



Nanonization – ein neuer Prozess

Strahlvermahlung mit überhitztem Wasserdampf

Thomas Schneider

Das zum Patent angemeldete Verfahren der Strahlvermahlung mit überhitztem Wasserdampf wird von renommierten Fachleuten der mechanischen Verfahrenstechnik als Quantensprung der Trockenvermahlung bezeichnet. Jetzt lassen sich damit auch Endfeinheiten im Submikronbereich darstellen.

Wenn es um die Feinstvermahlung von Feststoffen geht, sprach man bislang üblicherweise von der Mikronisierung und meinte damit die gezielte mechanische Zerkleinerung auf ein Spektrum von ca. 2 bis 200 μm (d_{97}). Zumindest in der Trockenzerkleinerung war bei diesen 2 μm bislang auch die Grenze des Machbaren erreicht.

Der Bedarf an feineren Produkten im Submikron- bzw. Nanobereich wurde in den vergangenen Jahren allerdings zunehmend stärker und führte zur Entwicklung einer neuen Technologie, die nun eine echte Vermahlung bis in diese Bereiche ermöglicht. Die Nanonization von Feststoffen auf trockenem Wege ist mit dem neu entwickelten Strahlvermahlungssystem nun möglich und stellt die feinste Form der Strahlvermahlung dar.

Jetzt geht's auch trocken

Entgegen konventioneller Trockenmahlverfahren mit Strahlmühlen wird bei diesem System überhitzter Wasserdampf als Mahl-gas verwandt. Zwar wird schon lange in einigen Industriezweigen überhitzter Dampf als Mahlmedium in Strahlmühlen eingesetzt, z. B. für die Vermahlung von ansatzbildenden Produkten, aber das geschah bislang nur in einfachen Spiralstrahlmühlen ohne integrierten Windsichter. D. h. bisher war es nicht möglich, eine sauber definierte Partikelgröße im Dampfbetrieb zu erreichen.

Beim neuen System sorgt ein integrierter Windsichter für die Abtrennung der exakten Partikelgrößen und somit für die Endfeinheit des zu mahlenden Produktes. Da Wasserdampf eine deutlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft aufweist, steigt auch die mögliche Umfangsgeschwindigkeit der Strömung innerhalb eines Sichtrades und damit auch die Beschleunigungskräfte, die auf das Sichtgut einwirken. Hiermit ist der

entscheidende Schritt getan, Partikel im Submikronbereich überhaupt zu sichten und somit erstmals mittels Trockenvermahlung darstellen zu können.

Darüber hinaus hat das neue System aber auch interessante wirtschaftliche Aspekte: Mit Wasserdampf lassen sich Strahlgeschwindigkeiten bis zu 1200 m/s erzielen, und die kinetische Stoßenergie der Produktpartikel innerhalb des Fließbettes steigt um das Vierfache. Dies führt zu einer deutlichen Steigerung des Mühlendurchsatzes gegenüber Luftbetrieb.

Überzeugende Ergebnisse

Nach Installation einer ersten Anlage im Produktionsmaßstab wurde mittlerweile eine Vielzahl unterschiedlichster Produkte getestet. Die erzielten Ergebnisse sind überzeugend und sprechen für sich: So war zum Beispiel die Herstellung von feinst gemahlenem amorphen Grafit in Korngrößen deutlich unter 4 μm (d_{99}) bislang mittels Trockenmahltechnik nicht möglich. Unter Einsatz des neuen Systems konnten nun Werte von signifikant unter 1 μm im d_{99} erzielt werden. Die Feinstvermahlung von Grafitpulvern in den Submikronbereich ist also für die neue Dampfstrahlmühle darstellbar.

Ein weiteres interessantes Beispiel liegt im Bereich der Oxidkeramiken. Hier war bislang z. B. ein Aluminiumoxid mit konventioneller Trockenmahltechnik auf Endfeinheiten von ca. 2,3 μm (d_{99}) darstellbar. Das neue System ermöglicht hier nun Feinheitsergebnisse von $d_{50} = 130\text{--}140\text{ nm}$ ($d_{99} = 0,34\text{--}0,35\text{ }\mu\text{m}$) – Mahlfineinheiten, die bislang einzig und allein mittels Nassmahltechnologien erzielt werden konnten.

