



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 047 742 A1** 2007.10.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 047 742.1**

(22) Anmeldetag: **06.10.2006**

(43) Offenlegungstag: **11.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B08B 7/04** (2006.01)
B24C 3/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2006/061463 07.04.2006 EP

(74) Vertreter:

Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München,
DE; Trockeneis-TEAM GmbH, 28307 Bremen, DE**

(72) Erfinder:

**Vissing, Klaus, 27321 Morsum, DE; Bultmann,
Uwe, 27711 Osterholz-Scharmbeck, DE; Ott,
Matthias, 21255 Dohren, DE; Hielscher, Wolfgang,
28755 Bremen, DE; Stehmeier, Johann, 28876
Oyten, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Dekontamination mit Trockeneis**

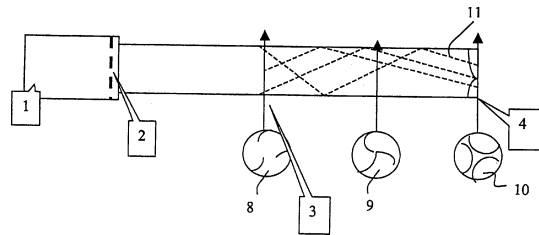
(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung eines kontaminierten Objekts mit Trockeneis, wobei

das Objekt an der Objektoberfläche zumindest teilweise mit einer Funktionsschicht versehen ist, auf der eine Kontamination haftet, und wobei

(a) die Kontamination an der Funktionsschicht weniger fest haftet als sie es an der unter der Funktionsschicht liegenden Objektoberfläche täte,

(b) die Funktionsschicht vorzugsweise eine geringere Wärmeleitfähigkeit als das Objekt besitzt und

(c) die Funktionsschicht bei Raumtemperatur beständig ist gegen die bei Kontaktieren mit Trockeneis auftretenden Temperaturdifferenzen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dekontamination eines mit einer Funktionsschicht beschichteten Objektes durch Bestrahlen kontaminierter Stellen des Objektes mit Strahlmitteln, die mittels eines Gasstromes auf die Kontamination gestrahlt werden und die aus Trockeneis bestehen oder Trockeneis umfassen. Die Erfindung betrifft auch ein mit einer Funktionsschicht versehenes kontaminiertes Objekt, das besonders gut mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gereinigt werden kann sowie eine Vorrichtung zum Reinigen eines kontaminierten Objektes mit Trockeneis, mit der das erfindungsgemäße Verfahren besonders effektiv durchgeführt werden kann. Die Erfindung betrifft auch die Verwendung einer Funktionsbeschichtung zur Verzögerung des Temperatenausgleiches zwischen einer Kontamination und einem Objekt bei der Dekontamination des Objektes mittels Trockeneis, wodurch sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders gut durchführen lässt.

[0002] In vielen Feldern der Technik werden eingesetzte Werkzeuge, Herstellungsvorrichtungen oder Hilfsvorrichtungen regelmäßig durch eingesetzte Materialien wie z. B. Lack, Klebstoff, Verarbeitungshilfsmittel oder Teig und Fette kontaminiert. Häufig verbrennen bzw. vercracken solche Stoffe auf den Vorrichtungsflächen, wodurch eine besonders hartnäckige und gut haftende Kontaminationsschicht entsteht.

[0003] Eine besonders effektive Methode zur Dekontamination (Reinigung) solch teilweise hartnäckiger Kontaminationen (Verschmutzungen) ist die Trockeneisreinigung. Bei dieser beruht der Reinigungseffekt auf verschiedenen mechanischen und physikalischen Faktoren: Zu nennen sind hier neben (i) dem mechanischen Abrieb durch den Aufprall des Trockeneises auf die Kontamination (ii) die Versprödung der Kontamination durch tiefe Temperaturen in Verbindung mit hohen Temperaturdifferenzen zum Substrat (Thermospannungen), die ausgelöst werden durch die tiefe Temperatur des Trockeneises (ca. -78°C bei Atmosphärendruck) und (iii) gegebenenfalls zusätzliche Abkühlung durch Sublimationseffekte sowie (iv) die mechanische Wirkung der schnellen Volumenvergrößerung bei der Sublimation des Trockeneises.

[0004] In den üblichen Verfahren werden Trockeneispellets mit Gasströmen einer Geschwindigkeit von > 150 m/s, vorzugsweise ca. 300 m/s aus Strahlvorrichtungen auf die zu reinigenden Objekte im Bereich der Kontamination gestrahlt. Die Strahlmaterialgröße bei Pellets beträgt im Durchmesser ca. 3 mm bei undefinierter Länge. Mit Zusatzgeräten ist eine Größenreduktion der Pellets möglich. Die typischen Einstrahlwinkel betragen ca. 60° bis 90° zur Kontaminationsebene.

[0005] Die heute üblichen Verfahren in der Dekontamination mittels Trockeneis (Trockeneisreinigung) besitzen eine Reihe von Nachteilen: Der hohe Gasstrom und damit die hohe Strömungsgeschwindigkeit der Trockeneispartikel bedingt eine sehr hohe Geräuschbelastung von > 110 dB (A).

[0006] Zwar wird an vielen Stellen von Bemühungen berichtet automatisierte Formenreinigungen durchzuführen, um eine Lärmverringerung durch eine Verkapselung zu ermöglichen, doch haben sie sich bisher am Markt nicht durchsetzen können. Bei der automatisierten Formenreinigung (im eingebauten Zustand in größeren Vorrichtungen) mit Standardstrahlrohren entstehen aufgrund der Bewegungseinschränkung der Mechaniken besonders bei komplexen Bauteiloberflächen Hinterschneidungsschatten mit mangelhaften bis keinen Reinigungseffekten. Dieser Nachteil kann durch Handarbeit zwar vermindert werden, aber trotz des hohen Arbeitsaufwandes verbessert sich das Reinigungsergebnis nur geringfügig. Daher werden heute üblicherweise für optimale Reinigungsergebnisse komplexere Anlagen bzw. kontaminierte Teile komplexerer Anlagen demontiert, um sie von Hand reinigen zu können. Des Weiteren lassen sich Kontaminationen mit hoher Wärmeleitfähigkeit schlecht abreinigen, da so der Temperaturdifferenzeffekt der Trockeneisreinigungseffekt durch schnellen Temperatenausgleich verringert wird. Das Gleiche gilt auch für Objekte bzw. Objektoberflächen mit hoher Wärmeleitfähigkeit und einer geringen Wärmekapazität, beispielsweise Objekte mit geringer Wandstärke, welche selbst zu schnell abkühlen. Unter Wärmeleitfähigkeit ist im Rahmen dieses Textes die spezifische Wärmeleitfähigkeit zu verstehen.

[0007] Darüber hinaus lassen sich in Abhängigkeit von der Objektoberfläche Kontaminationen mit geringen Kohäsionskräften nur ineffektiv abreinigen, da die Kontamination in sich stärker versprödet als an der Grenzfläche zwischen Objekt und Kontamination und somit Kontaminationsreste eher haften bleiben. Beispielsweise werden Lacke, die auf Lackiervorrichtungen mehrfach übereinander aufgetragen sind, schichtweise nacheinander wieder abgetragen.

[0008] Durch die hohen eingesetzten Drücke des Trägergasstromes wird nicht nur die Kontamination sondern auch das zu reinigende Objekt einer erheblichen mechanischen Belastung ausgesetzt. Diese Belastung steigert sich noch, wenn durch äußere Begebenheiten wie z. B. hohe Luftfeuchtigkeit Wasser in Eisform zusam-

men mit dem Trockeneis auf das Objekt gestrahlt wird, so dass es zu Kratern und Fehlstellen in der zu reinigenden Oberfläche kommen kann. Die hohe mechanische Belastung der zu reinigenden Oberfläche ist auch deshalb von Bedeutung, da für viele Anwendungen die Reinigung dazu dient, das zu reinigende Objekt wieder für seine bestimmungsgemäße Verwendung verfügbar zu machen, bei der eine erneute Kontamination auftritt. Dadurch kommt es zu regelmäßigen Reinigungszyklen mit fortwährender Materialbelastung.

