mit Mahlluft-

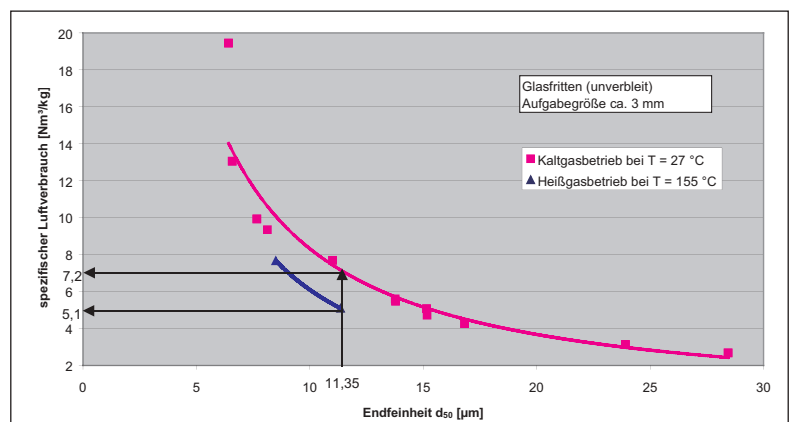
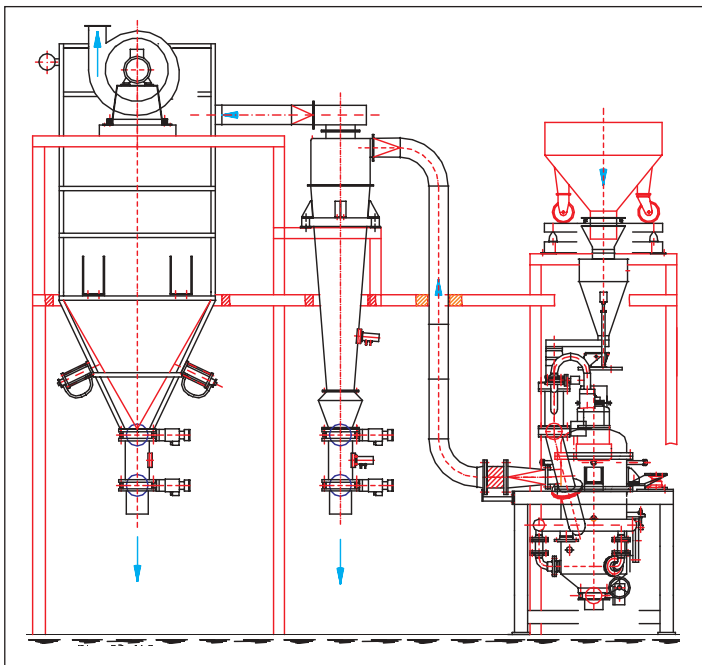


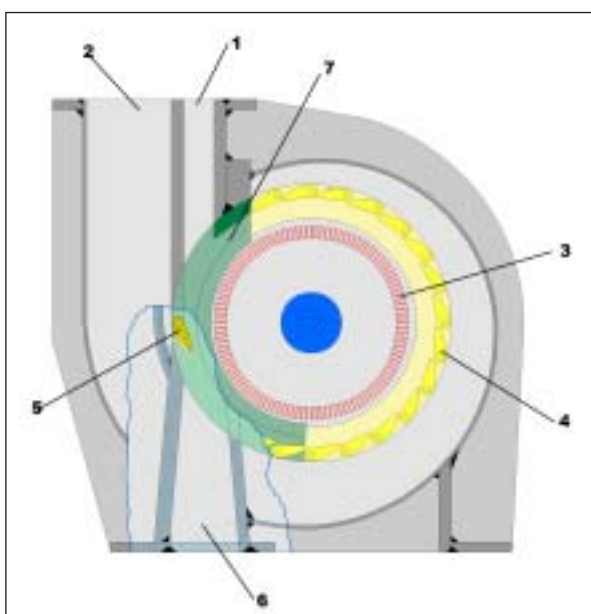
Bild 3 Spezifische Mahlluftverbräuche in Abhängigkeit von der Endfeinheit



