

# Innovatives Einblassystem in Entschwefelungsanlagen von ThyssenKrupp Steel

*Innovative injection system in desulphurisation plants of ThyssenKrupp Steel*

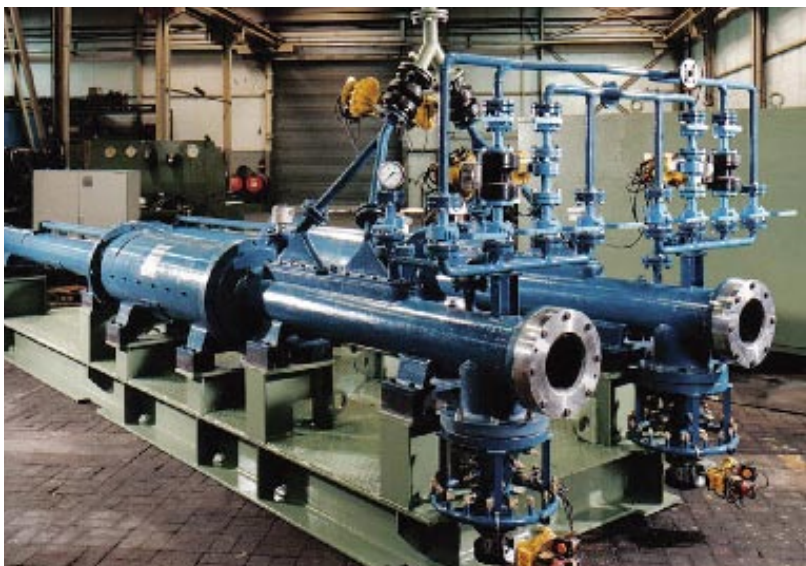
Thomas Feldhaus und Bernd Feldhaus

Die patentierte Dosierförderanlage der Feldhaus-Technik GmbH ist eine vollkommen neue Technik in der Dichtstromförderung von Feststoffen. Zwei Dosierförderanlagen fördern Magnesium mit maximaler Dosiergenauigkeit in Entschwefelungsanlagen von ThyssenKrupp Steel. Ein Gutachten von TKS bestätigt die Vorteile der Technik, die >5 Mio. t Roheisen pro Jahr entschwefelt und die Produktivität des Stahlwerks maßgeblich erhöht. Die neueste Entwicklung ist in der Lage, sämtliche Feststoffe (Granulate und Stäube) mit der bekannten absoluten Dosiergenauigkeit, auch mit extrem kleinen Förderraten, zu fördern.

*The patented PFD Dense Phase Conveyor represents an entirely new technology in the dense phase conveying of solids. Two machines convey magnesium with utmost precision into desulphurisation plants of ThyssenKrupp Steel and therewith significantly increase the productivity of the steel plant. A TKS expert's report confirms the benefits of the new technology that desulphurises >5 million t/a of crude iron. The latest development enables to pneumatically transport all sorts of solids (also slimes and powders) with absolute precision, also at extremely low conveying rates.*

Die patentierte Dosierförderanlage (DFA) fördert Feststoffe nonstop pneumatisch gegen höchste Drücke (0,1 bis >20 bar) exakt den Sollvorgaben entsprechend; vorzugsweise im Dichtstromverfahren, aber auch im Dünnstromverfahren. Das Kornband kann dabei in jeder Zusammensetzung von 0 bis 5 mm variieren, die mögliche Schüttdichte liegt zwischen 0,2 und 5 kg/dm<sup>3</sup>. Die explosionsgeschützte Maschine benötigt keinen Abluftfilter und kann mit jedem denkbaren Fördergas betrieben werden, wie z. B. mit Stickstoff, aber auch mit kritischen Gasen wie Sauerstoff und Erdgas.

Im Vergleich zu der konventionellen Technik setzt die DFA vollkommen neue technische Standards hinsichtlich ihrer Dosiergenauigkeit, verbunden mit einer hohen Variabilität der Dosiermenge und einer schnellen Reaktionszeit. Die Austragsgenauigkeit der Dosierförderanlagen entspricht stets exakt den Sollvorgaben. Bedingt durch das Prinzip der Zwangsdosierung beeinträchtigen wechselnde Transportdrücke und typische Stahlwerksschwankungen, resultierend aus Kranbewegungen, die Austragsgenauigkeit nicht. Die Steuerung der DFA basiert auf dem Prinzip der vorausschauenden volumetrischen Förderung (keine Regelkreise). Das Leistungsspektrum einer individuell angepassten Maschine erstreckt sich vom Bereich für kleine Mengen wie z. B. 0,1 – 1,0 kg/min, über den