[0009] In der DE 199 46 957 wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Entfernen einer Beschichtung von einem Substrat beschrieben. Hierbei wird die Trockeneisreinigung durch ein Nadelgerät zur Ausübung eines zusätzlichen mechanischen Impulses unterstützt. Nur so können mit dem in diesem Dokument vorgeschlagenen Verfahren insbesondere harte oder festhaftende Kontaminationen sinnvoll entfernt werden. Nachteilig an dieser Vorrichtung ist es, dass Einschränkungen hinsichtlich der Oberflächengeometrie und der Objektmaterialien hinzunehmen sind. Komplexe Formgeometrien, wie z. B. eine Reifenform oder auch Formen mit Nuten oder tiefen Einschnitten werden nicht erreicht bzw. nur die mehr oder weniger senkrechten Flächenbereiche bearbeitet. Darüber hinaus ist selbst bei der Verwendung von Kunststoffnadeln damit zu rechnen, dass weiche Oberflächen wie z. B. metallische Oberflächen aus Kupfer oder Aluminium geschädigt werden.

[0010] In anderen aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren wird die Trockeneisreinigung mit einer Laserreinigung (DE 203 08 788), einer zusätzlichen Zudosierung von konventionellem Reinigungsmittel (DE 102 33 304) und der Zudosierung von festen Strahlmitteln (DE 100 10 012) kombiniert. Durch diese Kombination soll jeweils der Einsatzbereich der Trockeneisreinigung in Bezug auf Kontamination und die zu reinigenden Objekte erweitert und gleichzeitig die Effektivität der Reinigung erhöht werden.

[0011] Ein anderer Ansatz zur Erhöhung der Dekontaminationseffektivität wird z. B. in der DE 102 54 159 verfolgt: Durch Erhöhung der Aufprallgeschwindigkeit des Strahlmittels soll der mechanische Effekt der Trockeneisreinigung erhöht werden. Dieser Ansatz führt aber zu einer erhöhten mechanischen Belastung und schränkt die reinigbaren Objektoberflächen weiter ein. Außerdem wird die Geräuschbelastung durch den erhöhten Druck noch weiter erhöht.

[0012] In der DE 197 12 513, DE 198 30 397, DE 199 36 698 und WO 98/07548 werden Verfahren und Vorrichtungen beschrieben, die eine automatisierte Reinigung ermöglichen. Die meisten der genannten Verfahren dienen zur Reinigung der Innenwandung einer Form, insbesondere einer Reifenform unter verminderter Schallemission. Ihnen ist gemein, dass sie eine Schallschutzhaube verwenden und eine Roboter-/Verfahreinrichtung benutzen. An diese Lösung unter anderem zur Schallreduzierung sind aber auch eine Reihe von Nachteilen geknüpft: Beispielsweise sind Roboter-/Verfahreinrichtungen teuer und schwer, sie müssen an jeder Form neu justiert werden und es muss eine zusätzliche Anpassung an unterschiedliche Formgeometrien erfolgen. Während der Bearbeitung ist eine optische Kontrolle ausgeschlossen, so dass schlecht gereinigte Stellen erst am Ende der Bearbeitung erkannt werden. Ferner wird nicht erkannt, wenn sich Teile des zu reinigenden Objektes lösen und diese durch den hohen Gasstrom herumgewirbelt werden und die Objektoberfläche beschädigen.

[0013] In der WO 02/072312 ist ein Verfahren zur Strahlbehandlung von Objekten mit Strahlmitteln beschrieben. Dabei wird das Strahlmittel mit Hilfe eines Gasstromes an die Oberfläche des Objektes geführt. Als Strahlmittel wird zumindest Trockeneis eingesetzt. Die in diesem Dokument beschriebenen zu entfernenden Kontaminationen besitzen jeweils eine größere Härte als Trockeneis, müssen aber eine geringere Wärmeleitfähigkeit als das zu reinigende Objekt aufweisen. Außerdem fordert die WO 02/072312, dass die Kontamination zumindest teilweise einen von der Objektoberfläche unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt. Dies schränkt die Materialwahl für die zu dekontaminierenden (reinigenden) Objekte in Kombination mit den jeweiligen Kontaminationen (Verschmutzungen) erheblich ein.

[0014] Gründe für die beschriebenen Einschränkungen ergeben sich aus der Wirkungsweise aufgrund der in der WO 02/072312 beschriebenen Vorgehensweise: Trockeneis besitzt eine Temperatur von ca. -78°C und damit bei der üblichen Arbeitsumgebungstemperatur (etwa Raumtemperatur, d. h. 20°C) eine hohe Temperaturdifferenz (ΔT) zur abzulösenden Kontamination. Das Trockeneis führt beim Kontakt mit der Kontamination zu einer schnellen oberflächlichen Abkühlung, die von der Kontaminationsoberfläche ausgeht. Die (erwünschten) Folgen sind Thermospannungen aufgrund der Temperaturdifferenz, teilweise daraus resultierend Rissbildungen in der Kontamination, so dass durch den Aufprall der CO_2 -Pellets die Kontamination aufgrund des zusätzlichen mechanischen Effektes von der Objektoberfläche abplatzt. Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn die CO_2 -Pellets mit hoher Geschwindigkeit auf die zu dekontaminierende Oberfläche prallen. Wie weiter oben angedeutet, bewirkt der Aufprall zusätzlich, dass durch das plötzliche Verdampfen des CO_2 dessen Volumen stark vergrößert wird (Sublimationseffekt) und ein Druckstoß erfolgt. Der Druckstoß ist innerhalb von

Rissen besonders wirksam und ganz besonders effektiv an der Grenzfläche zwischen der Objektoberfläche und der Kontamination, sofern die Adhäsion der Kontamination an der Objektoberfläche nicht größer ist als die Kohäsion innerhalb der Kontamination. Demzufolge sind die Materialien mit einer geringen Kohäsion wie z. B. Pulverlacke aus dem Overspraybereich, die nicht optimal zusammen gesintert sind, nur schwer auf diese Weise als Kontamination zu entfernen, da die thermische Versprödung dazu führt, dass diese Materialien Stück für Stück zerfallen.

[0015] Die in der WO 02/072312 geforderten unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten für Objektoberfläche und Kontamination bewirken, dass bei der Abkühlung des Materials durch das Trockeneis auch Thermospannungen zwischen Kontamination und Objektoberfläche auftreten. Dies führt zu einer erwünschten Scherwirkung an der Grenzfläche, die die Trennung der Kontamination von der Oberfläche des zu reinigenden Objektes unterstützt.

[0016] Wichtig für das in der WO 02/072312 beschriebene Reinigungsverfahren ist, dass die Kontamination unter Einwirkung des Trockeneises wesentlich stärker und schneller abgekühlt wird als das zu reinigende Objekt. Dies setzt voraus, dass das zu reinigende Objekt eine hohe Wärmekapazität und eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt, da anderenfalls ein zu schneller Temperaturengleich zwischen Objektoberfläche und Kontamination (auf beiden Seiten der Grenzfläche) einen wichtigen Effekt des Trockeneises konterkarieren würde. Dies gilt insbesondere für langanhaltende Reinigungsvorgänge bei großflächigen und/oder hartnäckigen Verschmutzungen. Generell gilt, dass je länger der Kontakt zwischen dem zu reinigenden Objekt und dem Trockeneis besteht, sich die Reinigung desto schwieriger darstellt, da die Thermospannungen aufgrund des Temperaturengleiches verringert werden. Dies kann im Extremfall dazu führen, dass die Dekontamination hartnäckiger und umfangreicher Verschmutzungen mit dem beschriebenen Verfahren nicht mehr effektiv erfolgen kann, ohne dass das Verfahren mehrfach (nach zwischenzeitlicher Erwärmung der Objekte) durchgeführt wird.

[0017] Darüber hinaus ist festzustellen, dass die Reinigung komplizierter Oberflächengeometrien Probleme bereiten kann. Insbesondere Oberflächenkavitäten, tiefe Ecken oder Hinterschneidungen sind kritisch, weil die Verschmutzung in den umliegenden Bereichen schnell abgetragen wird, so dass die Objektoberfläche in Nachbarschaft zur verbleibenden Kontamination schnell abgekühlt wird und aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit des Objektes die Thermospannungseffekte für die tiefer liegenden Verschmutzungen verloren gehen.

