



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **265 570 A1**4(51) **B 21 F 27/12**
C 25 D 3/34**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 21 F / 308 515 8	(22)	02.11.87	(44)	08.03.89
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) VEB Hochvakuum Dresden, Niedersedlitzer Straße 63, Dresden, 8017, DD

(72) Reiche, Dieter, Dr. rer. nat.; Thürk, Matthias, Dipl.-Ing.; Dürselen, Roderich, Dipl.-Phys., DD

(54) **Matrixmaterial für Regeneratoren und Verfahren zur Herstellung eines feinmaschigen Bleimantelsiebes**

(55) Tieftemperatur-Regenerator, Matrixmaterial, Regenerator-Packung, Bleisieb, Grundgewebe, galvanische Verstärkung

(57) Die Erfindung betrifft ein Matrixmaterial für Regeneratoren und Verfahren zur Herstellung, insbesondere für Hochleistungsgeneratoren mit Arbeitstemperaturen unter 70 K. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bleisiegewebe zu schaffen, mit denen im Stapel als Matrixmaterial Porositäten von kleiner 0,25 erzielt werden. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung derartiger Siebgewebe anzugeben. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Bleisiegewebe gelöst, welches aus einem stabilen Grundgewebe mit Drahtdurchmessern zwischen 0,005 und 0,015 mm und einer Bleiummantelung mit Dicken von 0,025 bis 0,075 mm besteht. Dieses Bleisiegewebe läßt sich sehr einfach zu einem Matrixmaterial stapeln. Verfahrensgemäß wird ein verfügbares feinmaschiges Metallsiegewebe, z. B. aus Messing, Bronze oder Edelstahl verwendet und naßchemisch oder elektrochemisch geätzt, bis das Gewebe auf die erforderliche Drahtstärke zwischen 0,005 bis 0,015 mm abgedünnt ist. Danach wird dieses abgedünnte Gewebe galvanisch mit Blei bis zur gewünschten technologischen Maschenweite bzw. Bleischichtdicke von 0,025 bis 0,075 mm ummantelt.

Patentanspruch:

1. Matrixmaterial für Regeneratoren zur Verwendung in Refrigeratoren mit Kühlttemperaturen unter 70 K, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine Vielzahl von Siebgeweben, welche aus einem stabilen Grundgewebe mit Drahtdurchmessern zwischen 0,005 und 0,015 mm und einer Bleiummantelung mit einer Dicke von 0,025 bis 0,075 besteht, zu einem Stapel geschichtet wird.
2. Matrixmaterial nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß zwischen den mit Blei ummantelten Siebgeweben alternierend anderes Siebgewebe ähnlicher Geometrie oder Folien mit größerer Gasdurchlässigkeit bei niedriger Wärmeleitung angeordnet sind.
3. Matrixmaterial nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß als anderes Siebgewebe das stabile Grundgewebe verwendet wird.
4. Verfahren zur Herstellung eines feinmaschigen Bleimantelsiebes zur Verwendung als Matrixmaterial von Regeneratoren, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein verfügbares stabiles Drahtsiebgewebe elektro- oder naßchemisch auf eine verbleibende Drahtstärke von kleiner 0,015 mm abgedünnt und nachfolgend galvanisch mit Blei bis zur erforderlichen Schichtdicke beschichtet wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Matrixmaterial für Regeneratoren, insbesondere für Hochleistungsregeneratoren mit Arbeitstemperaturen unter 70 K.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

In der modernen Physik werden in zunehmendem Maße Kleinkältemaschinen zur Erzeugung tiefer Temperaturen (70 K bis 20 K) mit Kälteleistungen bis zu 5 W eingesetzt. Eines der wichtigsten Funktionselemente solcher Kleinkältemaschinen ist ein regenerativer Wärmetauscher (Regenerator).

Entsprechende Hochleistungsregeneratoren nach Gifford-McMahon nutzen in der ersten Stufe im Temperaturgebiet von 300 K bis 70 K eine Regenerator-Packung aus Drahtgewebe mit Drahtdurchmessern von 0,05 bis 0,3 mm. Für die zweite Temperaturstufe mit Arbeitstemperaturen unter 70 K wird wegen der hohen volumetrischen Wärmekapazität oxidfreies Bleipulver eingesetzt, da kein Bleidrahtgewebe mit den geforderten Abmessungen zur Verfügung steht (Walker, Cryocoolers Part II, S. 15, Plenum Press 1983). Das angestrebte Optimum der Porosität der Tieftemperatur-Packung liegt bei 0,05 bis 0,1 (Radebaugh, First step to the optimization of regenerator geometry, NBS-SP-698, Mai 1985). Dieses angestrebte Optimum ergibt sich aus den teilweise gegenläufig wirkenden einzelnen Verlustmechanismen des Wärmeübergangs, der begrenzten spezifischen Wärmekapazität, der Strömungsdruckverluste, des Totvolumens und axialer Wärmeleitung.

