

(12) **Übersetzung der neuen europäischen
Patentschrift**

(97) Veröffentlichungsnummer: EP 1844255

(96) Anmeldenummer: 2006700861
(96) Anmeldetag: 11.01.2006
(45) Ausgabetag: 05.05.2022

(51) Int. Cl.: **F16L 15/04** (2006.01)
C23C 24/04 (2006.01)
F16B 33/06 (2006.01)

(30) Priorität:
13.01.2005 JP 2005006338 beansprucht.

(97) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.10.2007 Patentblatt 07/42

(97) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
30.12.2009 Patentblatt 09/53

(97) Hinweis auf Einspruchsentscheidung:
04.07.2018 Patentblatt 18/27

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

(56) Entgegenhaltungen:
Die Entgegenhaltungen entnehmen Sie bitte der
entsprechenden europäischen Druckschrift.

(73) Patentinhaber:
Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation
Tokyo (JP)
VALLOUREC OIL & GAS FRANCE
59620 AULNOYE-AYMERIES (FR)

(72) Erfinder:
IMAI, RYUICHI C/O SUMITOMO METAL
INDUSTRIES, LTD.
OSAKA, 5410041 (JP)
GOTO, KUNIO
A 4-CHOME, CHUO-KU, OSAKA-SHI, OSAKA
5410041 (JP)
TAKANASHI, KAORU
1CHOME, CHUO-KU, TOKYO, 103- 0027 (JP)
OGAWA, YASUHIRO
1CHOME, CHUO-KU, TOKYO, 103-0027 (JP)

(74) Vertreter:
SONN Patentanwälte OG
1010 Wien (ÖSTERREICH)

(54) **SCHRAUBVERBINDUNG FÜR STAHLROHRE**

Technisches Gebiet

Diese Erfindung betrifft eine Schraubverbindung für Stahlrohre, die zuverlässig eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß aufweisen kann, ohne mit einem Compound-Schmiermittel beschichtet zu sein, das bei Verbinden von Ölfeldrohren (OCTG, kurz vom engl. Oil country tubular goods) auf Schraubverbindungen aufgebracht wurde. Die erfindungsgemäße Schraubverbindung für Stahlrohre kann die von Compound-Schmiermittel hervorgerufenen schädlichen Wirkungen auf die Umwelt und den Menschen vermeiden.

Stand der Technik

Ölfeldrohre, beispielsweise Steigrohre und Futterrohre, die bei Öl- oder Gasbohrungen verwendet werden, sind für gewöhnlich durch Schraubverbindungen miteinander verbunden. In der Vergangenheit lag die Tiefe von Ölbohrungen im Allgemeinen bei 2.000 bis 3.000 Metern, aber bei tiefen Ölbohrungen, beispielsweise den Offshore-Ölfeldern der jüngsten Zeit, kann die Tiefe von Ölbohrungen 8.000 bis 10.000 Meter erreichen. In der Einsatzumgebung werden Schraubverbindungen zum Verbinden dieser Ölfeldrohre verschiedenen Kräften ausgesetzt, beispielsweise axialen Zugkräften, die durch das Gewicht der Ölfeldrohre und der Schraubverbindungen selbst verursacht werden, der Kombination von Innen- und Außendrücken und geothermischer Wärme.

Schraubverbindungen, die für Ölfeldrohre verwendet werden, müssen daher in der Lage sein, ohne Beschädigung auch in einer solchen Umgebung Luftdichtheit zu wahren.

Eine für das Verbinden von Ölfeldrohren verwendete typische Schraubverbindung weist eine Struktur aus Einsteckteil und Aufnahmeteil mit einem Außengewindeabschnitt auf, der an dem Endabschnitt eines Stahlrohrs (Einsteckteil) aus gebildet ist, und einem Innengewindeabschnitt, der an der Innenfläche eines Verbindungsteils (Aufnahmeteil), das ein separates Verbindungselement ist, ausgebildet ist. Ein gewindefreier Metall/Metall-Kontaktabschnitt ist an der Spitze des Außengewindeabschnitts des Einsteckteils ausgebildet und ist entsprechend auch an dem unteren Teil des Innengewindeabschnitts des Aufnahmeteils ausgebildet. Ein Ende des Stahlrohrs wird in das Verbindungsstück eingeführt, und der Außengewindeabschnitt des Einsteckteils und der Innengewindeabschnitt des Aufnahmeteils werden dann festgemacht, bis die gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitte dieser beiden Elemente sich berühren können, wodurch eine Metalledichtung zum Gewährleisten von Luftdichtheit ausgebildet wird.