[0018] Aus der WO 02/072312 geht hervor, dass für die Effektivität der CO₂-Stahlreinigung folgende Faktoren eine Rolle spielen:

- Die Wärmeleitfähigkeit der Kontamination muss gegenüber der zu reinigenden Oberfläche gering sein.
- Das zu reinigende Objekt muss eine hohe Wärmekapazität besitzen.
- Die thermische Belastbarkeit der Kontamination sollte gering sein, so dass sich Thermospannungen aufbauen.
- Eine vergrößerte Menge und ein erhöhter Aufpralldruck des eingesetzten Strahlmittels (CO₂-Pellets) sind für den Reinigungserfolg nötig.
- Die Kontamination sollte an der zu reinigenden Oberfläche nicht stärker haften, als die Kohäsionskräfte innerhalb der Kontamination wirken.

[0019] Diese Faktoren führen letztlich zur Einschränkung der Auswahlmöglichkeiten bei den Objektoberflächen und den entfernbaren Kontaminationsmaterialien. Sie führen insbesondere auch dazu, dass hohe Aufprallgeschwindigkeiten der CO₂-Pellets nötig sind, was eine hohe Lärmbelastung zur Folge hat.

[0020] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, ein Verfahren zur Dekontamination von Objekten anzugeben, bei dem ein Teil oder alle der beschriebenen aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile verringert oder vermieden werden. Ziel war es insbesondere, die Möglichkeit zu schaffen, die Geräuschbelastung beim Reinigen von Objektoberflächen mit Trockeneis zu verringern. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit geschaffen werden, die mechanische Belastung der Oberflächen zu verringern. Ein weiteres Ziel war es, das Spektrum der möglichen Materialkombinationen aus dem zu reinigenden Objekt (bzw. dessen Oberfläche) und der Kontamination zu erhöhen.

[0021] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Dekontamination, umfassend die Schritte:

- a) Bereitstellen eines kontaminierten Objektes, wobei das Objekt an der Objektoberfläche zumindest teilweise mit einer Funktionsschicht versehen ist, auf der eine Kontamination haftet, und wobei
 - (i) die Kontamination an der Funktionsschicht weniger fest haftet als sie es an der unter der Funktionsschicht liegenden Objektoberfläche täte,

- (ii) die Funktionsschicht eine geringere Wärmeleitfähigkeit als das Objekt (insbesondere im Bereich der Objektoberfläche) besitzt und
- (iii) die Funktionsschicht im Bereich von -78°C bis Raumtemperatur beständig ist gegen die beim Kontaktieren mit Trockeneis auftretenden Temperaturdifferenzen.
- b) Bereitstellen von Trockeneis und
- c) Entfernen der Kontamination durch Bestrahlen der kontaminierten Stellen des Objektes mit Strahlmitteln, die mittels eines Gasstromes auf die Kontamination gestrahlt werden und die aus Trockeneis bestehen oder Trockeneis umfassen.

[0022] Das Objekt kann insbesondere eine Komponente für eine Lackiereinrichtung sein, falls die Funktionsschicht eine plasmapolymere, Sauerstoff, Kohlenstoff und Silizium umfassende Schicht ist, unter bestimmten Umständen ist es jedoch sinnvoll, dass nur andere Kombinationen aus Objekt und Funktionsschicht gewählt werden als die genannte.

[0023] Bevorzugte erfindungsgemäße Verfahren werden durchgeführt mit einem mit einer Funktionsschicht versehenen kontaminierten Objekt, bei dem eines oder mehrere der Parameter „Art des Objektes“, „Art der Kontamination“ und „Zusammensetzung der Funktionsschicht“ die weiter unten als bevorzugt beschriebene und/oder näher charakterisierte Ausgestaltung besitzen.

[0024] Unter einer Kontamination ist im vorliegenden Text eine Verschmutzung zu verstehen, die regelmäßig bei der bestimmungsgemäßen Verwendung/dem bestimmungsgemäßen Einsatz des jeweiligen Objektes an der Objektoberfläche haften bleibt; eine Kontamination kann außerdem eine auf das Objekt aufgetragene Schicht sein, die entfernt werden soll. Kontaminationen können allgemein organische und/oder anorganische (sowohl metallische als auch nicht-metallische) abzulösende Materialien inklusive Naturstoffe, Druckfarben, Klebstoffe, Gummi, Kautschuke, Kunststoffe, Lacke, Lebensmittel, (teilweise) anorganische aushärtbare Massen z. B. als Grundmaterial für die Baustoffherstellung wie z. B. Polymerbeton, Chemiestoffe wie z. B. Öle und/oder Fette, metallische Schichten wie Verzinkungen, Grundstoffe zur Herstellung chemischer, biotechnologischer oder pharmazeutischer Produkte, Anhaftung von biologischem Material wie beispielsweise Algen sein. Sie können auch Reste oder Vorstufen der genannten Stoffe darstellen.

[0025] Die Funktionsschicht soll folgende Eigenschaften erfüllen:

- Sie soll auf der von der Objektoberfläche abgewandten Seite eine niederenergetische, antiadhäsive Oberfläche besitzen, so dass die Adhäsionskräfte/die Anhaftung der Kontamination herabgesetzt werden.
- Sie soll eine ausreichende Adhäsion zur Objektoberfläche besitzen, um nicht gemeinsam mit der Kontamination entfernt zu werden.
- Die Funktionsschicht soll eine genügend hohe innere Festigkeit/Oberflächenhärte besitzen, damit sie durch den Aufprall des Trockeneises und der nachfolgenden Sublimation des Trockeneises nicht geschädigt wird.
- Die Funktionsschicht soll ausgehend von normalen Arbeitsbedingungen, d. h. insbesondere Raumtemperatur (20°C) beständig sein gegen die bei Kontaktieren mit Trockeneis auftretenden Temperaturdifferenzen. Das bedeutet, dass sie Temperaturdifferenzen ausgehend von ca. 20°C zu mindestens -78°C vertragen, ohne dass eine relevante Kälteversprödung auftritt. Bevorzugt ist, dass die Funktionsschicht Temperaturdifferenzen von 120 K, weiter bevorzugt von 140 K, weiter bevorzugt von 220 K, besonders bevorzugt von 350 K und ganz besonders bevorzugt von 428 K Stand hält, ohne dass Kälteversprödung auftritt. Besonders bevorzugt ist die Funktionsschicht beständig gegen Kälteversprödung im Bereich von 250°C nochmals bevorzugt 350°C bis -78°C , ganz besonders bevorzugt verträgt sie im Bereich unter 350°C auch tiefere Temperaturen von -85°C oder tiefer.
- Die Funktionsschicht soll eine geringere Wärmeleitfähigkeit als das Objekt/die Objektoberfläche besitzen, um den durch das Trockeneis ausgelösten Reinigungseffekt zu unterstützen: So kann die Funktionsschicht tatsächlich isolierend wirken und verhindern, dass ein Temperatenausgleich zwischen dem Objekt und der Kontamination zu schnell stattfindet.
- Demzufolge ist auch bevorzugt, dass die Funktionsschicht über eine geringere Wärmeleitfähigkeit als die Kontamination verfügt. Auch dies unterstützt den durch das Trockeneis ausgelösten Reinigungseffekt: Dadurch, dass die Temperaturangleichung zwischen Kontamination und Funktionsschicht verzögert auftritt, treten verstärkt Thermospannungen auf, die insbesondere an der Grenzfläche zwischen Kontamination und Funktionsschicht zu Ablösungseffekten führen. Gleichzeitig stellt die Funktionsbeschichtung dabei auch eine Isolation gegenüber der Objektoberfläche dar, was ermöglicht, auch Objekte mit geringer Wärmekapazität und hoher Wärmeleitfähigkeit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu unterziehen. Letztendlich spielt durch die isolierende Wirkung der Funktionsbeschichtung das Wärmeverhalten der eigentlichen Objektoberfläche für den Dekontaminationserfolg eine verringerte bzw. nur noch eine untergeordnete Rolle.