1

Pilotanlage bei ThyssenKrupp Steel im kontinuierlichen Betrieb seit 1999  
Pilot plant in continuous operation at ThyssenKrupp Steel since 1999

Vorgetragen auf der InSteelCon-Tagung im Rahmen der Metec 2007 am 13. Juni 2007 in Düsseldorf. Dipl.-Kfm. **Thomas Feldhaus**, Geschäftsführer, Feldhaus-Technik GmbH, Duisburg; **Bernd Feldhaus**, Betriebsleiter mechanische Erhaltung, ThyssenKrupp Steel AG, Duisburg.

Bereich von mittleren Mengen wie z. B. 3 – 15 kg/min bis hin zum Bereich von 10 – 100 kg/min.

### Dosierförderanlagen bei ThyssenKrupp Steel

Die ThyssenKrupp Steel AG (TKS) in Duisburg betreibt die kontinuierlich arbeitende Pilotanlage in Verbindung mit zwei konventionellen Druckfördergeräten in einer ihrer Roheisenentschwefelungsanlagen seit September 1999 im Tri-Injektionsverfahren, Bild 1.



2

Dosierförderanlage bei ThyssenKrupp Steel im kontinuierlichen Betrieb seit 2004

PFD Dense Phase Conveyor in continuous operation at ThyssenKrupp Steel since 2004

Im Oktober 2004 wurde die zweite Maschine, Bild 2, mit einer Förderleistung von 3 – 15 kg/min Magnesiumgranulat (Kornband 0,2 – 0,8 mm) bei einer Schüttdichte von 1 kg/dm<sup>3</sup> zur Erweiterung einer weiteren Entschwefelungsanlage auf Tri-Injektion in Betrieb genommen. Die zweite Anlage ist im Wesentlichen baugleich mit der Pilotanlage, allerdings wurde hier eine kompaktere Antriebstechnik verwandt. Beide Dosierförderanlagen

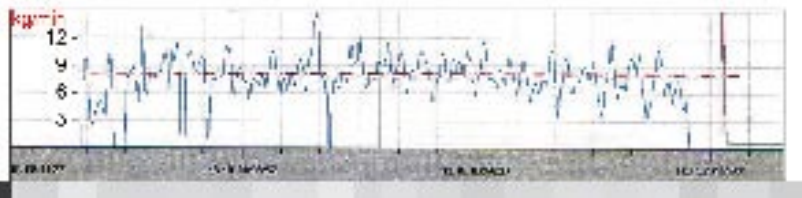
entschwefelungsanlagen integriert. Die Maschinen entschwefeln heute die gesamte Jahreserzeugung des TKS-Stahlwerks Beeckerwerth von über 5 Mio. t Roheisen.

Die Dosierförderanlage wurde speziell für die Granulatförderung im Dichtstromverfahren entwickelt, weil die bekannte Methode der Druckgefäßförderer mit ihrer aus dem Wägezellsignal abgeleiteten Differentiation des zeitabhängigen Gewichtes verspätet reagiert und somit keinen brauchbaren Regelkreis aufbauen kann. Zusätzlich zu dem verspätet errechneten Ist-Wert verfälschen typische Stahlwerkschwingungen die Berechnungen. Des Weiteren kommt erschwerend hinzu, dass bedingt durch die Granulatform unbekannte Gasmengen aus der Oberdruckzone des Druckgefäßes durch die Granulatschicht in die Förderleitung diffundieren und somit einen pulsierenden Austrag erzeugen, Bild 3.

Die ThyssenKrupp Steel AG betreibt in Duisburg zwei Stahlwerke. Die Entschwefelungsanlagen im Oxygenstahlwerk 1 wurden 1998 von der Küttner GmbH & Co. KG, Essen, mit konventioneller Technik (drei Druckgefäße in einer Linie) neu gebaut, wohingegen die vorhandenen Entschwefelungsanlagen im Oxygenstahlwerk 2 mit zwei Druckgefäßen 1999 und 2004 jeweils mit einer Dosierförderanlage erweitert wurde. Eine Dosierförderanlage stellt keine Ansprüche an ihren Aufstellungsort und übernimmt bei TKS das Einblasen von Magnesiumgranulat am Ende der Förderleitung. Durch diese Anordnung übernimmt das Magnesium die Funktion als Fegekorn und befreit die Rohrwandung von Kalk- und Sodaanbackungen aus dem ersten Druckgefäß.

