

B E S C H R E I B U N G

Sorptionsfilter

Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Sorptions-Filterkonstruktion. Insbesondere betrifft die Erfindung eine solche Filterkonstruktion, die es ermöglicht, Materialproben zu entnehmen, ohne dass der Filterbetrieb unterbrochen werden müsste oder die Filterkonstruktion als Ganzes zerstört würde. Die Erfindung betrifft auch ein Filterungsverfahren mit dieser Filterkonstruktion.

Hintergrund der Erfindung, Stand der Technik

Die Entfernung von spurenförmigen gasförmigen Substanzen als unerwünschte Beimengung zu Luft ist von zentraler Bedeutung in vielen industriellen Anwendungen sowie Anwendungen im Bereich Objekt- und Personenschutz.

Bekannte Beispiele finden sich sowohl in der Behandlung der Fortluft von Produktionsprozessen als auch in der Behandlung der Zuluft- und Umluftströme in Produktionsprozessen, wie sie etwa bei der Herstellung von Halbleiterstrukturen oder pharmazeutischen Wirkstoffen in Reinräumen zum Tragen kommt.

Beispiele zu entfernender gasförmiger Kontaminationen betreffen eine Vielzahl von Substanzen aus der Familie der organischen Verbindungen, auch solche, die vordergründig keine chemischen Reaktionen, etwa mit den Erzeugnissen oder Produktionsanlagen, eingehen. Weitere Beispiele betreffen basisch reagierende anorganische oder organische Substanzen, wie etwa Ammoniak oder Amine, sowie sauer reagierende anorganische oder organische Substanzen, wie etwa Chlorwasserstoff oder Essigsäure.

Zum Schutz von Produkten, Produktionsanlagen und Bedienpersonal vor diesen Substanzen wurden eine Vielzahl von Sorptionsfiltersystemen und -materialien entwickelt. Ihre Funktion besteht immer darin, die durchströmende Luft möglichst vollständig von den unerwünschten Beimengungen zu befreien, in dem diese Beimengungen spezifisch oder unspezifisch an Sorptionsmaterialien dauerhaft gebunden werden, während die Luft mit ihren Bestandteilen Stickstoff, Sauerstoff, den Edelgasen sowie Kohlendioxid den Filter unverändert verlässt.

Die DE 38 13 563 A1 beschreibt einen Adsorptionsfilter mit hoher Luftdurchlässigkeit, bestehend aus einem im Wesentlichen formstabilen, dreidimensionalen Trägergerüst, an dem eine Schicht von körnigen Adsorberteilchen eines Durchmessers von 0,1 bis 1 mm fixiert ist. Das Trägergerüst kann aus Drähten, Monofilamenten oder Stegen aufgebaut sein, kann aber auch aus einem großporigen, retikulierten PUR-Schaum bestehen.

Aus der US-A-5,616,169 ist ein dichtungs- und rahmenloser Geruchs- und/oder Schadstofffilter bekannt, der ein luftdurchlässiges Trägermaterial aus einem großporigen, retikulierten PU-Schaum aufweist, an dem das Adsorbens mit Hilfe einer Haftmasse fixiert ist. Die Adsorptionsfilterschicht kann dabei aus einer mehrlagigen Adsorptionsfilterschicht bestehen.

Die Konsequenz der Sorption der Spurengase an spezifisch ausgewählten Sorbentien ist ihre schrittweise Beladung mit den Zielstoffen.

Da alle Sorbentien, so sie nicht in-situ etwa durch Rückspülung regeneriert werden, eine beschränkte und vorbestimmte Aufnahmefähigkeit haben, nimmt ihre Wirkung und damit die Reinigungsleistung der Filterkonstruktion mit der Nutzungsdauer ab.

Die Kenntnis der bereits genutzten Gesamtaufnahmefähigkeit ist

eine entscheidende Größe für die Bewertung der verbleibenden nutzbaren Einsatzdauer der Filterkonstruktion.

Dies gilt umso mehr dort, wo sowohl die ein- als auch die ausströmende Konzentration der schädigenden Spurengase so gering ist, daß sie sich einer direkten und sofortigen Bestimmung durch Messgeräte entzieht.

In diesen Situationen ist die typische Ansammlung und Aufkonzentration der sorbierten Substanzen die notwendige Vorstufe, um eine Mengenerfassung möglich zu machen und daraus die Luftbelastung und Luftgüte errechnen zu können.

In diesem Sinne ist die - auch zeitaufgelöste - Bestimmung des angesammelten Gehaltes der Substanzen auf und in Filterkonstruktionen eine wichtige Steuergröße für die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen.