Dementsprechend ist ein wesentlicher Teil der Erfindung auch die Verwendung der Funktionsbeschichtung, insbesondere in den weiter unten bevorzugten Ausgestaltungen zur Verzögerung des Temperaturengleiches zwischen einer Kontamination (ebenfalls bevorzugt wie in diesem Text weiter spezifiziert) und einem Objekt (ebenfalls bevorzugt wie weiter in diesem Text spezifiziert) bei der Dekontamination des Objektes mittels Trockeneis.

[0026] Jede einzelne der vorgeschlagenen Eigenschaften der Funktionsschicht kann dazu beitragen, das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar zu machen. Es müssen aber nicht alle Eigenschaften erfüllt sein, um dieses Verfahren zu ermöglichen. Über je mehr der vorgeschlagenen Eigenschaften die eingesetzte Funktionsschicht verfügt, desto unkomplizierter wird sich jedoch im Regelfall das erfindungsgemäße Verfahren durchführen lassen.

[0027] Durch die vorgeschlagenen Eigenschaften ermöglicht die Funktionsschicht eine Verbesserung des thermischen Effektes der Trockeneisreinigung. Gleichzeitig setzt sie die Haftung der Kontamination herab, so dass das Trockeneis beim Dekontaminieren mit weniger Druck aufgestrahlt werden kann. Dadurch werden die mechanischen Belastungen der Oberfläche gesenkt und insbesondere auch die Geräuschbelastung, die bei der Trockeneisreinigung auftritt. Gleichzeitig können schneller tiefere Oberflächentemperaturen von bis zu -78°C oder weniger erzielt werden. Die Funktionsschicht reduziert darüber hinaus das Risiko, dass das zu reinigende Objekt selbst geschädigt wird und vergrößert die Materialauswahl in Bezug auf das zu reinigende Objekt. Entscheidend ist, dass die Funktionsschicht bei den vorbeschriebenen Temperaturen und Temperaturdifferenzen keine Versprödung oder Thermospannung zeigt. Dementsprechend ist es erfindungsgemäß möglich, in dem erfindungsgemäßen Verfahren einen Trägergasstrom für das Trockeneis mit einer Geschwindigkeit von 150 m/s oder weniger einzusetzen, bevorzugt von 120 m/s oder weniger. Ebenfalls bevorzugt ist, dass das Trockeneis weitestgehend wasserfrei ist, so dass die Gefahr von Schäden durch Wassereis verringert wird, und/oder dass das Trockeneis in Form von Schnee und/oder Pellets eingesetzt wird.

[0028] Für den Einsatz im erfindungsgemäßen Verfahren hat sich eine Vorrichtung zum Reinigen kontaminierter Objekte mit Trockeneis als besonders effektiv erwiesen, die eine Strahlvorrichtung umfasst, die ihrerseits

- a) umeinander verschlungene Züge, wobei jeder Zug eine Öffnung am Strahlaustritt besitzt, die einen um 30° – 50° gegenüber der Längsachse der Strahlvorrichtung gewinkelten Austritt des Strahlgutes bewirkt und/oder
- b) eine Vorrichtung umfasst, die gewährleistet, dass das Trockeneis vor Austritt aus der Strahlvorrichtung eine Öffnung von 0,3 mm oder weniger im Durchmesser passiert.

[0029] Die unter b) genannte Vorrichtung kann ein Sieb oder ähnliches sein. Diese Vorrichtung soll die gewünschte Pelletgröße gewährleisten und kann beispielsweise auch eine Durchlassvorrichtung in Form einer Lochplatte darstellen. Sie behindert das Passieren größerer Pellets und bringt diese gleichzeitig auf das geforderte Maß.

[0030] Eine Alternative zu einer größenbegrenzenden Vorrichtung kann die Verwendung von Schneestrahlsystemen statt Pelletstrahlsystemen sein.

[0031] Der Vorteil der beschriebenen Vorrichtung zum Reinigen kontaminierter Objekte mit Trockeneis besteht insbesondere darin, dass durch die erzeugte Rotationsbewegung bei gleichzeitiger Auftreffwinkeloptimierung der gleiche Reinigungseffekt erzielt wird, wie bei Standardstrahlgeräten mit höherem Gasstrom. Durch Rotation und Aufprallwinkel werden Schneidungsschatten durch Bewegungseinschränkung bei der Dekontamination montierter Objekte wie z. B. Formen nahezu ausgeschlossen. Die Vorrichtung trägt insbesondere in Kombination mit der Funktionsbeschichtung dazu bei, dass der Schalldruck bei der Reinigung auf 100 dB (A) oder weniger gesenkt werden kann und ebenfalls durch die Verringerung des Trägergasstromdruckes die Funktionsschicht mechanisch weniger belastet wird, da die Stoßkraft des Trockeneisstrahles wesentlich abhängig vom Strahldruck und geringfügig abhängig von der Teilchengröße ist. Es sei noch angemerkt, dass die Stoßkraft des Trockeneisstrahls nicht abhängig vom Massestrom und in sinnvollen Grenzen ebenfalls nicht abhängig vom Arbeitsabstand ist.

[0032] Fig. 1 stellt den entscheidenden Teil einer vorbeschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dar. Die Teilfiguren sind:

[0033] [Fig. 1a](#): ein Querschnitt durch die Abstrahlvorrichtung

[0034] [Fig. 1b](#): eine schematische Darstellung zum Verdeutlichen des Abstrahlwinkels

[0035] [Fig. 1c](#): das Strahlbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

[0036] [Fig. 1d](#): das Strahlbild einer herkömmlichen Vorrichtung zum Reinigen mit Trockeneis.

[0037] Die Bezugszeichen haben folgende Bedeutung:

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---|
| 1 | Pelleteintritt |
| 2 | Matrize (Lochgröße $\leq 0,3$ mm) |
| 3 | Beginn der getrennten Züge (dreigliedrige flügelartige Steigung) |
| 4 | Abstrahlfuß |
| 5 | Abstrahlwinkel |
| 6 | Strahlbild (Schleudereffekt, erfindungsgemäß) |
| 7 | Strahlbild (punktförmig, Stand der Technik) |
| 8 | Schematische Querschnittsdarstellung der beginnenden Zugtrennung |
| 9 | Schematische Querschnittsdarstellung der Zugtrennung |
| 10 | Schematische Querschnittsdarstellung der Zuglage am Abstrahlfuß |
| 11 | Schematische Darstellung der Verläufe der Züge in der Abstrahlvorrichtung (gestrichelte Linien) |

[0038] Die Funktionsweise des in [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1b](#) dargestellten Teiles der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Reinigen kontaminierter Objekte mit Trockeneis ist wie folgt:

[0039] Am Pelleteintritt **1** werden die Pellets unter dem Einfluss des Trägergasstromes in der Abstrahlvorrichtung eingebracht. Üblicherweise eingesetzte Pellets besitzen eine Walzenform mit einem Durchmesser von 3 mm und eine undefinierte Länge. Unter dem Druck des Trägergasstromes werden die Pellets gegen die Matrize **2** mit Lochöffnung von $\leq 0,3$ mm gepresst. Dies führt zum Zerbersten der Pellets wodurch Trockeneisstücke entstehen, die die Matrize passieren können und vom Trägergasstrom mitgerissen werden. Größere Trockeneisstücke prallen ab und werden immer wieder unter dem Einfluss des Trägergasstromes gegen die Matrize gestoßen, bis sie vollständig so zerkleinert sind, dass ihre Bestandteile ebenfalls durch die Matrize treten können.

