



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 281 754 A5

4(51) F 26 B 7/00
B 01 D 53/28

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP F 26 B / 323 892 1

(22) 22.12.88

(44) 22.08.90

(71) Militärtechnisches Institut der NVA „Anton Ackermann“, PF 89 351, Königs Wusterhausen, 1600, DD

(72) Semmler, Jürgen, Dipl.-Chem.; Zander, Jürgen, Dipl.-Chem.; Thiermann, Günther, Dipl.-Ing.; Garbrecht, Hans-Georg, DD

(73) siehe (71)

(54) Verfahren zur Luftentfeuchtung von Innenräumen

(55) Trockenmittel; Konservierung; Korrosionsschutz; Feuchteschutz

(57) Die Erfindung beinhaltet ein Verfahren zur Luftentfeuchtung von Innenräumen. Die Erfindung betrifft den Einsatz flächenverteilter Trockenmittel zur Verhinderung des schädigenden Einfluß hoher relativer Luftfeuchten sowie Kondensationserscheinungen in Innenräumen vorzugsweise der Verkehrs- und Transporttechnik. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß flächenverteilte Trockenmittel mit mittelporigen Adsorbentien, die auf oder in einem Trägermaterial gleichmäßig verteilt sind, verwendet werden. Die Trockenmittel sind geeignet, praktisch die gesamten feuchtegefährdeten Innenräume technischer Systeme auszukleiden. Das Prinzip des Verfahrens beruht auf der Adsorption und Desorption von Wasser durch thermische Wechselbeanspruchungen während des Einsatz- und Lagerungsregimes.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Luftentfeuchtung von Innenräumen, die natürlich und/oder künstlich erzeugten thermischen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß mittelporige Adsorbentien verwendet werden, die auf oder in einem Trägermaterial gleichmäßig verteilt sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Maximum der Porenradienverteilung zwischen 1,0 und 10 nm liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchengröße der Adsorbentien vorzugsweise weniger als 100 µm beträgt.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Verfahren zur Luftentfeuchtung von Innenräumen ist insbesondere für technische Erzeugnisse geeignet, die durch häufige Betriebsunterbrechungen der Gefahr von Kondensationserscheinungen sowie über längere Zeiträume dem direkten oder indirekten Einfluß der relativen Luftfeuchte der Umgebungsluft ausgesetzt sind. Hierzu zählen insbesondere die Technik des Transportwesens (Kfz, Flugzeuge) sowie die verschiedensten Arten von technischen Erzeugnissen in Lagerungs- und Transportbehältern.

Insbesondere ist das Verfahren einsetzbar zum Schutz elektrotechnischer, elektronischer, mikro- und optoelektronischer sowie lasertechnischer Ausrüstungen vor allem in Phasen der Unterbrechung des Betriebsregimes.

Charakterisierung des bekannten Standes der Technik

Zum Schutz vor direkten Einflüssen von Wasser (Spritzwasser, Regen) werden technische Systeme weitestgehend hermetisiert. In der Regel tritt aber der Fall auf, daß ein erzwungener (durch Temperaturänderungen) oder freier Luftaustausch (Windkonvektion) zwischen Innenräumen technischer Systeme und der äußeren Atmosphäre besteht, so daß prinzipiell von einer Feuchtegefährdung auszugehen ist. Allgemein bekannte Erscheinungen derartiger Luftaustauschprozesse sind die Schweißwasserbildung in Hohlräumen sowie Kondensationserscheinungen auf inneren Oberflächen.

Diese Erscheinungen werden insbesondere dann beobachtet, wenn Unterbrechungen im Betriebsregime erfolgen. Typische Beispiele sind das Abstellen von Kfz nach der Fahrt sowie das Stehen von Flugzeugen auf Flugplätzen.

Zur Verhütung von Feuchteschäden unter derartigen Bedingungen sind Verfahren der Luftkonditionierung (Belüftung, Beheizen) bekannt.

Diese Verfahren sind technologisch sehr aufwendig und erfordern einen hohen Energieaufwand.

