

DK 666.1.031.2:662.613.13:662.613.5:621.928.9:628.511.133:62-494

Entwicklungsstand von Filtermedien für filternde Abscheider bei der Entstaubung von Glaswannen

Von Hans Dietrich, Offingen

(Vortrag vor dem Fachausschuß VI der DGG „Umweltschutz“ am 25. April 1979 in Düsseldorf)

(Mitteilung aus der Bayerischen Wollfilzfabriken KG, Offingen)

(Eingegangen am 31. Juli 1979)

Die gesetzlich verordnete Reduzierung der Emissionswerte, die wirtschaftliche Bewältigung großer Gasvolumina mit kleineren Filterflächen, die Beherrschung hoher Temperaturen und Schadgasbeaufschlagung sowie die Einhaltung energiebewußter Differenzdrücke haben dazu geführt, daß der filternde Abscheider – auch „Schlauch-“ oder „Gewebefilter“ genannt – gegenüber den drei anderen Entstauberprinzipien (elektrischer Abscheider, naß arbeitender und mechanischer Entstauber) einen Marktanteil von nahezu 40 % erreicht hat. Davon entfällt wertmäßig auf das textile Filtermedium ein Anteil von etwa 15 %. Zunehmender Absatz ist besonders bei den druckluftabgereinigten Filtern (Jet-Filter) festzustellen.

Das textile Filtermedium muß nach Festigkeit, Dichte, Zusammensetzung, physikalischem und chemischem Aufbau auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt sein. Die Beständigkeit und Unbeständigkeit textiler Rohstoffe werden ausführlich behandelt und in Zusammenhang mit den verfahrenstechnischen Bedingungen bei der Entstaubung von Glasschmelzwannen gebracht. Es werden verschiedene filternde Abscheider, die zur Entstaubung von Glasschmelzwannen eingesetzt sind, betrachtet, die in der Anwendung erworbenen Erfahrungen beschrieben und Zukunftstendenzen abgeleitet.

State of development of filter media for dust separators on glass tanks

Legal requirements to reduce emissions, the economic necessity to treat large gas volumes with small filter surfaces, mastery of high temperatures and corrosive gases as well as maintaining a desirable pressure difference have led to filter separators, either tubular or cellular, taking about 40 % of the market which is shared with three other types of dust remover (electrostatic, scrubbing and mechanical). Of this textile filter media account for about 15 %. An increasing share is being taken by air pressure cleaning (jet) filters.

The textile filter medium must possess appropriate strength, density, composition, physical and chemical properties for each particular application. The stability and instability of textile raw materials are discussed in detail and brought into connection with the conditions of process engineering for application in glass furnace dust filters. The installation of various filter separators on glass furnaces and experience of their use is described and future developments considered.

Etat actuel du développement des médiums filtrants des appareils à filtres utilisés pour le dépeussierage des fours à bassin

La réduction des valeurs d'émission stipulée par la législation, le traitement économique d'importants volumes de gaz avec des surfaces réduites de filtration, la maîtrise de températures élevées et d'importantes charges de gaz polluants, ainsi que le respect de pressions différentielles compatibles avec les consignes d'économie d'énergie font que les dépoussiéreurs à filtre appelés aussi dépoussiéreurs à manche ou à tissu représentent actuellement près de 40 % du marché, à côté des trois autres types de dépoussiéreur (dépoussiéreurs électriques, dépoussiéreurs par voie humide et dépoussiéreurs mécaniques). Les filtres textiles à eux seuls représentant 15 % environ du

marché. C'est avant tout la vente des filtres à décolmatage pneumatique (filtres-jets) qui enregistre une forte hausse.

La solidité, la densité, la composition et les propriétés physico-chimiques du médium textile doivent être compatibles avec les applications envisagées. On procède à une étude détaillée de l'inaltérabilité ou de l'altérabilité des différents textiles utilisés comme matières premières et de leur influence sur les conditions technologiques au cours du dépeussierage des fours à bassin. On décrit plusieurs dépoussiéreurs à filtre utilisés sur les fours à bassin, on fait part de l'expérience acquise au cours de leur utilisation et, enfin, on tire des conclusions sur les progrès à réaliser à l'avenir.

In der Entwicklung und beim Einsatz textiler Filtermedien für filternde Abscheider haben sich in den letzten 10 Jahren umwälzende Veränderungen vollzogen, welche die Konzeption des filternden Abscheiders [1] entscheidend beeinflußt haben. Diese Entwicklung ist noch keineswegs abgeschlossen. Sie setzt sich auch am Ende der 70er und zu Beginn der 80er Jahre fort, wobei allerdings die Entwicklungsziele deutlicher erkennbar und genauer kalkulierbar geworden sind. Diese Ziele können in den folgenden Anforderungen zusammengefaßt werden: wirtschaftliche Bewältigung höherer Gasvolumina mit kleineren Filterflächen bei gleichzeitiger Verminderung der Emissionswerte und Beherrschung höherer Temperaturen und Schadgasbeaufschlagungen.

