

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 507 584 A2 2010-06-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 9252/2008**
PCT/US2008/008427
(22) Anmeldetag: **09.07.2008**
(43) Veröffentlicht am: **15.06.2010**

(51) Int. Cl.⁸: **F02M 57/02** (2006.01),
F02M 61/16 (2006.01)

(30) Priorität:

27.07.2007 US 878847 beansprucht.

(73) Patentinhaber:

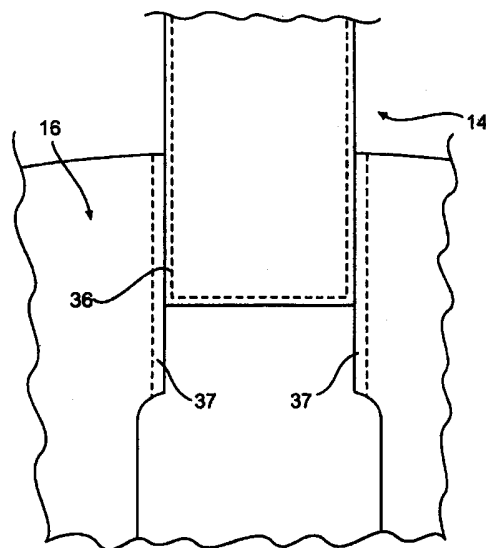
CATERPILLAR INC.
61629 PEORIA (US)

(72) Erfinder:

DAVIES LUCY V.
PEORIA (US)

(54) BESCHICHTUNGEN ZUR VERWENDUNG BEI KRAFTSTOFFSYSTEM-KOMPONENTEN

(57) Ein Verfahren zur Beherrschung der Abnutzung bei einem Kraftstoff-Injektor-Zusammenbau (2) ist vorgesehen. Das Verfahren kann das Auswählen eines Injektor-Zusammenbaus mit einem Kraftstoff-Injektor-Kolben (14) mit einem Kolben-substratmaterial (34) und einer ersten Beschichtung (36) auf dem Kolben-substratmaterial, und einer Kraftstoff-Injektor-Bohrung (16) mit einem Bohrungs-Substratmaterial und einer zweiten Beschichtung (37) auf dem Bohrungs-Substratmaterial inkludieren. Die erste (36) und die zweite Beschichtung (37) auf dem Kolben (14) und der Bohrung (16) stehen in gleitendem Eingriff und können Chromnitrid inkludieren. Kraftstoff kann dem Bohrungs-Zusammenbau zugeführt werden unter Verwendung eines Kraftstoffs, der ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Toyu-Kraftstoff, Caterpillar 1E0262-Kraftstoff, Caterpillar 1E2820-Kraftstoff, Caterpillar 1E4008-Kraftstoff, K1-Kraftstoff und JP8-Kraftstoff.



AT 507 584 A2 2010-06-15

Zusammenfassung

Ein Verfahren zur Beherrschung der Abnützung bei einem Kraftstoff-Injektor-Zusammenbau (2) ist vorgesehen. Das Verfahren kann das Auswählen eines Injektor-Zusammenbaus mit einem Kraftstoff-Injektor-Kolben (14) mit einem Kolben-Substratmaterial (34) und einer ersten Beschichtung (36) auf dem Kolbensubstratmaterial, und einer Kraftstoff-Injektor-Bohrung (16) mit einem Bohrungs-Substratmaterial und einer zweiten Beschichtung (37) auf dem Bohrungs-Substratmaterial inkludieren. Die erste (36) und die zweite Beschichtung (37) auf dem Kolben (14) und der Bohrung (16) stehen in gleitendem Eingriff und können Chromnitrid inkludieren. Kraftstoff kann dem Bohrungs-Zusammenbau zugeführt werden unter Verwendung eines Kraftstoffs, der ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Toyu-Kraftstoff, Caterpillar 1E0262-Kraftstoff, Caterpillar 1E2820-Kraftstoff, Caterpillar 1E4008-Kraftstoff, K1-Kraftstoff und JP8-Kraftstoff.

(Fig. 3)

BeschreibungTechnisches Gebiet

Diese Offenbarung betrifft Kraftstoffsystem-Komponenten und insbesondere Beschichtungen oder Oberflächenbehandlungen für Kraftstoffsystem-Komponenten, wie Kolben von Kraftstoff-Injektoren.

Hintergrund

Viele Verbrennungsmotoren, ob Motoren mit Kompressionszündung oder mit Funkenzündung, benützen Kraftstoffeinspritzsysteme, um eine präzise und verlässliche Kraftstoffzuführung in die Verbrennungskammern der Motoren vorzusehen. Eine solche Präzision und Verlässlichkeit ist notwendig, um die Kraftstoffeffizienz zu verbessern, die Leistungskraft zu maximieren und unerwünschte Emissionen zu reduzieren. Im Allgemeinen inkludieren die Kraftstoffeinspritzsysteme eine Kraftstoffpumpe und einen oder mehrere Kraftstoff-Injektoren. Die Kraftstoffpumpe führt den Injektoren Kraftstoff zu, welche danach eine präzise Steuerung von Kraftstoffzufuhr und Timing für die Motor-Zylinder vorsehen.

Herkömmlicherweise können an den Komponenten von Kraftstoffsystemen harte Beschichtungen angebracht werden, um die Abnutzung zu verringern und/oder die Korrosion zu verhindern. Beispielsweise kann dort, wo einander gegenüberliegende Teile einander berühren, eine Beschichtung verwendet werden, um die Abnutzung zwischen den Komponenten zu verringern, indem man die Reibung unter Kontrolle hält und/oder eine verstärkte Verschleißfestigkeit vorsieht. Man nimmt jedoch allgemein an, dass es wünschenswert ist, eine Beschichtung nur an einer Oberfläche von zwei einander gegenüberliegenden Teilen anzubringen, wogegen man eine andere gegenüberliegende Oberfläche aus einem unbeschichteten Metall (z.B. einem Stahlsubstrat) oder einem anderen Material, das weicher als die harte Beschichtung ist, erzeugt. Auf diese Weise kann das unbeschichtete, weichere Material durch die gegenüberliegende Beschichtung abgeschliffen werden, um eine glatte Oberfläche zu erzeugen, die zu einer verringerten Gesamtverschleißrate führt.

Eine Kraftstoffsystem-Komponente des Standes der Technik,

NACHGEREICHT

der harte Beschichtungen an zwei einander gegenüberliegenden Oberflächen inkludiert, ist im U.S. Patent 6,062,499 beschrieben, welches an Nakamura et al. am 16. Mai 2000 (nachfolgend „das '499-Patent“ genannt) erteilt wurde. Das '499-Patent sieht einen Injektor mit einer eine Leitung lagernden Oberfläche und einen in Kontakt damit stehenden beweglichen Kern vor. Sowohl die Lagerfläche als auch der bewegliche Kern sind mit hochfesten Materialien, wie Chrom oder Titan, beschichtet.

