

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 880 001 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

**25.11.1998 Patentblatt 1998/48**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F26B 3/347**

(21) Anmeldenummer: **98107504.7**

(22) Anmeldetag: **24.04.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **22.05.1997 DE 19721461**

**18.07.1997 DE 19730879**

(71) Anmelder:

**Daimler-Benz Aerospace Airbus Gesellschaft  
mit beschränkter Haftung  
21129 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder:

- **Gante, Thomas, Dipl.-Ing.  
27721 Ritterhude (DE)**
- **Bütergerds, Dieter  
48465 Ohne (DE)**
- **Fangmeier, Armin, Dr. Dipl.-Chem.  
32369 Rahden (DE)**

(74) Vertreter:

**Hansmann, Dierk, Dipl.-Ing.  
Patentanwälte  
Hansmann-Klickow-Hansmann  
Jessenstrasse 4  
22767 Hamburg (DE)**

(54) **Verfahren zur Trocknung von Lacken auf metallischen oder nichtmetallischen Einzelteilen oder montierten Baugruppen beliebiger Struktur**

(57) Verfahren zur Trocknung von Lacken auf metallischen oder nichtmetallischen Einzelteilen oder montierten Baugruppen beliebiger Struktur im Durchlaufverfahren bzw. im stationären Betrieb in einen erwärmten Trocknungsraum, insbesondere von Lacken auf Aluminiumbauteilen oder auf Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen für Luftfahrzeuge, wobei als Lacke vorzugsweise wasserverdünnbare wie auch lösemittelhaltige Ein- oder Zweikomponentenlacke auf Epoxyd- oder Polyurethanbasis verwendet werden.

Ein energiesparendes Trocknungsverfahren, mit dem auch eine schnelle Trocknung von Bauteilen mit komplizierter Geometrie sichergestellt ist, wird dadurch geschaffen, daß als Wärmequelle im Trocknungsraum mindestens ein Mikrowellenmodul zur Erzeugung von mittels Hohlleitern mit definierten Austrittsöffnungen in den Trocknungsraum eingeleiteten Mikrowellen verwendet wird. In den Trocknungsraum wird die Einzelteile oder Baugruppen umströmende Luft zusammen mit einem Zusatzstoff mit Dipolcharakter derart eingeleitet, daß das Luftgemisch einen relativen Anteil an Zusatzstoff innerhalb eines vorgegebenen steuerbaren Bereiches von 20% bis 90% aufweist, wobei der Anteil an Zusatzstoff im Trocknungsraum eingehalten wird.

**EP 0 880 001 A1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trocknung von Lacken auf metallischen oder nichtmetallischen Einzelteilen oder montierten Baugruppen beliebiger Struktur im Durchlaufverfahren bzw. im stationären Betrieb in einem erwärmten Trocknungsraum, insbesondere von Lachen auf Aluminiumbauteilen oder auf Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen für Luftfahrzeuge, wobei als Lacke vorzugsweise wasserverdünnbare wie auch lösemittelhaltige Ein- oder Zweikomponentenlacke auf Epoxyd- oder Polyurethanbasis verwendet werden.

Eine Trocknung von auf metallischen Bauteilen oder Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen aufgetragenen Lachen, insbesondere von Zweikomponentenlacken, in Konvektionsöfen mittels warmer Luft innerhalb eines Temperaturbereiches von z. B. 40 bis 90 °C ist allgemein bekannt. Ebenso bekannt ist die Trocknung derartiger Lacke mit Hilfe von Infrarotstrahlung. Nachteile dieser Trocknungsverfahren sind in einem verhältnismäßig hohen Energieaufwand sowie in langen Trocknungszeiten zu sehen. Auch können nachteiligerweise mittels der Infrarotstrahlung wegen entstehender Schattenbildung lediglich Bauteile von einfacher geometrischer Gestalt getrocknet werden.

In der "Deutsche Farben-Zeitschrift, 23. Jahrgang, Nr. 12, 1969" ist auf Seite 585 auf die Möglichkeit der Trocknung von Lachen mittels Mikrowellenstrahlen hingewiesen. Hierbei führt die Einwirkung von in kommerziell verfügbaren Anlagen erzeugten Mikrowellen in einem Bereich von  $10^8$  bis  $10^{10}$  Hz zu einer Erwärmung von Filmmaterial, die im wesentlichen die Überführung in den festen Zustand bewirkt. Die Erwärmung erfolgt durch die auftretenden dielektrischen Verluste; sie ist hochwirksam und sofort einsetzend. Besonders geeignet sind Lacke, die Wasser als Lösungsmittel enthalten. Auch für Druckfarben ist die Mikrowellentrocknung im Prinzip anwendbar. Es ist zweifelhaft, ob Standard-Lacksysteme ohne besondere dielektrische Eigenschaften auf dem obigen Wege zu trocknen sind.