Die Bestimmung dieses Gehaltes geht typischerweise mit einer Probenahme des Sorptionsmaterials und einer labortechnischen Untersuchung der Probe einher, die zerstörender, z.B. aufschliessender Natur ist.

Bei Sorptionsfiltern handelt es sich häufig um Körper und Gebilde, die aus einer geeigneten Aufnahme für loses Sorptionsmaterial und der Füllung oder Schüttung in Form der jeweils dichtesten Packung des Sorptionsmaterials selbst besteht.

Typischerweise handelt es sich um flächige Körper und Gebilde, die von der zu reinigenden Luft im rechten Winkel zur Fläche durchströmt werden. In Strömungsrichtung werden die Zielsubstanzen im Sorptionsmaterial abgelagert, was zu einem sogenannten Beladungsprofil, d.h., einer Verteilung der Substanzen in der Tiefe des Körpers, führt.

Für die o.a. Bewertung der Nutzungsdauer muss das Beladungsprofil über die ganze Tiefe des Körpers ermittelt werden, da nur diese Gesamtinformation verwertbar ist. Damit müssen Probematerialien über die Tiefe des Körpers repräsentativ entnommen werden und den Schichtungen entsprechend gezielt und rückverfolgbar einer Beladungsanalyse zugeführt werden können.

Stellt diese in Schichten rückverfolgbare Entnahme bei den meisten Sorptionsfiltern und Sorptionsmitteln schon eine kaum lösbare Aufgabe dar, so ist aber nach der Entnahme der Probe der Gesamtkörper im Allgemeinen sowohl in der umhüllenden Struktur, als auch im Sorptionsbett oder Sorptionsgebilde irreparabel zerstört.

Damit ist die Aufgabe, eine Nutzungsdauer zu ermitteln, nur durch Beprobung und Zerstörung einer kompletten Sorptionseinheit lösbar, was unter dem Aspekt der geringen benötigten Probenmenge eine ökonomisch unvertretbare Lösung darstellt, insbesondere wenn es sich bei den Filtern um hochwertige Produkte mit spezifischen und wertvollen Sorptionsmaterialien handelt.

Zusammenfassung der Erfindung

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Sorptionsfilter zu schaffen, der die repräsentative Beprobbarkeit ermöglicht, ohne zur Zerstörung der gesamten Struktur vor Ende der möglichen Nutzungsdauer zu führen.

Diese und weitere Aufgaben werden durch die Filterkonstruktion gemäß Anspruch 1 und den Probenkörper nach Anspruch 7 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen dargelegt.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Die erfindungsgemäße Lösung besteht aus einer Sorptionsfilterkonstruktion, die lagenweise aus elastischen Filtermedien aufgebaut ist, in die ein oder mehrere Probenkörper desselben Filtermediums austauschbar und schichtungsrepräsentativ eingepasst sind, was bedeutet, dass der Probenkörper die gleiche Materialien-Schichtabfolge wie der umgebende Filterkörper aufweist.

Dabei können die Einzellagen gleich Dick sein oder aber unterschiedliche Dicken aufweisen.

Der oder die Probenkörper sind dabei bevorzugt mit einer Auszugshilfe, vorzugsweise einer Auszugsöse versehen, die den geschichteten Probenkörper vollständig durchdringt, gleichzeitig verbindet und die Lagen in eindeutiger Form, d.h., in der ursprünglichen Lagenanordnung, zusammenhält.

Vorzugsweise weisen die Probenkörper in Bezug auf den Durchströmungswiderstand eine identische Strömungscharakteristik wie der Filterkörper auf. In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Probenkörper weisen diese einen um 20 - 30%, vorzugsweise 25% geringeren Strömungswiderstand als der Filterkörper auf.

Die Anfertigung der Probenkörper, etwa durch Ausstanzen aus dem Filtermedium bei der Herstellung des Sorptionsfilters, sowie die Beschaffenheit der Auszugslasche beeinträchtigen die Durchströmbarkeit und Beladbarkeit des Probenkörpers nicht. Er nimmt wie das umgebende Filtermaterial am Reinigungsprozess der Luft teil und wird repräsentativ beladen.

Zu einem vorbestimmten regelmäßigen oder spontan bestimmten Zeitpunkt wird der Probenkörper aus der Gesamtstruktur herausgezogen. Die verbleibende, formstabile Öffnung wird durch einen gleichartigen, aber unbenutzten Probenkörper mit

Auszugsglasche ersetzt. Er steht zu einem späteren Zeitpunkt zur Untersuchung zur Verfügung, etwa wenn die zusätzliche Fracht ab dem Zeitpunkt seines Einsatzes Ziel von Untersuchungen ist.

