

(19)



(11)

EP 1 375 014 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
24.01.2007 Patentblatt 2007/04

(51) Int Cl.:
B05D 1/30 *(2006.01)* **B05D 7/00** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **03405398.3**

(22) Anmeldetag: **03.06.2003**

(54) Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren

Coating process with a fluid film

Procédé de revêtement avec un film fluide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **21.06.2002 DE 10227789**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.01.2004 Patentblatt 2004/01

(73) Patentinhaber: **Polytype Converting S.A.
1701 Fribourg (CH)**

(72) Erfinder:
• **Schweizer, Peter**
3184 Wünnewil (CH)
• **Krebs, Ferdinand**
3084 Wabern (CH)

(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx**
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 581 962 **WO-A-01/70418**
WO-A-96/23595 **DE-A- 10 033 056**

EP 1 375 014 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren für das ein- oder mehrschichtige Beschichten eines Gegenstandes, insbesondere eines bahnartigen Substrats, wie beispielsweise eines Papier- oder Kartonmaterials, eines Kunststofffilms, einer Metallfolie oder eines -bandes oder von bahnartigen Verbundmaterialien. Der zu beschichtende Gegenstand kann jedoch auch ein Stückgut sein.

[0002] Das Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren, auch bekannt als Vorhang-Beschichtungsverfahren, ist seit nahezu 100 Jahren bekannt. In den Anfängen wurde es zur einschichtigen Beschichtung von Stückgütern, wie beispielsweise Pralinen oder Möbelteilen verwendet, wie dies in der DE 145 517 A beschrieben ist. Seit etwa 1960 wird das Verfahren auch für die Beschichtung von Endlosbändern, beispielsweise von Kartonmaterialien und Aluminiumfolien, eingesetzt und beispielsweise von C.C. Poirier in "Curtain Coating of Corrugated Paper Board" TAPPI 49 (10): 66A-67A, beschrieben. Das erste, technisch hoch entwickelte Vorhangverfahren für den Auftrag von einer oder gleichzeitig mehreren Schichten auf ein Endlossubstrat, insbesondere für fotografische Filme und Papiere, wird in der US-PS 3,508,947 beschrieben. Ein Beispiel für die Beschichtung zur Erzeugung von magnetischen Aufzeichnungsmaterialien ist aus der US-PS 5,044,305 bekannt, und die Beschichtung zur Erzeugung eines thermischen Aufzeichnungsmaterials oder eines Tintenstrahlzeichnungsmaterials wird in der DE 100 33 056 A1 beschrieben.

[0003] Den meisten Verfahren ist gemein, dass für das Beschichtungsfluid oder die mehreren Beschichtungsfluide auf Wasser basierende Trägerflüssigkeiten für das jeweilige Beschichtungsmaterial verwendet werden. Um die Oberflächenspannung der Trägerflüssigkeit und dadurch die Oberflächenspannung letztlich des jeweiligen Beschichtungsfluids wunschgemäß einzustellen, werden den Beschichtungsfluiden, das heißt den wässrigen Trägerflüssigkeiten, Netzmittel zugesetzt. Die Netzmittel sollen die Oberflächenspannung der Trägerflüssigkeit verringern. Die DE 100 33 056 A1 beispielsweise schlägt vor, dass die Oberflächenspannung einer Trägerflüssigkeit eines Beschichtungsfluids, das auf dem zu beschichtenden Gegenstand die unterste Schicht der Beschichtung bildet, eine Oberflächenspannung von 18 bis 45 mN/m aufweisen sollte. Die DE 100 33 056 A1 lehrt ferner, dass innerhalb der mehreren Schichten der Beschichtungsfluide ein Oberflächenspannungsgradient herrschen sollte und dass ein Beschichtungsfluid, das eine auf dem Gegenstand obere Schicht der Beschichtung bildet, eine geringere Oberflächenspannung haben sollte als ein Beschichtungsfluid, das auf dem Gegenstand eine untere Schicht der Beschichtung bildet.

[0004] WO 96/23595 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auftragen dünner Fluidbeschichtungen. Ein System zur Beschichtung eines Substrats mit einer ultradünnen Schicht schließt das Durchführen eines Substrats durch eine Beschichtungsvorrichtung und das Bilden einer zusammengesetzten Schicht einschließlich eines Beschichtungsfluids und eines Trägerfluids ein. Die zusammengesetzte Schicht fließt mit einer ausreichend hohen Rate, um eine kontinuierlich fließende Fluidbrücke der zusammengesetzten Schicht zur Oberfläche des Substrats zu bilden und um das Substrat mit der fließenden zusammengesetzten Schicht zu kontaktieren, um die Beschichtungsschicht zwischen das Substrat und das Trägerfluid zu bringen. Das Trägerfluid wird entfernt, während das Beschichtungsfluid auf dem Substrat als Beschichtungsschicht verbleibt.

[0005] DE 100 33 056 A1 betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Informations-Aufzeichnungsmaterials. Offenbart wird ein Verfahren zur Herstellung von Informations-Aufzeichnungsmaterialien, wie z. B. einem thermischen Aufzeichnungsmaterial und einem Tintenstrahl-Aufzeichnungsmaterial, die bezüglich der Beschichtungseigenschaften und verschiedener anderer Eigenschaften hervorragend sind, in guter Produktivität.

[0006] Das Verfahren umfasst das Bilden eines Beschichtungszusammensetzungsfilms aus einer Vielzahl von Beschichtungsfarbschichten auf einem Substrat durch Vorhangbeschichten und Trocknen des Beschichtungszusammensetzungsfilms, um einen Teil oder alle Schichten zum Bilden eines Informations-Aufzeichnungsmaterials zu bilden, und entweder (1) Einstellen der Viskosität jeder Beschichtungsfarbe für eine Vielzahl von Beschichtungsfarbschichten auf mindestens 100 mPaZs und Kontrollieren der Oberflächenspannung der Beschichtungsfarbe für die unterste Schicht auf 18 bis 45 mN/m, oder (2) Kontrollieren der Dichte der Beschichtungsfarbe für eine oben zu positionierende Schicht dahingehend, dass sie nicht mehr als 140% der Dichte der Beschichtungsfarbe für eine darunter in Nachbarschaft zu positionierende Schicht beträgt.

[0007] Die Erfahrung zeigt jedoch, dass die bekannten Beschichtungsverfahren in Bezug auf die Stabilität des Vorhangs insbesondere bei einem mehrschichtigen Vorhang, aber auch bereits bei einem einschichtigen Vorhang, problematisch sind. Die Probleme verstärken sich mit abnehmender Schichtstärke und mit abnehmender Fördergeschwindigkeit des zu beschichtenden Gegenstands und insbesondere beim Zusammentreffen von geringer Schichtstärke und niedriger Fördergeschwindigkeit. Der aus dem Beschichtungsfluid oder den mehreren Beschichtungsfluiden schichtweise aufgebaute Vorhang neigt unter Produktionsbedingungen zum Reißen.

[0008] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, die Vorhangstabilität eines Flüssigfilm-Beschichtungsverfahrens zu verbessern.