Der Stand der Technik kann das angestrebte Optimum von 0,05 bis 0,1 für die Porosität mittels Bleipulververschüttung jedoch praktisch nur mit Porositäten von 0,37 bis 0,4 erreichen. Bei ideal dichten Kugelpackungen ließe sich ein Wert von 0,25 erreichen. Die eingesetzten Bleipulverpartikel mit mittleren Durchmessern von 0,1 bis 0,25 mm lassen sich jedoch nicht ideal kugelförmig herstellen. Weiterhin erfordern die Betriebsbedingungen einer Kleinkältemaschine ein schnelles Umströmen des Matrixkörpers vom Arbeitsgas. Bei Verwendung herkömmlicher Kugelbettschüttungen entsteht durch den Strömungsdruckverlust an den einzelnen Partikeln ein semifluidaler Zustand des Festbettes, da der Druckverlust in der Größenordnung des Partikelgewichtes pro Strömungsfläche liegt. Dies führt zu einer Verwirbelung der Partikel. Aus diesem Grund muß die Kugelbettschüttung mechanisch unter Druck gesetzt werden; der dazu erforderliche Mechanismus erhöht das Totvolumen im Regenerator, was sich negativ auf die Prozeßführung auswirkt.

In der DE-OS 304427 wird für den Einsatz im Tieftemperaturteil des Regenerators ein Sintermetall angegeben. Mit diesem Material lassen sich zwar geringe Porositäten erzielen, jedoch besitzen diese Sintermetalle gut leitende Wärmebrücken, was zu unerwünscht hoher Wärmeleitung und damit wiederum zu großen Effektivitätsverlusten führt.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung verfolgt das Ziel, den Wirkungsgrad von Hochleistungsregeneratoren zu verbessern und den ökonomischen Aufwand zu senken.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bleisiebgewebe zu schaffen, mit denen im Stapel als Matrixmaterial Porositäten von kleiner 0,25 erzielt werden. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung derartiger Siebgewebe anzugeben.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Bleisiebgewebe gelöst, welches aus einem stabilen Grundgewebe mit Drahtdurchmessern zwischen 0,005 und 0,015 mm und einer Bleiummantelung mit Dicken von 0,025 bis 0,075 mm besteht. Ein derartiges Siebgewebe vereint die hohe mechanische Tragfähigkeit eines geeigneten Grundgewebes z. B. Bronzedrahtgewebe, mit den gewünschten regenerativen Eigenschaften des Bleis (hohe Wärmeleitfähigkeit und hohe volumetrische Wärmekapazität). Dieses Bleisiebgewebe läßt sich sehr einfach zu einem Matrixmaterial stapeln, bei der Möglichkeit,

prozeßbeeinflussende Eigenschaften wie Porosität und Wärmeübertragungsfläche, in weiten Grenzen zu variieren. Damit ist ein Regeneratormaterial gegeben, das optimal an die jeweiligen Prozeßbedingungen angepaßt werden kann.

Außer hinreichend geringer Wärmeleitung lassen sich Porositäten unter 0,25 realisieren.

Die bleiummantelten Siebgewebepackungen gestatten auch unter Betriebsbedingungen, mechanisch und strömungstechnisch feste Matrixpackungen aufzubauen. Damit entfallen die mechanischen Vorrichtungen zur Aufrechterhaltung einer stabilen Matrixpackung, so daß im Regenerator selbst das Totvolumen minimiert wird.

Das Matrixmaterial, in Form eines Stapels des angegebenen Siebgewebes, läßt sich auch weiter, je nach Anforderung, variieren. So ist es möglich, das Matrixmaterial derart aufzubauen, daß zwischen einem oder mehreren bleiummantelten Siebgeweben alternierend andere Siebgewebe ähnlicher Geometrie oder Folien mit großer Gasdurchlässigkeit bei niedriger Wärmeleitung angeordnet werden. Als derartiges anderes Siebgewebe kann z. B. das „stabile Grundgewebe“ eingesetzt werden. Mit einer derartigen Variante kann insbesondere die axiale Wärmeleitung beeinflußt werden. Damit läßt sich auch eine quasikontinuierliche Verteilung obiger Eigenschaften längs der Regeneratorlängsachse erzielen, die einer optimalen Prozeßführung besser angepaßt ist.