Durch Strahlgeschwindigkeiten von bis zu 1200 m/s und der Steigerung der kinetischen Stoßenergie kommt es aber auch zusätzlich, wie bereits erwähnt, zu einer

deutlichen Steigerung des Mühlendurchsatzes gegenüber Luftbetrieb bei vergleichbarer Feinheit. So wurde z. B. bei einem Aluminiumoxid mit einer Endfeinheit von 2,3 μm (d_{99}) der Durchsatz mehr als verdreifacht.

Die Ergebnisse zeigen, dass es mit dem neu entwickelten System nunmehr möglich ist, Korngrößen im Nanobereich auf trockenem Wege zu erreichen, die bis dato nur durch Nassmahlung zu erzielen waren. Der Nachteil einer anschließenden Produkt-trocknung, wie in vielen Anwendungen notwendig, entfällt also.

Um mit Strahlmühlen diese deutlich feineren Partikel zu erzielen, sind höhere Strahlgeschwindigkeiten erforderlich. Und dies wird durch überhitzten Wasserdampf anstelle von Luft als Medium möglich. Hier liegen die möglichen Strahlgeschwindigkeiten bei etwa 1200 m/s. Dies ist ungefähr die doppelte Strahlgeschwindigkeit, die man mit Druckluft überhaupt erreichen kann. Und der diskrete Energieeintrag wird fast vervierfacht. Je nach Dampfdruck erhöht sich aber auch der Gesamtenergieeintrag um ca. Faktor 2,6. Die Ausstoßleistung einer Mühle kann entsprechend um einen ähnlichen Faktor erhöht werden im Vergleich zu Luft, bei vergleichbarer Partikelgröße.

Zusätzlich zur eigentlichen Vermahlung von Feststoffen auf solche Endfeinheiten steht allerdings auch noch die exakte Kontrolle des Mahlprozesses selbst, d. h. die Beeinflussung der Partikelverweilzeit innerhalb des Mahlsystems bis zur gewünschten Endfeinheit. Bislang war auch hier die konventionelle Klassierung über Windsichter im Bereich von ca. $d_{97} = 2\text{ }\mu\text{m}$ limitiert.

Es ist leicht zu verstehen, dass der höhere diskrete Energieeintrag durch die höhere Prallgeschwindigkeit zu höheren Feinheiten beitragen kann. Wie aber kann man danach diese Feinheiten auch noch sauber abtren-

nen und stellt somit die einwandfreie „feine“ Qualität des Endproduktes sicher? Die Lösung hierfür liegt erneut im Medium Dampf mit seiner deutlich niedrigeren dynamischen Viskosität und der größeren Schallgeschwindigkeit als Luft (500 m/s im Vergleich zu 400 m/s bei Luft).

Mit dieser signifikant höheren Schallgeschwindigkeit kann auch eine erheblich höhere Umfangsgeschwindigkeit der Gasströmung erreicht werden. Somit erhöht sich auch die Beschleunigung der Partikel. Steigert sich beispielsweise diese Umfangsgeschwindigkeit von 200 auf 300 m/s, bedeutet dies umgerechnet (zum Quadrat) eine Erhöhung um den Faktor von 2,25. Das Ergebnis: allein die Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit der Gasströmung erhöht ebenfalls die effektive Zentrifugalbeschleunigung um das 2,25-fache. Zentrifugalkraft ist wiederum Masse $\times$ Beschleunigung. Dies bedeutet, dass die Zentrifugalkraft um den gleichen Wert erhöht werden kann wie die Zentrifugalbeschleunigung. Dies ist der entscheidende Schritt, der es nun ermöglicht, die Grenze in den Submikronbereich zu überwinden.

Die verminderte dynamische Viskosität trägt auch dazu bei, die Schleppkraft der Strömung auf die Partikel zu reduzieren. Diese beiden kombinierten Faktoren verringern den Trennpunkt eines Sichters um den Faktor 0,63. Dies bedeutet, dass der Sichter eine Trennung bei 0,63 μm in Dampf erzeugen kann, wenn er eine Trenngrenze von 1 μm in Luft erzielt.

