

Technischer Bericht

Zellenradschleusen für abrasive, mineralische Schüttgüter

Zusammenfassung

Zellenradschleusen hatten bisher in der Mineralstoffindustrie bei abrasiven, feinkörnigen Schüttgütern in der Druck- und Saugförderung auf Grund ihres Verschleißverhaltens eine eher untergeordnete Bedeutung. Nur bei weniger anspruchsvollen Einsätzen wurden einfache Ausführungen eingesetzt.

Neue Entwicklungen auf dem Verschleißschutzsektor ermöglichen es jetzt jedoch auch hohe Anforderungen bei extrem abrasiven Mineralstoffen zu realisieren.

Pneumatisches Schüttguthandling heute

Abrasive mineralische Rohstoffe wie bspw. Zemente, Quarzsand, TiO₂, Aluminiumoxid Glasgemenge, Aschen und Klärschlämme werden heute im Feinkornbereich und in Druckbereichen zwischen 0,3 und 6 bar noch überwiegend mit energieintensiven Schneckenpumpen und aufwendigen Druckgefäßen der pneumatischen Förderlinie zugeführt.

Deren Aufgabe ist dabei, das Schüttgut gegen den Förderleitungsüberdruck in den Fördergasstrom einzutragen und dabei den Systemüberdruck gegenüber der Umgebung abzudichten, d. h. die Leckluftmenge so gering wie möglich zu halten.

Schneckenpumpen

Die Abdichtung erfolgt bei einer horizontalen Schneckenpumpe durch den

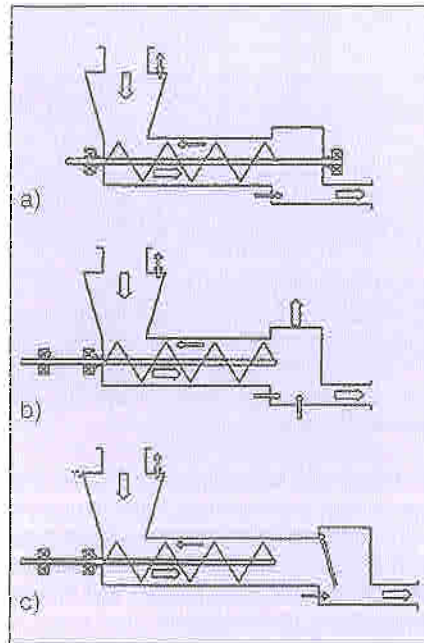


Abb. 1: Schneckenpumpen mit unterschiedlichen Lagerkonzepten und Abdichtungsarten:

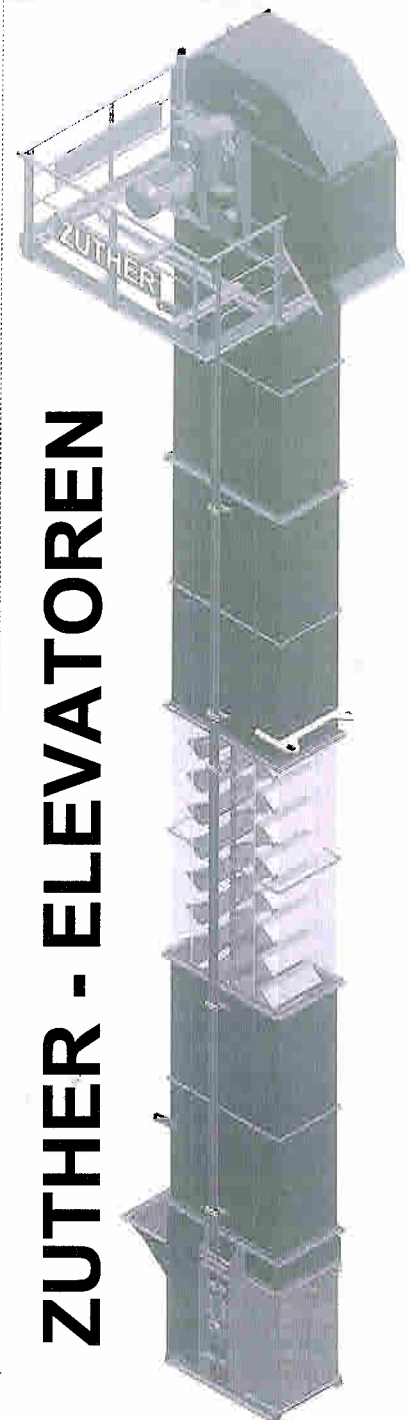
- a) beidseitig einfach gelagerte Schnecke;
- b) einseitig zweifach gelagerte Schnecke;
- c) einseitig zweifach gelagerte Schnecke mit Rückschlagklappe