[0009] Die Erfindung betrifft ein Flüssigfilm-Mehrschicht-Beschichtungsverfahren, bei dem ein Vorhang aus Beschichtungsfluiden auf einen quer zu dem Vorhang geförderten Gegenstand gegossen und dadurch auf dem Gegenstand eine fluide Beschichtung gebildet wird. Die Förderrichtung des zu beschichtenden Gegenstands kann normal zu dem Vorhang

weisen oder auch eine von der Normalen abweichende Neigung aufweisen. Die auf dem Gegenstand gebildete fluide Beschichtung wird anschließend verfestigt.

[0010] Nach der Erfindung basiert das Beschichtungsfluid auf einer organischen Flüssigkeit. Die organische Flüssigkeit kann durch eine chemische Reaktion verfestigbar sein und selbst ein Beschichtungsmaterial oder einen Teil eines Beschichtungsmaterials bilden oder eine flüchtige Trägerflüssigkeit sein, die selbst nicht Teil des Beschichtungsmaterials ist. Als Beschichtungsmaterial im Sinne der Erfindung wird dasjenige Material bezeichnet, das nach der Verfestigung eine Beschichtung oder eine einzelne Schicht einer Beschichtung bildet. Das Beschichtungsmaterial kann beispielsweise aus Bindemitteln, Pigmenten und Zusatzstoffen bestehen oder kann ein sonstiges, einer gewünschten Funktion dienendes Material sein. Das Beschichtungsfluid ist deshalb in vielen Fällen eine Mischung aus verschiedenen Stoffen, wobei nach der Erfindung mindestens einer dieser Stoffe eine organische Flüssigkeit ist. Diese organische Flüssigkeit kann wiederum ein Teil des Beschichtungsmaterials bilden oder eine Trägerflüssigkeit für ein Beschichtungsmaterial sein. Die Mischung kann eine Lösung oder eine Dispersion, beispielsweise eine Suspension oder Emulsion, sein.

[0011] Die organische Trägerflüssigkeit eines als Mischung gebildeten Beschichtungsfluids und, falls eine organische Flüssigkeit das Beschichtungsmaterial bildet oder mitbildet, diese organische Flüssigkeit weist eine Oberflächenspannung von höchstens 40 mN/m, das heißt von höchstens $40 \cdot 10^{-3}$ N/m, auf. Im Folgenden werden durch chemische Reaktion verfestigbare organische Flüssigkeiten und organische Trägerflüssigkeiten als organische Flüssigkeiten bezeichnet. Die Bezeichnung "organische Trägerflüssigkeit" wird nur verwendet, wenn die betreffende organische Flüssigkeit nach dem Beschichten aus dem Beschichtungsfluid entfernt wird, beispielsweise durch Verdunstung.

[0012] Durch die Verwendung einer organischen Flüssigkeit kann insbesondere auf den Einsatz von Netzmitteln verzichtet werden, die bei der Verwendung von Wasser oder wässrigen Lösungen als Trägerflüssigkeit der Erniedrigung der Oberflächenspannung dienen. Demgemäß ist die organische Flüssigkeit in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung netzmittelfrei.

[0013] Organische Flüssigkeiten, beispielsweise Ketone, Alkohole, Ester, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe und Ether, weisen die erfindungsgemäß geforderte Oberflächenspannung von Hause aus auf, so dass sich bei Verwendung mehrerer Beschichtungsfluide eine hervorragende Gleichförmigkeit der Schichten im Film und auf dem Gegenstand einstellt. Die Gleichförmigkeit stellt sich insbesondere auch für dünne Schichtstärken bei niedrigen Bahngeschwindigkeiten zufriedenstellend ein. Gegenüber wässrigen Trägerflüssigkeiten bedeutet dies eine entscheidende Vergrößerung des Betriebsfensters für das Vorhangbeschichtungsverfahren.

[0014] Die organische Trägerflüssigkeit kann eine bei Erwärmung verdampfende Trägerflüssigkeit sein, so dass eine einschichtige Beschichtung oder die aus dem Beschichtungsfluid gebildete Schicht einer mehrschichtigen Beschichtung durch Erwärmung verfestigt wird, nämlich durch Entfernen des Trägermittels.

[0015] Das Beschichtungsfluid kann alternativ auch eine durch Energieeintrag verfestigbare, das Beschichtungsmaterial unmittelbar bildende, organische Flüssigkeit ohne flüchtige Anteile enthalten, insbesondere ein Monomer oder Oligomer, also eine reaktive organische Flüssigkeit. In dieser Ausführung der Erfindung kann die organische Flüssigkeit eine durch Erwärmung polymerisierbare Flüssigkeit sein, um die Beschichtung oder nur die betreffende(n) Schicht(en) durch Erwärmen und Polymerisieren der organischen Flüssigkeit verfestigen zu können. Die organische Flüssigkeit kann mit Vorteil auch eine durch Bestrahlung, vorzugsweise durch UV-Bestrahlung oder Elektronenbestrahlung, polymerisierbare Flüssigkeit sein, so dass die einschichtige Beschichtung oder die aus dem Beschichtungsfluid gebildete Schicht einer mehrschichtigen Beschichtung durch entsprechende Bestrahlung polymerisiert und dadurch verfestigt werden kann.

[0016] Die Erfindung ist in besonderem Maße zur Bildung mehrschichtiger Beschichtungen geeignet. Sämtliche oder ein Teil der mehreren Beschichtungen können je von einem anderen Beschichtungsfluid gebildet werden. Es können auch zwei oder mehrere der Schichten von dem gleichen Beschichtungsfluid gebildet werden. Die organische Flüssigkeit, die die Beschichtungsfluide bildet oder mitbildet, ist besonders bevorzugt jedoch eine organische Flüssigkeit, die eine Oberflächenspannung von höchstens 40 mN/m hat. Jedes der Beschichtungsfluide ist mit anderen Worten erfindungsgemäß gebildet.

[0017] Die den Vorhang bildenden Beschichtungsfluide können mit unterschiedlichen Beschichtungsmaterialien gebildet werden. Am einfachsten lässt sich die Forderung der gleichen oder zumindest angenähert gleichen Oberflächenspannung bei Mischungen durch Verwendung je der gleichen organischen Flüssigkeit erfüllen.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren und Diagrammen erläutert. Hierbei offenbar werdende Merkmale bilden je einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche vorteilhaft weiter. Es zeigen:

- Fig. 1 die Beschichtung eines Bahnmaterials im Wege eines Mehrschichtvorhangverfahrens,
- Fig. 2 die dynamische Oberflächenspannung eines wässrigen Trägermittels über dem Oberflächenalter eines Beschichtungsfluids,
- Fig. 3 die Vorhangfallzeit in Abhängigkeit von der Vorhanghöhe, und
- Fig. 4 die Oberflächenspannung in ein- oder mehrschichtigen Flüssigkeitsfilmen und vorhängen von wässrigen Lö-

sungen mit Netzmitteln unter Verwendung einer Kaskadendüse.

[0019] Fig. 1 zeigt eine Beschichtungsvorrichtung für eine Flüssigfilm-Beschichtung mittels eines mehrschichtigen Vorhangs von Beschichtungsfluiden.