Obwohl die Beschichtungen und der Injektor des '499-Patents für einige Anwendungen eine geeignete Verschleißfestigkeit haben mögen, können die Beschichtungen des '499-Patents mehrere Nachteile haben. Beispielsweise können sich diese Beschichtungen in Gegenwart neuerer Kraftstoffe, wie Biodieseln und Toyu-Kraftstoff, mit einer inakzeptabel großen Geschwindigkeit abnutzen. Daher können diese Beschichtungen versagen, wenn sie unter bestimmten Bedingungen verwendet werden und dadurch ein Lecken oder einen Druckverlust der Kraftstoffsystem-Komponente bewirken.

Die geoffenbarten Beschichtungen helfen bei der Überwindung eines oder mehrerer der zuvor erwähnten Probleme von Kraftstoff-Injektoren sowie der Unzulänglichkeiten der auf dem zugehörigen Gebiet vorhandenen Lösungen für solche Probleme.

Zusammenfassung der Erfindung

Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Beherrschung der Abnutzung in einem Kraftstoff-Injektor-Zusammenbau. Das Verfahren umfasst das Auswählen eines Kraftstoff-Injektors mit einem ersten Substrat-Material für eine Kraftstoff-Injektor-Komponente; einem zweiten Substrat-Material für eine Kraftstoff-Injektor-Komponente; einer ersten Beschichtung auf dem ersten Substrat-Material; und einer zweiten Beschichtung auf dem zweiten Substrat-Material. Die erste Beschichtung und die zweite Beschichtung sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Metallnitriden und Diamant-artigem Kohlenstoff. Das Verfahren umfasst weiters das Betreiben des Kraftstoff-Injektor-Zusammenbaus in einer Weise, dass das erste Beschichtungsmaterial, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metallnitriden und Diamant-artigem Kohlenstoff, in gleitendem Eingriff mit dem zweiten Beschichtungsmaterial steht,

das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metallnitriden und Diamant-artigem Kohlenstoff. Kraftstoff kann dem Injektor-Zusammenbau zugeführt werden, indem ein Kraftstoff verwendet wird, der einen Reibungskoeffizienten zwischen dem ersten Beschichtungsmaterial und dem zweiten Beschichtungsmaterial erzeugt, der in Gegenwart des ausgewählten Kraftstoffs weniger als 0,15 ist.

Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfasst ein Verfahren zur Beherrschung der Abnützung in einem Kraftstoff-Injektor-Zusammenbau. Das Verfahren kann das Auswählen eines Injektor-Zusammenbaus mit einem Kraftstoff-Injektor-Kolben mit einem Kolben-Substratmaterial und einer ersten Beschichtung auf dem Kolben-Substratmaterial, und einer Kraftstoff-Injektor-Bohrung mit einem Bohrungs-Substratmaterial und einer zweiten Beschichtung auf dem Bohrungs-Substratmaterial umfassen. Die erste und die zweite Beschichtung von Kolben und Bohrung stehen in gleitendem Eingriff und können Chromnitrid inkludieren. Kraftstoff kann dem Einspritz-Zusammenbau zugeführt werden, wobei ein Kraftstoff verwendet wird, der zumindest eines von einem Kraftstoff mit ultraniedrigem Schwefel und einem Kraftstoff mit niedriger Schmierfähigkeit inkludiert.

Ein dritter Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfasst ein Verfahren zur Beherrschung der Abnützung in einem Maschinen-Zusammenbau. Das Verfahren kann das Auswählen eines Maschinen-Zusammenbaus mit einem ersten Substratmaterial und einer ersten Beschichtung auf dem Substratmaterial, und einem zweiten Substratmaterial mit einer zweiten Beschichtung auf dem zweiten Substratmaterial umfassen. Die erste und die zweite Beschichtung des ersten Substrats und des zweiten Substrats stehen in gleitendem Eingriff und können Chromnitrid inkludieren. Kraftstoff kann dem Maschinen-Zusammenbau zugeführt werden, wobei ein Kraftstoff verwendet wird, der zumindest eines von einem Kraftstoff mit ultraniedrigem Schwefel und einem Kraftstoff mit niedriger Schmierfähigkeit inkludiert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht eines Injektors einer mechanisch betätigten Einheit gemäß einer beispielhaften Ausführungsform.

Fig. 2 ist eine Seitenansicht eines beschichteten Kolbens eines Kraftstoff-Injektors gemäß einer beispielhaften Ausführungsform.

Fig. 3 ist eine Seitenansicht eines beschichteten Kolbens eines Kraftstoff-Injektors und einer Bohrung gemäß einer beispielhaften Ausführungsform.

Detaillierte Beschreibung

Es wird nun im Detail auf die vorliegenden beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung, von welcher Beispiele in den beigefügten Zeichnungen veranschaulicht sind, Bezug genommen. Wann immer es möglich ist, werden in den gesamten Zeichnungen dieselben Bezugszeichen verwendet, um auf dieselben oder ähnliche Teile Bezug zu nehmen.

Die vorliegende Offenbarung sieht Kraftstoffsystem-Komponenten mit verbesserten Beschichtungen vor, sowie Verfahren zur Erzeugung und Verwendung dieser Komponenten, um die Abnutzung der Komponenten unter Kontrolle zu halten und ein Versagen des Kraftstoffsystems zu verhindern. Gemäß einem beispielhaften Verfahren der vorliegenden Offenbarung können die Beschichtungen an gegenüberliegenden Oberflächen von Kraftstoffsystem-Komponenten oder anderen Maschinenteilen aufgetragen werden, um eine verbesserte Verschleißfestigkeit während des gleitenden Eingriffs vorzusehen. Weiters können die Beschichtungen und Kraftstoffsystem-Komponenten der vorliegenden Offenbarung zur Verwendung mit verschiedenen Kraftstoffen, Schmiermitteln oder anderen Fluiden, die eine inakzeptabel starke Korrosion und/oder Abnutzung bei anderen Beschichtungen erzeugen, verwendet werden.

Die Komponenten der vorliegenden Offenbarung können jegliche Kraftstoffsystem-Komponenten oder andere Maschinen-Komponenten inkludieren, die in Gegenwart verschiedener Flüssigkeiten in gleitender Form miteinander in Eingriff stehen. Beispielsweise können geeignete Kraftstoffsystem-Komponenten Komponenten von Kraftstoff-Injektoren und/oder Kraftstoffpumpen, die in gleitendem Eingriff stehen, inkludieren. Bei einer Ausführungsform können solche Komponenten eine Kraftstoff-Injektor-Bohrung und einen Kolben inkludieren, wobei die Bohrung und der Kolben miteinander in gleitendem Eingriff stehen und harte Beschichtungen an gegenüberliegenden Oberflächen von Bohrung und Kolben inklu-

dieren, wie nachstehend im Detail beschrieben ist.