in der Schnecke aufgebauten Schüttgutstopfen und durch die Füllung der Schnecke selbst (Abb. 1a und 1b). Dadurch ist der Bereich förderbarer Schüttgüter auf feinkörnige Produkte und grobkörnige Stoffe mit erhöhtem Feinkornanteil begrenzt.

Stopfschnecken arbeiten mit Drehzahlen zwischen 500 und 1500 U/min. Die Mindestdrehzahl von ca. 500 U/min ist zum Ingangsetzen der Förderung notwendig. Diese hohen Drehzahlen fördern den Verschleiß. Der Verschleiß im Endstück der Schnecke, vor dem Austrag, ist entsprechend hoch und führt zu erhöhten Leckagen. Dieses wird häufig nach ca. 4.000 Betriebsstunden ausgewechselt. Die Endstücke sind als Verschleißteile standardmäßig schnell wechselbar. Es können Druck-

THOMAS FREUNDLICH, Sales Manager
 Components,
 Coperion Waeschle GmbH & Co. KG
 Niederblager Straße 9,
 88250 Weingarten
 Tel.: +49 (0) 751 408-0
 Fax: +49 (0) 751 408-200
 E-Mail: info.waeschle@coperion.com
 Internet: www.coperion.com

ZUTHER - ELEVATOREN



- Leistung bis zu 1000 t/h
- Kettenbecherwerke
- Gurtelevatoren
- genormtes Baukastensystem
- Hochleistungsbechersysteme
- Schneckenförderer
- Förderbänder
- Trogkettenförderer
- Rohrsysteme
- Planung und Fertigung nach ihren Anforderungen

ZUTHER

Anlagenbau • Fördertechnik

ZUTHER GmbH
 An der Bundesstraße Nr. 8
 D-29481 Karwitz
 ☎ 05861/9610 FAX 96140
 Mail: info@zuther-online.de
 http://www.zuther-online.de



differenzen bis zu 2,5 bar, in Ausnahmefällen bis 4 bar bewältigt werden. Rückschlagklappen (Abb. 1c) sollen beim Anfahren und Stoppen einen Druckausgleich zwischen Förderung und Aufgabe verhindern.

Förderdruckabhängige, hohe Antriebsleistungen von z. B. ca. 180 KW (bei 200 t/h) sind die Regel. Investitionen, Energiekosten, Wartung und Verschleiß sind dementsprechend hoch.

Verschleißtechnisch gibt es für feinkörnige Mineralstoffe im Bereich von 0,3 bis 2,5 bar Förderdruck jedoch wenig Alternativen. Vertikale Schneckenpumpen (Abb. 2) werden vorwiegend für schwer handhabbare Stäube eingesetzt.

Druckgefäße

Druckgefäße haben gegenüber der Schneckenpumpe den Vorteil weniger produktberührter mechanischer Teile. Durch Einblasen von Gas in das Gefäß wird das Produkt in die Förderleitung gepresst. Dadurch erreicht man eine Anfangsbeschleunigung und gute Fluidisierung des Fördergutes. Der Verschleiß auf der Beschleunigungsstrecke, d.h. am Gefäßboden und am Aufgabeschuh ist jedoch hoch. Die Beladung des Fördergutstromes ist schlecht regelbar. Hohe Fördergeschwindigkeiten, im Endschwall bis 40 m/s, erhöhen den Verschleiß in den Rohrleitungen. Die Druckgefäße bauen groß und unterliegen der TÜV-Überwachung.