[0020] Die Beschichtungsvorrichtung umfasst eine Düseneinrichtung 11 für die Erzeugung des Vorhangs aus den mehreren Beschichtungsfluiden, im Ausführungsbeispiel aus den vier unterschiedlichen Beschichtungsfluiden 1 bis 4. Die nachfolgenden Ausführungen gelten jedoch auch für Vorhänge aus weniger als vier Beschichtungsfluiden. Ebenso gelten sie für Vorhänge mit mehr als vier unterschiedlichen Beschichtungsfluiden. Solch ein Vorhang kann mit zehn oder noch mehr Schichten gebildet sein. Ebenso groß kann die Anzahl der unterschiedlichen Beschichtungsfluide im Vorhang sein.

[0021] Die Düseneinrichtung 11 ist eine mehrschichtige Kaskadendüse, könnte beispielsweise aber auch von einer mehrschlitziigen Schlitzdüse gebildet werden. Die Beschichtungsfluide 1 bis 4 werden der Düseneinrichtung 11 separat und jeweils in einer dem Verbrauch entsprechenden Zuführrate dosiert zugeführt. Solche Düseneinrichtungen sind bekannt und bedürfen daher keiner detaillierteren Beschreibung.

[0022] Unterhalb der Düseneinrichtung 11 wird eine zu beschichtende Materialbahn 10, mit ihrer zu beschichtenden Oberfläche der Düseneinrichtung 11 zugewandt, durch eine Fördereinrichtung in eine Förderrichtung F endlos gefördert. Die Materialbahn 10 kann beispielsweise eine Papierbahn, eine Kunststoffolie oder eine Metallfolie sein.

[0023] Die Düseneinrichtung 11 bildet quer zu der Materialbahn 10 parallel erstreckte, in Förderrichtung F hintereinander angeordnete Schlitze, durch die die Beschichtungsfluide 1 bis 4 austreten und nach ihrem Austritt auf einer von der Materialbahn 10 abgewandten Oberseite der Düseneinrichtung 11 in Förderrichtung F fließen. Durch die Anordnung der Schlitze in Förderrichtung F hintereinander wird auf der Oberseite der Düseneinrichtung 11 ein mehrschichtiger Flüssigkeitsfilm erzeugt. Der Flüssigkeitsfilm auf der Oberseite der Düseneinrichtung 11 weist bereits den Schichtaufbau der späteren Beschichtung der Materialbahn 10 auf. Dieser mehrschichtige Flüssigkeitsfilm fließt auf der Oberseite der Düseneinrichtung 11 in Förderrichtung F der Materialbahn 10 bis zu einer vorderen Düsenlippe 15 der Düseneinrichtung 11. Nach der Ablösung von der Düsenlippe 15 fällt der mehrschichtige Flüssigkeitsfilm im freien Fall unter Bildung des Vorhangs 5 im Wesentlichen lotrecht auf die unterhalb der Düsenlippe 15 durchgeführte Materialbahn 10, trifft auf deren Oberseite auf und bildet eine mehrschichtige fluide Beschichtung 6. Die quer zu der Förderrichtung F gemessene Breite des Vorhangs 5 wird durch eine beidseitige Seitenberandung 7 vorgegeben.

[0024] Die auf der Materialbahn 10 gebildete fluide Beschichtung 6 wird anschließend verfestigt, beispielsweise durch Trocknung.

[0025] Die Beschichtungsvorrichtung umfasst ferner eine unterhalb der Düseneinrichtung 11 angeordnete Gießwalze 12, um die die Materialbahn 10 umgelenkt wird. Der Vorhang 5 trifft auf der Oberseite der Materialbahn 10 in einem Bahnbereich auf, der von der Gießwalze 12 abläuft, aber von der Gießwalze 12 noch unterstützt wird. An der Außenseite der Gießwalze 12 bahnaufwärts von der Auftrefflinie des Vorhangs 5 auf der Materialbahn 10 ist ferner eine Auffangwanne 13 mit integrierter Saugvorrichtung 14 angeordnet. Die Auffangwanne 13 dient zur Auffüllung und Reinigung der Düseneinrichtung 11 sowie zur Bildung des Flüssigkeitsvorhangs. Während diesen Arbeitsphasen wird die Düseneinrichtung 11 horizontal in eine Parkposition derart zurückverschoben, dass die sich von der Düsenlippe 15 ablösenden Beschichtungsfluide in die direkt darunterliegende Wanne 13 fallen.

[0026] Die der Gießwalze 12 gegenüberliegende Wand der Wanne 13 ist zudem so ausgebildet, dass sich ein enger, präziser und konzentrischer Spalt zwischen der Wanne 13 und der Gießwalze 12 beziehungsweise der die Gießwalze 12 umschlingenden Materialbahn 10 bildet. Die Weite dieses Spalts muss klein sein, vorzugsweise 0.5 mm, so dass die Wanne 13 mit ihrer Unterseite eine Rakelwirkung erzielt, mit welcher ein wesentlicher Teil der von der unbeschichteten Materialbahn 10 mitgeschleppten Luftgrenzschicht entfernt, d.h. abgerakelt wird. Mit der aus einem relativ engen Schlitz und einem relativ grossen Kanal bestehenden Saugvorrichtung 14 (Staubsaugerprinzip) wird zudem ein Teil der Grenzschichtluft, die in den konzentrischen Spalt zwischen Wanne 13 und Gießwalze 12 eintritt, mit Hilfe einer externen Vakuumquelle abgesaugt. Das Abrakeln und Absaugen eines wesentlichen Teils der Grenzschichtluft bewirkt, dass das Vorhangverfahren auch bei hohen Geschwindigkeiten der Materialbahn 10 betrieben werden kann, ohne dass die verbleibende Restmenge der Grenzschichtluft entlang der quer zur Materialbahn 10 verlaufenden Benetzungslinie des auftreffenden Vorhangs 5 zwischen Vorhang 5 und Materialbahn 10 eingezogen wird.

[0027] Jedes der Beschichtungsfluide 1 bis 4 ist oder enthält eine organische Flüssigkeit, die als solche gleichzeitig das Beschichtungsmaterial oder einen Teil desselben bildet, oder eine Mischung aus einem Beschichtungsmaterial und einer organischen Trägerflüssigkeit, die im Fall einer Lösung des Beschichtungsmaterials in der Trägerflüssigkeit auch als Lösemittel bezeichnet werden kann. Sämtliche Beschichtungsfluide 1 bis 4, falls sie Mischungen sind, können Dispersionen, beispielsweise Emulsionen oder Suspensionen, oder Lösungen sein. Auch Mischformen, bei denen eines oder mehrere der Beschichtungsfluide 1 bis 4 eine Lösung und ein anderes oder mehrere andere der Beschichtungsfluide 1 bis 4 eine Dispersion sind, sind möglich. Wesentlich ist allerdings, dass die Flüssigkeit organischer Natur ist, um die Stabilität des Vorhangs 5 zu gewährleisten.

[0028] Ein wichtiger Aspekt des Vorhangbeschichtungsverfahrens ist, wie bereits erwähnt, die Stabilität des Vorhangs.

Ein Flüssigkeitsvorhang, beispielsweise der Vorhang 5, wird als stabil bezeichnet, wenn er über lange Betriebszeiten, das heißt über mehrere Stunden, von ständig präsenten Störeinflüssen nicht aufgerissen werden kann. Ein solcher Vorhang wird auch als produktionstauglich bezeichnet, das heißt er kann für die industrielle Beschichtung eingesetzt werden.

