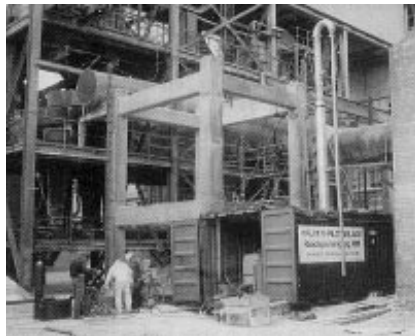


Nachdruck

„Versuchsanlage für eine abwasserfreie Rauchgasreinigung (ABR)“ (Chemie-Umwelt-Technik (1992), Prof. Dr. J.M. Chawla, CALDYN Ettlingen)

Als Folge strengerer Auflagen bei der Abgasreinigung werden Verfahren eingesetzt, die niedrige Reingaswerte, z.B. $\text{HCl} < 30 \text{ mg/m}^3$ und $\text{HF} < 5 \text{ mg/m}^3$, erreichen. Schadstoffe, wie SO_2 und HCl , werden überwiegend mit Kalk aus dem Gasstrom entfernt. Dabei fallen CaF_2 , CaSO_4 , CaCl_2 usw. als Endprodukte an, die wiederum entsorgt werden müssen. In den meisten der heute eingesetzten Verfahren beträgt der Kalkverbrauch ein mehrfaches der minimal benötigten stöchiometrischen Menge. Im folgenden Beitrag wird eine Anlage beschrieben, die es erlaubt, die Rauchgasreinigung unter gleichzeitiger Einhaltung der drei Punkte durchzuführen: Abwasserfrei, niedrigere Reingaswerte und minimaler Kalkverbrauch, stöchiometrischer Faktor 1,1.

As a consequence of more stringent legislation concerning the purification of exhaust gases processes are employed which attain low gas concentrations, e.g. $\text{HCl} < 30 \text{ mg/m}^3$ and $\text{HF} < 5 \text{ mg/m}^3$. Pollutants such as SO_2 and HCl are largely removed from the gas stream with chalk. The end products are CaF_2 , CaSO_4 , CaCl_2 , which have to be disposed of. In most of the processes employed today the consumption of calcium carbonate is severalfold the minimal stoichiometric amount. This article describes a plant which permits flue gas treatment in a manner characterised by the following three features: no waste water, lower pollutant gas volumes, and minimal chalk consumption, stoichiometric factor 1.1.



Aufbau der Pilotanlage zur abwasserfreien Rauchgasreinigung (ABR)

Den schematischen Aufbau der Pilotanlage zeigt Abb.1. Im wesentlichen setzt sich die Anlage aus den drei Teilen Sprühtrockner, Schlauchfilter und Wäscher zusammen.

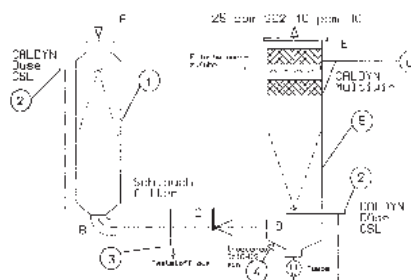


Abb. 1: Schematischer Aufbau der Pilotanlage

Sprühtrockner

Im Sprühtrockner wird Waschsubstrat aus dem nachgeschalteten Wäscher zerstäubt und mit dem eintretenden heißen Rohgas getrocknet. Das Waschsubstrat besteht aus den Reaktionsprodukten CaCl_2 , CaSO_4 und CaF_2 sowie noch nicht reagiertem Kalkhydrat. Das Rohgas ist mit den Schadstoffen beladen. Während des Trocknungsvorganges läuft parallel eine Reaktion zwischen den Schadstoffen des Rohgases und dem Kalkhydrat ab. Am Ende des Trocknungsvorganges liegt ein vorgereinigtes, abgekühltes Gas und trockenes Reaktionsprodukt vor, welches sich dadurch auszeichnet, daß nahezu sämtliches Kalkhydrat umgesetzt ist.

Schlauchfilter

Die vormals gasförmigen Schadstoffe werden in einem Schlauchfilter als feste Reaktionsprodukte vom Gas getrennt und aus dem Prozeß ausgeschleust.