[0040] Bei der beginnenden Zugaufteilung **3** wird der Materialstrom in drei von einander getrennte Züge geteilt. Am Beginn der Zugaufteilung **3** sind die Züge noch nicht vollständig getrennt, wie aus der Querschnittsdarstellung **8** zu erkennen ist. Dies ermöglicht einen verbesserten Materialfluss. Die vollständige Trennung der Züge wird in der schematischen Querschnittsdarstellung mit dem Bezugszeichen **9** dargestellt. Am Abstrahlfuß **4** tritt das Strahlgut (die zerkleinerten Pellets) aus. Die Lage der Züge wird dabei durch die Querschnittsdarstellung **10** dargestellt. Der Austritt erfolgt unter einem Abstrahlwinkel von 40° – 60° , was zu einem gegenüber der Längsachse der Strahlvorrichtung gewinkelten Austritt von 30° – 50° führt. Die Vorrichtung erzeugt ein Strahlbild mit Schleudereffekt **6**, das anders als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Strahlbild **7** auch eine Lateralbewegung der Strahlmittel aufweist, so dass diese besser komplizierte Oberflächenstrukturen wie zum Beispiel Hinterschneidungen erreichen können. Da sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders gut für ein kontaminiertes Objekt eignet, wobei das Objekt an der Objektoberfläche zumindest teilweise mit einer Funktionsschicht versehen ist, auf der eine Kontamination haftet, und wobei

- die Kontamination an der Funktionsschicht weniger fest haftet als sie es an der unter der Funktionsschicht liegenden Objektoberfläche täte,
- die Funktionsschicht eine geringere Wärmeleitfähigkeit als das Objekt besitzt und
- bei Raumtemperatur beständig ist gegen die bei Kontaktieren mit Trockeneis auftretenden Temperaturdifferenzen,

ist ein solches Objekt auch Bestandteil der Erfindung.

[0041] Bevorzugt ist für ein solches erfindungsgemäßes Objekt die Funktionsschicht auf Basis fluororganischer und/oder siliziumorganischer Materialien.

[0042] Bevorzugt wird eine plasmapolymere Beschichtung als Funktionsschicht verwendet. Eine plasmapolymere Beschichtung ist eine Beschichtung, die durch den Einsatz einer Gasphasenabscheidung mittels einer Plasmaquelle erzeugt wurde. Dabei wird in der Gasphasenabscheidung ein Precursor eingesetzt, der in der

Gasphase derart fragmentiert wird, dass es aufgrund dieser Fragmentierung zu einer Polymerisation der abzuschheidenden Substanz in der Gasphase und/oder auf der Oberfläche kommt, auf die abgeschieden wird (Plasmapolymerisation).

[0043] Bei der Plasmapolymerisation wird eine gasförmige Substanz, die mindestens Kohlenstoff-, Silizium- und/oder Schwefelatome enthält, in einem Plasma angeregt und fragmentiert. Die Anregungen und Fragmentierungen der Moleküle dieser Substanz, insbesondere eines plasmapolymerisierbaren Precursors (oft auch Monomeres genannt) im gas- oder dampfförmigen Zustand, erfolgt durch Beschuss mit Elektronen und/oder energiereicheren Ionen und/oder energiereichen Photonen. Dabei entstehen geladene oder elektrisch neutral angeregte Molekülfragmente, die miteinander bereits im Gasraum reagieren können. Weiterhin können sie durch Stoßwechselwirkung mit einer Oberfläche elektrisch neutralisiert und/oder abgeregt und/oder reflektiert werden. Zudem können die Molekülfragmente oder ihre Reaktionsprodukte auf eine Oberfläche abgeschieden werden und dort zur Schichtbildung führen, häufig unter Ausbildung chemischer Bindungen.

[0044] Auf diese abgeschiedene Schicht wirkt die elektrische Entladung des Plasmas und dessen Ionen- und/oder Elektroden- und/oder Photonenbeschuss fortwährend ein, so dass in der abgeschiedenen Schicht weitere Reaktionen ausgelöst werden können, wie z. B. die Bildung von freien Valenzen unter Abspaltung von Atomen oder Molekülfragmenten. Diese freien Valenzen können entweder durch die Anbindung von reaktiven Spezies aus der Gasphase oder durch die schichtinterne Vernetzung mit benachbarten freien Valenzen rekombinieren. Dadurch kann eine hochgradige Vernetzung innerhalb der Beschichtung erzielt werden.

[0045] Bei der Plasmapolymerisation bleibt im Regelfall die Höhenstruktur, das Relief und die Topographie der zu beschichtenden Oberfläche weitgehend erhalten. Dies wird oft als Nachbildung der Oberflächenstruktur beschrieben.

[0046] Generell hängen die Eigenschaften von plasmapolymeren Schichten von dem eingesetzten Monomer und den Herstellungsbedingungen ab. Plasmapolymere Schichten unterscheiden sich von Polymeren beispielsweise hinsichtlich ihrer Struktur durch typische Eigenschaften von Plasmapolymeren deutlich:

- Die Struktur von Plasmapolymeren hat mit der Struktur der eingesetzten Precursoren aufgrund der Fragmentierung während der Plasmaanregung kaum noch etwas gemeinsam.
- Durch die Fragmentierung während der Plasmaanregung zeigen die plasmapolymeren Schichten keine regelmäßigen Strukturen.
- Plasmapolymere sind hochvernetzt, können aber trotzdem noch Doppelbindungen aufweisen.
- Plasmapolymere Schichten verfügen im Regelfall nach der Herstellung über langlebige freie Radikale die erst im Laufe der Zeit durch Luftsauerstoff und/oder -feuchtigkeit abgesättigt werden.
- Plasmapolymere Schichten weisen keine Taktizität auf (d. h. es gibt keine Regelmäßigkeit, mit der konfigurative Repetiereinheiten aufeinanderfolgen), da sie nicht durch koordinierte Kettenreaktionen entstehen.
- Plasmapolymere Schichten sind amorph.

[0047] Erfindungsgemäß bevorzugt ist die Funktionsschicht einer plasmapolymeren Gradientenschicht, welche herstellbar ist durch zeitliche Variation der Polymerisationsbedingungen. Mit Polymerisationsbedingungen sind insbesondere die für die Abscheidung bei der Plasmapolymerisation relevanten Parameter gemeint. Solche Gradientenschichten sind z. B. in der DE 100 34 737 beschrieben, dort insbesondere in den Ansprüchen.

[0048] Besonders bevorzugt gilt für die Funktionsschicht bei Bestimmung mittels ESCA das Stoffmengenverhältnis O : Si ist $> 0,75$ und $< 2,6$ und das Stoffmengenverhältnis C : Si ist $> 0,6$ und $< 2,5$ (solche Schichten sind insbesondere in der WO 03/002269 und DE 101 31 156 A1 beschrieben, dort insbesondere in den Ansprüchen)

und/oder dass die plasmapolymere Funktionsschicht aus Kohlenstoff, Silicium, Sauerstoff und Wasserstoff sowie gegebenenfalls üblichen Verunreinigungen besteht, wobei im ESCA-Spektrum des plasmapolymeren Produktes, bei Kalibrierung auf den aliphatischen Anteil des C 1s Peaks bei 285,00 eV, im Vergleich mit einem trimethylsiloxy-terminierten Polydimethylsiloxan (PDMS) mit einer kinematischen Viskosität von 350 mm²/s bei 25°C und einer Dichte von 0,97 g/mL bei 25°C, der Si 2p Peak einen Bindungsenergiewert besitzt, der um maximal 0,44 eV zu höheren oder niedrigeren Bindungsenergien verschoben ist, und der O 1s Peak einen Bindungsenergiewert besitzt, der um maximal 0,50 eV zu höheren oder niedrigeren Bindungsenergien verschoben ist (solche Schichten sind insbesondere in der Anmeldung mit dem deutschen Aktenzeichen 10 2006 018 476.9 beschrieben, dort insbesondere in den Ansprüchen).

[0049] Besonders bevorzugt gilt für ein erfindungsgemäßes kontaminiertes Objekt, dass die plasmapolymere Beschichtung (Funktionsschicht) Wasserstoff und/oder Fluor umfasst, wobei gilt

1,8 : 1 < n(H und/oder F) : n(C) < 3,6 : 1

vorzugsweise

2,2 : 1 < n(H und/oder F) : n(C) < 3,3 : 1.

[0050] Ganz besonders bevorzugt kann ein Verhältnis von $1,5 \leq n(C) : n(O) \leq 2,5$ für die Funktionsschicht sein.