Eine andere bekannte Methode ist der Einsatz von Trockenmitteln (hauptsächlich Kieselgel). Da aber

Kondensationserscheinungen in aller erster Linie durch rasche Temperaturwechsel auf Oberflächen entstehen, zeigen die bisherigen Applikationsformen von Trockenmitteln (Beutel, Patrone) folgende Nachteile:

1. Die Forderung nach einer hohen Abriebfestigkeit verlangt den Einsatz endlicher Korngrößen ($d \geq 2 \text{ mm}$). Damit wird nur eine relativ kleine äußere Oberfläche geschaffen. Die Diffusion des Wasserdampfes zum Korn erfolgt weitaus schneller, als die Diffusion auf und in dem Korn.
2. Die Applikationsform als Trockenmittelbeutel oder Trockenpatrone läßt keine gleichmäßige Verteilung in geometrisch komplizierten räumlichen Systemen zu. Durch die zwangsläufig notwendige Schüttung wird die äußere Oberfläche gegenüber dem Einzelkorn weiter verkleinert, die Diffusionsprozesse werden verlangsamt.
3. Auf Grund der Adsorptionscharakteristik der bisher üblich angewandten engporigen Kieselgele (DDR-Produkt, Kieselgel A) ist eine Regeneration (Desorption des Wassers) erst oberhalb Temperaturen von 100°C möglich. Derartige Kieselgele sättigen sich bereits zu einem erheblichen Teil im Bereich unkritischer relativer Luftfeuchten ($\leq 40\% \text{ r. F.}$) ab.

Für die praktische Anwendung bedeutet dies, daß die Gleichgewichtseinstellung zwischen Wasseraufnahmekapazität und der angebotenen Feuchte weitaus langsamer erfolgt als die Änderung der relativen Luftfeuchte im System, insbesondere hervorgerufen durch Temperaturschwankungen. Letztendlich resultiert daraus die Forderung, relative Luftfeuchten $\geq 50\%$ im technischen System aufrechtzuerhalten, um Kondensationsprozesse auf Grund der erwähnten Temperaturschwankungen auszuschließen (Änderung der Temperatur um 10K entspricht einer Änderung der relativen Luftfeuchte von etwa 40%).

Relative Luftfeuchten unterhalb 50% treten in der Umgebungsluft relativ selten auf. Deshalb kommt es auf Grund des stets vorhandenen Wasserdampfdruckgefälles zwischen äußerer Umgebung und getrockneten Innenräumen zu einer ständigen Eindiffusion von Wasserdampf, die letztendlich zur Absättigung der eingesetzten Trockenmittel führt.

Da die Umgebungsbedingungen praktisch stündlich Schwankungen unterliegen, ist die genaue Vorhersage des Zeitpunktes eines notwendigen Trockenmittelwechsels unmöglich. Ein hoher Kontroll- und Wartungsaufwand ist die Folge.

Der zunehmende Anteil hochempfindlicher Ausrüstung zwingt deshalb dazu, effektivere Methoden der Luftentfeuchtung einzuführen, um die Gefährdung der Einsatzbereitschaft und Zuverlässigkeit moderner Technik durch Feuchteinflüsse weitestgehend zu verhindern.

Praktisch wäre das Problem der Verhinderung von Feuchteinflüssen auf moderne Technik nur durch ein Abstellen in klimatisierten Hallen bzw. durch Klimatisierung von Transport- oder Lagerungsbehältern zu lösen, was aus ökonomischen und technologischen Gründen kaum realisierbar ist.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist die Erhaltung der Funktions- und Einsatzbereitschaft technischer Erzeugnisse vorzugsweise in, oder der Verkehrstechnik und Transporttechnik an sich, durch ein Verfahren der Luftentfeuchtung, das keine zusätzlichen Arbeiten bei der Herstellung der Betriebs-, Einsatz- oder Funktionsbereitschaft erfordert.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Anwendung flächenverteilter Trockenmittel und unter Nutzung thermischer Wechselbeanspruchungen während des Einsatz- und Lagerungsregimes, innerhalb feuchtegefährdeter Ausrüstung technischer Systeme derartige Luftfeuchten zu erzielen, die Schäden durch Feuchteinflüsse über längere Zeiträume und jegliche Kondensationserscheinungen weitestgehend verhindern.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Anwendung flächenverteilter Trockenmittel, durch die praktisch die gesamten feuchtegefährdeten Innenräume technischer Systeme ausgekleidet werden können. Als Trockenmittel werden mittelporige Adsorbentien verwendet, die in oder auf einem Trägermaterial fixiert sind. Auffällig an mittelporigen Adsorbentien ist ein steiler Anstieg der Adsorptionsisothermen in Bereich relativer Luftfeuchten von 40–80%. In diesem Bereich haben geringe Veränderungen der relativen Luftfeuchte große Änderungen der Adsorptionskapazität zur Folge.