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht eines Injektors einer mechanisch betätigten Einheit gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Wie gezeigt kann der Injektor 2 der Fig. 1 Beschichtungskomponenten in gleitendem Eingriff inkludieren. Wie gezeigt, umfasst der Injektor 2 beispielsweise einen Kraftstoff-Injektor-Kolben 14, der sich innerhalb einer zylindrischen Bohrung 16 hin- und herbewegt, um Kraftstoff während der Maschinenbetätigung unter Druck zu setzen und einzuspritzen. Wie nachstehend im Detail beschrieben, können gegenüberliegende Oberflächen von Kolben 14 und Bohrung 16 Oberflächenbeschichtungen inkludieren, die ausgestaltet sind, eine verbesserte Widerstandskraft gegen Verschleiß und Korrosion vorzusehen. Weiters können bei einigen Ausführungsformen die Beschichtungen ausgewählt sein für eine Verwendung mit einer Vielfalt verschiedener Kraftstoffe und/oder anderer Fluide, einschließlich Biodieseln, Toyu-Kraftstoff, Kraftstoffe mit geringer Schmierfähigkeit und/oder verschiedenen Schmiermitteln.

Wie gezeigt ist ein Kraftstoff-Injektor 2 auf einem Zylinderkopf 6 über eine Montage-Anordnung 40 angebracht, welche eine am Injektor 2 befestigte Klemme 42 und einen Bolzen 44 inkludiert, welcher die Klemme 42 am Motorblock 6 sichert. Kraftstoff wird dem Kraftstoff-Injektor 2 über eine im Motorblock 6 ausgebildete Kraftstoff-Zuführleitung 4 zugeführt, und überschüssiger Kraftstoff fließt über eine Kraftstoff-Ablaufleitung 8 aus dem Injektor 2 ab. Die Kraftstoff-Zuführleitung 4 und die Kraftstoff-Ablaufleitung 8 stehen durch einen ringförmigen Kraftstoff-Hohlraum 10, welcher den Außenumfang des Kraftstoff-Injektors 2 umgibt, in Fluid-Verbindung.

Der von der Kraftstoff-Zuführleitung 4 gelieferte Kraftstoff fließt zwischen Einspritz-Zyklen periodisch zu einer in der Mitte des Kraftstoff-Injektors 2 ausgebildeten, allgemein zylindrischen Kraftstoff-Druckbeaufschlagungskammer 12. Der Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer 12 wird durch den Kraftstoff-Injektor-Kolben 14, der sich innerhalb der zylindrischen Bohrung 16, die in einer zylindrischen Verlängerung 18 eines Teils des Kraftstoff-Injektorkörpers 20 ausgebildet ist, hin- und herbewegt, periodisch mit Druck beaufschlagt. Während der Kolben 14 durch einen (nicht gezeigten) Kipphebel, der an einer Scheibe 22

befestigt ist, nach unten gedrängt wird, nimmt der Kraftstoff-Druck in der Druckbeaufschlagungskammer 12 zu, und damit nimmt auch der Kraftstoffdruck in einem Düsenhohlraum 24, welcher mit der Kammer 12 in Fluid-Verbindung steht, zu. Wenn der Kraftstoffdruck im Düsenhohlraum 24 einen Schwellenwert erreicht, bewirkt die vom Fluid-Druck ausgeübte Kraft, dass eine Düsenperre 26 nach oben gedrängt wird, womit die Düse geöffnet und bewirkt wird, dass Kraftstoff eingespritzt wird.

Fig. 2 ist eine Seitenansicht eines beschichteten Kraftstoff-Injektor-Kolbens 14 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Wie gezeigt inkludiert der Kolben 14 einen Hauptkörper-Abschnitt 28, einen Kolbenende-Abschnitt 30 und einen Beladungsende-Abschnitt 32. Die verschiedenen Abschnitte des Kraftstoff-Injektor-Kolbens sind aus einem Substratmaterial 34 geformt oder gefräst. Weiters kann der Kolben 14 ein primäres Beschichtungsmaterial 36 aufweisen, welches auf dem Substrat 34 direkt aufgebracht sein kann oder auf einer auf dem Substrat 34 ausgebildete Bindungsschicht 38 aufgebracht sein kann, wie nachstehend im Detail beschrieben.

Das Substrat 34 kann aus einer Anzahl geeigneter Materialien erzeugt werden. Beispielsweise kann das Substrat 34 bei einigen Ausführungsformen irgendeinen geeigneten Stahl, wie niedriglegierten Stahl, Werkzeugstahl, 51200-Stahl und/oder irgendein anderes Material inkludieren. Geeignete Materialien können auf der Basis erwünschter physikalischer Eigenschaften ausgewählt werden (z.B. Verformungswiderstand) und/oder der Fähigkeit, an darüber liegende Beschichtungen zu binden und höheren Temperaturen, wie sie während der Ablagerung der Beschichtung oder der Benützung des Geräts vorliegen können, standzuhalten. Bei einigen Ausführungsformen kann das Substrat 34 einen niedriglegierten Stahl inkludieren. Es sei verstanden, dass sich der Ausdruck „niedriglegiert“, wie hierin verwendet, auf Stahlqualitäten bezieht, bei welchen die Härtebarkeitsselemente, wie Mangan, Chrom, Molybdän und Nickel, zusammen weniger als etwa 3,5 Gew.-% der gesamten Stahlzusammensetzung ausmachen. Weiters können niedriglegierte Stähle für Kraftstoff-Injektor-Komponenten, einschließlich des Kraftstoff-Injektorkolbens 14 und der Kraftstoff-Injektor-Bohrung 16, wegen der relativ geringen Kosten und der großen Verlässlichkeit solcher Stähle ausgewählt werden.

Die Zusammensetzung der primären Beschichtung 36 kann aus verschiedenen Metallnitriden, Metallcarbiden und Materialien auf Kohlenstoffbasis ausgewählt werden. Bei einigen Ausführungsformen kann die Beschichtung 36 mindestens ein Metallnitrid, ausgewählt aus Chromnitrid, Zirkoniumnitrid, Molybdännitrid, Titan-Kohlenstoff-Nitrid oder Zirkonium-Kohlenstoff-Nitrid, inkludieren. Alternativ kann die Beschichtung 36 ein Diamant-artiges Kohlenstoff („diamond-like-carbon“, DLC)-Material, wie Titan-hältiges DLC, Wolfram-DLC oder Chrom-DLC, inkludieren.