[0051] Erfindungsgemäß ebenfalls bevorzugt ist, dass die Funktionsschicht über Haftvermittler oder Primer fest an die Oberfläche des Objektes gebunden wird, wobei der Haftvermittler auch aus einer plasmapolymere Beschichtung bestehen kann. Bevorzugt besitzt die Funktionsschicht eine Wärmeleitfähigkeit im Bereich von 0,5 bzw. 0,1 bis 1 W/mK. Für bestimmte Anwendungen kann es von Vorteil sein, dass die Funktionsschicht dicker als 1 µm ist. Bevorzugt sind jedoch Dicken im Bereich von 0,01 bis 1 µm.

[0052] Besonders gut eigenen sich plasmapolymere Beschichtungen, die Silizium- und/oder fluororganischer Natur sind, deren Wärmeleitfähigkeit in dem Bereich von 0,05 bis 1 W/mK liegt.

[0053] Die plasmapolymere Beschichtungen eignen sich besonders deshalb, weil sie ausgesprochen konturnachbildend sind, sehr dünn gefertigt werden können, so dass Objekte, die Formen sind, nicht auf Untermaß gefertigt werden müssen und mit einer exzellenten Haftung zur Objektoberfläche ausgeführt werden können. Plasmapolymere Schichten weisen eine hohe Härte und innere Festigkeit auf, da sie in alle der Raumrichtungen engmaschig vernetzt sind. Plasmapolymere Beschichtungen auf siliziumorganischer und/oder fluororganischer Basis lassen sich dabei sehr gut als Gradientenschicht aufbauen, so dass sie neben einer guten Haftung an der Objektoberfläche auch eine niederenergetische, antiadhäsive Oberfläche ausbilden können. Dabei kann durch Schichtzusammensetzung und Abscheidungsbedingungen die Schicht optimal auf das erfindungsgemäße Verfahren, d. h. insbesondere auch auf die zu reinigende Objektoberfläche und die Art der Kontamination abgestellt werden.

[0054] Eine Optimierung in diesen Bereich ist dem Fachmann mit wenigen Versuchen leicht möglich.

[0055] Die beschriebenen, insbesondere die als bevorzugt beschriebenen plasmapolymere Schichten maximieren den Temperaturgradienten in besonders guter Weise und damit auch den thermischen Effekt der Trockeneisreinigung. Gleichzeitig wird die Haftung der Kontamination verringert. Hierdurch ist es besonders gut möglich in der beschriebenen Weise den Arbeitsdruck und damit die Strömungsgeschwindigkeit des Trägergasstromes für das Trockeneis zu reduzieren. Da sich bei sinkendem Strahldruck die Oberflächentemperatur erniedrigt, kann hierdurch der thermische Effekt noch weiter gesteigert werden. Die Reduzierung des Arbeitsdruckes bzw. der Stoßkraft der Trockeneispartikel ermöglicht es zudem, mechanisch empfindlichere Materialien zu bearbeiten. Insbesondere sinkt auch die Lärmbelastung. Grundsätzlich ist es möglich, mit allen Größen an Trockeneis zu arbeiten, besonders haben sich Pellets mit einem maximalen Durchmesser von 0,3 mm als effektiv erwiesen.

[0056] Das erfindungsgemäße Verfahren kann besonders bevorzugt für Objekte angewendet werden, die regelmäßig gereinigt werden müssen. Es eignet sich auch dazu, Beschichtungen abzutragen (die auf der Funktionsschicht liegen) und für die Reinigung von normalerweise festhaftenden Kontaminationen.

[0057] Als Anwendungsfelder bieten sich insbesondere an die Klebstoffverarbeitung, die Kunststoffverarbeitung, die Gummiverarbeitung insbesondere die Reifenherstellung, die Lackverarbeitung, die Lebensmittelverarbeitung, die Oberflächenveredelung wie z. B. bei Badverzinkungen, die Druckfarbenverarbeitung, die Baustoffherstellung, die Textilindustrie, die chemische Industrie, die Biotechnologie und die pharmazeutische Industrie.

[0058] Zu dekontaminierende Objekte sind z. B. Formgebungswerkzeuge (inklusive Prägewerkzeuge) oder Teile davon, Pressen oder Teile davon, Vorrichtungen zum Dosieren und Auftragen von Klebstoffen oder Teile davon, Vulkanisationsformen oder Teile davon, Lötlehren, Druckwalzen, bzw. Gehäuse oder andere Teile von Druckmaschinen, Bestandteile von Lackierungsvorrichtungen wie z. B. Gitter, Spannrahmen (Stoffveredelung), Schneidvorrichtungen (Rohgummi oder andere durch Verpressung haftende Materialien), Grillroste, Industriebackformen (Waffeisen), Prismen von Unterflurleuchten (Flugfeldbefeuern), Vorrichtungen zum Mischen, Umfüllen, Fördern, Transportieren Auftragen, Messen, Dosieren, Erhitzen, Abkühlen, Trocknen, Trennen, Zerkleinern, Lagern, Aushärten und/oder Reinigen von Chemiestoffen, pharmazeutischen Grundstof-

fen, Farben, Lacken, Polymeren, Lebensmitteln und/oder sonstigen Naturstoffen, beispielsweise Filter, Siebe, Wärmeübertrager, Messer, chemische, biochemische oder biotechnologische Reaktoren, Bauteile von Extrusionswerkzeugen, sowie Bauteile aus der Peripherie der angeführten Vorrichtungen und Anlagen, welche durch Reste der behandelten Stoffe, insbesondere durch Spritzer, kontaminiert werden.

[0059] Teil der Erfindung ist auch ein mit Funktionsschicht versehenes kontaminiertes Objekt, wobei das Objekt im Bereich der Funktionsschicht eine Wärmeleitfähigkeit von 20 W/mK oder mehr und/oder die Funktionsschicht eine Wärmeleitfähigkeit von 10 W/mK oder weniger besitzt.

[0060] Insbesondere wirtschaftlich relevant ist das erfindungsgemäße Verfahren für die folgenden Bereiche:

- Reifenherstellung und Gummiverarbeitung: Bei der Vulkanisation (bis zu ca. 180°C) der Reifen (Synthese und Naturkautschuk) in einer geometrisch im Detail ausgeprägten Form verbleiben auf die Dauer Gummireste und Reste eines Verarbeitungshilfsstoffes, mit der der Rohling eingesprüht wird (Rohlingsvorbehandlung), in der Form, die sich langsam aufbauen. Hier muss in regelmäßigen Zyklen die Form gereinigt werden. Entsprechendes gilt auch für andere Bereiche der Gummiverarbeitung.
- Kunststoffverarbeitung: Bei der Herstellung und Bearbeitung (z. B. Formen und Einsatz von Klebstoffen wie Polyesterklebstoff) mit einem Heißprägewerkzeug (typischerweise im Bereich von 200 bis 240°C) führen die angewendeten Temperaturen beim Heißprägen zu einem Vercracken des Klebstoffs. Dieser baut sich dann langsam in der Form auf. Entsprechende Effekte treten auch bei der Bearbeitung von weichelastischen Schaumkunststoffen (z. B. PU oder Melaninschaum, zelligen Elastomere) und technischen Vliesstoffen auf, so dass auch hier regelmäßig eine Dekontamination vorgenommen werden muss. Bei der Bearbeitung von Kunststoffen, wie z. B. Polyurethan, Epoxiden oder Hot-Melts werden regelmäßig Trennmittel verwendet, die sich langsam in der Form aufbauen. Auch diese Kontaminationen müssen in regelmäßigen Reinigungsintervallen entfernt werden.
- Klebstoffverarbeitung: Bei der Verarbeitung und Dosierung von Klebstoffen (1 K, 2 K, mit und ohne Lösemittel), Heiß- und Kaltleimen, Fotoresist, Lacken, Lötstopplacken, Linoleum, Ölen, Harzen mit z. B. Rollenauftragswerken, Pressen, Kaschieranlagen, Gießanlagen oder Siegelanlagen verbleiben häufig Reste, die regelmäßig abzureinigen sind.
- Bei der Verarbeitung von Druckfarben/Druckerschwärze sind die eingesetzten Werkzeuge regelmäßig zu dekontaminieren.
- Lebensmittelbereich: Rühr- und Fördereinrichtungen z. B. für die Kaffee-, Schokoladen-, Käse-, Fleisch-, Wurst- und Fischverarbeitung oder für die Herstellung von Backwaren und Cerealien werden mit Lebensmittelbestandteilen kontaminiert und sind zum Erhalt ihrer Funktionsfähigkeit regelmäßig zu reinigen.