Im März 2007 hat die ThyssenKrupp Steel AG die Erfahrungen der letzten Jahre mit den Dosierförderanlagen und die daraus resultierenden technischen und wirtschaftlichen Vorteile in einem offiziellen Referenzgutachten zusammengefasst:

- In der Ko-Injektionsphase (CaC<sub>2</sub> : Mg) konnten die Mengenverhältnisse von ca. 7:1 auf ca. 3:1 reduziert werden.
- Der aktuellen Preisentwicklung der Ko-Injektionspartner folgend, können die Einblasverhältnisse wirtschaftlich optimiert werden.
- Durch die Änderung der Verhältnisse kann die Effizienz der Ko-Injektionspartner verbessert werden. Eine Einsparung der benötigten Magnesiummenge in Höhe von ca. 10 % konnte erreicht werden.
- Das gleichmäßige Austragsverhalten des Magnesiumgranulates erhöht die Treffsicherheit des Schwefel-Zielgehaltes.
- Der gleichmäßige Magnesiumfluss reduziert trotz erhöhter Einblasrate die Verstopfungsgefahr an den Zweilochchlanzen.



3

Konventionelle Technik bei ThyssenKrupp Steel: Pulsierender Magnesiumaustrag um einen konstanten Sollwert von 8 kg/min bei einem Transportdruck von 5 bar in der Förderleitung  
Conventional technology at ThyssenKrupp Steel: oscillating magnesium output around a constant set point of 8 kg/min at a transport pressure of 5 bar in the conveying line

gen wurden von ThyssenKrupp Anlagenservice den Vorgaben von Feldhaus-Technik entsprechend im Herstellerwerk fertig montiert und ohne Produktionsunterbrechung problemlos in die vorhandenen

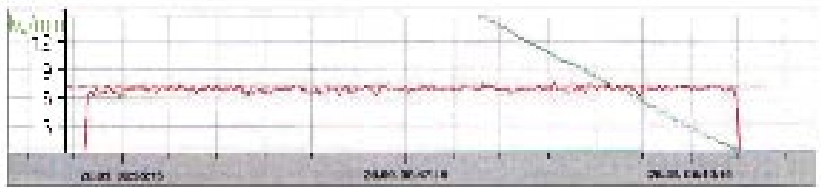
- Die verkürzte Behandlungsdauer reduziert den Lanzaverschleiß.
- Der Aufwand für Instandhaltung und Reparaturen ist gering, die Maschinen sind verschleiß- und wartungsarm.
- Die Investitionskosten für eine Dosierförderanlage lagen jeweils unter den kalkulierten Kosten, die für ein konventionelles Druckfördergefäß nötig gewesen wären.

**Verfahren.** Das Grundgebot einer pneumatischen Dichtstromförderung ist es, der Kompressibilität des Gases so wenig Raum wie möglich zu bieten, um eine harte und direkte Förderung zu erhalten. Verfahren mit Druckgefäßen haben den Nachteil, dass sehr große Volumina mit Gas gefüllt sind. Die Dosierförderanlage hingegen benötigt nur wenig Raum und kleine Förderleitungsnennweiten. Die konventionelle Technik eignet sich noch bedingt zum Fördern von pulverigen Materialien, stößt allerdings beim Fördern von körnigen Stoffen, insbesondere gegen hohe Drücke und bei Ko- und Multiinjektion, verfahrensbedingt an ihre Grenzen.

Die Bilder 3 und 4 zeigen die Dosiergenauigkeit von konventionellen Druckfördergefäßen bei ThyssenKrupp Steel im Vergleich zur Dosiergenauigkeit der Dosierförderanlage bei einem Transportdruck von 5 bar. Die Austragsorgane heutiger pneumatischer Dichtstromverfahren sind Dosierschnecken, Dosierzellenradschleusen oder Regeldüsen mit nachführender Massenstromregelung (gravimetrische Erfassung von Gewichtsunterschieden). Diese Prinzipien arbeiten mit verschiedenen Druckzonen (Differenzdruck zwischen Druckfördergefäß und Zielgefäß) und leiden unter teilweise erheblichem Verschleiß im Bereich von engen Spalten, die für die Funktion an Austragsorganen zwingend erforderlich sind.

Ein weiterer Nachteil konventioneller Verfahren beim Fördern von Granulat sind die nicht messbaren Druckgasmengen, die aus einer Zone höheren Druckes (Oberdruck) zum Zielgefäß fließen. Pulsierende ungenaue Austragsraten sind die unweigerliche Konsequenz. Bei der Dosierförderanlage hingegen gleicht der Druck im Innenraum des Förderers dem Druck in der Förderleitung und es werden nur geringe Fördergasmengen benötigt, um eine gleichmäßige Förderung aufrechtzuerhalten.