Die Erfolge des filternden Abscheiders bei der Realisierung dieser Ziele haben sich positiv auf seine Popula-

rität ausgewirkt. In der Bundesrepublik Deutschland bauen heute etwa 35 Firmen Schlauch- und/oder Taschenfilter-Anlagen. Der im Jahre 1978 erzielte Umsatzwert mit filternden Abscheidern wird auf DM 350 Mio. geschätzt. Etwa 25 Firmen haben ein sogenanntes Jet-Filter mit Druckluftabreinigung im Programm. Mit diesem Marktanteil nähert sich der filternde Abscheider der 40%-Marke und hat damit gegenüber dem elektrischen Abscheider [2], dem naß arbeitenden [3] und dem mechanischen Entstauber [4] den Hauptanteil des Marktes erungen.

1. Anteil des Filtermediums

Das Filtermedium partizipiert am filternden Abscheider wertmäßig mit etwa 15 %. Das heißt, daß im Neuanlagegeschäft 1978 für etwa DM 52,5 Mio. Filtermedien

enthalten waren. Davon fallen 85 % auf Nadelfilze entsprechend DM 44,6 Mio. Im Ersatzteilgeschäft liegt der Marktanteil des Nadelfilzes derzeit bei rund 60 %. Man rechnet mit einer durchschnittlichen Standzeit von zwei Jahren für Taschen und Schläuche; Standzeiten von drei bis fünf Jahren sind jedoch keine Seltenheit.

Unter Einbeziehung der Filterfläche für Neuanlagen und für Ersatzbestückungen kann die gesamte Filterfläche, die an Nadelfilzen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1978 für die Trockenentstaubung produziert worden ist, auf etwa 3 Mio. m² veranschlagt werden. Gegenüber dem Vorjahr zeigen sich eine stärkere Zunahme der Menge und eine geringere Steigerung des Wertes, was auf den wettbewerbsbedingten Preisdruck zurückzuführen ist. In Europa bieten heute 40 Firmen Nadelfilze für die Filtration an, woraus die gegensätzliche Situation verständlich wird, daß bei steigenden Rohstoff- und fertigungsbedingten Herstellungskosten sinkende Preise zu verzeichnen sind. Mehr denn je ist es erforderlich, die auf dem Markt angebotenen Qualitäten einer gründlichen Qualitätskontrolle zu unterziehen und durch eindeutige Festlegung aller einschlägigen technischen Daten einem hohen Qualitätsgrad der Filtermedien die gebührende Bedeutung einzuräumen. Eine Minderung der Qualität ist unverantwortlich in einer Zeit, in der die Emissionswerte niedriger denn je sein sollen, in der die Filterflächenbelastungen steigen, in der lange Gewährleistungszeiten verlangt werden und in der von Temperatur und Gaszusammensetzung her das Filtermedium zusätzlichen physikalischen und chemischen Belastungen ausgesetzt wird.

2. Technischer Entwicklungsstand von Nadelfilzen für die Filtration

Das wichtigste Detail des filternden Abscheiders ist das Filtermedium. Es entscheidet über den Abscheidegrad, die Belastbarkeit, den Energiebedarf, die Wirtschaftlichkeit und die Funktionstüchtigkeit des Entstaubers.

Als zu Beginn der 60er Jahre dieser Zusammenhang erkannt war, setzte eine intensive Untersuchungs- und Entwicklungsarbeit ein. Der entwickelte Nadelfilz besaß vor allem eine dreidimensionale Struktur, eine vervielfachte abscheideaktive Oberfläche mit den Eigenschaften großer Gasdurchlässigkeit bei hohem Staubrückhaltevermögen und bot kleinere Filterflächen für größere Gasmengen an. Der Nadelfilz forderte dafür allerdings eine intensive, porentief wirksamere Abreinigung, die zweckmäßigerweise in Form einer kräftigen kombinierten mechanischen und pneumatischen Porensäuberung geschehen sollte. Richtig konstruierte Nadelfilze sind mechanisch so resistent, daß sie einer kontinuierlich wirkenden, periodischen Druckluftreinigung mit ihren Konkav-Konvex-Flexbewegungen am Schlauch mehrere Jahre widerstehen. Die Ansicht, daß die Jet-Abreinigung die Lebensdauer der Schläuche stärker reduziert als konventionelle Abreinigungsverfahren hat sich als nicht zutreffend erwiesen. Jet-Filter sind nun seit 20 Jahren auf dem Markt, wobei