Zur Herstellung des als Element des erfindungsgemäßen Matrixmaterials vorgeschlagenen bleiummantelten Siebgewebes wird nachfolgend ein spezielles Verfahren angegeben.

Verfahrensgemäß wird ein verfügbares feinmeschiges Metallsiebgewebe, z. B. aus Messing, Bronze oder Edelstahl verwendet und naßchemisch oder elektrochemisch geätzt, bis das Gewebe auf die erforderliche Drahtstärke zwischen 0,005 bis 0,015 mm abgedünnt ist. Danach wird dieses abgedünnte Gewebe galvanisiert mit Blei bis zur gewünschten technologischen Maschenweite bzw. Bleischichtdicke von 0,025 bis 0,075 mm ummantelt.

Ein derartig hergestelltes Bleisiebgewebe weist bei ausreichender mechanischer Stabilität im wesentlichen die physikalischen Eigenschaften eines originären Bleisiebes auf.

Das erfindungsgemäß hergestellte Siebgewebe kann verfahrensgemäß noch weiter modifiziert werden. Zum Beispiel kann eine Härtung, d. h. Erhöhung der mechanischen Stabilität der Bleioberfläche vorgenommen werden. Dazu kann die Schutzschicht galvanisch oder durch vakuumtechnisches Beschichten aufgebracht werden. Des weiteren sind Ionenimplantationen mit Antimon, Zinn, Calcium, Barium, Natrium, Kalium, Lithium, Magnesium u. a. möglich. Variationen sind auch mit Legierungsbestandteilen zu erzielen.

Durch gezielte Steuerung des galvanischen Prozesses der Bleiabscheidung ist auch eine unterschiedliche Oberflächenrauigkeit eingestellt worden. Damit kann die wärmetauschende Oberfläche und damit der Wärmeübergang verändert werden bei gleicher Bleimasse gleicher Porosität.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dazu wurde erst eine verfahrensgemäße Bleisiebherstellung und danach dessen Einsatz beschrieben.

Als Grundgewebe wird Messingsiebgewebe verwendet mit einem Drahtdurchmesser von 0,063 mm und 110 Maschen pro cm. In einer 6%igen FeCl_3 -Lösung wurde dieses Siebgewebe auf einen Drahtdurchmesser von 0,02 mm abgedünnt und in destilliertem Wasser gespült.

Die Elektrolytlösung besteht aus 6,5 Ma.-% PbO , 14 Ma.-% HClO_4 und 79,5 Ma.-% destilliertem Wasser mit 3 Körnern Gelatine pro 100 g Elektrolyt. Die Herstellung des Elektrolyten geschieht wie folgt: Das PbO wird unter langsamer Zusetzung von HClO_4 bei heftiger Wärmeentwicklung aufgelöst, danach werden das destillierte Wasser und die Gelatine zugegeben.

Bei einem Abstand von 3 cm zwischen der Siebkathode und der flächenhaft gestalteten Bleianode wird bei einer Stromdichte von 300 A/m^2 die Bleiummantelung bis etwa zu $3/4$ der erforderlichen Bleistärke aufgalvanisiert. Nachfolgend wird die Siebkathode gewendet, so daß die ursprünglich der Bleianode abgewandte Seite der Bleianode zugewendet ist. Bei einer Stromdichte von 100 A/m^2 wird die endgültige Bleistärke aufgalvanisiert.

Im Beispiel wurde ein Bleisiebgewebe mit einem mittleren Gesamt-„Drahtdurchmesser“ von 0,13 mm hergestellt.

In der einfachsten Form werden diese einzelnen Siebgewebe zu einem Stapel von, je nach Erfordernis, etwa 50 mm Höhe übereinander angeordnet und als Matrixmaterial in der Tieftemperaturstufe eines Hochleistungs-Regenerators mit Arbeitstemperatur unterhalb 70 K eingesetzt.

Weitere Variationsmöglichkeiten des Matrixmaterials wurden in der Beschreibung ausführlich angegeben und können nach Bedarf realisiert werden.

Mit dem im Beispiel angegebenen Matrixmaterial werden Porositäten von etwa 0,23 realisiert.