Innerhalb der Maschine entstehen nur sehr geringe Geschwindigkeiten, daher sind alle Teile wie z. B. Gehäuse, Kolben und Auslaufkonus verschleißfrei. Ein- und Auslaufkugelhähne aus Keramik unterliegen nur geringem Verschleiß und sind noch Erstausrüstung, da Schaltungen generell bei Druckgleichheit (Druck vor und hinter der Armatur gleich) vorgenommen werden. Die Kolbendichtungen werden an den beiden bei ThyssenKrupp

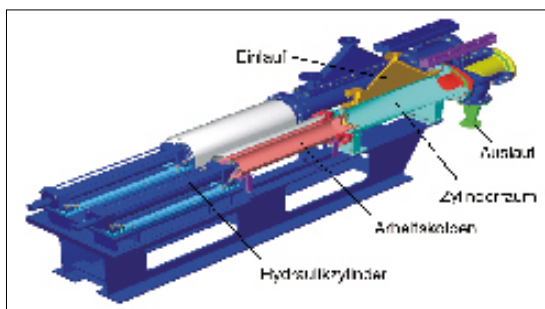


4

Dosierförderanlage bei ThyssenKrupp Steel: Der Magnesiumaustrag entspricht zu 100 % dem konstanten Sollwert von 7 kg/min bei einem Transportdruck von 5 bar in der Förderleitung  
 PFD Dense Phase Conveyor at ThyssenKrupp Steel: magnesium output in 100 % accordance with the constant set point of 7 kg/min at a transport pressure of 5 bar in the conveying line

Steel arbeitenden Maschinen alle zehn Monate vorsorglich gewechselt.

**Konzept der Dosierförderanlage.** Das Konzept der DFA basiert auf dem Prinzip einer vorausschauend volumetrischen Zwangsförderung und ist absolut genau und reproduzierbar. Bei einer Kolbenverdrängung von 1 dm<sup>3</sup>/min und einer Schüttdichte von 3 kg/dm<sup>3</sup> werden in 1 min exakt 3 kg Fördergut ausgetragen. Im Falle von wechselnden Schüttdichten kann ein automatischer Abgleich durchgeführt werden.



5

Die wichtigsten Bauteile der Dosierförderanlage  
 Key machine parts of the PFD Dense Phase Conveyor

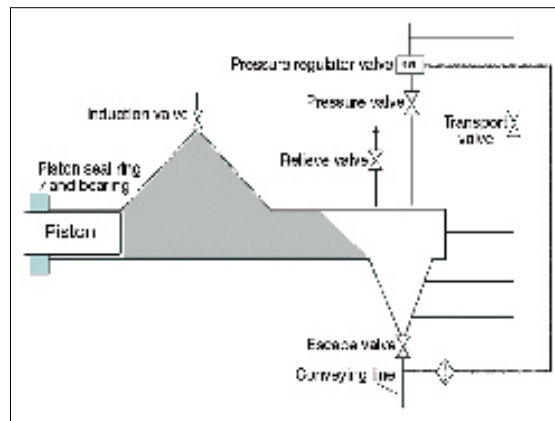
Bild 5 zeigt den Aufbau der DFA und Bild 6 das Steuerungsschema. Die Maschine ist vergleichbar mit einer Kolbenpumpe und besteht bei Anwendung im kontinuierlichen Betrieb immer aus zwei Einheiten. Für einen intermittierenden Betrieb ist nur eine Einheit notwendig.

Eine Einheit besteht aus dem Linearantrieb, der hier ein Hydraulikzylinder ist, alternativ aber auch aus einem elektromechanischen Antrieb bestehen kann. Eine programmierbare hydraulische Seriensteuerung bestimmt die Vorschubgeschwindigkeit des Hydraulikzylinders (im Mittel ca. 0,2 m/min), so dass ein Arbeitshub ca. 4 – 5 min dauert. Während der Hydraulikzylinder im Eilgang (1,5 m/min) zurückfährt, füllt sich der Zylinderraum über das geöffnete Einlassventil mit Fördergut.

Der Hydraulikzylinder trägt und treibt den Arbeitskolben, der an seinem freien Ende eine Gleit-

lagerung und die Abdichtung zum Zylinderraum durchfährt. Der Kolbendurchmesser ist der Förderleistung entsprechend dimensioniert. Die Kolben der beiden Maschinen bei ThyssenKrupp Steel wurden für eine Austragsleistung von 3 – 15 kg/min mit einem Durchmesser von 200 mm und einem Hub von 800 mm ausgelegt.