[0029] Die Erfindung hat erkannt, dass eine niedrige Oberflächenspannung von höchstens 40 mN/m der verwendeten Flüssigkeiten der Vorhangstabilität förderlich ist, und zwar insbesondere dann, wenn dynamische Prozesse reduziert oder idealerweise gänzlich vermieden werden können. Solche dynamischen Prozesse sind Fließvorgänge und Diffusionsvorgänge innerhalb der Fluidschichten und zwischen den Fluidschichten des Vorhangs. Solche dynamischen Prozesse werden erfindungsgemäß bis zur praktischen Bedeutungslosigkeit dadurch reduziert, dass die Flüssigkeit im Falle eines mehrschichtigen Vorhangs organischer Natur ist. Falls die unterschiedlichen Beschichtungsmaterialien einer mehrschichtigen Beschichtung es erlauben, sollte für Mischungen mit je einem anderen Beschichtungsmaterial sogar nur eine einzige organische Flüssigkeit für solche unterschiedlichen Beschichtungsfluide des Vorhangs verwendet werden, um Oberflächenspannungsidentität zu erhalten.

[0030] Die Problematik von zeitabhängigen Fließ- und Diffusionsvorgängen in Flüssigkeitsvorhängen ist grundsätzlich bekannt, beispielsweise aus "Surfactants: Static and Dynamic Surface Tension", Y. M. Tricot, in Liquid Film Coating, Chapter 4, Chapman & Hall, London. Bei wässrigen Lösungen ist die Oberflächenspannung von neu entstandenen Oberflächen eine zeitabhängige und somit dynamische Materialeigenschaft, weil darin enthaltene oberflächenaktive Moleküle zuerst vom Inneren der Flüssigkeit an die Oberfläche diffundieren und dort adsorbiert werden, bevor sie die Oberflächenspannung erniedrigen. Vor allem der Diffusionsvorgang wird stark von der Viskosität der Flüssigkeit und von den lokalen Strömungsverhältnissen beeinflusst.

[0031] Fig. 2 zeigt den Zusammenhang, der von dem Alter der freien Flüssigkeitsoberfläche, von der charakteristischen Zeit des Diffusionsvorgangs und der Netzmittelkonzentration abhängt. Bekannt ist, dass die charakteristische Zeit des Diffusionsvorgangs von der Art eines eingesetzten Netzmittels, das heißt von seiner Molekülstruktur, und von der Netzmittelkonzentration abhängt. Die charakteristische Zeit kann bis zu mehreren Sekunden dauern. Bei ausreichend langer Diffusionszeit wird die Gleichgewichtsoberflächenspannung, das heißt die statische Oberflächenspannung, erreicht. Bis zum Erreichen der statischen Oberflächenspannung weisen mit Netzmitteln versetzte wässrige Lösungen daher eine sich ändernde Oberflächenspannung auf.

Aus Fig. 2 wird insbesondere ersichtlich, dass eine niedrige Oberflächenspannung von 40 mN/m und vorzugsweise weniger bei einem geringen Oberflächenalter der betreffenden wässrigen Lösung nur dann erreicht werden kann, wenn große Mengen eines schnell diffundierenden Netzmittels zugegeben werden. Die Zugabe von Netzmitteln mag zwar die Vorhangstabilität optimieren, ist aber in vielen potenziellen Anwendungen problematisch oder sogar verboten. In Verpackungsmaterialien z.B. für Nahrungs- oder Arzneimitteln sind Netzmittel unerwünscht oder werden von den zuständigen Zulassungsbehörden, beispielsweise der FDA in den USA, nicht erlaubt, wenn die Netzmittelmoleküle mit dem zu verpackenden Produkt in Berührung kommen und die Gefahr besteht, dass die Produkteigenschaften durch auf das Füllgut übergehende Netzmittelmoleküle verändert werden könnten. Bei Materialien, die nach der Beschichtung bedruckt werden sollen, beispielsweise in einem Tintenstrahldruckverfahren, können Netzmittel ebenfalls problematisch sein, weil sie das Benetzen und das Verlaufen der Tinte auf dem zu bedruckenden Material negativ beeinflussen können. Die Erfindung schafft hier Abhilfe, insbesondere wenn auf den Einsatz von Netzmitteln gänzlich verzichtet wird, wofür die Erfindung gerade die besten Voraussetzungen schafft. Die Erfindung eröffnet somit den für die Massenproduktion besonders geeigneten Vorhangbeschichtungsverfahren neue Einsatzgebiete, nämlich insbesondere die vorstehend genannten.

[0032] Für die Analyse der Vorhangstabilität soll im Folgenden die charakteristische Diffusionszeit mit der charakteristischen Fallzeit des Vorhangs verglichen werden.

[0033] Die Fallzeit hängt von der Vorhanggeschwindigkeit V_V ab, die ihrerseits durch die von der Düsenart abhängige Anfangsgeschwindigkeit V_0 , die Fallhöhe x des Vorhangs und die Gravitationsbeschleunigung g näherungsweise bestimmt wird durch:

$$V_V = V_0 + \sqrt{2gx} \quad (1)$$

[0034] Für die Praxis kann im Allgemeinen die Anfangsgeschwindigkeit V_0 vernachlässigt werden, da deren Abhängigkeit von der Düsenart meist gering und die Anfangsgeschwindigkeit meist wesentlich kleiner als der Gravitationsterm in Gleichung (1) ist.

[0035] In Fig. 3 ist ein typisches Beispiel der Abhängigkeit der Vorhangfallzeit von der Fallhöhe x dargestellt. Für industriell relevante Vorhanghöhen von 50 bis 300 mm beträgt die Vorhangfallzeit demnach zwischen 50 und 200 ms. Dies ist eine sehr kurze Zeit, vor allem im Vergleich zu der Diffusionszeit, die erforderlich ist, um in wässrigen Lösungen

die auf Grund des kurzen Oberflächenalters im Vorhang bedeutungsvolle Oberflächenspannung von höchstens 40 mN/m und vorzugsweise weniger zu erzeugen.

[0036] Wie in "Curtain Coating" von K. Miyamoto und Y. Katagiri, Chapter 11c in Liquid Film Coating, Chapman & Hall, London, beschrieben, kann das theoretische Stabilitätskriterium für den Vorhang durch die nachfolgende Gleichung (2) quantifiziert werden:

$$We = \frac{\rho Q V_v}{\sigma} = \frac{\rho U H_F V_v}{\sigma} > 2 \quad (2)$$

[0037] We ist die dimensionslose Weberzahl, die das Verhältnis zwischen Trägheits- und Oberflächenspannungskräften beschreibt, ρ und σ sind die Dichte und die Oberflächenspannung des Beschichtungsfluids, Q ist das Verhältnis Volumenstrom/Breite, V_v ist die Vorhanggeschwindigkeit gemäß Gleichung (1), U ist die Geschwindigkeit der zu beschichtenden Bahn und H_F ist die nasse Dicke der Beschichtung auf der Bahn.