Vor dem Beschichten eines ausgewählten Substrat-Materials kann das Material durch Reinigen und/oder Oberflächenbehandlung vorbereitet werden. Beispielsweise kann das Reinigen durch eine Anzahl herkömmlicher Methoden, wie Entfetten, Sandstrahlen, Ätzen, chemisch unterstützte Vibrationstechniken u. dgl. erreicht werden. Weiters kann eine Obeflächenbearbeitung durchgeführt werden, um das Anhaften der Beschichtung zu verbessern und/oder um die Beschichtungsstruktur zu beeinflussen. Beispielsweise kann bei einigen Ausführungsformen die gewünschte Substrat-Oberfläche durch einen Schleifprozess erzeugt werden, um eine sehr glatte Oberfläche zu erhalten, durch Ultraschall-Reinigung mit einer alkalischen Lösung und Ionen-Ätzung der Substrat-Oberfläche unter Verwendung von Argon. Zusätzlich können bei einigen Ausführungsformen die ausgewählten Substrate vor dem Aufbringen der Beschichtung wärmebehandelt werden, um weitere Veränderungen in den Substrat-Abmessungen nach oder während des Ablagerns der Beschichtung zu verhindern.

Die gewünschte Beschichtung kann unter Verwendung einer Anzahl geeigneter Prozesse erzeugt werden. Beispielsweise können geeignete Metallnitrid- und DLC-Beschichtungen unter Verwendung verschiedener physikalischer Gasphasenabscheidungs- („physical vapor deposition, PVD) und/oder chemischer Gasphasenabscheidungs- („chemical vapor deposition“, CVD)-Prozesse erzeugt werden. Weiters können Misch-Prozesse verwendet werden. Der gewünschte Beschichtungsprozess kann aufgrund einer Anzahl von Faktoren ausgewählt werden, einschließlich beispielsweise Kosten, Geschwindigkeit der Erzeugung und Steuerung der Beschichtungszusammensetzung und -struktur.

Weiters kann der Herstellungsprozess für die Beschichtung aufgrund der Art des für den Kolben 14 und die Bohrung 16 ausge-

wählten Substratmaterials ausgewählt werden. Beispielsweise können einige Substrate durch erhöhte Temperaturen beeinflusst werden, und der Beschichtungsprozess kann ausgewählt werden, um nachteilige Auswirkungen des Prozesses auf ausgewählte Substrate zu minimieren, z.B. durch Begrenzen der Prozesstemperatur und/oder -zeit. Beispielsweise können Lichtbogenaufdampfungs- oder Sputter-Prozesse gewählt werden, um Chromnitrid-Beschichtungen zu erzeugen, und geeignete Prozesse können ausgewählt werden, um die Temperaturen unter 250°C oder sogar unter 150°C zu halten, um Veränderungen in den Abmessungen der darunter liegenden Substrate zu verhindern.

Geeignete PVD-Prozesse können beispielsweise die Lichtbogen-aufdampfung und das Sputtern inkludieren. Im Allgemeinen wird bei einer Lichtbogen-aufdampfung eine Lichtbogen-Quelle so angepasst, dass sie einem erzeugten Dampf eine positive Ladung verleiht, und eine negative Vorspannung wird an ein Substrat angelegt, damit es sich auf dem Ziel-Substrat ablagert. Solche Lichtbogen-aufdampfungs-Beschichtungsverfahren, die eine Lichtbogen-Quelle benutzen, um einem Dampf eine positive Ladung zu verleihen und eine negative Vorspannung, um dem Substrat eine negative Ladung zu verleihen, sind auf dem Gebiet allgemein bekannt. Bei Sputter-Prozessen, wie sie auf dem Gebiet bekannt sind, werden Teilchen auf ein Zielmaterial hin, einschließlich ein auf einem ausgewählten Substrat abzulagerndes Material, beschleunigt. Während die Teilchen das Ziel treffen, werden kleine Mengen des Ziels freigesetzt und gleichmäßig auf dem Substrat abgelagert.

Die Beschichtungsdicke auf dem Kolben 14 sollte im Allgemeinen gleichmäßig sein, wie auf einer Probe der Kraftstoff-Injektor-Komponenten durch Rasterelektronenmikroskopie, Röntgenfluoreszenz oder durch die Verwendung des Kugel-Krater-Tests („ball-crater test“) an einer Vielzahl von Stellen auf dem Kolben 14 gemessen. Bei einer Ausführungsform kann die primäre Beschichtung 36 eine Dicke zwischen etwa 0,5 Mikrometer und etwa 1,7 Mikrometer aufweisen. Die primäre Beschichtung 36 kann über die gesamte Länge des Kolben 14 aufgetragen werden, oder die Beschichtung kann an Abschnitten des Kolbens 14, die einem stärkeren Gleitverschleiß ausgesetzt sind, aufgetragen werden.

Bei einigen Ausführungsformen kann es wünschenswert sein,

eine Bindungsschicht 38 aufzubringen, um ein verbessertes Anhaften der primären Beschichtung 36 vorzusehen. Beispielsweise kann bei einigen Ausführungsformen eine Chromschicht oder eine andere geeignete Metallschicht auf einem niedriglegierten Stahlsubstrat aufgetragen werden, um die Bindungsschicht 38 zu bilden. Im Fall einer Verwendung kann das fakultative Bindungsschicht-Material unter Anwendung eines ähnlichen Aufdampfverfahrens aufgetragen werden, um eine Bindungsschicht 38 mit einer Dicke von allgemein zwischen 0,05 Mikrometer und etwa 0,5 Mikrometer zu ergeben; auf Basis des spezifischen Substrats 34 und der Beschichtungen 36, die verwendet werden, können jedoch zahlreiche geeignete Dicken gewählt werden.

Die Steuerung einiger oder aller physikalischen Eigenschaften der Beschichtungsschichten 36, 38 und des beschichteten Substrats - abgesehen von der Dicke - sind ebenfalls wichtig, um eine sehr verlässliche und kostengünstige Komponente herzustellen. Beispielsweise sind das Anhaften der Beschichtung, die Beschichtungshärte, die Substrathärte, die Oberflächentextur und die Reibungskoeffizienten einige der physikalischen Eigenschaften, die überwacht und gesteuert werden können, um wünschenswerte Kraftstoff-Injektor-Komponenten zu erzeugen. Weiters können verschiedene Anwendungen verschiedene physikalische Eigenschaften erfordern.