Während des Prozesses des Absenkens von Steigrohren oder Futterrohren in eine Gas- oder Ölbohrung gibt es aufgrund verschiedener Probleme Fälle, bei denen es

Gesamt

erforderlich ist, eine Schraubverbindung zu lösen, das bereits festgemacht wurde, um zwei Rohre zu verbinden, die Rohre und die Schraubverbindung aus der Bohrung zu heben, die Rohre mit der Verbindung erneut festzumachen und diese dann abzusenken. API (American Petroleum Institute) fordert von einer Verbindung, dass Luftdichtheit ohne Auftreten von schwerem Festfressen, was als Abreibungsverschleiß bezeichnet wird, gewahrt wird, selbst wenn das Festmachen (Herstellen) und Lösen (Losbrechen) zehnmal bei einer Steigrohrverbindung und dreimal bei einer Futterrohrverbindung wiederholt werden.

Um die Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß und die Luftdichtheit zum Zeitpunkt des Festmachens zu verbessern, wird herkömmlicherweise ein viskoser flüssiger Schmierstoff, der Schwermetallpulver enthält und als Compound-Schmierstoff bezeichnet wird, an den Kontaktflächen (nämlich den Gewindeabschnitten und den gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitten) einer Schraubverbindung aufgebracht. Ein solcher Compound-Schmierstoff wird von API Bulletin 5A2 spezifiziert.

In der Vergangenheit wurde vorgeschlagen, durch Oberflächenbehandlung, beispielsweise Nitrierhärten, verschiedene Arten von Plattieren einschließlich Verzinken und disperses Plattieren, und Phosphatieren auf den Kontaktflächen einer Schraubverbindung ein oder mehrere Schichten zu bilden, um das Zurückhalten von Compound-Schmierstoff an den Kontaktflächen zu verstärken und damit die Gleiteigenschaften zu verbessern. Wie aber nachstehend beschrieben ist, stellt die Verwendung eines Compound-Schmierstoffs eine Gefahr schädlicher Auswirkungen auf Umwelt und Mensch dar.

Ein Compound-Schmierstoff enthält große Mengen von Schwermetallpulvern, beispielsweise Blei, Zink oder Kupfer. Beim Festmachen einer Schraubverbindung wird Schmierstoff, der aufgebracht wurde, abgewaschen oder fließt über zur Außenfläche, und es besteht die Möglichkeit, dass Schmierstoff insbesondere durch schädliche Schwermetalle wie Blei schädliche Folgen auf die Umwelt und vor allem die Meereswelt hervorruft. Ferner verschlechtert der Prozess des Aufbringens eines Compound-Schmierstoffs das Arbeitsumfeld, und es bestehen Bedenken bezüglich der schädlichen Wirkungen auf den Menschen.

In den letzten Jahren sind infolge der Umsetzung des OSPAR-Übereinkommens (Oslo-Paris-Übereinkommen) im Jahr 1998, das das Verhindern von Meeresverschmutzung im Nordostatlantik betrifft, die Restriktionen bezüglich der globalen Umwelt strenger geworden, und in manchen Ländern ist die Nutzung von Compound-Schmierstoff bereits eingeschränkt. Demgemäß hat sich bei der Gas- und Ölbohrung zum Vermeiden schädlicher Wirkungen auf die Umwelt und den Menschen die Forderung nach Schraubverbindungen herauskristallisiert, die ohne Verwenden eines Compound-Schmierstoffs eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß aufweisen können.

Bisher gab es einige Vorschläge für Schraubverbindungen, die zur Verbindung von Ölfeldrohren in ungeschmiertem Zustand ohne Aufbringen eines Compound-Schmierstoffs verwendet werden können.

Zum Beispiel schlagen JP-A 08-233163, JP-A 08-233164 und JP-A 09-72467 Schraubverbindungen vor, die auf den Kontaktflächen einer Schraubverbindung eine untere Beschichtung mit Phosphat (chemische Umwandlung) und eine obere feste Schmierbeschichtung aufweisen, die einen Festschmierstoff gewählt aus Molybdändisulfid (MoS_2) und Wolframdisulfid (WS_2) in Harz aufweist. Die Kontaktflächen können vor der Ausbildung einer Phosphatbeschichtung einer Behandlung zum Verstärken der Oberflächenrauheit oder einer Nitrierhärtungsbehandlung unterzogen werden.