Abb. 3: isometrische Ansicht eines Druckfördergefäßes

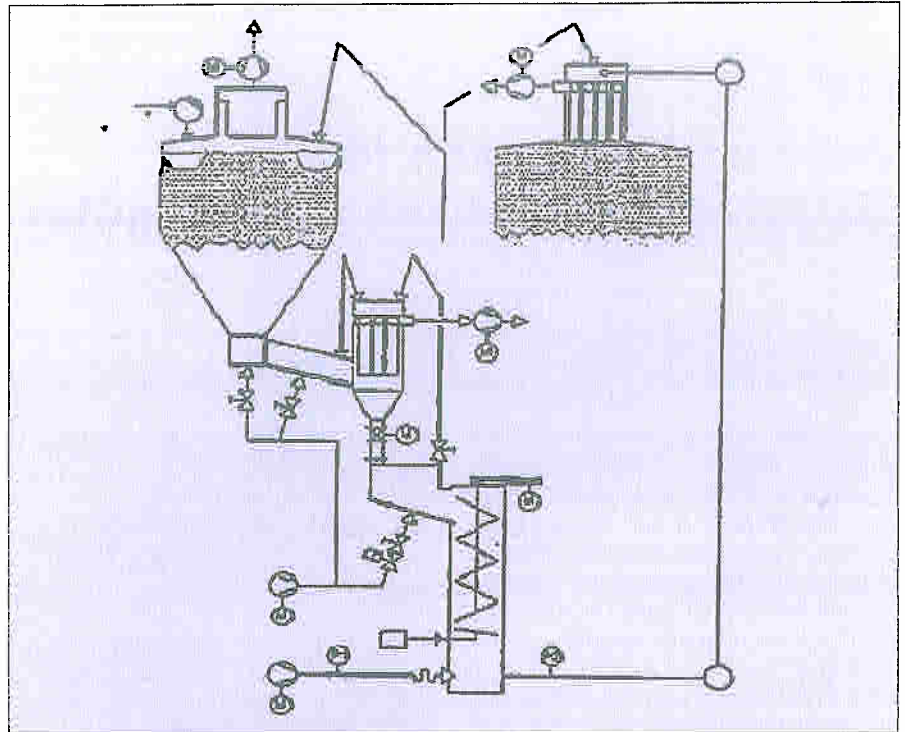


Abb. 2: Prinzipskizze einer Vertikal-Schneckenpumpe

Schlüsselkomponenten am Druckgefäß sind das Einlassventil, das Auslassventil und das Abblasventil. Diese müssen oft gewartet, d.h. meistens ausgetauscht werden. Die Kosten pro Einheit sind hoch. Charakteristischerweise ist die Druckgefäßförderung diskontinuierlich. Eine quasikontinuierliche Förderung ist mit Doppeldruckgefäßen möglich. Aber auch hier entstehen Umschaltphasen, die nur eine ca. 75 %-ige Auslastung der Förderzeit bedingen. Zusätzlich entstehen Energiekosten durch das Hoch- und Herunterfahren der Kompressoren. Auch die Verteiltechnologie des Förderproduktes auf die beiden Druckgefäße schlägt sich auf die Kosten nieder. Leistungsfähige Druckgefäße bauen sehr hoch, was sich im Einfluss auf den Anlagenstahlbau negativ bemerkbar macht.

Es gibt bei Druckgefäßen keine Leckluft. Dies ermöglicht die Handhabung von hohen Förderdrücken (bis zu 10 bar) und somit die pneumatische Förderung schleißender Produkte bei großen Mengen über lange Strecken. Die Investitionen für eine Doppeldruckgefäßanlage für z. B. 6 bar sind hoch (Abb. 3).

Zellenradschleusen

Als Schleusen für feinkörnige Mineralstoffe kommen Austragsschleusen und Durchblassschleusen zum Einsatz.

Im Verschleiß Einsatz eignet sich die Austragsschleuse besser, da durch den Durchblasvorgang erhöhte Strömungen in der Schleuse stattfinden und zusätzlichen Verschleiß erzeugen. Man kann zwar Durchblassschleusen in Verschleißapplikationen verwenden, für Anwendungen mit hochschleißendem Produkt sollte aber nach Möglichkeit eine Austragsschleuse zum Einsatz kommen.