Die besondere Einlaufgeometrie des Zylinderraumes gewährleistet, dass das von oben einfließende Fördergut den Zylinderraum komplett befüllt. Am freien Ende des Zylinderraumes befindet sich ein Auslaufkonus, in den das vorgeschobene Fördergut hineinfällt. Die Geschwindigkeit der Partikel wird im Auslaufkonus durch eingeleitetes Fördergas bis zur Dichtstromgeschwindigkeit erhöht. Falls eine



**6** Steuerungsschema einer Dosierförderanlage bei ThyssenKrupp Steel  
Control pattern of the PFD Dense Phase Conveyor at ThyssenKrupp Steel

Verstopfung in der Förderleitung (Druckerhöhung) droht, bleibt der Kolben ohne Prozessunterbrechung stehen und startet bei normalem Druck wieder die Förderung.

Bild 7 zeigt den Einbauort einer Dosierförderanlage bei ThyssenKrupp Steel. Leere Container können jederzeit ausgetauscht werden, ohne den Prozess zu unterbrechen. Alternativ kann die Dosierförderanlage auch aus einem Silo mit Material versorgt werden, das jederzeit nachgefüllt werden kann.

**Funktion der Dosierförderanlage.** In Bild 8 ist das Leistungsspektrum einer DFA bei einer Anforderung von 3 – 10 kg/min dargestellt. Eine serienmäßige hydraulische Proportionalsteuerung der Bosch Rexroth AG, Lohr/Main, gewährleistet ein exaktes Nachfahren der Sollvorgabe. Weiterhin zeigt das Diagramm, dass die Maschine ohne Unterbrechung (z. B. tagelang) eine pneumatische Feststoffförderung aufrechterhalten kann. Eine Dosierförderanlage kann beweglich, aber auch fest montiert unter Silos oder Big Bags aufgestellt werden. Die Maschine kann weit unterhalb oder oberhalb des Zielortes aufgestellt werden und stellt keinerlei Ansprüche an seinen Stellplatz (z. B. nicht schwingungsentkoppelt). Die Förderleitung kann im

Vergleich zu konventionellen Dichtstromleitungen, bedingt durch die harte und direkte Förderung, in ihrer Nennweite klein und in ihrer Strecke relativ lang sein.

Eine genaue Funktionsbeschreibung der Technik ist auf [www.feldhaus-technik.de](http://www.feldhaus-technik.de) nachzulesen.

### Weiteres Innovationspotential in der Entschwefelungstechnik

Unter Beachtung der physikalischen Bedingungen bei pneumatischen Dichtstromförderungen mit Druckgefäßen hat sich calciumcarbidhaltiges Entschwefelungsmittel bzw. Calciumcarbid mit einem Kornband von 0,01 bis max. 0,1 mm als funktionstüchtig erwiesen und etabliert, weil das Oberdruckgas nicht durch die dichte Materialfüllung im Druckfördergefäß diffundieren kann. Durch Fluidisierung muss das staubförmige Mittel gut fließfähig gemacht werden und gelangt dann relativ problemlos durch die Förderleitung und Lanze in die Roheisenschmelze. Größere Kornfraktionen wurden in der Forschung nie angewandt, weil hierbei große Mengen Oberdruckgas durch die Materialfüllung diffundieren und als Platzhalter die Förderleitung füllen, woraufhin die gewünschte Menge nicht fließt und sich das Förderverhalten extrem verschlechtert. Aufgrund des pulsierenden Materialstroms und der daraus folgenden kurzzeitigen Unterversorgung an Material sind verstopfte Lanzenlöcher die Folge. In Momenten der kurzzeitigen Überversorgung hingegen sind heftige Turbulenzen innerhalb der Pfanne die logische Konsequenz.

Aufgrund dieser verfahrenstechnischen Grundeinschränkung haben die Entwickler des Tauchlanzenverfahrens zwangsläufig feinkörnige, pulverähnliche Mittel für die Tauchlanzenentschwefelung eingesetzt. Durch das Einblasen von Calciumcarbid oder calciumcarbidhaltigen Entschwefelungsmitteln in Pulverform (Kornband 0,01 – 0,1 mm) bewirkt man eine Vergleichmäßigung der Materialförderung. Die Tatsache, dass ein aus Explosionsschutzgründen gewähltes grobes Mg-Korn (0,2 – 0,8 mm) bedeutend schlechter und unruhiger aus Druckfördergefäßen fließt, bestärkt diesen natürlichen Zusammenhang.