Setzt man den Betrieb technischer Erzeugnisse voraus, so ist dies fast immer mit einer Wärmeentwicklung verbunden. In relativ abgeschlossenen Sektionen, in denen sich hauptsächlich feuchtegefährdete Ausrüstung befindet, bedeutet eine Temperaturerhöhung ein Absenken der relativen Luftfeuchte. Auf Grund der großen äußeren Oberflächen des flächenverteilten Adsorptionsmittel stellt sich sehr schnell das entsprechende Adsorptionsgleichgewicht ein, das durch eine Abgabe von Wasserdampf aus dem Adsorptionsmittel gekennzeichnet ist.

Verbunden mit der Erwärmung ist gleichzeitig eine Volumenausdehnung der eingeschlossenen Atmosphäre. Dies bedeutet, bei nicht vollständiger Hermetisierung, eine Abgabe erwärmter Luft mit einem absolut höheren Wasserdampfgehalt an die äußere Atmosphäre. Diese Wasserdampfdesorption stellt praktisch einen Selbstregenerierungseffekt des flächenverteilten Trockenmittels unter Betriebsbedingungen dar.

Bei Verwendung engporiger Trockenmittel (engporige Kieselgele, Zeolithe) sind derartige Desorptionsprozesse erst bei sehr geringen Luftfeuchten (r. F. $\leq 20\%$) möglich. Derartige Feuchten treten aber bei Erwärmung innerhalb technischer Systeme nur selten auf.

Praktisch genau umgekehrt verlaufen die Prozesse bei Betriebsunterbrechungen, verbunden mit einer Abkühlung im Innern technischer Systeme.

Vergleichbar mit dem Zyklus „Betrieb-Unterbrechung-Betrieb“ ist auf Grund täglicher Temperaturschwankung sowie der Globalstrahlung der Sonne der Zyklus „Tag-Nacht-Tag“.

Hierbei laufen prinzipiell die gleichen Volumen- und Feuchteaustauschprozesse ab. Somit lassen sich ebenfalls Innenräume technischer Systeme, die im Freien abgestellt sind, wirksam gegen Feuchteschäden, insbesondere gegen Kondensationserscheinungen, schützen.

Ausführungsbeispiele

Einsatz flächenverteilter Trockenmittel in Flugzeugen über einen Zeitraum von etwa 1/2 Jahr

Die nachstehende Tabelle zeigt den durchschnittlichen Wert der relativen Luftfeuchte in Zeiträumen mit verschiedenartigen Witterungscharakter. Die Auswahl der Geräte erfolgte nach geometrischen und strahlungsphysikalisch Gesichtspunkten.

Tabelle

Datum (1987)	Luke 1 rel. Feuchte %	Luke 2 rel. Feuchte %	Luke 3 rel. Feuchte %	Witterungs- charakter
22. 6.	50	53	74	sonnig
24. 6.	51	55	58	locker bewölkt
25. 6.	48	65	60	locker bewölkt
26. 6.	85	77	74	Dauerregen
29. 6.	74	81	82	zeitweilig Regen
30. 6.	47	64	70	sonnig und warm
18. 8.	78	82	87	Schauer
20. 8.	81	88	74	Regen
21. 8.	73	79	76	Nebel
24. 8.	82	78	78	Regen, windig
21. 9.	74	69	64	leicht bewölkt
24. 9.	77	72	67	stark bewölkt
30. 9.	75	71	66	leicht bewölkt
1. 10.	75	62	67	Frühnebel, bedeckt
2. 10.	76	72	67	wechselhaft
5. 10.	77	73	67	leicht bewölkt

Durchschnittswerte der relativen Luftfeuchte im Versuchszeitraum

64	71	73
±11	±11	±10

Im Versuchszeitraum konnte lediglich 1 Ausfall an der elektronischen und mikroelektronischen Ausrüstung durch Feuchteinflüsse nachgewiesen werden.

2. Einsatz flächenverteilter Trockenmittel in Transportbehältern

Transportbehälter zeichnen sich durch relativ gute Hermetisierung aus. Dies bedeutet, daß eine Luftkonvektion durch Windeinflüsse von außen vernachlässigbar ist. Luft- und Feuchteausaustausch werden durch Volumenausdehnungen und -kontraktion der eingeschlossenen Luftmenge realisiert.