fachmännisch konzipierte und auf die Eigenschaften des Jet-Filters abgestimmte Nadelfilze den Eignungstest über mehrere Jahre Standzeit hinweg bestanden haben. Je nach Beschaffenheit des Staubes liegen das Gewicht dieser Filze zwischen 450 und 650 g sowie die Luftdurchlässigkeit zwischen 60 und 150 l nach DIN 53 887 [5]. Sie haben durch ein starkes, beim Nadeln kaum geschädigtes Stützgewebe die Voraussetzung für hohe Reiß- und Berstfestigkeit bei geringen Dehnungswerten, sie sind durch einen sorgfältigen Thermofixierprozeß bis zur zugelassenen Grenztemperatur auf $\pm 0,5$ % dimensionsstabil, sie haben einen Abrieb nach DIN 53 863 [6] von unter 1 g pro Test und widerstehen mühelos 1 Mio. Biegungen. In der Regel ist die Oberfläche qualitativ hochwertiger Nadelfilze von abstehenden Fasern befreit und unter Einwirkung von Temperatur und Druck geglättet, so daß ein leichter Staub- und Kuchenabwurf gewährleistet ist. Vielfach wird den Qualitäten ein Prüfzeugnis mitgegeben, in dem neben den erwähnten Eigenschaften verbindliche Angaben über die Temperaturbeständigkeit, die Feuchtigkeitsaufnahme, die Chemikalienbeständigkeit, das elektrostatische Verhalten und die Waschbarkeit enthalten sind. Kraftdehnungsdiagramm und Druckverlustkurve sind selbstverständliche Bestandteile eines solchen Werkszeugnisses.

2.1. Nadelfilz und Abreinigungsprinzip

Die Vorteile des Filterns in der dritten Dimension sind unbestritten. Nadelfilze sollten allerdings um so luftdurchlässiger sein, je weniger tiefenintensiv das Abreinigungsprinzip wirkt. Der Aufbau einer Filterhilfsschicht auf der Oberfläche, also das künstliche Bilden einer dritten Dimension, ist nur noch sekundär von Bedeutung, weil der Filz selbst diese Eigenschaft mitbringt. Wünschenswert ist dagegen eine Porenbeaufschlagung im Inneren des Filzes um 20 bis 25 % vom Eigengewicht des Filzes, wodurch eine Porenverkleinerung und Homogenisierung des Filtermediums eintreten. Mit der Schaffung leichter und luftdurchlässiger Qualitäten wurde der Nadelfilz auch für Rüttel- und Klopffilter einsetzbar, besonders dann, wenn agglomerierende Stäube die Abscheidung erleichtern. Auch hier gilt, daß Nadelfilze mit mechanisch stark beanspruchbaren Stützgeweben, beispielsweise durch Knickbildung in Rüttelfiltern, keinesfalls schneller verschleißeln als Gewebe.

Setzt man das Abreinigungsprinzip von Schlauch- und/oder Taschenfilteranlagen in Beziehung zur geeigneten Filzqualität, so ergeben sich nach dem heutigen Stand der Technik die in Tabelle 1 zusammengefaßten Erfahrungsrichtwerte.

2.2. Auswahl des geeigneten Filtermediums

Das Filtermedium muß nach Festigkeit, Dichte, Zusammensetzung und Aufbau auf den jeweiligen Anwendungsfall, d. h. auf Temperatur, Feuchtigkeit und mögliche Schadgaszustände abgestimmt sein. Deswegen ist ein einwandfrei arbeitendes Filtermedium das Ergebnis einer intensiven Zusammenarbeit zwischen dem Konstrukteur des filternden Abscheiders, dem Verfahrenstechniker des

Tabelle 1. Geeignete Filzqualitäten für die verschiedenen Abreinigungsverfahren

Abreinigungsprinzip	Gewicht in g/m ³	Luftdurchlässigkeit in l/(dm ² min) bei 196 Pa (\pm 20 mm WS)
gelegentliche Handabrüttlung	250 bis 300	400 bis 650
periodisches Rütteln/Klopfen	300 bis 400	400 bis 600
Rütteln und Niederdruckrückspülung	300 bis 500	250 bis 400
Niederdruckrückspülung bis 1,5 bar	350 bis 500	150 bis 400
Hochdruckrückspülung bis 7 bar	500 bis 650	50 bis 150

Anlagenbetreibers und dem Textilingenieur des Medienherstellers. Kostspielige Fehlschläge können nur vermieden werden, wenn die chemischen Eigenschaften des Gases, des Staubes und des Filtermediums integriert gesehen werden und wenn die Möglichkeit chemischer Reaktionen zwischen diesen drei chemischen Einflußgrößen fachmännisch geprüft werden.