Wie oben angegeben sollte die Beschichtung 36 allgemein frei von Oberflächenfehlern sein. Weiters kann die Beschichtung 36 bestimmte Oberflächentextur-Bewertungen, wie Oberflächentexturmessungen in Abhängigkeit von der beabsichtigten Verwendung der Komponente inkludieren. Oberflächenfehler können allgemein an einer Probe von Kraftstoff-Injektor-Kolben 14 durch Beobachtung mehrerer Punkte an der Oberfläche der Proben in etwa einhundertfacher Vergrößerung wahrgenommen werden. Die Oberflächen-Beobachtungen können mit verschiedenen Klassifikationsnormen verglichen werden, um zu gewährleisten, dass die Beschichtung 36 im Wesentlichen frei von Oberflächenfehlern ist. Außerdem sollten die Beschichtungsschichten 36, 38 im Allgemeinen am gewählten Substratmaterial haften. Das Anhaften der Beschichtung kann für eine bestimmte Population von Kraftstoff-Injektor-Kolben bewertet werden, beispielsweise durch Verwendung von Standard-Härtetests (z.B. Rockwell-C-Härtemessungen), bei welchen

Aufprallstellen an den Oberflächen der Komponenten beobachtet und mit verschiedenen Anhaftungsklassifikationsnormen verglichen werden. Wie oben festgehalten, kann es wünschenswert sein, Beschichtungen an einander gegenüberliegenden Oberfläche von Maschinen-Komponenten anzubringen. Beispielsweise sieht Fig. 3 eine Seitenansicht eines beschichteten Kolbens 14 eines Kraftstoff-Injektors und einer Bohrung 16 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform vor. Wie gezeigt, weisen die einander gegenüberliegenden Oberflächen von Kolben 14 und Bohrung 16 Beschichtungen 36, 37 auf. Weiters können bei einigen Ausführungsformen die Beschichtungen 36, 37 so gewählt werden, dass sie selbst in Gegenwart verschiedener Kraftstoffe, einschließlich Biodieseln, japanischem Kerosin und anderen Kraftstoffen und Schmiermitteln, wie nachstehend im Detail beschrieben, eine geringe Abnutzung oder eine geringe Korrosionsrate erzeugen.

Wie festgehalten können die Beschichtungen 36, 37 harte, verschleißfeste Materialien inkludieren. Solche Materialien können ausgewählt werden, um eine Abnutzung von Maschinen-Komponenten zu verhindern, welche so ausgestaltet sind, dass sie in einer Aufprall-Konfiguration wiederholt miteinander in Eingriff kommen. Beispielsweise können geeignete primäre Beschichtungsmaterialien aus verschiedenen Metallnitriden und Diamant-artigen Kohlenstoffen (DLC) ausgewählt sein. Weiters können geeignete Metallnitride Chromnitrid, Zirkoniumnitrid, Molybdännitrid, Titan-Kohlenstoff-Nitrid oder Zirkonium-Kohlenstoff-Nitrid umfassen, und geeignete Diamant-artige Kohlenstoffmaterialien können Titan-hältigen Diamant-artigen Kohlenstoff (DLC), Wolfram-DLC oder Chrom-DLC umfassen. Außerdem können geeignete Metall-Kohlenstoff-Materialien, einschließlich Wolframkarbid-hältiger Kohlenstoff, gewählt werden. Zusätzlich können eines oder beides von Bohrung 16 und Kolben 14 eine fakultative Bindungsschicht 38, wie oben beschrieben, inkludieren. Die geoffenbarten Beschichtungen können eine gute Verschleißfestigkeit vorsehen, wenn sie einem wiederholten Gleitverschleiß ausgesetzt werden, selbst in Gegenwart einer Vielfalt von Kraftstoffen, die durch den Kraftstoff-Injektor 2 strömen. Eine Vielfalt geeigneter Kraftstoffe kann gewählt werden, einschließlich verschiedener allgemeiner Dieselmotorkraftstoffe und neuerer Diesel mit geringer Schmierfähigkeit oder Biodieseln. Weiters zeigte es sich, dass

viele derzeitige Maschinen-Komponenten eine hohe Verschleißrate aufweisen, wenn sie einem Aufprall- und/oder Reibverschleiß in Gegenwart bestimmter Kohlenwasserstoff-Kraftstoffe ausgesetzt sind, wie verschiedenen Kraftstoffen mit geringer Schmierfähigkeit und/oder schwefelarmen Kraftstoffen. Es zeigte sich, dass die geoffenbarten Beschichtungen eine ausreichende Verschleißfestigkeit erzeugen, selbst wenn sie in Gegenwart dieser Kraftstoffe einer wiederholten Verwendung unterzogen werden. Beispielsweise können geeignete Kraftstoffe, die mit den geoffenbarten Kraftstoff-Injektor-Zusammenbau-Komponenten verwendet werden können, wenn diese mit den geoffenbarten Beschichtungen beschichtet sind, ASTM D975 Qualität 2D-Diesel, Toyu-Kraftstoff, schwefelarmen Kraftstoff, K1-Kraftstoff und JP8-Kraftstoff sowie andere herkömmliche Kraftstoffe inkludieren. Weiters können die geoffenbarten Beschichtungen auch mit Kraftstoffen verwendet werden, die verschiedene Zusätze enthalten, einschließlich Caterpillar 2564968-Kraftstoff-Zusatz, Sojamethylester („methyl soyate“) (10-30 Vol.-%), Rapsmethylester und rückgewonnenes Speiseöl. Beispielsweise können ausgewählte Kraftstoff- und Zusatz-Kombinationen Toyu mit mindestens 10 Vol.-% Sojamethylester oder Toyu mit mindestens 20 Vol.-% Sojamethylester inkludieren. Weiters kann jeder der geoffenbarten Zusätze mit den geoffenbarten Kraftstoffen zur Verwendung bei ausgewählten Beschichtungen kombiniert werden.

Zusätzlich können die geoffenbarten Beschichtungen und Kraftstoffsystem-Komponenten mit einer Vielfalt anderer Kraftstoffe verwendet werden. Beispielsweise können verschiedene Kraftstoffe mit geringer Schmierfähigkeit und ultra-schwefelarme Kraftstoffe größere Verschleißraten bei einigen Kraftstoffsystem-Komponenten erzeugen. Es wird angenommen, dass die beschichteten Kraftstoffsystem-Komponenten der vorliegenden Offenbarung mit verschiedenen Kraftstoffen mit geringer Schmierfähigkeit und mit ultra-schwefelarmen Kraftstoffen niedrige Verschleißraten vorsehen werden.

Schließlich sei noch festgehalten, dass, obwohl die geoffenbarten Beschichtungen zur Verwendung mit dem Kolben 14 und der Bohrung 16 beschrieben sind, die geoffenbarten Beschichtungen mit jedweden Maschinen-Komponenten verwendet werden können, die einem wiederholten Aufprall und/oder einem gleitenden Eingriff

ausgesetzt sind. Weiters können solche Beschichtungen mit jedweden Maschinen-Komponenten verwendet werden, die in Gegenwart verschiedener Kohlenwasserstoff-Kraftstoffe und/oder Kraftstoff-Zusätze diesen Formen von Abnutzung ausgesetzt sind. Beispielsweise können solche Komponenten jegliche Ventile oder andere Komponenten umfassen, die in Kraftstoffpumpen, Kraftstoff-Injektoren und/oder anderen Motor-Komponenten, die einer Abnutzung ausgesetzt sein können, verwendet werden.