Als Nachteil einer solchen Pulverinjektion in die Schmelze ist ein schlechter metallurgischer Wirkungsgrad von ca. 0,3 bzw. 30 % zu sehen. Bedingt durch die Anhangskraft der feinen, mehlförmigen Partikel entstehen Agglomerationen von Calciumcarbidpulver zu Klumpenformen. Diese Klumpen, die sich nach Verlassen der Tauchlanze entweder frei im Roheisen oder in einer Trägergasblase aufhalten, steigen, bedingt durch die deutlich geringere Dichte von Gas und Calciumcarbid, schnell in der Roheisenschmelze bis in die auf der Roheisenschmelze schwimmenden Schlacke auf. Die kinetische Energie,

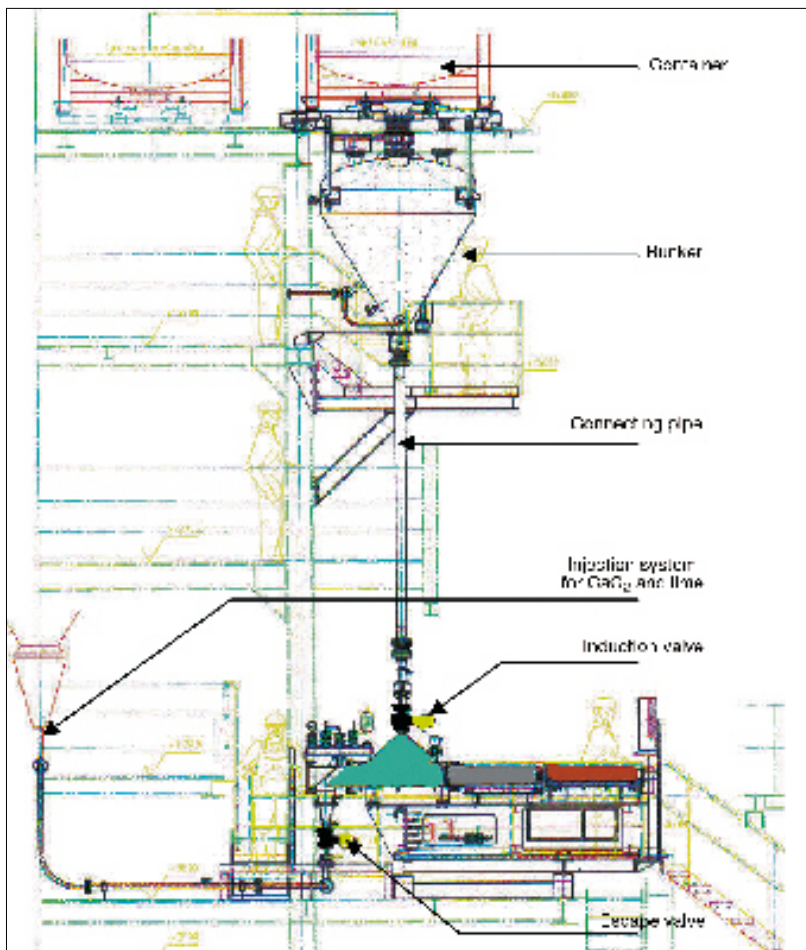
die die Gas/Calciumcarbid-Ansammlungen durch die schnelle Aufstiegsphase gewonnen hat, verursachen ein Eindringen in die Schlackenschicht und ein abschließendes Auftauchen daraus. Calciumcarbid, das sich einmal in oder auf der Schlacke befindet, kann nicht mehr vom Strom des Roheisens erfasst werden und kann somit nicht zu weiterer Entschwefelungsarbeit wieder in Richtung Pfannengrund vom Roheisenstrom mitgenommen werden.

Des Weiteren werden lockere Klumpen von Calciumcarbidpulver beim Austritt aus der Tauchlanze durch das fünffach schwerere Roheisen und demzufolge durch den enormen statischen Druck regelrecht zusammengepresst, so dass aus vielen kleinen Partikeln aus Bruchteilen von Millimetern in sich feste Agglomerationen von mehreren Millimetern Durchmesser entstehen. Die Folge ist, dass während der Aufstiegsphase das feinkörnige Entschwefelungsmittel in der Roheisenschmelze lediglich im Klumpenrandbereich Kontakt mit der Schmelze bekommt und ein Großteil des Calciumcarbids in der Roheisenschmelze ungenutzt in die Schlacke aufsteigt.