Die Palette synthetischer Fasern reicht von der Viskose bis zu Polyester, Polyacrylnitril, Polypropylen, aliphatischem und aromatischem Polyamid (Nylon und Nomex), Polytetrafluoräthylen (Teflon) und Metallfasern aus rostfreiem Stahl und Inconel. Die Mineralfasern Glas und Asbest runden das Bild, besonders im temperaturbeständigen Bereich, ab. Säure-, Alkali-, Lösungsmittel-, Hydrolysebeständigkeit, Dimensionsstabilität, leichte Abreinigung, niedriger Druckverlust, lange Lebensdauer der Schläuche und stationäre Gebrauchstüchtigkeit unter schwierigen verfahrenstechnischen, chemischen und thermischen Bedingungen sind wichtige Qualitätskriterien.

2.3. Beständigkeiten und Unbeständigkeiten textiler Rohstoffe

Wolle ist eine abscheidefreundige Faser. Leider ist sie nur mit Dauertemperaturen bis 70 °C belastbar. Sie verrottet unter Feuchtigkeitseinwirkung, hat eine schlechte Alkali-, jedoch eine relativ gute Säurebeständigkeit.

Baumwolle läßt sich ebenfalls bis zu einer Dauertemperatur von 70 °C einsetzen. Als pflanzliche Faser ist sie jedoch, ähnlich wie Wolle, fäulnis anfällig, wenn Feuchtigkeit einwirkt. Ihre Säurebeständigkeit ist schlecht, während sie gegenüber schwachen Alkalien relativ beständig ist. Das Gleiche gilt für die synthetische Zellulosefaser Rayon.

Polypropylen besitzt eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Chemikalien im sauren und alkalischen Bereich. Es nimmt kaum Feuchtigkeit auf und läßt sich gut abreinigen. Dagegen hat es eine niedrige elektrische Leitfähigkeit. Es sollte nicht über 100 °C eingesetzt werden, weil die Faser dann thermoplastisch wird.

Polyacrylnitril wird nach normalen und technischen Typen unterschieden. Die Faser hat infolge ihrer dichten Molekularstruktur eine relativ gute Beständigkeit gegenüber Säuren, Laugen und Alkalien. Normales Acryl kann bis zu einer Dauertemperatur von 115 °C, technisches Acryl bis zu Dauertemperaturen von 125 bis 130 °C eingesetzt werden. Gefährlich sind Quellmittel wie Zinkchlorid oder Glykol, weil sie die Faser anschwellen lassen und damit hydrolysierenden Angreifern Zugang in die Molekularstruktur erlauben. Die Folge ist eine hydrolytisch verursachte Depolymerisation.

Polyester ist die am weitesten verbreitete Faser in der Filtration. Die Temperaturbeständigkeit reicht bis 150 °C, sie hat eine gute Säure-, jedoch eine schlechte Wasserdampf- und Alkalibeständigkeit.

Aliphatisches Polyamid (Nylon) sollte nicht über Temperaturen von 110 bis 120 °C eingesetzt werden. Es ist anfällig gegenüber Säuren, jedoch relativ beständig gegenüber Alkali.

Aromatisches Polyamid (Nomex) hat sich als temperaturbeständige Faser einen Namen gemacht. Je nach Schadgasbefrachtung sollte die Dauertemperatur 180 °C (Spitzen bis 200 °C) nicht überschreiten. Leider hat Nomex eine begrenzte Hydrolysebeständigkeit gegenüber hohen Wasserdampfkonzentrationen, Säuren und Laugen.

Polytetrafluoräthylen (PTFE; Teflon) ist das vielseitigste Produkt unter den technischen Synthesefasern der zweiten Generation. Die Dauertemperaturbelastung reicht bis 260 °C mit Spitzen bis 280 °C. Es hat eine nahezu unbegrenzte Chemikalienbeständigkeit und wirkt ausgesprochen dehäisiv (leichter Staub- und Kuchenabfall). Auf Grund seiner physikalischen Eigenschaften können Standzeiten von drei bis fünf Jahren erreicht werden. Teflon-Filze erfordern allerdings wegen der schweren Verarbeitbarkeit der Faser eine sorgfältige Herstellung; dazu gehören weiter die Auswahl des geeigneten Stützgewebes, eine hohe Nadeldichte und ein entsprechender verdichtender Thermofixiervorgang.

Mischungen von Nomex und Teflon sind seit vielen Jahren bekannt und werden dort verwendet, wo die chemische Beständigkeit von Nomex nicht ausreicht. In diesen Fällen werden als Stützgewebe PTFE und als Filzauflage Nomex eingesetzt.