Für das Labor ...

Der erfolgreiche Start des neuen Mahlverfahrens führte bereits zu ersten verkauften Installationen bei Kunden unterschiedlichster Branchen. Darüber hinaus zeigte sich im engen Dialog mit verschiedenen Kunden ein entsprechender Bedarf an dieser neuen Technologie im Labor- bzw.



Neue Labor-Dampfstrahlmühle s-Jet® 25 – komplettes betriebsbereites System inklusive Dampferzeuger

Kleinstmaßstab. Hierfür wurde nun eine kompakte Labor-Dampfstrahlmühlen-Anlage entwickelt, die erstmals auf der diesjährigen Powtech vorgestellt wird.

Die kompakt aufgebaute Anlage beinhaltet alle erforderlichen Komponenten wie Dosierung, Mühle, Produktabscheidung, Steuerung, Armaturen und Dampferzeuger auf einem gemeinsamen Skid. Der Platzbedarf beträgt lediglich 3 m² bei einer maximal benötigten Höhe von nur 2450 mm. Bei Entwicklung der Anlage wurde vor allem darauf geachtet, ein System für die Herstellung von Kleinstmengen und Produktmustern sowie für Anwendungsversuche zu erhalten. Weitere Anforderungen waren ergonomisches Design und leichte Reinigung sowie die Kondensation der verfahrensbedingten Abdampfbrüden, was wiederum eine flexible Aufstellung des Systems ermöglicht.

Leichte und schnelle Reinigung, möglichst wenig Produktverluste bei höchster Effektivität sind weitere Schwerpunkte, die bei der Entwicklung dieser Anlage eingeflossen sind. Die Produktbeschickung erfolgt über eine gravimetrische Dosierung und ein Injektorsystem. Das eingesetzte Filtertuch des

Produktabscheidefilters ist speziell für Heißdampfanwendungen geeignet und garantiert Reststaubgehalte von < 1 mg/m³.

Bei dem Dampfgenerator handelt sich es um ein kompaktes Aggregat, das direkt an der Mahlanlage in einem separaten Schrank angeordnet ist. Hierin befinden sich alle notwendigen Bauteile, die für die Erzeugung von überhitztem Wasserdampf notwendig sind. Es sind Mahldampfdrücke bis 11 bar(ü) und Mahldampftemperaturen bis 300 °C möglich. Die maximal erzeugbare Dampfmenge liegt bei 35 kg/h.

Die elektrische Steuerung der Anlage ist ebenfalls im Skid integriert. Eine automatische Fahrweise gewährleistet ein hohes Maß an Sicherheit und Reproduzierbarkeit. Zentrale Anschlusspunkte für Druckluft und Strom, Wasser und Kanal gewährleisten kürzeste Installations- und Inbetriebnahmezeiten.

Quellennachweis:

„Der Trockenstrahlmahlung wird Dampf gemacht“, Nied, Dr. Roland; Bonstetten

**Sonderdruck aus
VERFAHRENSTECHNIK 10/2011**

NETZSCH-CONDUX Mahltechnik GmbH
Rodenbacher Chaussee 1
63457 Hanau/Wolfgang
Tel: +49 6181 506-01
Fax: +49 6181 571 270
info.ncx@netzsch.com
www.netzsch.com

Mahlprozess	niedriger Luftdruck	Dampf
Betriebsmitteldruck	4 bar (abs), 225 °C	40 bar (abs), 350 °C
Entspannungsdruck (Mühleninnenraum)	1 bar (abs), 140 °C	1 bar (abs), 140 °C
Strahlgeschwindigkeit [m/s]	572	1190
Dichte entspannt [m/s]	0,84	0,53
Schallgeschwindigkeit entspannt [m/s]	407	500
Dynamische Viskosität [kg/ms]	2,36 $\times 10^{-5}$	1,38 $\times 10^{-5}$

Vergleich der Werte von Luft und Dampf