WO 2004/033951 offenbart eine Schraubverbindung mit einer unteren Schicht einer Korrosionsschutzbeschichtung und einer oberen Schicht einer festen Schmierbeschichtung auf den Kontaktflächen der Verbindung. Die Korrosionsschutzbeschichtung enthält Zinkpulver in einem Epoxidharz, und die feste Schmierbeschichtung enthält Molybdändisulfid (MoS_2) oder einen anderen Festschmierstoff in einem anorganischen Bindemittel.

Bei jeder der vorstehend beschriebenen Schraubverbindungen, die im Stand der Technik zur Verwendung in einem ungeschmierten Zustand ausgelegt sind, ist die feste Schmierbeschichtung, die die äußerste Schicht ist, eine Beschichtung, die Feststoffschmierpartikel in einem Harz enthält, was wie nachstehend beschrieben zu gewissen Problemen bei ihrem tatsächlichen Einsatz führt.

Ölfeldrohre werden häufig durch Transport auf See befördert und im Freien gelagert. Um während Transport und Lagerung vor Einsatz Korrosion zu verhindern, wird gewöhnlich ein Rostschutzöl (oder eine andere für Rostschutz ausgelegte Flüssigkeit) auf die Innen- und Außenflächen des Rohrs aufgebracht. Zum Schutz der Gewindeflächen und der gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitte während Transport und Lagerung wird häufig eine Schutzvorrichtung an einer Schraubverbindung angebracht, um jede freiliegende Kontaktfläche des Einsteck- und Aufnahmeteils der Verbindung zu schützen. Wenn ein Stahlrohr für Ölfeldbohrung in einem Zustand transportiert wird, in dem an einem Ende des Rohrs eine Verbindung angeschlossen ist, werden wie in Fig. 1 gezeigt an dem anderen Ende des Rohrs und an dem anderen Ende der Verbindung Schutzvorrichtungen angebracht.

Selbst wenn auf diese Weise Schutzvorrichtungen montiert werden, dringt das Rostschutzöl, das vor dem Transport auf den Innen- und Außenflächen des Stahlrohrs aufgebracht wird, während Transport und Lagerung in das Innere der Schutzvorrichtung ein. Ferner werden die Innen- und Außenflächen des Stahlrohrs durch Wasser benetzt, das aus Feuchtigkeitskondensation oder Regen während Transport und Lagerung stammt, und dieses Wasser dringt auch in das Innere der Schutzvorrichtungen. Sowohl das Rostschutzöl

als auch das Wasser, die in das Innere der Schutzvorrichtung eingedrungen sind, kommen mit der festen Schmierbeschichtung in Kontakt, die als äußerste Schicht auf den Kontaktflächen der Schraubverbindung ausgebildet ist. Wenn das Anbringen einer Schutzvorrichtung nicht vorgenommen wird, kann es leichter zu einem solchen Kontakt kommen.

Eine feste Schmierbeschichtung wird durch Partikel eines Feststoffschmierstoffs, beispielsweise durch in einem Bindemittel dispergiertes Molybdändisulfid oder Wolframdissulfid, ausgebildet, so dass die Beschichtung inhärent porös ist.

Wenn ein Rostschutzöl eine feste Schmierbeschichtung kontaktiert, dringt es daher leicht in diese Beschichtung ein, die porös ist. Dadurch kann die feste Schmierbeschichtung ihre Funktion nicht angemessen aufweisen und daher besteht die Möglichkeit, dass die Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß der Schraubverbindung spürbar abnimmt. Es wird angenommen, dass dies auf eine Abnahme der Schmierleistung aufgrund chemischer Reaktion zwischen dem Rostschutzöl und dem Feststoffschmierstoff oder dem Bindemittel oder auf das Erzeugen eines extremen Drucks in dem Rostschutzöl zurückzuführen ist, das in der Schmierbeschichtung durch den Druck eingeschlossen ist, der zum Zeitpunkt des Festmachens einer Schraubverbindung erzeugt wird, was zu einer Zerstörung der Bindung der Schmierbeschichtung führt.