[0038] Das Vorhangbeschichtungsverfahren gehört zu der Klasse der sogenannten vordosierten Beschichtungsverfahren, bei denen nur gerade die exakt benötigte Menge Beschichtungsfluid zu der Düseneinrichtung gepumpt wird. Im Unterschied zu anderen Beschichtungsverfahren, wie Walzen-, Raket- oder Luftmesserverfahren, wird das Vorhangverfahren ohne Überschussflüssigkeit betrieben. Auf Grund des Massenerhaltungsgesetzes kann deshalb geschlossen werden, dass der Volumenstrom V^* und somit auch der Volumenstrom pro Breite Q gemäß der nachfolgenden Gleichung (3) von der Gießbreite W, der Bahngeschwindigkeit U und der nassen Filmdicke H_F abhängen:

$$V^* = QW = UH_F W \quad (3)$$

[0039] Insbesondere wird der Volumenstrom pro Breite Q durch die Bahngeschwindigkeit U und die nasse Filmdicke H_F wie folgt bestimmt:

$$Q = UH_F \quad (4)$$

[0040] Aus Gleichung (2) kann nicht nur geschlossen werden, dass die Vorhangstabilität von der Oberflächenspannung σ und dem Volumenstrom/Breite Q abhängt, sondern dass die Vorhangstabilität auch bei kleinen Werten von Q gewährleistet bleibt, solange die Oberflächenspannung σ ausreichend klein ist. Aus Gleichung (4) kann weiter geschlossen werden, dass bei gegebener Bahngeschwindigkeit U die nasse Filmdicke H_F oder bei gegebener Filmdicke H_F die Bahngeschwindigkeit U umso mehr reduziert werden kann, je tiefer die Oberflächenspannung σ ist. Das Herstellen von sehr dünnen Schichten und auch das Beschichten bei sehr tiefen Bahngeschwindigkeiten mit dem Vorhangverfahren sind von industrieller Bedeutung, weil hierdurch eine äußerst hohe Gleichförmigkeit und damit eine hohe Qualität der Beschichtung erzeugt werden kann.

[0041] In der US-PS 3,632,374 wird erwähnt, dass der minimale Volumenstrom pro Breite Q für wässrige Lösungen etwa 0,5 cm²/s beträgt. Mit diesem Minimalwert für Q kann die Vorhangstabilität jedoch über lange Betriebszeiten kaum stabil gehalten werden. Vielmehr sollte bei Verwendung wässriger Lösungen als Trägerflüssigkeit das Minimum von Q für industrielle Anwendungen wenigstens 1,0 cm²/s betragen. Dieser große Wert macht es andererseits jedoch unmöglich, dünne Schichten und vor allem dünne Schichten bei gleichzeitig tiefen Bahngeschwindigkeiten zu erzeugen, was in industriellen Anwendungen des Vorhangbeschichtungsverfahrens oft ein Nachteil ist.

[0042] Ferner hat die Erfindung erkannt, dass nicht nur die unterste Schicht eines mehrschichtigen Vorhangs eine geringe Oberflächenspannung haben sollte, wie dies in der DE 100 33 056 A1 gefordert wird. Die Wirkung einer sich rasch einstellenden geringen Oberflächenspannung auf die Vorhangstabilität beruht auf der Fähigkeit, lokale Querströmungen, so genannte Marangoni-Strömungen, auf der Vorhangoberfläche zu vermeiden, die durch lokale Oberflächenspannungsdifferenzen als Folge von Störungen erzeugt werden. Einerseits hat ein Flüssigkeitsvorhang zwei äußere Oberflächen, an denen Störungen angreifen können. Andererseits müssen bei einer Mehrschichtanwendung auch die Schichten zwischen den äußersten Schichten die Fähigkeit haben, ihre Oberflächenspannung rasch auf diese Werte zu reduzieren, damit die Vorhangstabilität auch dann gewährleistet bleibt, wenn die äußeren Schichten den Störungen nicht widerstehen können. Ein mehrschichtiger Vorhang ist also insbesondere dann industriell robust bzw. stabil, wenn

alle Schichten des Vorhangs eine erfindungsgemäß geringe Oberflächenspannung von höchstens 40 mN/m haben. Vorzugsweise sind die Oberflächenspannungen sämtlicher Schichten noch geringer.

[0043] Weitere Probleme können sich ergeben, wenn das Vorhangbeschichtungsverfahren für wässrige Lösungen in Kombination mit einer Kaskadendüse angewendet wird, wie sie beispielhaft in Fig. 1 dargestellt ist. Insbesondere ergibt sich bei dieser Düsenkonfiguration eine unsymmetrische Situation bezüglich der Oberflächenspannung zwischen der in Förderrichtung F der Materialbahn 10 vorderen äußeren Vorhangfläche und der hinteren äußeren Vorhangfläche.

[0044] Wie aus Fig. 1 ersichtlich, liegt der Ursprung der vorderen äußeren Vorhangfläche beim Schlitzaustritt der obersten Schicht 1 auf der schiefen Ebene der Kaskadendüse 11. Je nach Anzahl der Schichten kann dieser Ort weit weg von der Düsenlippe 15 sein. Bei einer Bildung von drei Fluidschichten beispielsweise, beträgt die Distanz von Schlitzaustritt bis zur Düsenlippe 15 ungefähr 150 mm. Das Alter der freien Filmoberfläche am Ort der Düsenlippe 15, das heißt an dem Ort, an dem der Vorhang 5 beginnt, wird durch die Fließgeschwindigkeit des mehrschichtigen Fluidfilms auf der schiefen Ebene bestimmt. Die Fließgeschwindigkeit hängt von den Viskositäten der Beschichtungsfluide, deren Dichten und Volumenströmen und vom Neigungswinkel ab. Für einen dreischichtigen Fluidfilm mit einer Viskosität von 50 mPas beträgt das Oberflächenalter an der Düsenlippe 15 etwa 2 Sekunden. Während dieser Zeit können Netzmittelmoleküle bei Verwendung wässriger Trägerflüssigkeiten an die Flüssigkeitsoberfläche diffundieren und infolge Adsorption die Oberflächenspannung vermindern.

[0045] Wie in Fig. 4 schematisch dargestellt ist, hat die vordere Vorhangfläche beim Vorhanganfang, das heißt an der Düsenlippe 15, deshalb eine tiefe Oberflächenspannung. Ist die Fließzeit des Fluidfilms auf der Düsenfläche lang genug, erreicht die Oberflächenspannung sogar den Gleichgewichtswert, welcher der statischen Oberflächenspannung entspricht. Unterhalb der Düsenlippe 15 wird die vordere äußere Vorhangfläche infolge der Gravitationsbeschleunigung gestreckt, das heißt es entsteht dort eine neue Flüssigkeitsoberfläche, die unmittelbar nach ihrer Entstehung weniger Netzmittelmoleküle enthält, so dass die lokale Oberflächenspannung zuerst wieder zunimmt, bevor sie infolge Netzmitteldiffusion und -adsorption nach einer gewissen Fallzeit wieder abnimmt. Fig. 4 zeigt diesen Zusammenhang und zeigt darüber hinaus auch den Verlauf der Oberflächenspannung in Abhängigkeit vom Oberflächenalter für die hintere äußere Vorhangfläche.