Weiterhin ist es aus den "Patent Abstracts of Japan, C-1021, 1993, Vol. 17, No 46 JP 4-260472 A" bekannt, einen speziellen Lack zu verwenden, der ein durch Mikrowellen erwärmbares Pulver enthält. Die Erwärmung des Pulvers führt dann zur Trocknung des Lackfilmes, wobei die Harze des Lackes und die Substratwerkstoffe wärmebeständig sein müssen. Besondere Eigenschaften, die der Lack anscheinend besitzt, sind aber der Druckschrift nicht zu entnehmen.

In der FR 24 58 323 ist ein Verfahren zur Beschichtung eines Substrates beschrieben, mit dem auf das Substrat eine dünne Schicht eines Überzugs aufgetragen wird. Das Substrat kann insbesondere aus Glas oder einem analogen Werkstoff bestehen. Der Überzug wird durch Aufbringung von Mikrowellenenergie warm behandelt, wobei die besondere Eigenschaft darin liegt, daß diese Energie in einem ausgewählten Frequenzbe-

reich liegt, der dazu geeignet ist, bestimmte Bestandteile des Überzugs selektiv anzuregen. Die Regelung der Mikrowelle ist derart gestaltet, daß die in den Trockenraum zugeführte Mikrowellenstrahlung in ihrer Frequenz insoweit verändert wird, daß die Temperatur der Beschichtung einen konstanten Nennwert beibehält. Dies geschieht mit einem handelsüblichen Pyrometer. Die Mikrowelle wirkt hier direkt auf die Beschichtung. Die Lacke werden teilweise speziell für die Mikrowellentrocknung modifiziert, z.B. durch Kohlestaub. Es werden ausschließlich nicht-leitende Substratwerkstoffe verwendet, wobei auch höhere Frequenzen als 2,45 GHz Anwendung finden.

Aus der DE 41 21 203 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Trocknen von wasserlöslichem Dispersionslack auf Papier- oder Kartonbahnen oder -bögen mit Hilfe von Mikrowellen bekannt. Es werden vorzugsweise im Handel erhältliche und zugelassene Oszillatoren eingesetzt, die in mehrfacher Anordnung die Mikrowellenenergie in Hohlleiter einkoppeln. Die Bahnen oder Bögen werden im Durchlauf getrocknet, und nach dem Trocknen verbleibt eine zu vernachlässigende Restfeuchte bei sparsamstem Energieeinsatz.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein energiesparendes Trocknungsverfahren zu schaffen, mit dem auch eine schnelle Trocknung von Bauteilen mit komplizierter Geometrie sichergestellt wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß als Wärmequelle im Trocknungsraum mindestens ein Mikrowellenmodul zur Erzeugung von mittels Hohlleitern mit definierten Austrittsöffnungen in den Trocknungsraum eingeleiteten Mikrowellen verwendet wird, daß Luft zur Umströmung der Einzelteile bzw. Baugruppen in den Trocknungsraum eingeleitet wird, daß die eingeleitete Luft mit einem Zusatzstoff mit Dipolcharakter derart angereichert wird, daß das Luftgemisch einen relativen Anteil an Zusatzstoff innerhalb eines vorgegebenen steuerbaren Bereiches von 20% bis 90% aufweist, und daß der Anteil an Zusatzstoff im Trocknungsraum eingehalten wird.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird vorteilhafterweise eine schnelle Trocknung von Bauteilen beliebiger Geometrie bei verhältnismäßig geringen Temperaturen sowie bei einer gleichmäßigen Erwärmung der Lackoberflächen erzielt, was besonders für von im Luftfahrzeugbau verwendete Aluminiumbauteile oder Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen von Vorteil ist. Das erfindungsgemäße Verfahren macht sich in vorteilhafterweise den Umstand zunutze, daß zum Ablauf einer wirkungsvolleren chemischen Vernetzung ein Teil des Zusatzstoffes für die die Einzelteile oder montierten Baugruppen umgebende Luft als Reaktionspartner dient. Das aus Luft und einem bei gemischten Zusatzstoff hergestellte Luftgemisch umströmt die im Trocknungsraum befindlichen Bauteile oder Baugruppen, wobei die Moleküle des Luftgemisches von den Mikrowellen in Schwingungen versetzt werden. Die auf diese Weise im Luftgemisch entstehende Wärmeener-

gie wird auf die zu trocknende Lackoberfläche übertragen und begünstigt die chemische Vernetzung. Hierbei können beispielsweise neun Mikrowellenmodule mit jeweils vier Magnetrons mit einer Hochfrequenzleistung von z. B. jeweils 1,2 KW verwendet werden. Hieraus ergibt sich die gesamte aufgewendete Leistung von 43,2 KW, wovon etwa 36 KW nutzbar sind.