Beispiel: Beschichtungen dualer Oberflächen in Gegenwart alternativer Kraftstoffe

Wie oben festgehalten, können bei einigen Ausführungsformen die geoffenbarten Beschichtungen auf zwei oder mehreren Komponenten eines Kraftstoff-Injektors, einer Kraftstoffpumpe oder eines anderen Maschinenteils aufgebracht werden. Beispielsweise kann bei einigen Ausführungsformen eine Beschichtung auf einem Kraftstoff-Injektor-Kolben und einer Kraftstoff-Injektor-Bohrung aufgebracht werden. In der Vergangenheit bestand die Besorgnis, dass verschiedene Kraftstoff-Injektorteile, die einer Abnutzung über Reibung und/oder Aufprall ausgesetzt sind, unannehmbar große Verschleißraten erfahren werden, wenn sie mit bestimmten Kraftstoffarten benutzt werden. Weiters besteht ein zunehmendes Interesse an der Verwendung bestimmter alternativer Kraftstoffe wegen der steigenden Kosten von Erdölprodukten, Umweltbedenken bei Emissionen einiger Kraftstoffe und Bedenken betreffend adäquater Erdöllieferungen infolge abnehmender Reserven und politischer Konfrontationen.

Verschiedene Materialien wurden getestet, um ihre Verschleißfestigkeit in Gegenwart verschiedener Kraftstoffe zu beurteilen. Es wurde das D6079-Protokoll der American Society of Testing and Materials (ASTM) verwendet. In diesem Protokoll wird eine sich hin- und herbewegende Hochfrequenz-Ausrüstung („high-frequency reciprocating rig“, HFRR) verwendet. Die HFRR inkludiert eine Kugel, die sich gegen eine statische Ebene mit 50 Hz hin- und herbewegt, wobei ein Gleitabstand von 1 mm verwendet wird. Jede Ausrüstung wurde in 2 ml Kraftstoff mit einer Temperatur von 60°C untergetaucht. Der Reibungs- und Verschleißkratzerdurchmesser für jeden Test wurde gemessen. Bei jedem Test wurden verschiedene Materialkombinationen verwendet. Bei einigen Tests wurde nur eines von Kugel oder Ebene mit der geoffenbarten

Beschichtung beschichtet. Bei anderen Ausführungsformen wurden sowohl die Kugel als auch die Ebene unter Verwendung von PVD mit einem 52100 Stahlsubstrat beschichtet. Die Tests wurden unter Verwendung einer Reihe verschiedener Kraftstoffe durchgeführt. Beispielsweise wurden Caterpillar 1E0262-Kraftstoff, Caterpillar 1E2820-Kraftstoff, Caterpillar 1E4008-Kraftstoff, Toyu-Kraftstoff, K1-Kraftstoff und JP8-Kraftstoff verwendet. Weiters wurden Kraftstoffe mit verschiedenen Zusätzen, einschließlich Caterpillar 2564968-Kraftstoffzusatz, Sojamethylester (10-30 Vol.-%), Rapsmethylester und rückgewonnenes Speiseöl, getestet.

Es zeigte sich, dass bestimmte Kraftstoffe und Materialkombinationen niedrige Reibungskoeffizienten erzeugen. Beispielsweise kann unter Verwendung von CrN-Beschichtungen auf sowohl der Kugel als auch der Ebene ein Reibungskoeffizient von weniger als etwa 0,15 oder weniger als etwa 0,13 oder weniger als etwa 0,12 bei Verwendung von Toyu, Caterpillar 1E0262-Kraftstoff oder Toyu mit Caterpillar 2564968-Kraftstoffzusatz erzeugt werden. Es wird weiters angenommen, Caterpillar 1E0262-Kraftstoff mit oder ohne 20 Vol.-% Sojamethylester, Caterpillar 1E2820-Kraftstoff mit Caterpillar 2564968 Kraftstoffzusatz, Toyu-Kraftstoff mit 20 Vol.-% Sojamethylester, Caterpillar 1E4008-Kraftstoff mit oder ohne Caterpillar 2564968-Kraftstoffzusatz oder 20 Vol.-% Sojamethylester, K1-Kraftstoff, JP8-Kraftstoff mit oder ohne 20 Vol.-% Sojamethylester, wieder eingesetztes Speiseöl, oder Sojamethylester alleine.

Es wurden verschiedene Materialien getestet. Beispielsweise inkludierten die Beschichtungen auf der Kugel, auf der Ebene oder auf beiden unter Verwendung eines 52100 Stahlsubstrats gesputtertes Chromnitrid (CrN), Wolfram-Carbid (WC), Wolfram-Diamant-artigen Kohlenstoff (W-DLC), Siliciumnitrid (SiN), stromlosen Nickel (eNi), amorphen Diamant-artigen Kohlenstoff (a-DLC) und Zirkoniumoxid (ZrO).

Verschiedene Materialien und Kraftstoff-Kombinationen erzeugten niedrige Verschleißraten. Beispielsweise waren unter Verwendung einer CrN-Beschichtung auf sowohl der Kugel als auch der Ebene die Verschleißkratzer klein bei Verwendung von Caterpillar 1E0262-Kraftstoff, Toyu-Kraftstoff, und Toyu-Kraftstoff mit Caterpillar 2564968-Zusatz. Es wird daher angenommen, dass diese Materialien geeignete Beschichtungen an einander gegen-

überliegenden Oberflächen von Ventilen für Kraftstoff-Injektoren und anderen Maschinen-Komponenten bei Kraftstoffen mit geringer Schmierfähigkeit vorsehen können.

Industrielle Anwendbarkeit

Die vorliegende Offenbarung sieht Kraftstoffsystem-Komponenten mit verbesserter Verschleißfestigkeit und verringerten Ausfallraten in Gegenwart von vielerlei neueren Kraftstoffen vor. Die Komponente kann ein Substrat und eine auf dem Substrat abgelagerte primäre Beschichtung umfassen. Die primäre Beschichtung kann eine Anzahl geeigneter harter Materialien, wie ein Metallnitrid oder ein Diamant-artiges Kohlenstoff-Material inkludieren. Fakultativ wird eine Bindungsschicht aus Chrom oder einem anderen geeigneten Metall aufgebracht, um die Haftungseigenschaften der primären Beschichtung auf dem Substrat zu verbessern.

Bei einer Ausführungsform können die beschichteten Kraftstoffsystem-Komponenten ausgewählt sein zur Verwendung mit verschiedenen alternativen Kraftstoffen und anderen Fluiden, die unannehmbar hohe Verschleißraten bewirken können, wenn sie mit unbeschichteten Kraftstoffsystem-Komponenten verwendet werden. Die Verwendung der Beschichtungen der vorliegenden Offenbarung an einander gegenüberliegenden Oberflächen kann niedrige Komponenten-Verschleißraten in Gegenwart von konventionellen Motor-kraftstoffen, aber auch in Gegenwart von alternativen Kraftstoffen, wie Kraftstoffen mit geringer Schmierfähigkeit, Caterpillar-Kraftstoffen, Biodieseln, Toyu-Kraftstoff, JP8 und K1-Kraftstoff vorsehen. Weiters kann eine verbesserte Abnutzung erreicht werden durch Zugabe verschiedener Kraftstoff-Zusätze, wie Sojamethylester, wieder eingesetztes Speiseöl und Rapsmethylester.