Im günstigsten Falle, etwa beim nur sporadischen Auftreten von Luftbelastungen, kann so über die regelmäßige Untersuchung der Probenkörper ermittelt werden, dass der Sorptionsfilter über einen sehr langen Zeitraum, d.h., länger, als es ingenieurtechnische Auslegungsregeln erwarten lassen, verwendbar bleibt. Damit werden Ressourcen geschont.

In einem anderen günstigen Fall, etwa nach einer unerwarteten und nicht vollständig registrierbaren Leckage, kann ein hoch belasteter Sorptionsfilter entdeckt werden, bevor sein weiterer Gebrauch durch den plötzlichen Filterdurchbruch zu einer Gefahr wird und/oder zu einer Schädigung von Prozessen führt.

Die beschriebene vorteilhafte Ausführung des Probenkörpers ist auch dort von Vorteil, wo etwa ein lagenweiser Aufbau des Sorptionsfilters unter Verwendung verschiedener Medien gewählt wurde und die Belastung der spezifischen Medien mit den verschiedenen Luftbeimengungen unterschiedlich ist. Somit kann stets die kritische Nutzungsdauer des Sorptionsfilters bezogen auf jede Schadkomponente, bezogen auf jedes Filtermedium bestimmt werden, unabhängig, in welcher Lage des Sorptionsfilters sich die lebensdauerbestimmenden Medien befinden.

Beispiel 1 (Fig. 1):

In diesem Beispiel wurde ein plattenförmig ausgebildeter Sorptionsfilter 10 von 85 mm Gesamthöhe und äußeren Abmaßen von ca. 530 x 380 mm hergestellt. Der Filter 10 bestand aus einem allseitig umfassenden U-Profil aus ca. 1,5 mm starkem Aluminiumblech (nicht gezeigt), in welches vier identische Lagen eines PU-Schaum basierten Filtermediums 12 von jeweils 20 mm

Stärke geschichtet eingebracht waren. Andere Filtermedien sind selbstverständlich ebenfalls denkbar und für den Fachmann erkennbar. Die Lagen des Filtermediums enthielten 3500 g/m^2 einer kugelförmigen Aktivkohle, die mit einer bekannten PU-Verklebetechnik auf die Stege eines offenzelligen PU-Stützschaumes fixiert waren.

Die Probenkörper 14 bestanden aus einer dreilagigen Schichtung von runden Stanzlingen des Filterschaumes von jeweils 5 mm Durchmesser, in dem die Lagen durch eine Ausziehlasche 16 (der Einfachheit halber nur einmal gezeigt) aus Nylon-Draht fest miteinander verbunden waren. Die Probenkörper 14 wurden ohne weitere Dichtmittel passend und formschlüssig in jeweils vorbereitete, ausgestanzte Ausnehmungen 18 des Filterkörpers 10 eingesetzt, welche sich von der Anströmseite (Pfeil 20) in die Tiefe des Filters erstreckte. Die abströmseitig abschließende Lage des Filters wurde in diesem Beispiel nicht durch die Durchstanzung geöffnet, da keine Beprobung dieser letzten Lage vorgesehen war.

Der gesamte Filterkörper wies drei regelmäßig über die Fläche verteilte Probenkörper 14 gleicher Charakteristik auf.

Der Sorptionsfilter 10 wurde bei einem Volumenstrom von $350 \text{ m}^3/\text{h}$ über einen Zeitraum von 12 Monaten dauerhaft durchströmt. Durch die spezifische Sorptionscharakteristik der eingesetzten Aktivkohle schied der Filterkörper nahezu ausschließlich Komponenten aus der Familie der organischen Substanzen ab. Alle vier Monate wurde ein Probenkörper aus dem Filterkörper gezogen und durch einen gleichartigen, unbenutzten Probenkörper ersetzt. Die Analyse der Probenkörper verdeutlichte die zunehmende Beladung der Filterschichten mit den organischen Komponenten, im vorliegenden Falle hauptsächlich aus der Gruppe der Aromaten und Essigsäureester, aber auch der Organophosphate. Dadurch, dass die anwendungskritischen Organophosphate erst nach 12 Monaten in

Spuren in der dritten Filterlage, d.h., der vorletzten Lage des Filterkörpers, vorgefunden wurden, konnte die Einsatzdauer des Filter von geschätzt 8 Monaten auf 12 Monate sicher ausgedehnt werden.