Da in der Mineralstoffindustrie der Verschleiß von Zellenradschleusen noch nicht ausreichend beherrscht wird, werden heute häufig Schleusen mit Packungsschnüren und weit außen liegenden Lagern verwendet. Durch die langen Wellen ergeben sich unter Druck größere Zellenradversätze, was durch größere Spaltauslegungen wie-

Abb. 4: Hartverchromtes Schleusengehäuse nach ca. 10.000 h Einsatz (Fördergut: Dolomit mit 10 % SiO₂)



Wir haben die Lösung.
Immer.

Abb. 5:
Rotor nach ca. 10.000 h
Einsatz, Produkt Dolomit
mit SiO₂, Steg und Seiten-
scheibe Stellite auf-
geschweißt und anschließend
geschliffen. Die Verschleiß-
rinne zeigt Entspannungs-
richtung des Produkt-/Luft-
gemisches



Gehäuse bzw. Seiten-
deckel. Die Strömung
und damit auch der Ver-
schleiß sucht sich hier
• den direkten Weg, wes-
wegen dieser Bereich am
meisten geschützt wird.
Vergrößert sich der Spalt
aufgrund des Abtrages,
so steigen die Strömungsgeschwindigkei-
ten an dieser Stelle und
der Verschleiß nimmt
rapide zu. Aus diesem
Grund ist es vorrangig
an der Schleuse, die
oberste Schicht sehr ver-
schleißfest zu gestalten.

Es kann aber auch im
Ein- und Auslaufbereich
zu Abtrag durch Pro-
dukt-/Luftverwirbelungen
und durch Strömen des
abrasiven Produktes
kommen.

der kompensiert werden muss. Durch
größere Spalte ergeben sich höhere
Strömungen und Leckagen, was zu
einem schnelleren Verschleiß führt.

Verschleiß ist der fortschreitende Mate-
rialverlust aus der Oberfläche eines
festen Körpers, hervorgerufen durch
mechanische Ursachen, d. h. Kontakt
eines festen, flüssigen oder gasförmigen
Gegenkörpers (aus DIN 50 320 Ver-
schleiß / Begriffe / Vorgänge / Gliede-
rung).

Schleißende Produkte zeichnen sich
meistens durch folgende Eigenschaften
aus:

- Härte
- Kornform
- Korngröße

Die Härte ist die wohl maßgeblichste
Eigenschaft eines schleißenden Pro-
duktes. Wenn das Produkt z. B. härter
ist als das Material in dem es gefördert
wird (z. B. der Komponente) dann ver-
schleißt eher die Komponente als das
Produkt. Je nach Kornform kann ein
Material mehr oder weniger abrasiv
sein. Ein gebrochenes Korn ist weitaus
schleißender als ein rundes Korn.

An Zellenradschleusen kommt es über-
wiegend zu Strahl- bzw. Gleitverschleiß.
Der mit Abstand am meisten gefährdete
Bereich ist der Spalt zwischen Steg und

Da ein offenes Zellenrad
im schleißenden Einsatz in der Regel zu
allererst im Nabenbereich versagt, wird
dieser Bereich durch die Verwendung
einer Seitenscheibe geschützt.

Durch die Verwendung einer dicken
Seitenscheibe mit erhöhtem Drossel-
effekt werden im Verschleiß Einsatz die
Vorteile des offenen Zellenrades (gerin-
gere Leckage) mit den Vorteilen des
geschlossenen Rades kombiniert.
Nabenspülung und/oder Innenraum-
spülung halten das Förderprodukt von
den Lagern fern. Diese Bauform hat
sich in vielen Einsätzen bewährt und ist
für den Verschleiß Einsatz ideal.

Bei Förderung von verschleißintensiven,
grobkörnigen Mineralstoffen tritt zusätz-
lich zum Strahlverschleiß ein Hack- und
Prallverschleiß an der Stelle zwischen
Gehäuse und Zellenrad auf, an der ein-
zelne Granulate geschnitten werden.
Meist geht von diesen Stellen der wei-
tere Strahlverschleiß aus, der bei sol-
chen Einsätzen oft damit endet, dass
die Gehäusewand durchgespült wurde.

Für den Einsatz von Schleusen in ver-
schleißendem Produkt kommt es zum
einen auf die Bauform und zum ande-
ren auf die Wahl des Verschleiß-
schutzes an bestimmten beanspruch-
ten Bauteilen an.