Wäscher

Im Wäscher wird Kalkhydratsuspension (Kalkmilch) fein zerstäubt. Die im Sprühtrockner nicht abreagierten Schadstoffe treten hier mit frischem Kalkhydrat in Kontakt und reagieren mit diesem. Die Austrittskonzentration an Schadstoffen liegt deutlich unter den von der TA-Luft geforderten Konzentrationen. Das anfallende Waschsubstrat wird zum Sprühtrockner geleitet.

Abgrenzung der ABR-Anlage von den bekannten Verfahren

Für die Rauchgasreinigung werden heute hauptsächlich zwei Verfahren eingesetzt:

- trockenes oder halbtrockenes Verfahren
- naßarbeitendes Verfahren oder Wäschersysteme

In den trockenen und halbtrockenen Verfahren lassen sich niedrige Reingaswerte nur erreichen, wenn gleichzeitig sehr hoher Kalkverbrauch in Kauf genommen wird. Das heißt, mit trockenem Kalkeintrag lassen sich SO_2 -Konzentrationen im Reingas von 150 ppm erreichen, wenn gleichzeitig der Kalkverbrauch doppelt so hoch liegt wie der minimale (stöchiometrische) Kalkverbrauch. Beim stöchiometrisch nahen Kalkverbrauch werden nur 250 ppm SO_2 im Reingas erhalten. Bei Kalkmilch-Zerstäubung läßt sich die SO_2 -Konzentration im Reingas bei minimalem Kalkverbrauch auf etwa 100 ppm reduzieren. Wenn man noch niedrigere SO_2 -Werte erzielen möchte, muß man mit wesentlich höherem Kalkverbrauch rechnen.

Die naßarbeitenden Systeme wälzen große Mengen Kalkmilch um, damit eine große Phasentrennfläche zwischen Gas und Flüssigkeit erzielt wird. In der umgewälzten Flüssigkeit befindet sich ca. 10% unreaktiertes $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Diese Systeme erlauben eine Abgaskonzentration von ca. 40 ppm bei einem stöchiometrischen Kalkverbrauch von ca. 1,1. Sollen noch niedrigere Werte erreicht werden, muß die Konzentration des unreaktierten $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in der Flüssigkeit erhöht werden. Dies führt wieder zu größerem Kalkverbrauch. Darüber hinaus ist das System nicht abwasserfrei. Die Sumpfprodukte aus dem Wäscher müssen nachträglich bearbeitet werden.

Bei der Pilotanlage ABR (abwasserfreie Rauchgasreinigung) werden sehr hohe $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Konzentrationen im Wäscher verwendet, um sehr niedrige Abgaswerte zu erzielen. Der Sumpf aus dem Wäscher wird nicht zum Abfluß, sondern zur 1. Stufe (Sprühabsorber) geleitet. Der unreaktierte Kalk wird hier vollständig umgesetzt, getrocknet und in dem anschließenden Schlauchfilter abgetrennt.

Technische Daten

Für den erfolgreichen Betrieb dieser Pilotanlage sind zwei Anlagenteile von Bedeutung. Das ist zum einen die Zerstäuberdüse CSL, die in der Lage ist, bei minimalem Druckluftverbrauch Kalkmilch kontrolliert und sehr fein zu zerstäuben. Diese Düse wird sowohl im Sprühtrockner als auch im Wäscher eingesetzt. Der zweite Anlagenteil ist der am Ende der Anlage eingebaute Hochleistungstropfenabscheider MULTIWIR. Dieses System vereinigt die Eigenschaften eines Multizyklons und einer geordneten Packung.

Der Gasstrom wird in viele kleine Gasströme aufgeteilt, die kreuzweise durch die Packung hindurchströmen. Dadurch werden die Gasströme in gegenläufige rotierende Bewegung

versetzt. Die Tropfen setzen sich, aufgrund der auftretenden Zentrifugalkraft, auf der Oberfläche der Lamellen ab und fließen durch Schwerkraft ab. Dieser Tropfenabscheider kann Tropfen > 6 µm vollständig abscheiden. Der Druckverlust bleibt dabei < 5 mbar. Da der MULTIWIR aus 60x30 mm Kanälen besteht, gibt es überhaupt keine Verstopfungsgefahr.