Das kondensierte Wasser und Regenwasser, die in das Innere der Schutzvorrichtung eindringen und mit der festen Schmierbeschichtung in Kontakt kommen, dringen analog leicht in diese Beschichtung ein. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass die Schmiereigenschaften der Beschichtung aufgrund einer Reaktion von Wasser mit dem Feststoffschmierstoff abnehmen oder dass das Oberflächenerscheinungsbild schlechter wird, insbesondere wenn die Beschichtung Kupfer enthält.

Diese durch ein Rostschutzöl oder Wasser hervorgerufenen Probleme resultieren aus der Tatsache, dass die äußerste feste Schmierbeschichtung nicht wirksam geschützt ist. Eine unter der festen Schmierbeschichtung ausgebildete Rostschutzbeschichtung für den Schutz des Stahlrohrs selbst, wie sie in WO 2004/033951 offenbart ist, kann diese Probleme nicht lösen.

EP-A1-1,211,451 offenbart eine Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Offenbarung der Erfindung

Diese Erfindung sieht eine Schraubverbindung für Stahlrohre vor, die ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß aufweist und ein Verschlechtern des Oberflächenerscheinungsbilds vermeiden kann. Die Schraubverbindung kann ohne Auftrag eines Compound-Schmierstoffs verwendet werden, der schädliche Wirkungen auf die globale Umwelt wie Meeresleben und auf Menschen hat. Die Schraubverbindung weist keine

ausgeprägte Abnahme der Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß auf, selbst wenn ein Rostschutzöl auf die Innen- und Außenflächen eines Rohrs aufgetragen wird, um während Transport und Lagerung Korrosion zu verhindern, und auch keine ausgeprägte Abnahme der Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß oder ein Verschlechtern des Erscheinungsbilds, wenn diese Flächen eines Rohres bei Transport oder Lagerung kondensiertem Wasser oder Regenwasser ausgesetzt werden.

Erfindungsgemäß kann durch Ausbilden einer nicht porösen festen Korrosionsschutzschicht, die keine Feststoffpartikel oben auf einer festen Schmierbeschichtung enthält, die auf den Kontaktflächen einer Schraubverbindung ausgebildet ist, eine Schraubverbindung für Stahlrohre vorgesehen werden, die in einem nicht geschmierten Zustand (ohne Auftrag eines Compound-Schmierstoffs) eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß und keine signifikante Abnahme der Leistung während Transport und Lagerung aufweist.

Eine erfindungsgemäße Schraubverbindung für Stahlrohre umfasst einen Einsteckteil und einen Aufnahmeteil mit jeweiligen Kontaktflächen, die einander kontaktieren, wenn die Verbindung gesichert wird, wobei die Kontaktflächen von mindestens einem von Einsteckteil und Aufnahmeteil mit einer festen Schmierbeschichtung, die ein Schmierpulver und ein Bindemittel umfasst, und mit einer Korrosionsschutzbeschichtung, die keine festen Partikel enthält und die oben auf der festen Schmierbeschichtung ausgebildet ist, beschichtet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrosionsschutzbeschichtung eine nichtporöse feste Korrosionsschutzbeschichtung ist.

In dieser Beschreibung bedeutet Einsteckteil ein Element einer Schraubverbindung, das einen Außengewindeabschnitt aufweist, und ein Aufnahmeteil bedeutet das andere Element einer Schraubverbindung, das einen Innengewindeabschnitt aufweist, der mit dem Außengewindeabschnitt des Einsteckteils greift. Typischerweise bilden beide Enden eines Stahlrohrs ein Einsteckteil an ihren Außenflächen, und beide Seiten eines Verbindungsteils, das ein separates Verbindungselement ist, bilden an ihren Innenflächen einen Aufnahmeteil. Umgekehrt ist es theoretisch auch möglich, dass die Innenflächen beider Enden eines Stahlrohrs ein Aufnahmeteil sind und dass ein Verbindungsteil als Einsteckteil ausgebildet ist. Ferner gibt es auch integrale Schraubverbindungen, die ohne Verwendung eines Verbindungsteils direkt miteinander verbunden werden können und bei denen ein Ende eines Stahlrohrs einen Einsteckteil bildet und das andere Ende derselben einen Aufnahmeteil bildet. Die vorliegende Erfindung kann bei jeder dieser Schraubverbindungen angewendet werden.