Grundvoraussetzung für hohe Stand-
zeiten und damit den wirtschaftlichen
Einsatz der Komponenten in Mineral-



Schüttgutkomponenten

Druck- und vakuumdichte Absperr-
schieber für jede Aufgabenstellung



Big Bag Technik

Individuelle Befüll- und Entleersysteme
für nahezu alle Schüttgüter



Absaugtechnik

Mobile und stationäre Luftförderanlagen
für sämtliche trockenen, förderfähigen
Schüttgüter



After Sales Service

Ersatzteile, Reparatur- und Wartungs-
arbeiten „round the clock“ – schnell,
kompetent, flexibel

Schütte

Schüttgutkomponenten
Big Bag Technik
Absaugtechnik
After Sales Service

Tel. +49 2374 92930
Fax: +49 2374 929310

www.schuette-is.com

E-Mail: info@schuette-is.com

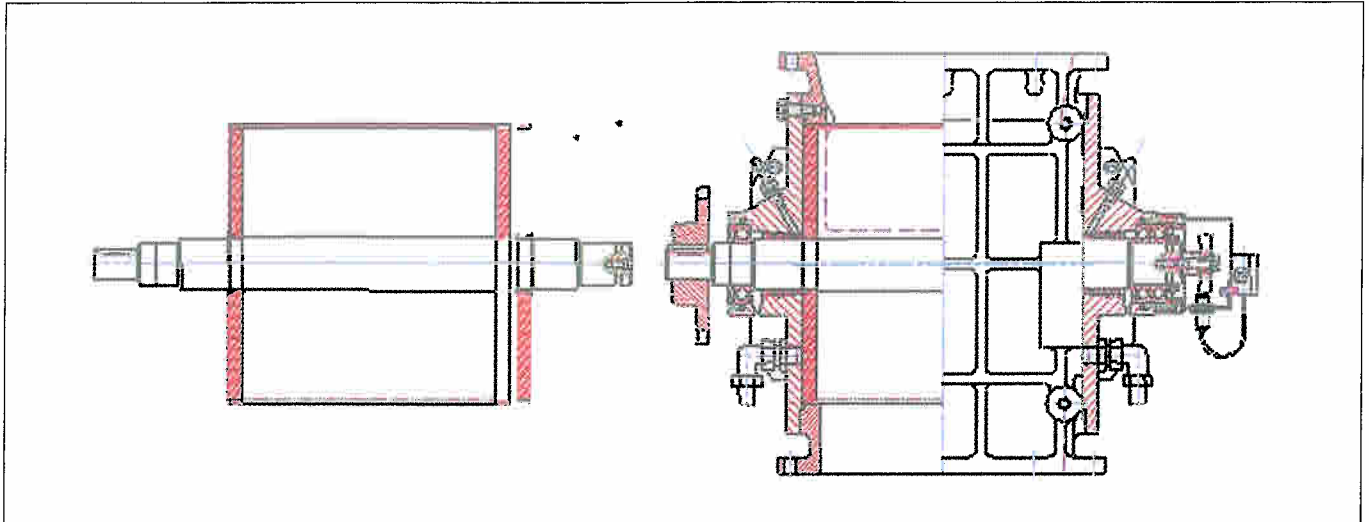


Abb. 6: Austragsschleuse für feinkörnige, verschleißintensive Mineralstoffe

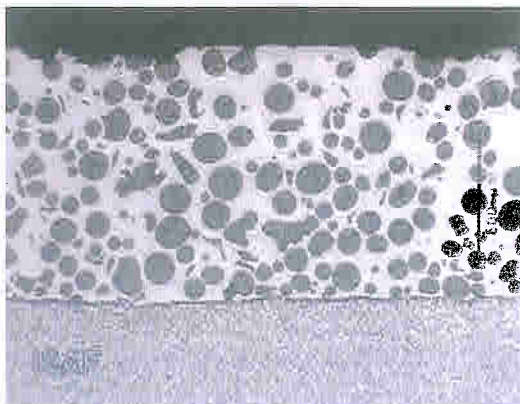
stoffen ist die Verwendung von angepasstem Verschleißschutz.