Mineralfaserfilze mit Mineralfaserstützgewebe können bei Dauertemperaturen bis 300 mit Spitzen von 350 °C eingesetzt werden. Es sind Mischungen von Mineralfasern, z. B. keramischen Fasern, mit Glas und Metall, die durch sorgsames Nadeln sowie durch organische oder anorganische temperaturbeständige Binder zusammengehalten werden. Mineralfaserfilze, z. B. Pyrotex der BWF, haben eine gute Feuchtigkeits- und Alkalibeständigkeit bei allerdings begrenzter Säurebeständigkeit. Nach dem im Jahre 1972 patentierten Verfahren können auch reine Glasfaserfilze hergestellt werden, die sich zur Zeit in der Erprobung befinden und die Dauertemperaturen bis 250 °C bei Anströmgeschwindigkeiten widerstehen, die

das Zweieinhalbfache im Vergleich zu Glasgeweben betragen.

Metallfaserfilze aus V4A und Inconel werden für Spezialfälle in den Bereichen von 450 bis 600 °C eingesetzt. Bekannte Anwendungsbeispiele sind die Entstaubung von Kernkraftwerken und die Kohledruckvergasung.

Eine häufig zu Recht gestellte Frage ist die der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Typen von Filtermedien. Es seien deswegen hier Anhaltspunkte auf Quadratmeter-Basis gegeben, bezogen auf Filze, die für Druckluftabreinigung geeignet sind. Bei synthetischen Fasern der ersten Generation (z. B. Polyester, Acryl, Polyamid, Polypropylen) beträgt die Gewichtslage etwa 500 g/m². Bei Teflon-, Mineralfaser- und Metallfaserfilzen liegen die Gewichte infolge des höheren spezifischen Gewichts der Fasern zwischen 750 und 1700 g/m².

2.4. Hydrolytische Einflüsse

Eines der Hauptprobleme textiler Filtermedien ist die Hydrolyse. Man versteht darunter eine Auflösung der Molekularkette des Polymerisats durch Feuchtigkeitseinwirkung. Die Hydrolyse wird durch thermo-, säure- und alkalikatalytische Einwirkungen intensiviert. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, daß Polyester bei einem Feuchtigkeitsanteil von 50 g H₂O/m³ Luft bei 120 °C nach 7 Monaten etwa 50 % seiner spezifischen Viskosität einbüßt. Ein analytischer Nachweis hydrolytischer Schäden ist auf der Basis der sogenannten Gelpermeationschromatografie möglich, die die Molgewichtsverteilung im Vergleich zu neuem ungeschädigten Material bestimmt, oder durch Bestimmung der spezifischen Viskosität. Der hydrolytische Abbau wird durch Alkali beschleunigt. Dies erhärtet die in der Praxis vielfach gemachte Erfahrung, daß Polyester-Filtermedien nicht unter Bedingungen eingesetzt werden sollten, bei denen Feuchtigkeit und erhöhte Temperaturen zusammenwirken.

Auch aromatische Polyamide (Nomex) unterliegen bei Temperaturen über 100 °C hydrolytischen Einflüssen, besonders wenn Säuren oder Laugen zusätzliche katalytische Wirkungen ausüben.

In den letzten Jahren wurden chemische Modifizierungsverfahren bekannt, die bei Polyester und bei Aramiden (Nomex) beachtliche Verbesserungen gebracht haben. Die vor fünf Jahren von den BWF entwickelte Hydrolyse-Schutzrüstung CS 32 beruht darauf, die Glieder in der Molekularkette des Polyamids zu schützen, die sich als anfällig gegenüber säure- oder alkalikatalysierten hydrolytischen Angriffen erwiesen haben. Die Ausrüstung entspricht einer Immunisierung und Stärkung dieser Glieder gegenüber den Sprengwirkungen des hydrolysierenden Angriffs. Die in der Ausrüstungsrezeptur enthaltenen Molekularkomponenten werden in die Kette ein- oder dieser angelagert und durch einen zusätzlichen Polymerisationsprozeß in die Kette eingebunden. Die Faser wird gleichzeitig modifiziert, nicht nur beschichtet. Neben anderen auf dem Markt inzwischen angebotenen Schutz-

rüstungen von Nomex wird verschiedentlich auch eine Teflonisierung durchgeführt, die einer Oberflächenummantelung der Faser gleichkommt, jedoch nicht alle Stellen der Fasern erreicht.

Zur Bindung von Schadgasanteilen wie SO₂, SO₃, Chlor und Fluor wurde in verschiedenen Fällen eine trockene oder nasse Adsorption eingeführt, wobei sich gebrannter Kalk, Calciumhydroxid, Aluminiumoxid und Bleioxid je nach Verfahren als wirkungsvolle Adsorbenten erwiesen haben.