Bei einer erfindungsgemäßen Schraubverbindung für Stahlrohre ist als äußerste Schicht eine nicht poröse feste Korrosionsschutzbeschichtung ausgebildet. Selbst wenn die Innen- und Außenflächen eines Stahlrohrs vor dem Transport mit einem Rostschutzöl oder

einer anderen Rostschutzflüssigkeit beschichtet werden oder sie während Transport und Lagerung kondensiertem Wasser oder Regenwasser ausgesetzt werden, wird dadurch die Rostschutzflüssigkeit oder das Wasser durch die äußerste feste Korrosionsschutzbeschichtung blockiert und wird somit während Transport und Lagerung daran gehindert, in die feste Schmierbeschichtung einzudringen, die auf der Oberfläche der Schraubverbindung ausgebildet ist, wodurch eine Abnahme der Schmierleistung und eine Verschlechterung des Oberflächenerscheinungsbilds vermieden werden.

Zum Zeitpunkt des Festmachens der Schraubverbindung dringt Abrieb der Korrosionsschutzbeschichtung allmählich aufgrund der während des Festmachens auftretenden Reibung in die Kontaktabschnitte ein, und die darunter liegende feste Schmierbeschichtung wird freigelegt und kann ihre Schmierwirkung entfalten. Daher kann eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß, die das Auftreten von Abreibungsverschleiß während wiederholten Festmachens und LöSENS verhindern kann, in einem ungeschmierten Zustand ohne Verwenden eines Compound-Schmierstoffs erreicht werden. Somit kann ein Verschlechtern des Arbeitsumfelds und Umweltverschmutzung, insbesondere der Meeresumwelt, die mit der Verwendung eines Compound-Schmierstoffs einhergehen, der die Möglichkeit hat, zum Zeitpunkt seines Auftrags oder zum Zeitpunkt des Festmachens ins Freie herauszuströmen, verhindert werden. Ferner wird der Prozess des Auftrags eines Compound-Schmierstoffs im Gebiet unnötig, so dass die zum Festmachen von Ölfeldrohren erforderliche Zeit verkürzt wird.

Bei einer erfindungsgemäßen Schraubverbindung für Stahlrohre kann die obere Schicht in Form einer festen Korrosionsschutzbeschichtung vollständig aus einem organischen Harz bestehen. Eine solche feste Korrosionsschutzbeschichtung weist verbesserte Korrosion verhindernde Eigenschaften auf.

Das bei der festen Schmierbeschichtung als untere Schicht verwendete Bindemittel kann entweder an anorganisches Bindemittel (eine anorganische Polymerverbindung) oder ein organisches Bindemittel (ein organisches Harz) sein. Wenn das Bindemittel der festen Schmierbeschichtung ein organisches Harz ist, kann die feste Korrosionsschutzbeschichtung vollständig oder teilweise aus dem gleichen organischen Harz gebildet sein, das für das Bindemittel der unteren Schicht verwendet wird. Das macht es möglich, die Adhäsion zwischen der unteren festen Schmierbeschichtung und der oberen festen Korrosionsschutzbeschichtung zu verbessern, und die Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß einer Schraubverbindung für Stahlrohre kann weiter verbessert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind eine feste Schmierbeschichtung und eine feste Korrosionsschutzbeschichtung auf den Kontaktflächen des Aufnahmeteils einer Schraubverbindung ausgebildet. Für gewöhnlich ist ein Aufnahmeteil an einem kurzen

Verbindungsteil ausgebildet, so dass der Prozess des Ausbildens einer Beschichtung an einem Aufnahmeteil einfacher als an einem Einsteckteil ausgeführt werden kann. Diese Ausführungsform ist ferner verglichen mit dem Ausbilden einer festen Schmierbeschichtung und einer festen Korrosionsschutzbeschichtung sowohl auf dem Einsteckteil als auch dem Aufnahmeteil wirtschaftlicher.