Es wird für den Fachmann offensichtlich sein, dass verschiedene Modifikationen und Variationen an den geoffenbarten Systemen und Verfahren vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen. Andere Ausführungsformen der geoffenbarten Systeme und Verfahren werden für den Fachmann aus der Betrachtung der Beschreibung und der Ausübung der hierin geoffenbarten Ausführungsformen offensichtlich werden. Es ist beabsichtigt, dass die Beschreibung und die Beispiele nur als

001283

- 15 -

beispielhaft anzusehen sind, wobei der wahre Umfang der Offenbarung durch die nachfolgenden Patentansprüche und ihre Äquivalente angegeben ist.

NACHGEREICHT

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Beherrschung der Abnutzung in einem Kraftstoff-Injektor-Zusammenbau, welches umfasst:

Auswählen eines Kraftstoff-Injektors (2) mit:

einem ersten Kraftstoff-Injektor-Komponenten-Substratmaterial (34);

einem zweiten Kraftstoff-Injektor-Komponenten-Substratmaterial (16);

einer ersten Beschichtung (36) auf dem ersten Substratmaterial;

einer zweiten Beschichtung (37) auf dem zweiten Substratmaterial,

wobei die erste Beschichtung (36) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metallnitriden und Diamant-artigem Kohlenstoff, und die zweite Beschichtung (37) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metallnitriden und Diamant-artigem Kohlenstoff;

Betreiben des Kraftstoff-Injektor-Zusammenbaus, so dass das erste Beschichtungsmaterial (36), das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehende aus Metallnitriden und Diamant-artigem Kohlenstoff, in gleitendem Eingriff steht mit dem zweiten Beschichtungsmaterial (37), das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metallnitriden und Diamant-artigem Kohlenstoff; und

Zuführen von Kraftstoff zum Bohrungs-Zusammenbau unter Verwendung eines Kraftstoffs, der einen Reibungskoeffizienten zwischen dem ersten Beschichtungsmaterial (36) und dem zweiten Beschichtungsmaterial (37) erzeugt, der in Gegenwart des ausgewählten Kraftstoffs weniger als 0,15 ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Kraftstoff Toyu-Kraftstoff inkludiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Kraftstoff Toyu-Kraftstoff und Sojamethylester inkludiert.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei zumindest eines von erster Beschichtung (36) und zweiter Beschichtung (37) Chromnitrid inkludiert.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die erste Beschichtung (36) und die zweite Beschichtung (37) Chromnitrid inkludieren.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zumindest eines von erster Beschichtung (36) und zweiter Beschichtung (37) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Zirkoniumnitrid, Molybdännitrid, Titan-Kohlenstoff-Nitrid, Zirkonium-Kohlenstoff-Nitrid, Titan-hältigem Diamant-artigen Kohlenstoff, Chrom-hältigem Diamant-artigen Kohlenstoff und Wolfram-hältigem Diamant-artigen Kohlenstoff.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Kraftstoff ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Caterpillar 1E0262-Kraftstoff, Caterpillar 1E2820-Kraftstoff, Caterpillar 1E4008-Kraftstoff, K1-Kraftstoff und JP8-Kraftstoff.

8. Verfahren zur Beherrschung der Abnutzung in einem Kraftstoff-Injektor-Zusammenbau, welches umfasst:

Auswählen eines Kraftstoff-Injektors (2) mit:

einem Kraftstoff-Injektor-Kolben (14) mit einem Kolben-Substratmaterial und einer ersten Beschichtung (36) auf dem Kolben-Substratmaterial;

einer Kraftstoff-Injektor-Bohrung (16) mit einem Bohrungs-Substratmaterial und einer zweiten Beschichtung (37) auf dem Bohrungs-Substratmaterial, wobei die erste Beschichtung (36) Chromnitrid inkludiert und die zweite Beschichtung (37) Chromnitrid inkludiert, und wobei die erste Beschichtung (36) und die zweite Beschichtung (37) während des Betriebs des Kraftstoff-Injektors miteinander in gleitendem Eingriff stehen; und

Zuführen von Kraftstoff zum Bohrungs-Zusammenbau unter

001283

- 18 -

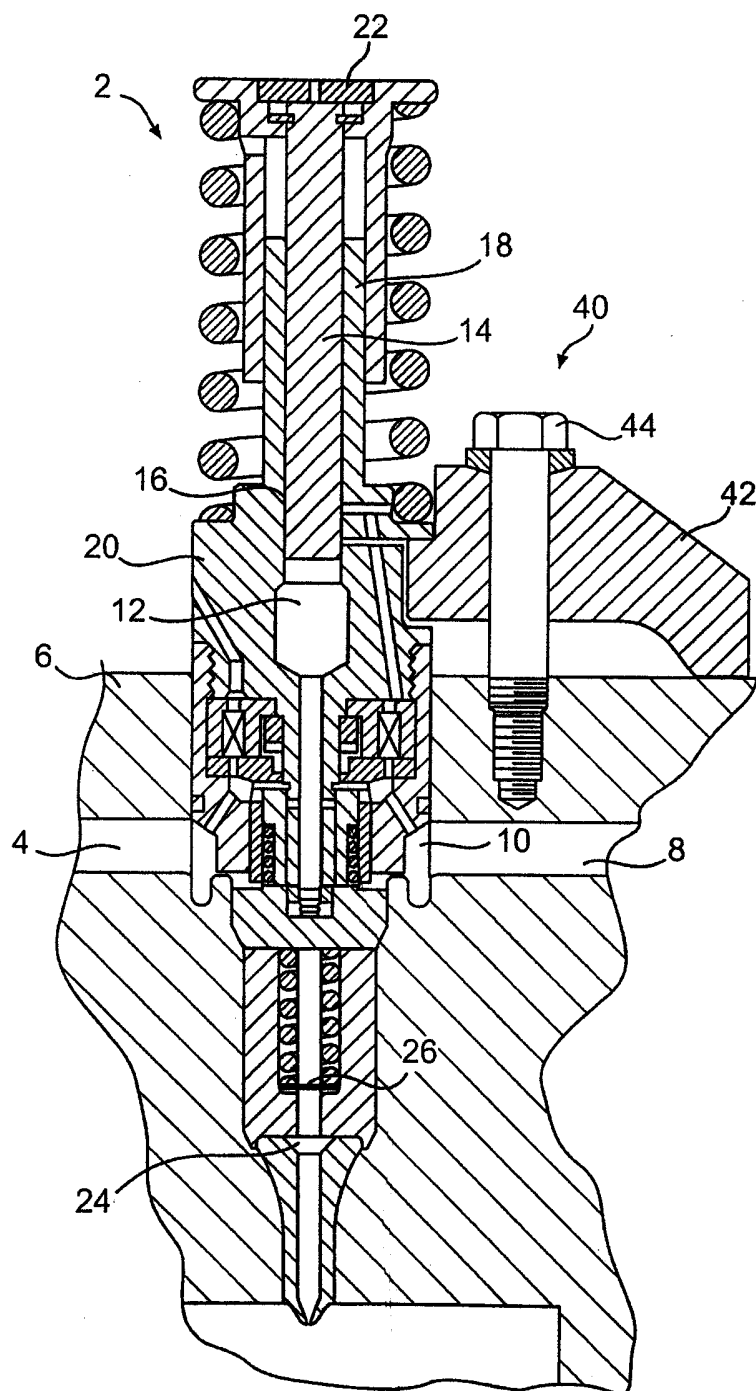
Verwendung eines Kraftstoffs, der ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Toyu-Kraftstoff, Caterpillar 1E0262-Kraftstoff, Caterpillar 1E2820-Kraftstoff, Caterpillar 1E4008-Kraftstoff, K1-Kraftstoff und JP8-Kraftstoff.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Kraftstoff Toyu-Kraftstoff inkludiert.