Erfindungsgemäße Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 bis 9 beschrieben. Diese Ausgestaltungen bestehen beispielsweise darin, daß die Einzelteile auf einem Förderband - vorzugsweise in auf dem Trocknungsraum befindlichen Behältnissen - durch den Trocknungsraum transportiert werden. Auch kann ein Kettenförderer mit hängend durch den Trocknungsraum transportierten Einzelteilen oder Baugruppen oder auch ein Chargentrockner im stationären Betrieb verwendet werden.

Erfindungsgemäß kann der Zusatzstoff, vorzugsweise Wasserdampf, zur Erzeugung des vorgegebenen Feuchteanteiles entweder durch in der Umgebung der Magnetrons der Mikrowellenmodule angeordnete Feinvernebelungsdüsen oder mittels regelbarer Klimatisierungsgeräte in den Trocknungsraum eingeleitet werden. Auch ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß als Zusatzstoff zur Erzeugung des vorgegebenen Feuchteanteiles eine in der Nähe der Magnetrons der Mikrowellenmodule angeordnete Lösung mit bekanntem Dampfdruck verwendet wird, die über ein Gebläse in den Trocknungsraum eingeleitet wird.

Um auf Strukturen mit komplizierten Geometrien aufgebrauchte Lacke nach dem erfindungsgemäßen Verfahren trocknen zu können, ist die Erzeugung eines inhomogenen Mikrowellenfeldes im Trocknungsraum erforderlich. Dieses kann erfindungsgemäß durch eine gezielte Steuerung der Hochfrequenzleistung der Magnetrons und/oder des Verhältnisses aus Luft und Zusatzstoff erfolgen.

Neben den eingangs erwähnten Ein- oder Zweikomponentenlacken auf Epoxyd- oder Polyurethanbasis ist mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens auch die Trocknung von Lacken auf anderer chemischer Basis möglich, beispielsweise von Alkydharz-Lacken.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß auch dadurch gelöst, daß als Wärmequelle im Trocknungsraum mindestens ein Mikrowellenmodul zur Erzeugung von mittels Hohlleitern mit definierten Austrittsöffnungen in den Trocknungsraum eingeleiteten Mikrowellen verwendet wird, daß die Lacke mit einem polarisierbaren Dielektrikum als Zusatzstoff angereichert werden, und daß der Zusatzstoff während der Mikrowellenbestrahlung direkt zur Temperaturerhöhung der Lackschicht und/oder durch Austritt aus der Lackschicht in die die Einzelteile oder Baugruppen umgebenden Luft und damit zur Temperaturerhöhung des Gemisches aus Luft und Zusatzstoff herangezogen wird.