Wenn die feste Schmierbeschichtung und die feste Korrosionsschutzbeschichtung auf den Kontaktflächen nur eines Elements von Einsteckteil und Aufnahmeteil ausgebildet sind, kann das andere Element so behandelt werden, dass es eine oder mehrere Schichten einer Beschichtung gewählt aus einer Zink- oder Zinklegierungsbeschichtung, einer metallisierten Beschichtung, einer Phosphatbeschichtung, einer Oxalatbeschichtung, einer Boratbeschichtung und einer festen Korrosionsschutzbeschichtung auf den Kontaktflächen desselben bildet. Indem dem anderen Element auf diese Weise Korrosion verhindernde Eigenschaften verliehen werden, können die Korrosion verhindernden Eigenschaften der Schraubverbindung für Stahlrohre verbessert werden. Alternativ kann auf den Kontaktflächen des anderen Elements eine feste Schmierbeschichtung ausgebildet werden, um die Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß der Schraubverbindung weiter zu verbessern.

Wenn analog die feste Schmierbeschichtung und die feste Korrosionsschutzbeschichtung auf den Kontaktflächen nur eines von Einsteckteil und Aufnahmeteil ausgebildet sind, kann das andere Element so behandelt werden, dass es entweder eine feste Schmierbeschichtung oder eine feste Korrosionsschutzbeschichtung auf den Kontaktflächen desselben bildet, nachdem die Kontaktflächen einer vorbereitenden Oberflächenbehandlung für Oberflächenaufrauen ausgewählt aus Beizen, Strahlputzen, Schlagplattieren mit Zink oder einer Zinklegierung, Metallisieren, Weichnitrieren, Verbundmetallplattieren, Phosphatieren, Oxalatbehandlung und Boratbehandlung unterzogen wurden. Durch die so genannte Ankerwirkung, die durch Oberflächenaufrauen verliehen wird, kann die Adhäsion der festen Schmierbeschichtung oder der festen Korrosionsschutzbeschichtung an den Kontaktflächen somit verbessert werden, und das Auftreten eines Abblätterns der Beschichtung während Transport oder Lagerung wird erschwert, was zu einer weiteren Verbesserung der Korrosion verhindernden Eigenschaften oder Schmiereigenschaften einer Schraubverbindung für Stahlrohre führt.

Die Kontaktflächen einer Schraubverbindung, an denen die untere feste Schmierbeschichtung und die obere nicht poröse feste Korrosionsschutzbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet sind, können vor dem Ausbilden der unteren Beschichtung ebenfalls einer vorbereitenden Oberflächenbehandlung ausgewählt aus Beizen, Strahlputzen, Schlagplattieren mit Zink oder einer Zinklegierung, Metallisieren, Weichnitrieren, Verbundmetallplattieren, Phosphatieren, Oxalatbehandlung und Boratbehandlung unterzogen werden, um die Oberflächen aufzurauen. In diesem Fall kann

ferner aufgrund der Ankerwirkung die Adhäsion der unteren festen Schmierbeschichtung an den Kontaktflächen verbessert werden, und das Auftreten von Abblättern der festen Schmierbeschichtung wird erschwert, was zu einer weiteren Verbesserung der Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß führt.

Die Dicke sowohl der festen Schmierbeschichtung als auch der festen Korrosionsschutzbeschichtung liegt vorzugsweise bei 5 - 40 µm. Dies reicht aus, um einer Schraubverbindung für Stahlrohre eine angemessene, Korrosion verhindernde Wirkung, eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß und Luftdichtheit zu verleihen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt schematisch die zusammengebaute Struktur eines Stahlrohrs und eines Verbindungsteils zum Zeitpunkt des Transports des Stahlrohrs.

Fig. 2 zeigt schematisch die Verbindungsabschnitte einer Schraubverbindung für Stahlrohre.

Fig. 3(a) und 3(b) zeigen erläuternde Ansichten, die zwei Arten von Oberflächenaufrauung einer Kontaktfläche zeigen.

Beste Art zum Ausführen der Erfindung

Die vorliegende Erfindung wird bezüglich Ausführungsformen, die in den Zeichnungen gezeigt sind, erläutert.