Inzwischen sind rund 60 000 m² Nomex-Filz mit CS 32 ausgerüstet. Die auf Erfahrungswerten beruhende durchschnittliche Verlängerung der Standzeit ergibt einen Faktor von 2,7; das heißt, wenn die Standzeit für normalen Nomex-Filz beispielsweise 9 Monate beträgt, so wird sie durch CS 32 auf 24 Monate verlängert. Beispiele erfolgreicher Anwendungen sind Kalkschachtofen, Bitumenmischanlagen, Sprühtrockner, Abfallverbrennungsanlagen, Kupolöfen, NE-Metallschmelzöfen, Calciumcarbidöfen, Glasschmelzwannen und Tierverwertungsanlagen.

2.5. Weitere chemische Ausrüstungen

So wichtig wie chemische Ausrüstungen in bestimmten Fällen sind, so sehr ist aber vor Aufbringung einer chemischen Ausrüstung auch zu bedenken, daß man eine zusätzliche chemische Einflußgröße in die Kombination aus Faser, Gas und Staub einführt. Zusätzliche chemische Reaktionen sind möglich, elektrostatische, die elektrische Polarität verändernde, adhäsive oder dehäsive Einflüsse werden wirksam. Deswegen gilt als Regel, daß chemische Ausrüstungen den Filz vergüten sollen. Sie sollen faserkonform sein und ihm zusätzliche Eigenschaften verleihen, ohne die bestehenden einzuengen.

3. Filternde Abscheider bei der Entstaubung von Glaswannen

Filternde Abscheider werden, soweit bekannt ist, zur Entstaubung von Glasschmelzwannen besonders bei der Herstellung von Blei- und Sondergläsern in der Bundesrepublik Deutschland, in England, in den USA und in den Niederlanden eingesetzt. Vermutlich gibt es darüber hinaus noch Anlagen, über die keine Veröffentlichungen vorhanden sind. Bei den bekannten, in der Konstruktion sehr unterschiedlichen Anlagen werden die gestellten Aufgaben der Emissionsverminderung zufriedenstellend gelöst. Die erzielten Reingaswerte liegen jeweils weit unter den gesetzlichen Forderungen. Damit sind auch bedeutende wirtschaftliche Auswirkungen verbunden. Beispielsweise wirkt sich die effiziente Rückgewinnung von teurem Bleioxid, das dem Gemenge wieder beigemischt werden kann, wirtschaftlich positiv aus.

Seit dem Herbst 1973 ist ein filternder Abscheider (sogenannter Taschenfilter) mit Niederdruckrückspülung hinter einer relativ großen Bleiglaswanne installiert [7]. Es handelt sich um eine regenerativ mit Heizöl EL (Schwefelgehalt 0,3%) beheizte Querbrennerwanne. Geschmolzen

wird ein Bleiglas mit 22 % PbO. Die behördlichen Auflagen schreiben einen maximalen Emissionswert von 10 mg/m^3 bei einer Schornsteinhöhe von 60 m vor. Der Rohgasgehalt liegt gemäß Messungen des TÜV bei 700 mg/m^3 . Die Entscheidung fiel seinerzeit nach verschiedenen Vergleichen aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus für einen filternden Abscheider. Die Gase werden über einen Plattenkühler mit einer Kühlfläche von $(2 \times 196) \text{ m}^2$ auf eine Temperatur von $130 \text{ }^\circ\text{C}$ gebracht. Der filternde Abscheider besteht aus zwei Einheiten mit je 180 m^2 Filterfläche. Als Filtermedium ist Polyacrylnitril-Nadelfilz im Einsatz. Die Anlage ist aus Abscheidegründen bewußt überdimensioniert worden. Die Filterflächenbelastung beträgt $12,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ($\cong 0,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ min})$). Nach anfänglichen Schwierigkeiten, die mit der besonderen Beschaffenheit und Klebrigkeit des abgeschiedenen Staubes zusammenhängen, läuft die Anlage heute zufriedenstellend. Der die Abreinigung auslösende Druckverlust wird mit 1373 Pa ($\cong 140 \text{ mm WS}$) angegeben. Als Standzeit der Taschen werden zwei Jahre genannt.