Die produktberührten Bauteile der Zellenradschleusen werden mit verschleißfestem Material wirksam geschützt. Das Gehäuse kann mit Hartchromschichten verschiedener Stärken, mit Wolframcarbid oder mit Keramik beschichtet werden. Die wirtschaftliche Materialauswahl für die jeweilige Anwendung unterliegt definierten Schutzklassen.



Abb. 7: Matrix mit gebrochenem Wolframcarbid

Abb. 8: Matrix mit kugelförmigem Wolframcarbid



Bei der Beurteilung ob Wolframcarbid oder Keramik zum Einsatz kommt muss berücksichtigt werden, ob durch große, harte Partikel eine spröde Schicht zerstört werden kann und dementsprechend eine zähe Schicht wie die Matrixverbindung aus Wolframcarbid und Nickel gewählt werden muss (Abb. 7 und 8).

Das Zellenrad kann komplett aus verschleißfestem Material hergestellt werden oder es wird an den verschleißgefährdeten Stellen mit Wolframcarbid oder mit Keramiktteilen geschützt. Zusätzlich zu den Hauptbauteilen werden auch Teile wie z. B. der Labyrinthtring und Seitendeckel angepasst verschleißgeschützt.

Im Folgenden werden die wichtigsten Verschleißschutzmaterialien kurz beschrieben:

Chrom

Chrom wird galvanisch in verschiedenen Schichtstärken auf die zu schützenden Teile aufgebracht. Dickere Schichtstärken entwickeln eine höhere Härte, wodurch zusätzlich zur dickeren Schicht eine weitere Verbesserung der Verschleißfestigkeit erreicht wird. Chrom ist ein sehr wirtschaftlicher Verschleißschutz.

Wolframcarbid

Im Gegensatz zu gesintertem Wolframcarbid, wie er in Hartmetallwerkzeugen verwendet

wird (z. B. Herstellernahme „Widia“), handelt es sich bei den Wolframcarbidbeschichtungen die an Komponenten verwendet werden überwiegend um Wolframcarbid/Nickel Schweißverbindungen (Abb. 7 und 8). Bei diesen Verbindungen werden die sehr harten und verschleißfesten Wolframcarbidpartikel in einer Matrix aus Nickel gehalten. Solche Matrixverbindungen vereinen die Vorteile des hochverschleißfesten Wolframcarbids mit der Beständigkeit gegen dynamische Schlagbeanspruchungen die durch die zähe Nickelmatrix aufgefangen werden können.

Keramik

Von den verschiedenen Keramikmaterialien wird vor allem die Aluminium-Oxidkeramik Al_2O_3 und Siliciumcarbid SiC verwendet. SiC ist günstiger in der Beschaffung, einfacher in Bezug auf Einbau und Bearbeitung. Die Verschleißbeständigkeit von Al_2O_3 ist aber deutlich höher.

Unter allen Werkstoffen zeigt die Al_2O_3 -Keramik bei Strahlverschleiß unter spitzen Winkel die beste Beständigkeit. Die Keramik ist aber empfindlich gegen Schlagbeanspruchungen. Können große Brocken oder Fremdkörper wie Schrauben im Fördergut vorkommen, so muss die Keramik z. B. durch Wolframcarbideleisten geschützt werden, oder man verwendet Wolframcarbid aufgrund der Vorteile bzgl. Schlagbeanspruchung bei der kompletten Auskleidung der Hauptbauteile.

Die beschriebenen Verschleißschutzmaßnahmen sind in Form von Werkstoffpaarungen an Gehäuse und Zellenrad am Markt unter der Markenbe-



Abb. 9: Gehäuse Größe 800 mit Al₂O₃ Auskleidung

zeichnung "DUROPROTECT" bekannt geworden. Der Einsatz von DUROPROTECT gewährleistet dem Betreiber den nach heutigem Stand der Technik besten Verschleißschutz und damit wirtschaftlichsten Einsatz. Sehr positive Erfahrungen liegen bereits mit Fördergütern, wie Siliziumcarbid, schleifstaubhaltigem Holzmehl, Kalksteinprodukten, Flugasche, Kohlenstaub mit Quarzanteil, Titandioxid, Metallpulver, Glasgemenge und Sekundärbrennstoffen vor. Einsätze in pneumatischen Förderanlagen für große Durchsatzleistungen von Aluminiumoxid (Mohs Härte 9,5) sind gestartet und lassen kurzfristig ein positives Feedback erwarten.