Aufgrund dieser Beschreibung werden calciumcarbidhaltige Entschwefelungsmittel nur zwischen 30 und 40 % genutzt. Bewiesen wird dies nicht nur durch die schlechte Entschwefelungswirkung, sondern auch durch nachträgliche Analysen der Schlacke. Es werden regelmäßig ungenutzte 60 – 70 % des eingeblasenen Calciumcarbides in der Schlacke wiedergefunden [1].

Durch den Einsatz von Dosierförderanlagen wird der oben beschriebene verfahrenstechnische Kompromiss hinfällig. Die Technik hat bewiesen, dass große Granulatmengen betriebssicher und genau dosiert in Roheisenschmelzen pneumatisch eingetragen werden können. Durch ein Einblasen des Entschwefelungsmittels Calciumcarbid in Granulatform (Kornband z. B. 0,5 – 1,0 mm) könnte die Entschwefelungsleistung dahingehend verbessert werden, dass jedes Korn mit dem Roheisen in Berührung gerät und komplett aufgezehrt wird. Die relativ groben Körner zeigen keinerlei Affinität zu Anhangskräften zueinander und werden vom Strom des Roheisens bis zur vollständigen Aufzehrung mitgerissen, weil die einzelnen Körner im Gegensatz zu den Pulveragglomeraten nicht die Energie aufbringen, sich aus dem Strom der Roheisenschmelze zu lösen und in die Schlacke aufzusteigen. Der statische Druck der Roheisensäule diffundiert dabei durch die einzelnen Körner hindurch, ohne sie dabei zu Agglomerationen zu komprimieren.

Die Tatsache, dass mit dem Einblasen von Granulat eine höhere Entschwefelungsrate erzielt wird, ist von der RWTH Aachen in Technikumsversuchen unter Beweis gestellt worden. Entschwefelungsmittel



wurden mit kohärenten Gasstrahlen in gekoppeltem und in ungekoppeltem Zustand berührungslos in Roheisenschmelzen eingetragen. Die Entschwefelungsmittel nahmen bei geringer Teilchendichte bedeutend besser mit der Schmelze Kontakt auf als bei hoher Teilchendichte [2].

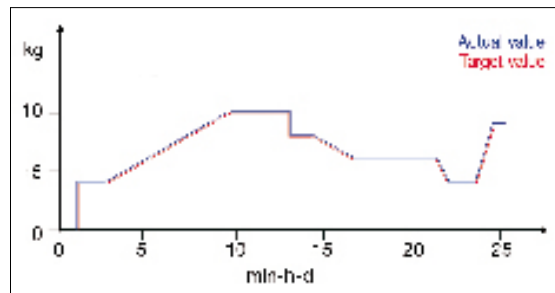
Die RWTH Aachen möchte den aufgezeigten Wirkungszusammenhang zwischen dem Einblasen von Calciumcarbidgranulat zur Entschwefelung von Roheisen und einem deutlich gesteigerten metallurgischen Wirkungsgrad in deren Technikumsanlagen unter Beweis stellen. Die Feldhaus-Technik GmbH sucht zur Durchführung der Versuchsreihe an der Universität einen Partner, der sich an dem finanziellen Aufwand des Forschungsvorhabens beteiligen und an den Forschungsergebnissen partizipieren möchte. Eine Beteiligung an den angemeldeten Schutzrechten ist ebenfalls möglich.

### Zukünftige Trends in der Entschwefelungstechnik

Dosierförderanlagen haben den Wirkungsgrad in Entschwefelungsanlagen der ThyssenKrupp Steel AG

7  
Entschwefelungsanlage bei ThyssenKrupp Steel mit einer Dosierförderanlage  
Desulphurisation plant at ThyssenKrupp Steel equipped with a PFD Dense Phase Conveyor

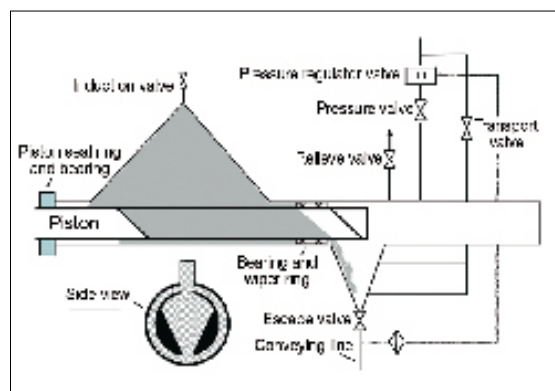
signifikant steigern können, obwohl die Maschinen in Kombination mit konventionellen Druckfördergeräten im Einsatz sind, d. h. physikalische Beschränkungen spielen nach wie vor eine Hauptrolle im Entschwefelungsprozess bei ThyssenKrupp Steel. Auf Grundlage der positiven Erfahrungen mit den Dosierförderanlagen würde eine Entschwefelungsanlage