Ein weiterer filternder Abscheider ging ebenfalls Ende 1973 im westdeutschen Raum in Betrieb, wo Abgase einer Schmelzwanne für die Herstellung von bleihaltigem Fernsehglas zu entstauben sind. Bei der Wanne handelt es sich um eine regenerativ mit holländischem Erdgas beheizte Glasschmelzwanne. Die Gaszusammensetzung ist bekannt, der Wassergehalt im Rauchgas beträgt 15% (Volumengehalt). Zur Zeit der Inbetriebnahme ergab sich eine Betriebstemperatur von $180 \text{ }^\circ\text{C}$, aus der eine Filterflächenbelastung von $108 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ($\cong 1,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ min})$) errechnet werden kann. Der Betreiber entschied sich für ein Schlauchfilter mit Druckluftabreinigung mit 4×80 Schläuchen und einer Gesamtfilterfläche von 352 m^2 . Das Rauchgas wird in einem zweistufigen indirekten Konvektionswärmeaustauscher gekühlt, bei dem es vertikal ab- und aufwärts durch eine Vielzahl stehender Rohre geführt wird. Als Filtermedium wurde ursprünglich unausgerüsteter Nomex-Filz eingesetzt, dessen Standzeit weniger als drei Monate betrug. Anschließend wurden Versuche bei niedrigeren Temperaturen mit Polyacryl und Polyester durchgeführt, die infolge hydrolytischer Erscheinungen ebenfalls nicht zu befriedigenden Standzeiten führten. Seit 1976 wurde die Anlage kontinuierlich auf Nomex CS 32 umgerüstet. Sie wird seitdem bei einer Temperatur von $130 \text{ }^\circ\text{C}$ betrieben, wodurch die Filterflächenbelastung auf etwa $90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ($\cong 1,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ min})$) reduziert werden konnte. Die Standzeiten liegen im Bereich von sieben bis zwölf Monaten, abhängig von der Betriebszeit der Glasschmelzwanne. Die Hydrolyse-Schutzrüstung CS 32 brachte also die erwünschte Überschreitung der als Mindeststandzeit angesehenen Grenze von sechs Monaten. Die Schädigung an den Schläuchen ist hydrolytischer Natur, hauptsächlich verursacht durch den genannten Feuchtigkeitsgehalt. Zur Zeit werden Versuche mit Pyrotex und Teflon durchgeführt, die im Langzeitversuch den Beweis erbringen sollen, daß die längere Standzeit die höheren Kosten für die Schläuche kompensiert. Die derzeit erzielten Emissionswerte betragen 2 bis 4 mg/m^3 und

unterschreiten die gesetzlichen Forderungen erheblich.

Auch im Fall einer Schmelzwanne für bor- und/oder bleihaltige Gläser [8] fiel die Entscheidung für einen filternden Abscheider, weil frühere Untersuchungen an einer Bleiglaswanne mit einem Elektrofilter und einem Naßabscheider den Einsatz dieser Entstaubungsprinzipien aus technologischen und Kostengründen nicht realisierbar erscheinen ließen. Von Anfang an wurde die Zugabe eines Additivs zur Schadstoffbindung ins Auge gefaßt. Die Wahl fiel auf Al_2O_3 , das dem Gemenge wieder beigemischt werden kann. Installiert wurden zwei Filter mit je $26,1 \text{ m}^2$ Filterfläche und einer praktischen Filterflächenbelastung von $54 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ($\cong 0,9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ min})$). Die Abreinigung erfolgt mit Druckluft, die Betriebstemperatur beträgt $180 \text{ }^\circ\text{C}$. Als Filtermaterial wurde Teflon-Filz mit einem Gewicht von 750 g/m^2 eingesetzt. Die Anlage arbeitet seit Frühjahr 1977 mit produktionsbedingten Unterbrechungen mit einem Differenzdruck von 800 bis 900 Pa. Schwierigkeiten mit den Filterschläuchen sind nicht bekannt geworden. Der Staubgehalt im Reingas liegt erheblich unter den geforderten 20 mg/m^3 . Mit einem Tonerdeverbrauch von 3 kg/h wird eine Adsorption der Schadgase erreicht, die die gereinigte Abluft als konform mit den Forderungen des Gesetzgebers erscheinen läßt.

Ein weiterer filternder Abscheider, der zur Entstaubung einer Bleiglaswanne um die Jahreswende 1977/78 in Betrieb genommen wurde, war ursprünglich für eine Temperatur von $125 \text{ }^\circ\text{C}$ ausgelegt und wurde deswegen mit Polyacrylnitril-Filterelementen bestückt. Die horizontal angebrachten Filterschläuche werden über eine fahrbare Spülluftdüse mit Niederdruckspülluft abgereinigt. Um die Möglichkeit zu haben, bei höheren Temperaturen fahren zu können, wurden die Polyacrylnitril-Schläuche nach etwa zwei Monaten Betriebszeit gegen temperaturbeständige Nomex-Schläuche ausgetauscht. Dabei wurden Versuchsschläuche verschiedener Provenienz und mit Ausrüstungsverfahren verschiedener Hersteller eingebaut. Die Temperatur im Filter beträgt derzeit maximal $160 \text{ }^\circ\text{C}$. Die erzielten Reingaserwerte liegen erheblich unter den geforderten gesetzlichen Werten.