Dem Sprühtrockner ist eine Quenchingstrecke vorgeschaltet. Dabei werden 500 Nm³/h Abgas durch Zerstäubung und vollständiges Verdampfen des Wassers von ca. 1250°C auf 400°C abgekühlt. Im Sprühtrockner werden die Gase bei vollständigem Verdampfen von Kalkmilchtröpfchen bis auf 75°C - 150°C nochmals runtergekühlt. Der anschließende Schlauchfilter, mit sieben Schläuchen bestückt, hat eine Temperaturbeständigkeit bis 160°C. Nach dem Schlauchfilter wird das Gas durch Eindüsen von Wasser auf die Sättigungstemperatur gebracht. Im Wäscher wird Trocken-Kalkhydrat zudosiert und mit Wasser innerhalb der Anlage zu Kalkmilch gerührt.

Der Wäscher hat einen Durchmesser von 500 mm. Die Gasgeschwindigkeit im Wäscher beträgt 0,8 m/s. Die Gesamthöhe beläuft sich auf 8 m. Die Kreislaufmenge liegt zwischen 50 bis 300 kg/h Kalkmilch. Am Ende des Wäschers ist die MULTIWIR-Packung angebracht. Hier werden die Kalkmilchtröpfchen aus dem Gasstrom entfernt.

Die Gesamtanlage ist in einem Container untergebracht.

Abmessungen beim Transport:

6100 x 2440 x 2590 (L/B/H)

Abmessungen im Betrieb:

6100 x 2440 x 8500 (L/B/H)

Gesamtgewicht: ca. 9500 kg

Wasserbedarf: Je nach dem Sättigungsgrad und Eintrittstemperatur Gas

Druckluftbedarf: ca. 50 kg/h bei 6 bar

Elektr. Anschlußleistung:

ca. 60 kW bei 380 VAC

periphere Geräte: Begleitheizung für Sprühtrockner, Schlauchfilter und Verbindungsleitungen

Ventilator: Förderleistung 10 l/min (entspricht 600 m³/h bei 55°C) bei 50 mbar

Im Sprühtrockner wird SO_2 aus der Gasphase in Wassertropfen gelöst. Die Wassertropfen enthalten auch einen Teil $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in gelöster Form [1] und reagieren mit dem gelösten SO_2 zu CaSO_4 . Mit HCl und HF verhält es sich ähnlich. Gleichzeitig findet an der Oberfläche des Wassertropfens Verdunstung statt. Der Tropfendurchmesser (Masse) nimmt ab. In einem differentiellen Zeitelement dt beträgt die aufgelöste SO_2 -Masse:

$$d(\text{SO}_2) = \beta \cdot C \cdot \rho_{\text{SO}_2} \cdot 4\pi r^2 dt$$

die Tropfenabnahme

$$d(M) = \frac{\alpha \cdot \theta \cdot 4\pi r^2 dt}{\Delta h_v}$$

Durch numerische Berechnungen läßt sich der SO_2 -Gehalt und der Tropfendurchmesser sukzessive ermitteln, bis der Tropfen vollständig verdampft ist. Die Berechnungen und die Messungen haben ergeben, daß sich bei vollständigem Kalkverbrauch die Schadstoffkonzentration von SO_2 und HF von 700 mg/m³ auf ca. 70 mg/m³ im Sprühtrockner reduzieren läßt.

Im anschließenden Wäscher wird eine Reingaskonzentration von SO_2 und HF < 4 mg/m³ erreicht. Bei dieser zweistufigen Anlage liegt der Kalkverbrauch nur 6% über dem stöchiometrischen Wert.

Aufgrund der außerordentlichen Flexibilität der Anlage sind auch sehr stark schwankende Schadstoffkonzentrationen zu bewältigen.

Das System eignet sich besonders für Anlagen mit Gasmengen bis ca. 60.000 m³/h.

Literatur

[1] J.A.Cole, G.H.Newton, J.C.Kramlich, and R.Payne, *Global evaluation of mass transfer effects in duct injection flue gas desulfurization / Report DOE//PC/88873-TB, US-Dept. of Energy, Pittsburg, Pennsylvania, 1990.*

CALDYN

Apparatebau GmbH

Nobelstraße 6, D-76275 Ettlingen, Tel. 07243/5403-0, Fax 07243/5403-99

E-mail: CALDYN@T-online.de / Internet: <http://www.CALDYN.de>