**Bild 4**  
Mahlanlage mit Fließbettgegenstrahlmühle

temperaturen von 80 °C bis max. 200 °C gearbeitet werden. In Bild 3 sind die spezifischen Mahlluftverbräuche über der jeweils eingestellten Produktfeinheit bei der Vermahlung von Glasfritten dargestellt. Hierbei ist deutlich die Absenkung des Mahlluftverbrauches pro Kilogramm gemahlenem Produkt zu erkennen. Diese Fahrweise wird besonders häufig im Bereich der keramischen Materialien eingesetzt. Diese sind meistens temperaturunempfindlich und benötigen oftmals aufgrund ihrer Härte einen hohen Energieeintrag. Die Absenkung des spezifischen Mahlluftbedarfes bei der Heißgasmahlung ist in der Regel bei allen keramischen und mineralischen

**Bild 5**  
Hochleistungs-sichter CFS HD-S



Materialien zu beobachten. Einige Anlagenbetreiber nutzen jedoch gezielt diesen Effekt, um die Mahlanlage gleichzeitig als Trockner zu betreiben.

## Anwendungsgebiete

Auf der CONDUX Fließbettstrahlmühle können Materialien mit Korngrößen bis zu einigen Millimetern aufgegeben werden und Produktfeinheiten im Bereich  $d_{99} \approx 2 - 70 \mu\text{m}$  hergestellt werden. Typische Anwendungsgebiete liegen in der Vermahlung von Glasfritten, keramischen Pigmenten sowie Oxid- und Nichtoxidkeramiken sowie im Mineralbereich, z. B. Kaolin, Talkum, Mika,

Graphit oder andere mineralische Füllstoffe. Weitere Anwendungen mit extremsten Anforderungen an Kontaminationsfreiheit bzw. Reinheit der Produkte liegen im Bereich der Medizinkeramiken wie z. B. Dentalkeramiken für Zahnprothesen und Füllungen.

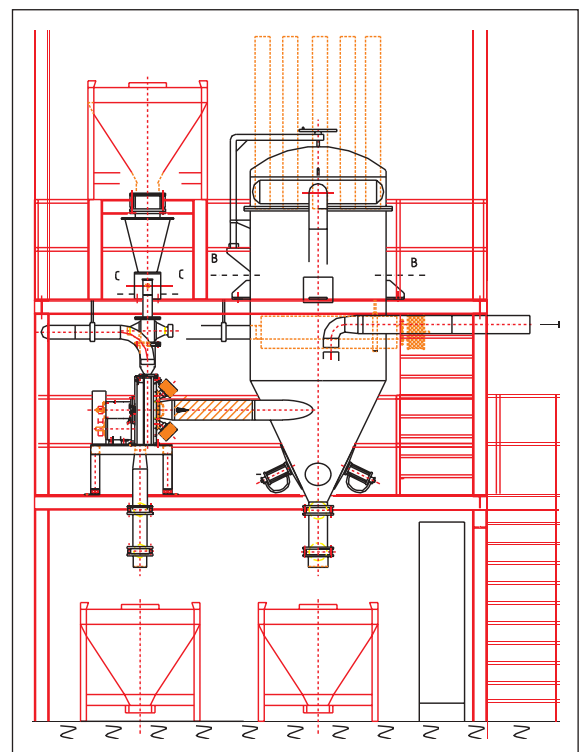
In Bild 4 ist eine Mahlanlage mit „Fließbettstrahlmühle CGS 50“ dargestellt. Eine typische Mahlanlage besteht aus Zuführvorrichtung, Mühle, Gasfiltersystem und weiteren Zubehör. Um die Reinigung zu vereinfachen, kann ein Zyklon zwischen der Mühle und dem Schlauchfilter installiert werden. Dies ist besonders zu empfehlen für Produktionsprozesse, in denen das Produkt häufig gewechselt wird oder wenn das Aufgabeprodukt eine sehr intensive Farbe hat, z. B. keramische Pigmente. Eine solche Anlage kann mit Kalt- oder Heißgas betrieben werden. Im Falle des Heißgasbetriebes muss beachtet werden, dass eine Wärmeisolierung

bzw. Absperrung der Mühle zum Schutz des Bedienpersonals installiert wird.