[0061] Allgemein ist anzumerken, dass die Kontamination auch Vorstufen oder Bestandteile der Endprodukte sein können bzw. die Rückstände von Vorstufen oder Bestandteilen.

Beispiel:

[0062] Bei der Vulkanisation von Reifen verbleiben Gummireste und Reste von Verarbeitungshilfsmitteln auf den Vulkanisationsformoberflächen der Vulkanisationspresse zurück. Diese werden durch die hohen Temperaturen und wiederholten Vulkanisationsvorgänge langsam vercrackt. Es entsteht eine fest anhaftende Kontamination, die eine regelmäßige Reinigung der Formen erforderlich macht.

[0063] Von der Verschmutzung sind insbesondere auch die Ventile der Form betroffen, die dadurch auf die Dauer ihre Funktionsfähigkeit verlieren.

[0064] Zur Reinigung einer Reifenform nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wurde die Vulkanisationsform mit den Ventilen mit einer plasmapolymere Funktionsschicht versehen, die folgendermaßen hergestellt wurde:

	Gasart	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3	Schritt 4	Schritt 5	Schritt 6
Gas 1	O ₂	1000	260	260	150	36	36
Gas 2	HMDSO		120	120	120	170	170
Gas 3	H ₂	500	200				
Leistung [W]		3500	3000	2500	2000	1600	1000
Zeit [s]		180	120	300	300	600	1200
Druck [mbar]		0,045	0,035	0,032	0,030	0,025	0,025

[0065] Diese konturnachbildende Beschichtung, welche eine Wärmeleitfähigkeit besitzt die kleiner als 1 W/mK ist, bewirkt, dass die Form schnell und effektiv mit Trockeneis gereinigt werden kann, wenn ein Trägergasstrom für das Trockeneis mit einer Geschwindigkeit von maximal 150 m/s eingesetzt wird. Hierdurch wurde die Lärmbelastung bei der Reinigung deutlich reduziert. Darüber hinaus stellte sich heraus, dass der Trockeneisverbrauch um ca. 50% gesenkt werden konnte. Ferner konnten durch die angegebene Funktionsschicht die sonst üblichen Reinigungsintervalle auf das 8 bis 10fache verlängert werden. Die Ventile verstopften nahezu gar nicht mehr und sind dadurch einfach zu reinigen und seltener auszutauschen. Darüber hinaus wurden sie mechanisch geringer belastet.

Patentansprüche

1. Kontaminiertes Objekt, wobei das Objekt an der Objekt Oberfläche zumindest teilweise mit einer Funktionsschicht versehen ist, auf der eine Kontamination haftet, und wobei
 - (a) die Kontamination an der Funktionsschicht weniger fest haftet als sie es an der unter der Funktionsschicht liegenden Objekt Oberfläche täte,
 - (b) die Funktionsschicht eine geringere Wärmeleitfähigkeit als das Objekt besitzt und
 - (c) die Funktionsschicht im Bereich von -78°C bis Raumtemperatur beständig ist gegen die bei Kontaktieren mit Trockeneis auftretenden Temperaturdifferenzen.
2. Kontaminiertes Objekt nach Anspruch 1, wobei die Funktionsschicht auf fluororganischen und/oder siliziumorganischen Materialien basiert.
3. Kontaminiertes Objekt nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Funktionsschicht eine plasmapolymere Beschichtung ist.

4. Kontaminiertes Objekt nach Anspruch 3, wobei die Funktionsschicht eine plasmapolymere Gradientenschicht ist, welche herstellbar ist durch zeitliche Variation der Polymerisationsbedingungen.

5. Kontaminiertes Objekt nach Anspruch 3 oder 4, wobei

(a) für die Funktionsschicht bei Bestimmung mittels ESCA gilt:

– das Stoffmengenverhältnis O : Si ist $> 0,75$ und $< 2,6$

– und das Stoffmengenverhältnis C : Si ist $> 0,6$ und $< 2,5$ und/oder

(b) die plasmapolymere Funktionsschicht aus Kohlenstoff, Silicium, Sauerstoff und Wasserstoff sowie gegebenenfalls üblichen Verunreinigungen besteht, wobei im ESCA-Spektrum des plasmapolymerten Produktes, bei Kalibrierung auf den aliphatischen Anteil des C 1s Peaks bei 285,00 eV, im Vergleich mit einem trimethylsiloxy-terminierten Polydimethylsiloxan (PDMS) mit einer kinematischen Viskosität von 350 mm²/s bei 25°C und einer Dichte von 0,97 g/mL bei 25°C,

der Si 2p Peak einen Bindungsenergiewert besitzt, der um maximal 0,44 eV zu höheren oder niedrigeren Bindungsenergien verschoben ist, und der O 1s Peak einen Bindungsenergiewert besitzt, der um maximal 0,50 eV zu höheren oder niedrigeren Bindungsenergien verschoben ist.

6. Kontaminiertes Objekt nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei die plasmapolymere Beschichtung Wasserstoff und/oder Fluor umfasst, wobei gilt:

$1,8 : 1 < n(\text{H und/oder F}) : n(\text{C}) < 3,6 : 1$

vorzugsweise

$2,2 : 1 < n(\text{H und/oder F}) : n(\text{C}) < 3,3 : 1.$

7. Kontaminiertes Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Objekt ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Komponenten für Einrichtungen zur Klebstoffverarbeitung, Gummiverarbeitung, Lackverarbeitung, Kunststoffverarbeitung, Lebensmittelverarbeitung, Oberflächenveredelung, Druckfarbenverarbeitung, Baustoffherstellung, Textilherstellung und -verarbeitung, Lampen, Prismen, optische Komponenten und aus Komponenten für die chemische und pharmazeutische Industrie sowie Biotechnologie.

8. Kontaminiertes Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Kontamination ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Klebstoffen, Kunststoffen, Gummi, Lacken, Lebensmittelbestandteilen, Metallschichten, Druckfarben, Baustoffen, Schmierstoffen, Grundstoffen zur Herstellung chemischer, biotechnologischer oder pharmazeutischer Produkte, biologischem Material oder deren Vorstufen oder deren Rückständen.

9. Kontaminiertes Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Objekt im Bereich der Funktionsschicht eine Wärmeleitfähigkeit von 20 W/mK oder mehr und/oder die Funktionsschicht eine Wärmeleitfähigkeit von 10 W/mK oder weniger besitzt.

10. Vorrichtung zum Reinigen kontaminierter Objekte mit Trockeneis, wobei die Vorrichtung eine Strahlvorrichtung umfasst, umfassend

(a) umeinander verschlungene Züge (**11**), wobei jeder Zug eine Öffnung am Strahlaustritt (**4**) besitzt, die einen um 30°–50° gegenüber der Längsachse der Strahlvorrichtung gewinkelten Austritt (**5**) des Strahlgutes bewirkt und/oder

(b) eine Vorrichtung (**2**) umfasst, die gewährleistet, dass das Trockeneis vor Austritt aus der Strahlvorrichtung eine Öffnung von 0,3 mm oder weniger im Durchmesser passiert.

11. Verfahren zur Dekontamination, umfassend die Schritte:

a) Bereitstellen eines kontaminierten Objektes nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

b) Bereitstellen von Trockeneis und

c) Entfernen der Kontamination durch Bestrahlen der kontaminierten Stellen des Objektes mit Strahlmitteln, die mittels eines Gasstromes auf die Kontamination gestrahlt werden und die aus Trockeneis bestehen oder Trockeneis umfassen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei im Schritt c) eine Vorrichtung nach Anspruch 10 eingesetzt wird.