Berechnete und gemessene Werte (der nachstehenden Tabelle) stellen den absoluten Maximalwert der relativen Luftfeuchte ($r.F. \max$) je Tag und dessen monatlichen Mittelwert ($\overline{r.F. \max}$) dar.

Tabelle

Monat	berechnete Werte		Meßwerte	
	$\overline{r.F. \max} (\%)$	$r.F. \max (\%)$	$\overline{r.F. \max} (\%)$	$r.F. \max (\%)$
Jan.	64	69	—	—
Febr.	62	68	—	—
März	56	64	—	—
April	55	63	—	—
Mai	56	64	—	—
Juni	56	64	57	63
Juli	54	62	53	63
Aug.	54	62	55	62
Sept.	56	64	57	65
Okt.	61	67	59	66
Nov.	65	72	63	71
Dez.	65	71	—	—

Regressionsansatz: $r.F. \max = 22,55\% + 0,52X\%$

$$\text{mit } X = \frac{\Delta T}{3} (1 + \sqrt{Q})^2 + \left(\frac{\bar{T} + 273}{273} \right) \left(\frac{\overline{r.F.}}{110} \right)^2$$

Korrelationskoeffizient $r = 0,82$

Die Ergebnisse der Tabelle zeigen deutlich, daß entsprechend den einzelnen Monaten bestimmte Durchschnittswerte der relativen Luftfeuchte auftreten. Die berechneten Werte wurden durch eine Regressionsanalyse auf der Basis der monatlichen Durchschnittswerte einzelner Klimagrößen gewonnen (TGL 27 217):

- Temperaturschwankung je Tag T (K)
- Tagesmitteltemperatur $\bar{T}$ (°C)
- Mittelwert der relativen Luftfeuchte $\overline{r.F.}$ (%)
- Globalstrahlung der Sonne Q (kJ/cm²)

Durch den Einsatz von flächenverteilten Trockenmitteln lassen sich somit abgestellte technische Systeme wirksam vor dem schädigenden Einfluß hoher relativer Luftfeuchten schützen. Eine Vorhersage des Grades der Feuchtegefährdung ist somit auch für andere Klimazonen möglich.

3. Einsatz flächenverteilter Trockenmittel in Innenräumen von Kfz

In der kälteren Jahreszeit stellt das Beschlagen der Innenflächen von Sichtfenstern in Kfz, insbesondere PKW, eine unangenehme Beeinträchtigung der Rundumsicht des Fahrzeugführers dar.

Unter besonders ungünstigen Witterungsbedingungen erfolgt sogar das Zufrieren der Sichtfenster auf der Innenseite. Derartige Effekte können durch Anwendung flächenverteilter Trockenmittel weitestgehend verhindert werden.

Prinzip hierbei ist das Auskleiden dekorativer Flächen mit flächenverteilten Trockenmitteln. Bisher verwendete Dekorationsstoffe (Kunstleder) können durch flächenverteilte Trockenmittel in Form von gefüllten Polyurethanschaum ersetzt werden.

Speziell in PKW können dekorativ gestaltete flächenverteilte Trockenmittel zum Auskleiden des Himmels, der Hutablage, der Innenseiten von Türen oder direkt zur Gestaltung von Schonbezügen genutzt werden. Damit erhält man eine relative große Wasserdampfaufnahmekapazität im gesamten Kfz.

Nutzt man die Eigenschaften flächenverteilter Trockenmittel beim Betrieb des Kfz wie folgt aus:

- Regenerierung der flächenverteilten Trockenmittel durch Heizung während der Fahrt,
- Lüftung des Kfz vor dem Abstellen des Motors (Austausch der warmen Innenluft hoher absoluter Luftfeuchte mit kühlerer Außenluft geringerer absoluter Luftfeuchte),
- Verschließen der Öffnungen nach außen,

erzielt man während des Abstellens verringerte relative Luftfeuchten im Innern des Kfz. Besonders in den Wintermonaten kann man so ein Einfrieren der Innenseiten der Sichtfenster weitestgehend verhindern.

Bei Beginn der Fahrt ist dann auf Grund der im Innern abgesenkten Luftfeuchte, wie auch der verbleibenden Restkapazität des flächenverteilten Trockenmittels, ein Beschlagen der Sichtfenster weitestgehend ausgeschlossen.