Die Förderungen von z. B. Zementen, Aluminiumhydroxiden, Kraftwerkaschen und Ton-Produkten können zukünftig mit Zellenradschleusen optimal auf die Produkteigenschaften abgestimmt werden, d. h. gegebenenfalls können Fördermodi ausgewählt werden, die verschleißmindernd für die nachgeschalteten Organe und schonend für die Produkte sind.

Beschaffungs-, Energie- und Wartungskosten sind vergleichsweise niedriger als bei anderen Einschleusungskomponenten. Bezüglich des Energieverbrauchs sind die Zellenradschleusen in der pneumatischen Förderertechnik unschlagbar. Für die größten Schleusen (800, ca. 200 t/h) werden nur 6 - 8 kW benötigt. Eine 400er Schleuse (Durchsatz ca. 35 t/h) benötigt beispielsweise nur ca. 2 KW installierte Leistung.

Ein großer Anteil von Anwendungen liegt noch im Bereich von Förderdrücken (Δp) bis 1 bar und Leistungen bis ca. 200 t/h. Zukünftig wird mit der dargestellten Verschleißschutztechnologie auch der Bereich bis 2,5 bar abgedeckt.

Ebenso können alle ATEX- Vorschriften und Schutzsystembestimmungen bei



Abb. 10: C-Zellenrad; Größe 250 mit einteiligem Keramikring

nahezu allen verfügbaren Schleusentypen der Größen 150 bis 800 erfüllt werden. Produkttemperaturen bis +250 °C können mit Standardmitteln beherrscht werden. Dabei ist die Auslegung der Schleuse für den richtigen Temperaturbereich ausschlaggebend für kleine Spaltweiten und somit geringe Leckluft, was letztendlich zu verminderter Verschleiß führt.

Zusätzlich ergibt sich die Optimierung der Gebläse/Verdichterleistungen und führt auch hier zu wirtschaftlichen Lösungen. Die kompakte Baugröße der Schleusen schafft weitere Vorteile bei der Anlagenkonzeption und ermöglicht eine schnelle Wartung. Spezielle Leckluftsammler, stufenlos regelbare Rotordrehzahlen und speziell abgestimmte Rotorgeometrien gewährleisten gute Füllgrade, d.h. hohe Leistung und eine flexible Leistungsanpassung der Schleuse.

Fazit

Durch die fortgeschrittene Technologie bei Zellenradschleusen, insbesondere im Verschleißschutz, bieten sich im Einsatz mit abrasiven Mineralstoffen wesentlich kompaktere und energiesparendere Lösungen.

Literatur

HILGRAF, P. und PAEPCKE, J.,: Der Eintrag von Schüttgut in pneumatische Förderstrecken mittels Schneckenschleusen; ZKG, Heft 7 (1993)

Uetz, Herbert (Hrsg.): Abrasion und Erosion, Grundlagen/ Betriebliche Erfahrungen/Verminderung, Carl Hanser Verlag München Wien; ISBN 3-446-14215-0

DIN 50 320: Verschleiß; Begriffe / Systemanalyse von Verschleißvorgängen / Gliederung des Verschleißgebietes

SCHAEFFER

Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG

Schwingauslauf DBGM

Zweiwegeverteiler

Verladeeinrichtung

Rundschieber

Tangentialschleuse

Net: www.schaeffer-vt.de

Mail: info@schaeffer-vt.de

Fon: +49(0)18271/80-15-66

Fax: +49(0)18271/80-15-89

Am Unteranger 3

86672 Thierhaupten

Fließklappen

Auftovertungsgedäte

Rund- und Flachschieber

Sägenhahnschüsse

Mader-, Kombi- und Profilschieber

Klumpenzyklone

Doppelbandklappen

Minischleusen

Diagonalventil

Einbauschleusen

Einbauschleusen

Einbauschleusen

Einbauschleusen

Einbauschleusen

www.schaeffer-vt.de