[0046] Der Ursprung der hinteren äußeren Vorhangfläche (Rückseite) liegt an der Düsenlippe 15. Ebenfalls infolge der Gravitationsbeschleunigung wird diese Oberfläche unmittelbar nach ihrer Entstehung gestreckt, so dass die Oberflächenspannung, wie vorstehend beschrieben, nur relativ langsam abnimmt. Als Folge davon besteht zwischen der vorderen und der hinteren äußeren Vorhangfläche eine Oberflächenspannungsdifferenz $\Delta\sigma$, die an der Düsenlippe 15 sehr groß sein kann und mit zunehmender Fallzeit, das heißt in Abhängigkeit von der Vorhanghöhe, abnimmt. Diese Oberflächenspannungsdifferenz $\Delta\sigma$ zwischen den beiden äußeren Vorhangflächen führt jedoch zu einer Beeinflussung der Vorhangfallkurve. Insbesondere kann der Vorhang unmittelbar unterhalb der Düsenlippe 15 stark nach hinten gebogen werden. Dieses Phänomen ist unter dem Stichwort "tea pot effect" bekannt und führt zu einer Verminderung der Vorhangstabilität, weil es schwierig wird, die Fallkurve des Vorhangs mit der Form der Vorhangseitenberandung 7 in Einklang zu bringen. Andererseits können infolge Wirbelbildung entlang der hinteren Kante der Düsenlippe 15 Linien und Streifen im Vorhang entstehen, wodurch die Qualität der Beschichtung auf der Materialbahn 10 negativ beeinflusst wird.

[0047] Nach der Erfindung werden die vorstehend beschriebenen Nachteile dadurch vermieden, dass das Vorhangbeschichtungsverfahren mit Flüssigkeiten durchgeführt wird, die auf organischen Stoffen basieren, das heißt auf einer organischen Flüssigkeit. Viele dieser Flüssigkeiten haben eine inhärent tiefe Oberflächenspannung von weniger als 40 mN/m. Eine große Zahl von industriell in anderen Anwendungen gebräuchlichen organischen Trägerflüssigkeiten, insbesondere Lösemitteln, haben eine Oberflächenspannung im Bereich von 15 bis 35 mN/m, wie dies für die Zwecke der Erfindung bevorzugt wird. Das Problem der dynamischen Oberflächenspannung entfällt bei organischen Flüssigkeiten, weil die Oberflächenspannung nicht erst durch dynamische Effekte wie Diffusion und Adsorption erniedrigt werden muss. Die Oberflächenspannung solcher Flüssigkeiten ist deshalb auch für sehr kurze Oberflächenalter gering, und zwar geringer als der erfindungsgemäß nicht zu überschreitende Maximalwert von 40 mN/m. Dies konnte durch direkte Messung der Oberflächenspannung im Vorhang mit Hilfe der Machwinkelmethode, wie sie in dem auf Y. M. Tricot zurückgehenden Beitrag "Surfactants: Static and Dynamic Surface Tension" beschrieben wird, nachgewiesen werden. Vorteilhaft ist ferner, dass die Oberflächenspannung nicht erst durch Zugabe von Netzmittelmolekülen verringert werden muss. Bei mehrschichtigen Anwendungen ist die Forderung einer tiefen Oberflächenspannung für alle Schichten von vornherein erfüllt.

[0048] Als organische Trägerflüssigkeiten eignen sich sowohl tiefsiedende als auch hochsiedende Flüssigkeiten, solange nur die Oberflächenspannung den Wert von 40 mN/m nicht überschreitet. Geeignete Trägerflüssigkeiten sind insbesondere Ketone wie beispielsweise Aceton, Butanon und Cyclohexanon, des weiteren Alkohole wie beispielsweise Ethanol, Butanol und Cyclohexanol, ferner Ester wie beispielsweise Ethylacetat, auch Butylacetat und schließlich auch aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe wie beispielsweise Siedegrenzenbenzin und Toluol. Nicht zu vergessen sind auch Ether wie Tetrahydrofuran oder auch solche mit anderen oder mehreren funktionellen Gruppen wie Chlorbenzol oder 2-Methoxy-1-Propyl-Acetat. Auch Mischungen der vorstehend genannten Trägerflüssigkeiten sind im

Sinne der Erfindung verwendbar und werden unter den Begriff der Trägerflüssigkeit subsumiert.

[0049] Die erfindungsgemäßen Vorteile sind nicht nur mit flüchtigen Trägerflüssigkeiten enthaltenden, physikalisch-thermisch trocknenden Systemen erzielbar, sondern auch mit solchen, die reaktive organische Flüssigkeiten einschließlich Flüssigkeitsmischungen enthalten, die unter Einwirkung von energiereichen Strahlen, vorzugsweise UV-Strahlen oder Elektronenstrahlen, oder durch Einwirkung von höheren Temperaturen polymerisieren und dadurch die Verfestigung der fluiden Beschichtung auf der Materialbahn herbeiführen.

[0050] Bei Verwendung von tiefsiedenden, verdampfenden organischen Trägerflüssigkeiten entfallen zeitabhängige Probleme wie Konzentrationsänderungen, Viskositätsänderungen, Schaumbildung und dergleichen, die bei Walzen- und Rakelverfahren typisch sind, weil infolge des geschlossenen Dosiersystems bei dem Vorhangbeschichtungsverfahren die freie Flüssigkeitsoberfläche kleiner ist. Entsprechend verringern sich die Brand- und Explosionsgefahren und die arbeitshygienischen Probleme auf Grund der deutlich reduzierten Verdampfungsverluste.

Patentansprüche

1. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren, bei dem:

- a) ein mehrere Schichten von Beschichtungsfluiden (1, 2, 3, 4) umfassender Vorhang (5) auf einen quer zu dem Vorhang (5) geförderten Gegenstand (10) gegossen und
- b) **dadurch** auf dem Gegenstand (10) eine fluide Beschichtung (6) gebildet wird,
- c) wobei als Beschichtungsfluide (1, 2, 3, 4) auf dem Gegenstand (10) verfestigbare Mischungen je aus einem Beschichtungsmaterial und einer Trägerflüssigkeit verwendet werden,

- c1) wobei das Beschichtungsmaterial von wenigstens einer der Mischungen ein anderes ist als das Beschichtungsmaterial von wenigstens einer anderen der Mischungen,
- c2) wobei mehrere der Beschichtungsfluide (1, 2, 3, 4) der mehreren Schichten eine Mischung eines Beschichtungsmaterials und der gleichen Trägerflüssigkeit sind,

- d) wobei die Schichten des Vorhangs eine Oberflächenspannung je von höchstens 40 mN/m aufweisen,
- e) und bei dem die fluide Beschichtung (6) verfestigt wird,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- f) die Trägerflüssigkeit eine organische Flüssigkeit ist.

2. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die organische Flüssigkeit eine Oberflächenspannung von höchstens 35 mN/m aufweist.

3. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die organische Flüssigkeit netzmittelfrei ist.

4. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die organische Flüssigkeit der auf dem Gegenstand (10) aus der Mischung gebildeten fluiden Beschichtung (6) durch Verdampfung entzogen wird, um die Beschichtung (6) zu verfestigen.

5. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als organische Flüssigkeit eine durch Erwärmung polymerisierbare Flüssigkeit verwendet wird, um die auf dem Gegenstand (10) gebildete fluide Beschichtung (6) durch Polymerisierung der organischen Flüssigkeit zu verfestigen.

6. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als organische Flüssigkeit eine durch Bestrahlung, vorzugsweise UV-Bestrahlung oder Elektronenbestrahlung, polymerisierbare Flüssigkeit verwendet wird, um die auf dem Gegenstand (10) gebildete fluide Beschichtung (6) durch Polymerisierung der organischen Flüssigkeit zu verfestigen.

7. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorhang (5) aus der Mehrzahl von Schichten von Beschichtungsfluiden (1, 2, 3, 4) besteht.

8. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial von jeder der Mischungen ein anderes ist als das Beschichtungsmaterial von jeder der anderen Mischungen.

9. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Beschichtungsfluide (1, 2, 3, 4) der Mehrzahl von Schichten eine durch Energieeintrag, vorzugsweise durch Polymerisation, verfestigbare organische Flüssigkeit ist.

10. Flüssigfilm-Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Beschichtungsfluide (1, 2, 3, 4) der Mehrzahl von Schichten durch Energieeintrag, vorzugsweise durch Polymerisation, verfestigbare organische Flüssigkeiten sind, wobei sich wenigstens zwei der organischen Flüssigkeiten, die aneinander grenzen, voneinander unterscheiden.

Claims

1. Liquid film coating process, in which:

- a) a curtain (5) comprising a plurality of layers of coating fluids (1, 2, 3, 4) is poured on an object (10) being conveyed at right angles to said curtain (5) and
- b) a fluid coating (6) is formed on said object (10) as a result,
- c) wherein mixtures of a coating material and a carrier liquid which can be solidified on the object (10) are used as coating fluids (1),

c1) wherein the coating material of at least one of the mixtures is different from the coating material of at least one other of the mixtures,

c2) wherein a plurality of the coating fluids (1, 2, 3, 4) of the plurality of layers are a mixture of a coating material and the same carrier liquid, which carrier liquid is an organic liquid,

d) wherein the layers of the curtain each have a surface tension of at most 40 mN/m,

e) and wherein the fluid coating (6) is solidified.

2. Liquid film coating process in accordance with claim 1, **characterised in that** the organic liquid has a surface tension of at most 35 mN/m.

3. Liquid film coating process in accordance with one of the above claims, **characterised in that** the organic liquid is free from wetting agent.

4. Liquid film coating process in accordance with one of the above claims, **characterised in that** the organic liquid is removed from the fluid coating (6) formed from the mixture on the object (10) by evaporation in order to solidify said coating (6).

5. Liquid film coating process in accordance with one of the claims 1 to 3, **characterised in that** a liquid that can be polymerised by heating is used as the organic liquid in order to solidify the fluid coating (6) formed on the object (10) by polymerising the organic liquid.

6. Liquid film coating process in accordance with one of the claims 1 to 3, **characterised in that** a liquid that can be polymerised by irradiation, preferably UV irradiation or electron beams, is used as the organic liquid in order to solidify the fluid coating (6) formed on the object (10) by polymerising the organic liquid.

7. Liquid film coating process in accordance with one of the above claims, **characterised in that** the curtain (5) comprises the plurality of layers of coating fluids (1, 2, 3, 4).

8. Liquid film coating process in accordance with one of the above claims, **characterised in that** the coating material of each of the mixtures is different from the coating material of each of the other mixtures.

9. Liquid film coating process in accordance with one of the above claims, **characterised in that** at least one of the coating fluids (1, 2, 3, 4) of the plurality of layers is an organic liquid that can be solidified by introducing energy, preferably by polymerisation.

10. Liquid film coating process according to one of the above claims, **characterised in that** all coating fluids (1, 2, 3, 4) of the plurality of layers are organic liquids that can be solidified by introducing energy, preferably by polymerisation,

wherein at least two of the organic liquids that are adjacent to each other are different.

Revendications

1. Procédé de revêtement par une pellicule liquide, dans lequel

- a) on fait couler un rideau (5) comprenant plusieurs couches de fluides (1, 2, 3, 4) de revêtement sur un objet (10) transporté transversalement au rideau (5) et
- b) on forme ainsi sur l'objet (10) un revêtement (6) fluide,
- c) on utilise comme fluides (1, 2, 3, 4) de revêtement des mélanges pouvant se solidifier sur l'objet (10) constitués, respectivement, d'une matière de revêtement et d'un véhicule liquide,

c1) dans lequel la matière de revêtement d'au moins l'un des mélanges est autre que la matière de revêtement d'au moins un autre des mélanges,

c2) dans lequel plusieurs des fluides (1, 2, 3, 4) de revêtement des plusieurs couches sont un mélange d'une matière de revêtement et du même véhicule liquide,

d) les couches du rideau ayant une tension superficielle respectivement d'au plus 40 mN/m,

e) et dans lequel on solidifie le revêtement (6) de fluide,

caractérisé en ce que

f) le véhicule liquide est un liquide organique.

2. Procédé de revêtement par un film liquide suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le liquide organique a une tension superficielle d'au plus 35 mN/m.

3. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le liquide organique est exempt d'agent mouillant.

4. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le liquide organique du revêtement (6) fluide formé sur l'objet (10) à partir du mélange est extrait par évaporation pour solidifier le revêtement (6).

5. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme liquide organique un liquide polymérisable par chauffage pour solidifier le revêtement (6) fluide formé sur l'objet (10) par polymérisation du liquide organique.

6. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme liquide organique un liquide polymérisable par exposition à un rayonnement, de préférence par exposition aux UV ou à un faisceau d'électrons pour solidifier le revêtement (6) fluide formé sur l'objet (10) par polymérisation du liquide organique.

7. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rideau (5) est constitué d'une multiplicité de couches de fluides (1, 2, 3, 4) de revêtement.

8. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la matière de revêtement de chacun des mélanges est autre que la matière de revêtement de chacun des autres mélanges.

9. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'un des fluides (1, 2, 3, 4) de revêtement de la multiplicité de couches est un liquide organique pouvant être solidifié par apport d'énergie, de préférence, par polymérisation.

10. Procédé de revêtement par une pellicule liquide suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** tous les fluides (1, 2, 3, 4) de revêtement de la multiplicité de couches sont des liquides organiques qui peuvent être solidifiés par apport d'énergie, de préférence par polymérisation, au moins deux des liquides organiques, qui sont voisins l'un de l'autre, étant différents.