Beispiel 2 (Fig. 2):

In diesem Beispiel wurde ein 6-lagiger Filterkörper 22 aus jeweils drei Lagen 24 eines ammoniakabscheidenden Materials A sowie drei Lagen 26 eines säureabscheidenden Materials B auf der Basis von Filterschäumen aufgebaut. Dabei bildeten die Lagen 24 des ammoniakabscheidenden Materials A die Anströmseite (Pfeil 28) des Filterkörpers 22 und die zur Säureabscheidung gestalteten Lagen 26 die Abströmseite des Filterkörpers. Aufgrund der schwankenden Belastungen der zu filternden Luft mit Ammoniak und Säurespuren waren Voraussagen zur Filterstandzeit unbedingt durch Nutzungsanalysen zu belegen, die sich auf beide Arten von Filtermaterial beziehen sollten.

Der gesamte Filterkörper 22 von 800 x 485 x 120 mm Dimension enthielt drei Probenkörper 30 (von denen in Figur 2 nur einer gezeigt ist), die planmäßig im Abstand von vier Monaten einer Untersuchung zugeführt wurden.

Tatsächlich zeigten die ersten beiden Analysen eine stärkere Beladung der ammoniakabscheidenden Lagen pro Periode, die jedoch hinsichtlich der verbleibenden Leistung als unkritisch einzustufen war. Hingegen zeigte die dritte Beladungsanalyse eine schlagartig erhöhte Beladung der säureabscheidenden Lagen mit Sulfat-Ionen, die auf eine unbemerkte Beladung des Filters mit einer Belastungsspitze von Schwefeldioxid oder Schwefelsäure zurückzuführen war. Aufgrund der Analyse konnte der Filter rechtzeitig ausgetauscht werden, bevor eine Produktschädigung der darunter gelagerten optischen Bauteile aufgetreten war. Aufgrund des lagenweise verbundenen Probenkörpers konnten auch die

ansonsten unerreichen tiefliegenden Filterlagen selektiv untersucht werden.

Patentansprüche

1. Sorptionsfilter (10, 22), bestehend aus einer Vielzahl von übereinander angeordneten Einzellagen (12, 24, 26) eines Filtermediums auf der Basis eines Verbundmaterials, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Filtermaterial in Strömungsrichtung (20, 28) angeordnete austauschbare Probenkörper (14, 30) vorgesehen sind, die aus dem gleichen Verbundmaterial bestehen und sich über mindestens eine Einzellage in Strömungsrichtung des Filters 10 erstrecken.
2. Sorptionsfilter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbundmaterial ein PU-Schaum ist.
3. Sorptionsfilter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einzellagen eine gleiche Dicke aufweisen.
4. Sorptionsfilter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einzellagen unterschiedliche Dicken aufweisen.
5. Sorptionsfilter nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass er aus zwei bis sechs Einzellagen (12, 24, 26), vorzugsweise drei bis vier Einzellagen des Filtermediums aufgebaut ist.
6. Sorptionsfilter nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass er mindestens einen Probenkörper (14, 30), vorzugsweise bis vier Probenkörper aufweist, die gleichmäßig über die Filterfläche verteilt angeordnet sind.
7. Sorptionsfilter nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Einzellagen (12) aus dem selben

Material bestehen.

8. Sorptionsfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einzellagen (12, 24, 26) aus zwei oder mehr Materialien mit unterschiedlicher spezifischer Abscheidecharakteristik bestehen.

9. Probenkörper (14, 30) zum Einsetzen in ein Sorptionsfilter (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass er in Bezug auf den Durchströmungswiderstand eine identische Strömungscharakteristik wie der Filterkörper aufweist.

10. Probenkörper (14, 30) zum Einsetzen in ein Sorptionsfilter (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass er einen um 20 - 30%, vorzugsweise 25% geringeren Strömungswiderstand als der Filterkörper aufweist.

11. Probenkörper (14, 30) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Filterlagen (12, 24, 26) mittels einer Auszugshilfe (16) miteinander verbunden sind.

12. Probenkörper (14, 30) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auszugshilfe (16) den Probenkörper (10, 22) vollständig durchdringt und dessen Einzellagen (12, 24, 26) zusammenhält.

13. Probenkörper (14, 30) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auszugshilfe (16) eine Auszugslöse ist.

14. Verfahren zum Filtern von gasförmigen Substanzen aus der Umgebungsluft, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Filterung ein Sorptionsfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 8 verwendet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Probenkörper bei der Herstellung des Sorptionsfilters durch Ausstanzen aus dem Filtermedium hergestellt werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Probenkörper zu bestimmten Zeitpunkten zur Untersuchung aus der Filterstruktur entfernt und durch einen gleichartigen, unbenutzten Probenkörper ersetzt werden.