## Grundlagen der Windsichtung

Für die Feinstklassierung von bereits gemahlten Produkten, z. B. zur Entfernung von nicht erwünschtem Feinstanteil oder Oberkorn, werden Hochleistungsichter der Baureihe CFS/HD-S (Bild 5) eingesetzt. Das Produkt wird über einen Stutzen von oben der Maschine zugeführt (1). Über einen zweiten Stutzen wird die notwendige Verfahrensluft aufgegeben (2), die beim Durchströmen eines statischen Leitschaufelkorbes (4) das Aufgabegut extrem fein vor-dispergiert und dem Sichtrad (3) zuführt. Das Feingut verlässt den Sichtraum im Zentrum des Sichters. Grobpartikel werden vom Sichtrad abgewiesen und durch das schraubenförmig ausgebildete Maschinengehäuse (7) auf der Rückseite nach unten ausgetragen (6).

Ein weiteres konstruktives Merkmal, das in CONDUX Sichtern sowie in Condux Mühlen Anwendung findet, ist ein mitrotierendes Tauchrohr. Es dient zur wirksamen Unterdrückung von Spritzkorn. Für alle Mühlen und Sichter können zwei verschiedene Sichtradtypen eingesetzt werden: Das  $H_f\text{-const.}$ -Rad mit konstanter Höhe über den gesamten Durch-



**Bild 6** Sichtenanlage mit Sichter CFS 85 HD-S

messer des Rades und das Convor-Rad. Mit dem Convor-Rad wird aufgrund der inneren Form eine konstante radiale Fließgeschwindigkeit erzielt. Dieses Rad wird in Bereichen verwendet, in denen extreme Feinheiten gefordert werden [1]. In allen Produktionsmaschinen, selbst bei der Verwendung von sehr großen Sichträdern, können die im Technikum erreichten Feinheiten mit nur einem Sichtrad nachgestellt werden.

## Anwendungsgebiete

In Bild 5 ist eine typische Anlage mit einem „CONDUX Hochleistungs-sichter CFS 85 HD-S“ als abgeschlossenes System dargestellt. Die Sichteranlage besteht aus einer Dosierung zur gleichmäßigen Zuführung des Produktes, dem Sichter, einem Schlauchfilter sowie Container zur Aufnahme des Fein- und Grobgutes. Das Gebläse zur Erzeugung der Prozessluft wird im allgemeinen hinter der Filtereinheit installiert, um die gesamte Anlage im Unterdruck betreiben zu können. Der dargestellte Sichter wird teilweise auch In-line betrieben zur Entstaubung oder Oberkornbegrenzung vorgeschalteter Prozessstufen. Zur Produktzuführung auf den Sichter kann ebenfalls ein Injektor verwendet werden. Diese Betriebsart ermöglicht eine pneumatische Förderung des Produktes über längere Entfernungen zum Einlassstutzen des Sichters. Jedoch sollte die Injektorluft auf einen kleinen Prozentsatz der Prozessluft begrenzt werden. Außerdem sollte der Injektorluftstrom keinen Schwankungen ausgesetzt sein, um optimale Sichterergebnisse zu erzielen.

Die häufigsten Anwendungen für NETZSCH-CONDUX Sichter sind die Entstaubung von gemahlene Produkten oder die Eliminierung von Spritzkorn nach Prozessen, die nicht

über eine genaue Oberkornbegrenzung verfügen, z. B. wie bei Kugelmühlen. Bei solchen Anwendungen wird oftmals das Grobgut mittels Kreisführung der Mühle zurückgeführt.