Erfindungsgemäße Weiterbildungen dieses Verfahrens sind darin zu sehen, daß

- der Zusatzstoff den Lacken vor dem Auftragen auf die Einzelteile oder Baugruppen zugegeben wird, daß
- der Zusatzstoff den Lacken bei deren Auftragung auf die Einzelteile oder Baugruppen zugegeben wird, daß
- die Verwendung von Lacken auf Alkydharzbasis, Acrylharzbasis oder anderer chemischer Basis neben den eingangs erwähnten Lacken auf Epoxyd- oder Polyurethanbasis vorgesehen ist, und daß
- als Zusatzstoff für das Gemisch aus Luft und Zusatzstoff aus wasserbasierenden oder wasser- verdünnbaren Lacken gewonnener Wasserdampf verwendet wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Trocknung von Lacken auf metallischen bzw. nichtmetallischen Einzelteilen oder montierten Baugruppen beliebiger Struktur im Durchlaufverfahren bzw. im stationären Betrieb in einem erwärmten Trocknungsraum, insbesondere von Lacken auf Aluminiumbauteilen oder auf Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen für Luftfahrzeuge, wobei als Lacke vorzugsweise wasser- verdünnbare wie auch lösemittelhaltige Ein- oder Zweikomponentenlacke auf Epoxyd- oder Polyurethanbasis verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmequelle im Trocknungsraum mindestens ein Mikrowellenmodul zur Erzeugung von mittels Hohlleitern mit definierten Austrittsöffnungen in den Trocknungsraum eingeleiteten Mikrowellen verwendet wird, daß Luft zur Umströmung der Einzelteile bzw. Baugruppen in den Trocknungsraum eingeleitet wird, daß die eingeleitete Luft mit einem Zusatzstoff mit Dipolcharakter derart angereichert wird, daß das Luftgemisch einen relativen Anteil an Zusatzstoff innerhalb eines vorgegebenen steuerbaren Bereiches von 20% bis 90% aufweist, und daß der Anteil an Zusatzstoff im Trocknungsraum eingehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelteile bzw. Baugruppen auf einem Förderband durch den Trocknungsraum transportiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kettenförderer mit hängend durch den Trocknungsraum transportierten Einzelteilen bzw. Baugruppen verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im stationären Betrieb ein Chargentrockner verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Zusatzstoff Wasserdampf verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzstoff zur Erzeugung des vorgegebenen Feuchteanteiles durch in der Umgebung der Magnetrons der Mikrowellenmodule angeordnete Feinvernebelungsdüsen in den Trocknungsraum eingeleitet wird. 5 10
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Zusatzstoff zur Erzeugung des vorgegebenen Feuchteanteiles eine in der Nähe der Magnetrons der Mikrowellenmodule angeordnete Lösung mit bekanntem Dampfdruck verwendet wird, die über ein Gebläse in den Trocknungsraum eingeleitet wird. 15
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzstoff zur Erzeugung des vorgegebenen Feuchteanteiles mittels regelbarer Klimatisierungsgeräte in den Trocknungsraum eingeleitet wird. 20 25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch die Erzeugung eines inhomogenen Mikrowellenfeldes im Trocknungsraum.
10. Verfahren zur Trocknung von Lacken auf metallischen bzw. nichtmetallischen Einzelteilen oder montierten Baugruppen beliebiger Struktur im Durchlaufverfahren bzw. im stationären Betrieb in einem erwärmten Trocknungsraum, insbesondere von Lacken auf Aluminiumbauteilen oder auf Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen für Luftfahrzeuge, wobei als Lacke vorzugsweise wasserverdünnbare wie auch lösemittelhaltige Ein- oder Zweikomponentenlacke auf Epoxyd- oder Polyurethanbasis verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmequelle im Trocknungsraum mindestens ein Mikrowellenmodul zur Erzeugung von mittels Hohlleitern mit definierten Austrittsöffnungen in den Trocknungsraum eingeleiteten Mikrowellen verwendet wird, daß die Lacke mit einem polarisierbaren Dielektrikum als Zusatzstoff angereichert werden, und daß der Zusatzstoff während der Mikrowellenbestrahlung direkt zur Temperaturerhöhung der Lackschicht und/oder durch Austritt aus der Lackschicht in die die Einzelteile oder Baugruppen umgebenden Luft und damit zur Temperaturerhöhung des Gemisches aus Luft und Zusatzstoff herangezogen wird. 30 35 40 45 50
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzstoff den Lacken vor dem Auftragen auf die Einzelteile oder Baugruppen zugegeben wird. 55
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzstoff den Lacken bei deren Auftragung auf die Einzelteile oder Baugruppen zugegeben wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10, 11 oder 12, gekennzeichnet durch die Verwendung von Lacken auf Alkydharzbasis, Acrylharzbasis oder anderer chemischer Basis.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß als Zusatzstoff für das Gemisch aus Luft und Zusatzstoff aus wasserbasierenden oder wasserverdünnbaren Lacken gewonnener Wasserdampf verwendet wird.



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 10 7504

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP 0 145 822 A (SECAIL) 26. Juni 1985 * das ganze Dokument *	1-3,5,8	F26B3/347
A	EP 0 496 670 A (SAINT-GOBAIN VITRAGE INTERNATIONAL) 29. Juli 1992 * das ganze Dokument *	1,10,11	
D,A	DE 41 21 203 A (LINDEN) 14. Januar 1993 * das ganze Dokument *	1,10	
A	EP 0 509 374 A (BALL CORPORATION) 21. Oktober 1992 * das ganze Dokument *	1,10	
D,A	"Bestrahlung - moderne Trocknungsverfahren für Lacke" DEUTSCHE FARBEN-ZEITSCHRIFT, Bd. 23, Nr. 12, 1969, Seiten 585-586, XP002076091 Stuttgart	1,10	
A	WO 95 12794 A (GUSTAFSSON) 11. Mai 1995		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	WO 82 01411 A (LÖÖF) 29. April 1982		F26B
A	US 3 721 013 A (MILLER) 20. März 1973		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>1. September 1998</b>	Prüfer <b>Silvis, H</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)