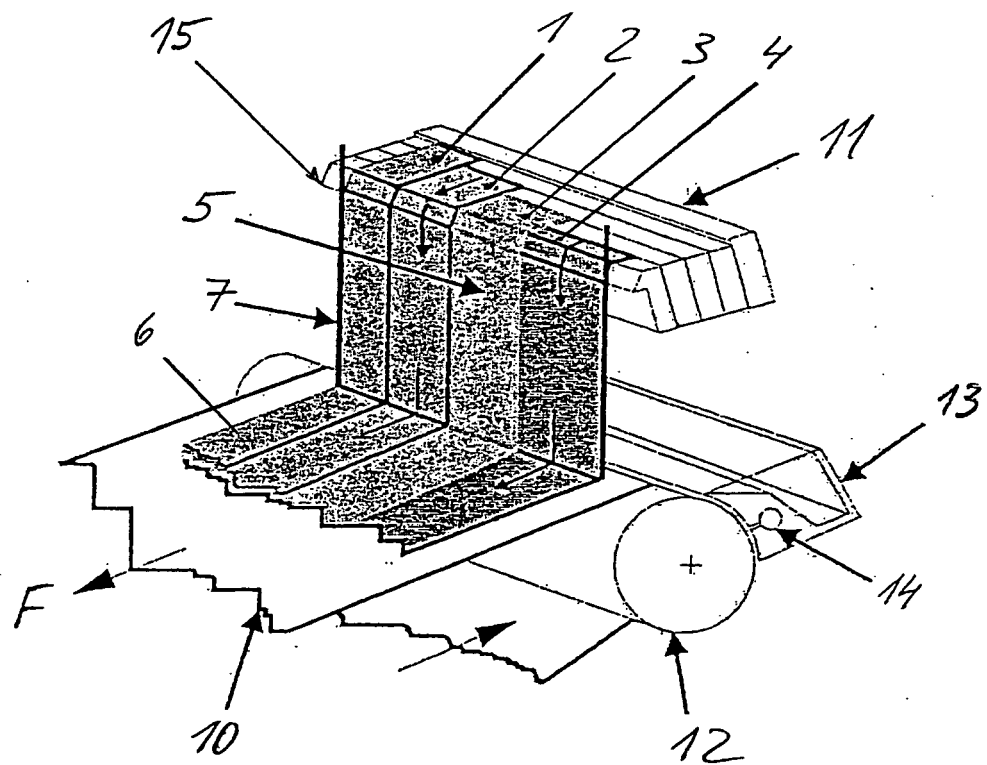
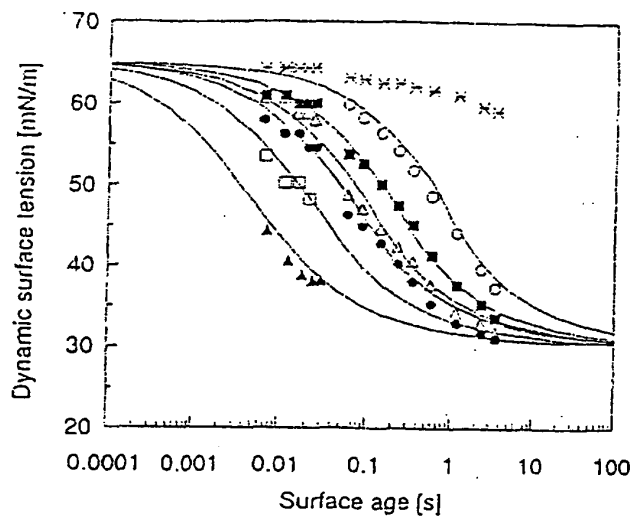
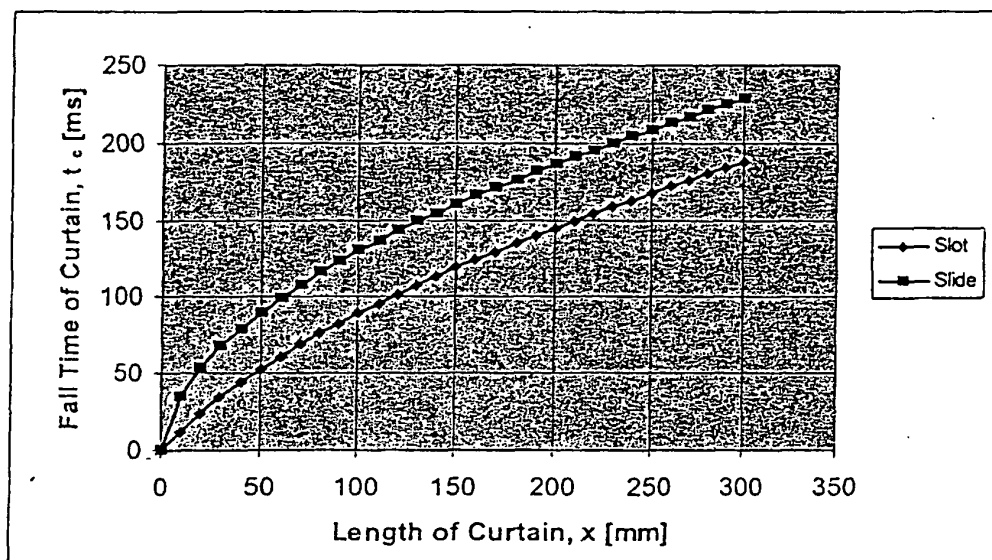


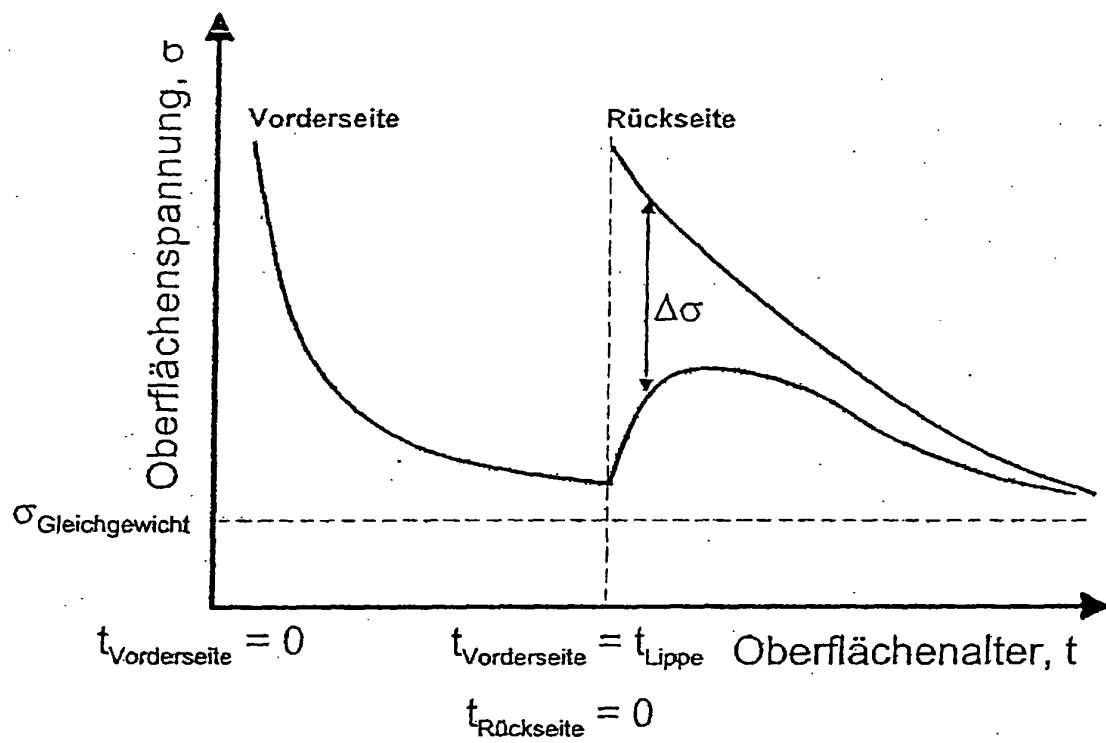
Fig. 1



Figur 2: Dynamische Oberflächenspannung vom Netzmittel Olin 10G in einer 4% wässrigen Gelatinelösung. Parameter: Netzmittelkonzentration gemessen in Einheiten von $[10^{-4} \text{ mol/dm}^3]$. * = ohne Netzmittel, O = 2.0, ■ = 3.67, Δ = 5.24, ● = 10.5, □ = 21.0, ▲ = 52.4.



Figur 3: Typische Vorhangfallzeit in Abhängigkeit der Vorhanghöhe. Parameter: Bauart der Düse.

*Fig. 4*