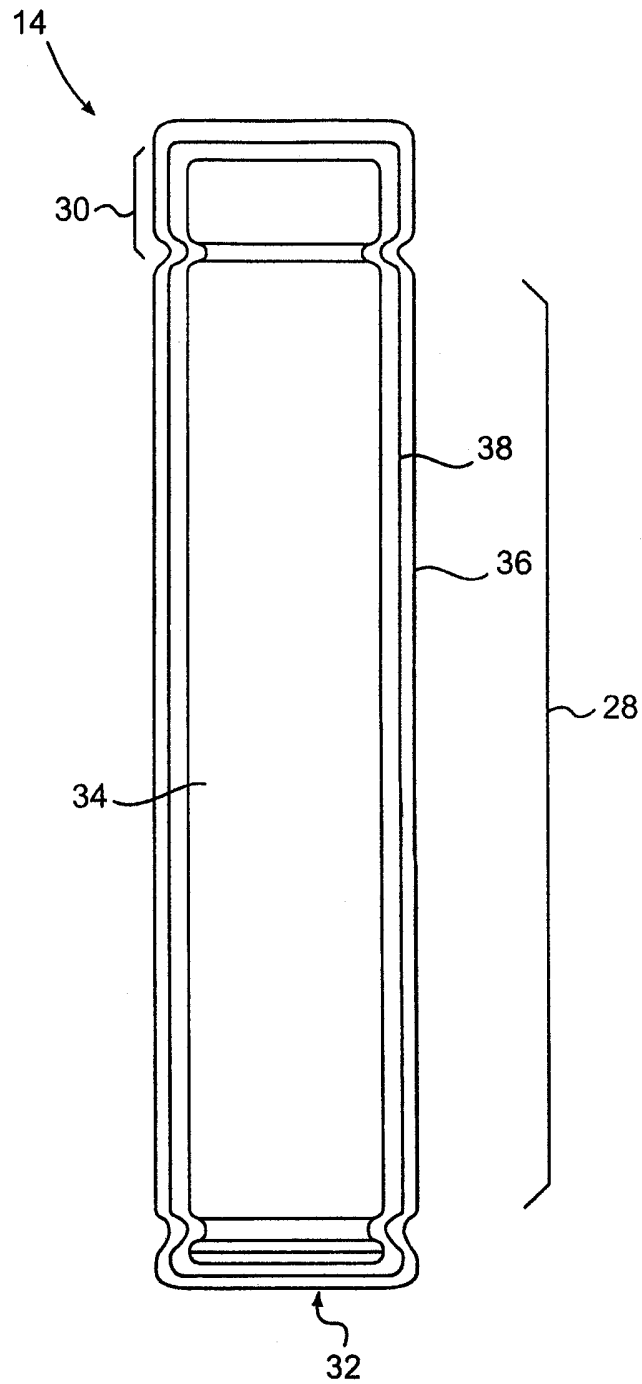
10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Kraftstoff Toyu-Kraftstoff und Sojamethylester inkludiert.

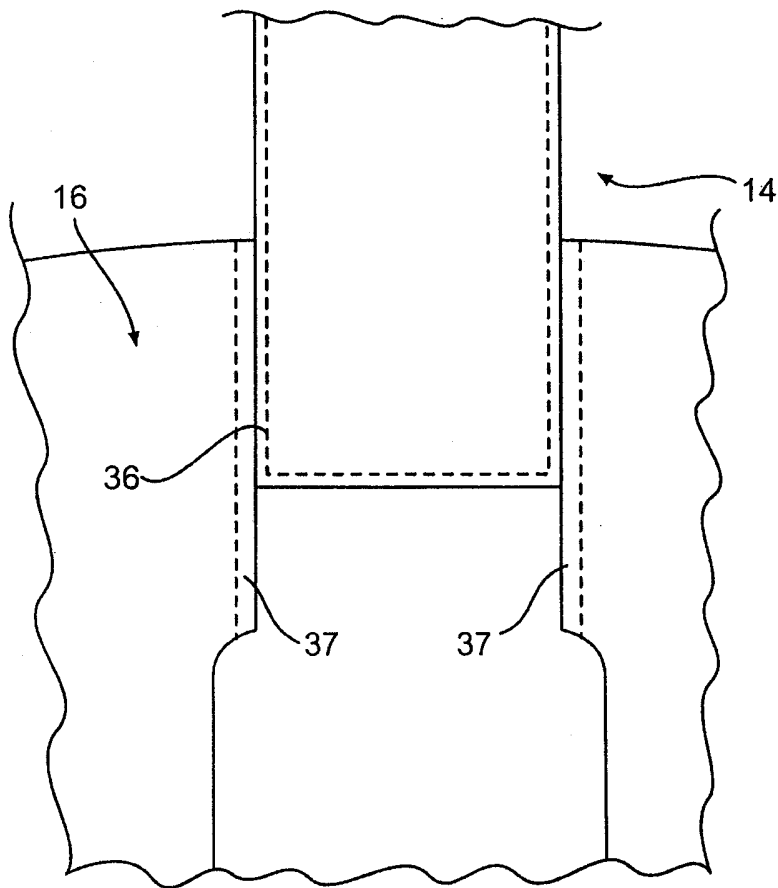
NACHGEREICHT

1/3

**FIG. 1**

2/3

**FIG. 2**

**FIG. 3**