8  
Mögliches Leistungsspektrum einer Dosierförderanlage  
Possible performance range of a PFD Dense Phase Conveyor

für Ko- oder Tri-Injektion, die ausschließlich aus Dosierförderanlagen besteht, folgende Vorteile bringen:

- einfacher, voll automatisierter Prozess (keine Regelkreise)
- kein Überwachungspersonal notwendig
- einzelne Entschwefelungsmittel können in jedem Kornband angewandt werden, um Effizienzen zu maximieren
- gleitender und reproduzierbarer Übergang zwischen den Entschwefelungsmitteln
- Verkürzung von Prozesszeiten
- Polygonfahrweise für jedes Entschwefelungsmittel möglich
- Optimierung der Schlacke durch Ko-Injektion mit Kalk und Soda am Behandlungsende.



9  
Steuerungsschema der finalen Version der Dosierförderanlage  
Control pattern of the final version of the PFD Dense Phase Conveyor

### Einsatzmöglichkeiten innerhalb und außerhalb der Stahlindustrie

Eine DFA könnte Fe-haltige Gießereistäube durch Blasformen in Kupolöfen einblasen. Um dabei ein Kaltblasen des Koksбетtes zu verhindern, kann der Staub vorgeheizt und mit reinem Sauerstoff eingeblasen werden.

In der Stahlindustrie können Grobstäube mit bis zu 70 % Fe-Anteil durch das Abstichloch bzw. die Mündung eines LD-Konverters in einen LD-Konverter zurückgeblasen werden.

Stahlwerkstäube und Kohlenstaub könnten mithilfe einer DFA im Ko-Injektionsverfahren mit Erdgas oder Sauerstoff als Fördergas in Hochöfen oder OxiCup-Schachtöfen injiziert werden und damit die aufwändig zu briкетierenden, selbstreduzierenden Steine aus 70 % Fe-Staub, Kohlenstaub und Bindern ersetzen.

Pyrophore Stäube können heiß oder in kaltem Zustand von einer DFA gefördert werden. Als Fördergas kommen Pressluft, Stickstoff, Erdgas oder Sauerstoff in Betracht. Zur Verminderung von Prozesswärmeverlusten können Stäube vor dem Einblasen vorgeheizt werden.

In Gießereien fallen pro t Gusseisen ca. 100 kg Staub an, am LD-Konverter fallen pro 270 t Stahl ca. 1,5 t Grobstaub an. Dem Kreislaufwirtschaftsprinzip folgend können diese Stäube unter Wegfall der Depo-niekosten mit einfachem Aufwand verarbeitet werden, während Fe-Anteile zurückgewonnen werden.

Ausgehend von dem Erfolg in der Stahlindustrie wird die Dosierförderanlage in pneumatischen Förderprozessen innerhalb der Chemieindustrie Anwendung finden. Die Förderaufgabe unterscheidet sich insofern, als dass sehr kleine Mengen von Pulvern (z. B. 0,1 – 3,75 kg/h) pneumatisch in einen Reaktor eingeblasen werden müssen. Auf Grundlage dieser Aufgabenstellung wurde eine Dosierförderanlage entwickelt, die in der Lage ist, jegliche Feststoffe (Granulate und Pulver) auch mit sehr geringen Förderraten mit hoher Genauigkeit zu fördern. Diese Maschine umschließt alle Vorteile der vorangehenden Maschinentypen. Das Steuerungsschema ist in Bild 9 dargestellt.

Grundsätzlich ist die Technik „Dosierförderanlage“ überall dann als besonders vorteilhaft anzusehen, wenn relativ wertvolle Schüttgüter mit einer hohen Schüttdichte maximal genau dosiert in Reaktorräume pneumatisch eingeblasen werden müssen.

Um die Technik Dosierförderanlage auch außerhalb von ThyssenKrupp Steel weiteren Stahlwerken international anbieten zu können, sucht die Feldhaus-Technik GmbH Kooperationspartner aus dem Maschinen- und Anlagenbau. Ein international tätiges Unternehmen aus dem Bereich der Wägetechnik steht als Kooperationspartner bereits zur Verfügung.

[tfeldhaus@feldhaus-technik.de](mailto:tfeldhaus@feldhaus-technik.de)