Bei weiteren in Betrieb befindlichen Pilotanlagen geht es sowohl um die Herstellung entsprechender Verbindungen für die Glasfaserherstellung als auch um die Entstaubung von Produktionsöfen für farbige Glasuren. Im Einsatz sind Nomex CS, Teflon und Pyrotex. Im Falle der keramischen Fritten wird Quarzmehl (2 bis 3 g/m^3) als Adsorptionsmittel zugesetzt. Die Filterflächenbelastungen liegen im Bereich von 72 bis $90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ bei Temperaturen von 180 bzw. $250 \text{ }^\circ\text{C}$. Die erzielten Reingaserwerte liegen zwischen 5 und 14 mg/m^3 , der Druckverlust bewegt sich im Bereich von 588 bis 1177 Pa ($\cong 60$ bis 120 mm WS).

Bereits jetzt ist von ähnlichen Anwendungsfällen her bekannt, daß mit Teflon-Filzen Standzeiten von drei bis fünf Jahren erreicht werden können. Bei Pyrotex wird mit einer Standzeit von einem Jahr gerechnet. Abhängig vom

Schadgasanteil, insbesondere auch vom Feuchtigkeitsanteil, sind mit Nomex CS 32 Standzeiten zwischen ein und zwei Jahren zu erreichen.

Sicherlich sind die Erfahrungen mit filternden Abscheidern hinter Glaswannen wegen der geringen Zahl an Beispielen noch als begrenzt anzusehen. Doch zeichnet sich deutlich ab, daß die Verfahrenstechnik beherrscht wird, daß die gesetzlichen Emissionsbegrenzungen unterschritten werden und daß beachtliche Anströmgeschwindigkeiten in Verbindung mit energiebewußten mäßigen Druckverlusten deutliche Hinweise auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens geben. Die Standzeit der Filterma-

terialien kann noch nicht abschließend beurteilt werden. Die gesammelten Erfahrungen und erzielten Fortschritte sind jedoch ermutigend. Letztlich müssen Wirtschaftlichkeitsberechnungen darüber entscheiden, ob der Einsatz in der Anschaffung zwar teurerer, aber langlebigerer Filtermedien, die Betriebsunterbrechungen und hohe Wartungskosten vermeiden, nicht den höheren Aufwand rechtfertigen. Im Zusammenwirken zwischen Verfahrenstechniker, Anlagenbauer und Filtermedienhersteller sollte sich frühzeitig die jeweils optimale Konzeption ermitteln lassen.

4. Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 3677 (Entwurf) (Mai 1977): Filternde Abscheider. Düsseldorf: VDI-Verl. 1977. [Ref. Glastechn. Ber. 50 (1977) 77R1795.]
- [2] VDI-Richtlinie 3678 (Entwurf) (Mai 1977): Elektrische Abscheider. Düsseldorf: VDI-Verl. 1977. [Ref. Glastechn. Ber. 50 (1977) 77R1796.]
- [3] VDI-Richtlinie 3679 (Entwurf) (Mai 1977): Naßarbeitende Abscheider. Düsseldorf: VDI-Verl. 1977. [Ref. Glastechn. Ber. 50 (1977) 77R1797.]
- [4] VDI-Richtlinie 3676 (Entwurf) (Mai 1977): Massenkraftabscheider. Düsseldorf: VDI-Verl. 1977. [Ref. Glastechn. Ber. 50 (1977) 77R1794.]
- [5] Norm DIN 53 887 (Juni 1977): Prüfung von Textilien; Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von textilen Flächengebilden. Berlin, Köln: Beuth-Verl. 1977.
- [6] DIN 53 863: Prüfung von Textilien; Scheuerprüfungen an textilen Flächengebilden. Teil 1 (Dezember 1960): Allgemeines. Teil 2 (Februar 1979): Rundscheuerversuch. Berlin: DIN 1960, 1979.
- [7] Kaiser, M.: Betriebserfahrungen mit einer Abgasreinigungsanlage an einer Bleiglaswanne. Vortrag v. d. FA III d. DGG am 27. 3. 1974 in Frankfurt (Main). [Ref. Glastechn. Ber. 47 (1974) 74R1108.]
- [8] Scherer, V.: Entwicklung eines Entstaubungsverfahrens zur Reinigung bor- und bleihaltiger Abgase aus Glasschmelzanlagen. Vortrag v. d. FA VI d. DGG am 26. 4. 1978 in Mainz. [Ref. Glastechn. Ber. 51 (1978) Nr. 11, 78R2031.]

79R2497