## Verschleißschutz

Bei der Vermahlung und Sichtung von harten Materialien sind Verschleißschutzkonzepte unerlässlich. Am wichtigsten ist die Berücksichtigung des Verschleißschutzes bei den Sichträdern. Im allgemeinen sind diese aufgrund des Produktkontaktes dem höchsten Verschleiß ausgesetzt, insbesondere bei hohen Sichterumfangsgeschwindigkeiten, und müssen daher mit einem geeigneten Schutz ausgestattet werden. Aus diesem Grund sind spezielle Sichtrad-Ausführungen mit Hartmetallschau-feln oder mit keramikausgekleideten Leitschau-feln entwickelt worden (Bild 7). Gehäuse und Anlagenteile wie Rohrleitungen und Filterkonusse werden bevorzugt mit Vullkolan ausgekleidet. In den Standardverschleißschutzausführungen werden die Leitschau-felkörbe der CONDUX Sichter sowie die Feingut-Austragskammern der CONDUX Strahlmühlen (Bild 8) mit Aluminiumoxyd ausgekleidet. Diese Auskleidungen haben sich als Schutz dieser Maschinenteile ausgezeichnet bewährt. Für den Heißgasbetrieb müssen Teile, die normalerweise mit Vullkolan beschichtet werden, mit Keramik ausgekleidet werden, da Vullkolan nur bis zu Temperaturen von ca. 70°C verwendet werden kann. Für ein besonders abrasives Produkt wurde eine Spezialauskleidung für die Mahlkammer einer Produktionsanlage in Zusammenarbeit mit einem Kunden entwickelt. In diesem Fall wurde die komplette Mahlkammer mit Panzerplatten ausgekleidet. Diese bestehen aus einer Grundplatte aus Normalstahl, auf der eine Schicht aus Hartmetall aufgeschweißt wurde.

## Ausblick

NETZSCH-CONDUX Mahl- und Sichteranlagen können auch für explosionsgefährliche Stoffe eingesetzt werden. Neben dem druckstoßfesten Design werden immer häufiger Anlagen im Kreisgasbetrieb aufgebaut. Diese Anlagen werden zu Beginn mit einem Inertgas, meistens Stickstoff, geflutet, um den Sauerstoffgehalt in der gesamten Anlage auf unter 4 bis 6% zu drücken.



**Bild 8** Keramikausgekleidete Feingut-austragskammer

Dadurch kann sich kein explosionsfähiges Mischungsverhältnis in der gesamten Anlage ausbilden. Während des Betriebes wird dann mittels spezieller Überwachungssysteme die Stickstoffeinspeisung so weit gedrosselt, dass nur noch die Leckrate der Anlage zugeführt werden muss.

Immer häufiger werden kombinierte Prozesse wie z. B.

- Vermahlung bei gleichzeitiger Beschichtung der Partikel oder
- eine Vermahlung mit gleichzeitig ablaufender Reaktion im Mahlraum

in unserem Technikum getestet bzw. zusammen mit unseren Kunden realisiert. Insbesondere können hier die charakteristischen Eigenschaften der Fließbett-Strahlmühle positiv genutzt werden. Das Fließbett wirkt ähnlich einem idealen Mischer, der für Beschichtungsprozesse oder Reaktionen notwendig ist. Weiterhin kann die Energiezufuhr bei der Heißgasfahrweise zum Steuern von Reaktionen sowie zum Aufschmelzen bzw. Aktivieren von Additiven verwendet werden wie z. B. Wachse oder Fließhilfsmittel. Diese relativ neue Art, eine Fließbettstrahlmühle zu betreiben, eröffnet viele neue Anwendungsmöglichkeiten, die dieses Mahlprinzip auch für die Zukunft interessant macht. Zukünftige Aufgaben liegen darin, neue Ideen auszutesten und in neue Produktionsprozesse umzusetzen.

## Referenzen

- [1] Nied, R.: CFS-HD: A new classifier for fine classification with high efficiency; International Journal of Mineral Processing (1996) [44 - 45] 723 - 731

**Bild 7**  
Sichter mit Verschleißschutz-zuführung