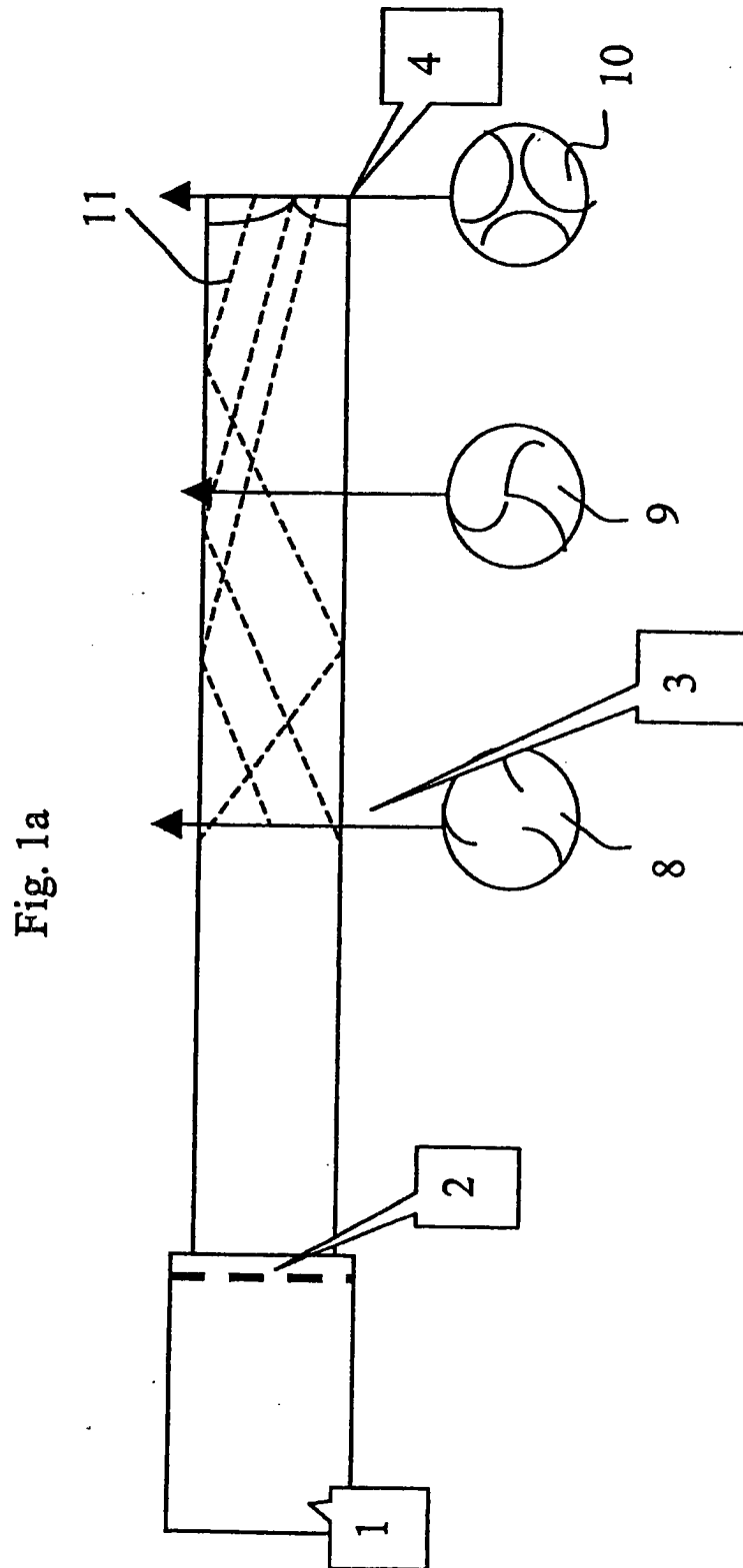
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei im Schritt c) ein Trägergasstrom für das Trockeneis mit einer Geschwindigkeit von 150 m/s oder weniger eingesetzt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Trockeneis weitestgehend wasserfrei ist und/oder in Form von Schnee und/oder Pellets eingesetzt wird.

15. Verwendung einer Funktionsbeschichtung wie in einem der Ansprüche 1 bis 6 definiert zur Verzögerung des Temperatenausgleiches zwischen einer Kontamination wie in einem der Ansprüche 1, 8 oder 9 definiert, und einem Objekt, wie in einem der Ansprüche 1, 7 oder 9 definiert, bei der Dekontamination des Objektes mittels Trockeneis.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



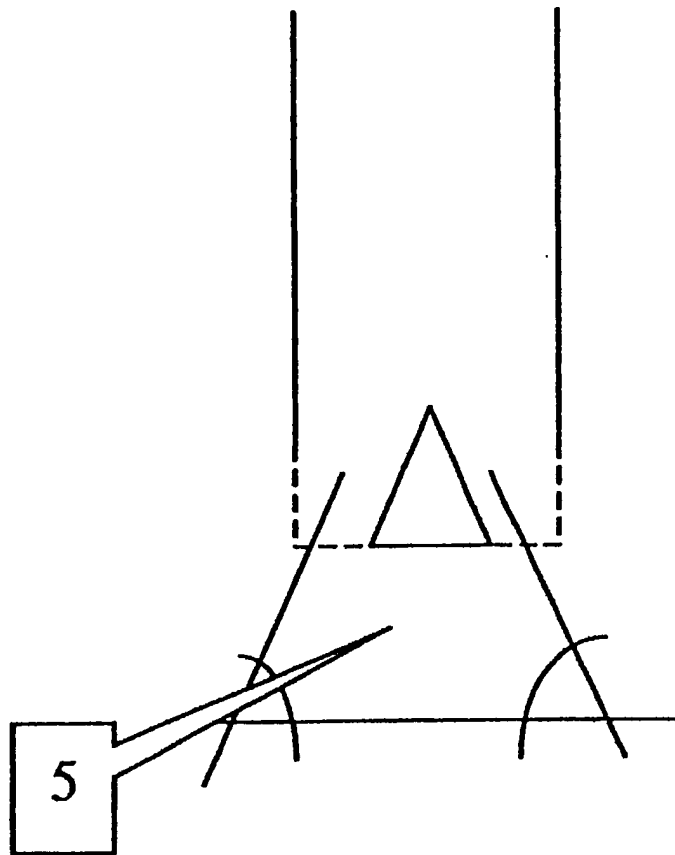


Fig. 1b

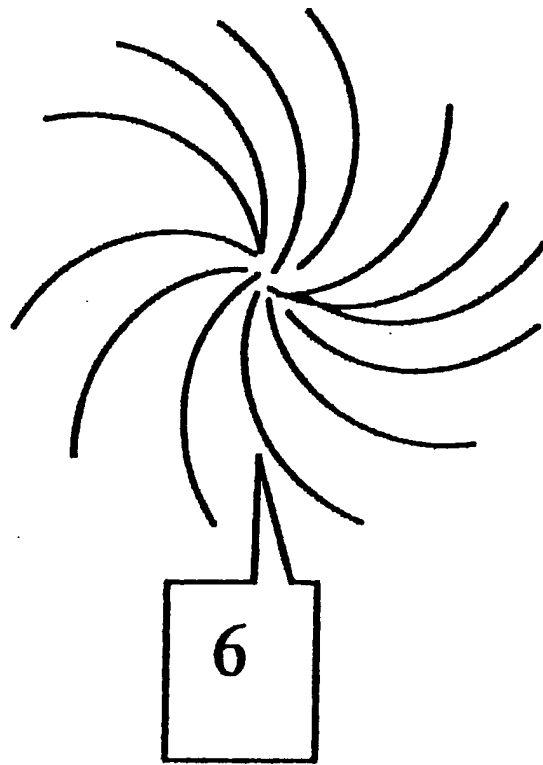


Fig. 1c

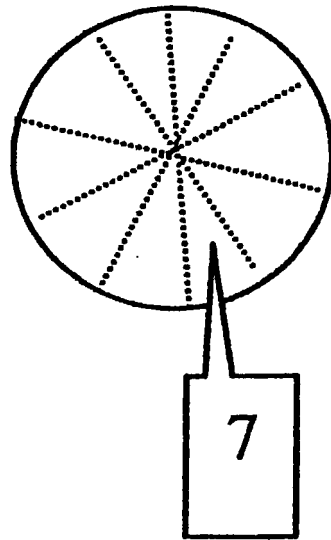


Fig. 1d