(Zusammengebaute Struktur einer Schraubverbindung)

Fig. 1 zeigt schematisch die zusammengebaute Struktur einer typischen Schraubverbindung, die den Zustand eines Stahlrohrs für ein Ölfeldrohr und ein Verbindungsteil zum Zeitpunkt des Transports zeigt. Ein Stahlrohr A weist an beiden seiner Enden ein Einsteckteil 1 mit einem an seiner Außenfläche ausgebildeten Außengewindeabschnitt 3a auf, und ein Verbindungsteil (ein Schraubverbindungselement) B weist an beiden Seiten einen Aufnahmeteil 2 mit einem an seiner Innenfläche ausgebildeten Innengewindeabschnitt 3b auf. Einer der Aufnahmeteile des Verbindungsteils B ist mit einem der Einsteckteile des Rohrs A verbunden. Auch wenn dies in der Zeichnung nicht gezeigt ist, wird für gewöhnlich vor Transport eine Schutzvorrichtung an dem anderen Einsteckteil des Stahlrohrs A und auch an dem anderen Aufnahmeteil des Verbindungsteils B angebracht, um die Kontaktflächen dieses Einsteckteils und Aufnahmeteils, die nicht verbunden sind, zu schützen. Diese Schutzvorrichtungen werden vor Verwendung der Schraubverbindung entfernt.

Fig. 2 zeigt schematisch die Struktur einer repräsentativen Schraubverbindung für Stahlrohre (nachstehend einfach als „Schraubverbindung“) bezeichnet. Die Schraubverbindung besteht aus einem Einsteckteil 1, der an der Außenfläche des Endes eines Stahlrohrs A ausgebildet ist, und einem Aufnahmeteil 2, der an der Innenfläche eines Verbindungsteils B ausgebildet ist. Der Einsteckteil 1 weist einen Außengewindeabschnitt 3a

und einen gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitt 4a auf, der am Ende des Stahlrohrs positioniert ist. Entsprechend dazu weist der Aufnahmeteil 2 einen Innengewindeabschnitt 3b und einen gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitt 4b auf, der an der Innenseite des Gewindeabschnitts 3b positioniert ist.

Die Gewindeabschnitte 3a und 3b und die gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitte 4a und 4b des Einsteckteils 1 bzw. des Aufnahmeteils 2 sind die Kontaktflächen der Schraubverbindung. Diese Kontaktflächen müssen Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß, Luftdichtheit und Korrosionsverhinderung aufweisen. In der Vergangenheit wurde für diesen Zweck ein Compound-Schmierstoff, der Schwermetallpulver enthielt, aufgebracht, oder es wurde eine feste Schmierbeschichtung auf den Kontaktflächen ausgebildet. Wie bereits erwähnt hatten diese beiden vorbekannten Techniken aber aufgrund von schädlichen Wirkungen auf Menschen und die Umwelt oder aufgrund einer Abnahme der Leistung, einschließlich der Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß während Transport und Lagerung, im tatsächlichen Einsatz aber Probleme.

Erfindungsgemäß werden eine untere Schicht in der Form einer festen Schmierbeschichtung und eine obere Schicht in der Form einer festen Korrosionsschutzbeschichtung auf den Kontaktflächen mindestens eines von Einsteckteil 1 und Aufnahmeteil 2 ausgebildet. Die feste Schmierbeschichtung kann die gleiche wie die in dem Stand der Technik verwendete sein und kann ein oder mehrere Arten von Schmierpulver in einem Harz enthalten. Die feste Korrosionsschutzbeschichtung ist eine nicht poröse homogene Beschichtung, die keine Feststoffpartikel enthält, und sie dient als Barriere zum Schützen der darunter liegenden festen Schmierbeschichtung.

Wie vorstehend beschrieben verschleißt die obere Korrosionsschutzbeschichtung zum Zeitpunkt des Festmachens allmählich aufgrund von Reibung, was die untere feste Schmierbeschichtung freilegt, wodurch die feste Schmierbeschichtung ihre Schmierwirkung ausreichend aufweisen kann. Trotz des Vorhandenseins der oberen Schutzbeschichtung oben auf der festen Schmierbeschichtung kann daher einer Schraubverbindung in einem ungeschmierten Zustand ohne Auftrag eines Compound-Schmierstoffs eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß verliehen werden. Selbst wenn die Innen- und Außenflächen eines Stahlrohrs zum Zeitpunkt des Transports mit einem Rostschutzöl oder einer Rostschutzflüssigkeit beschichtet sind oder sie während Transport und Lagerung kondensiertem Wasser oder Regenwasser ausgesetzt werden, kann ferner aufgrund der Barrierefunktion der oberen Korrosionsschutzschicht die Flüssigkeit oder das Wasser nicht durch die obere nicht poröse Schutzbeschichtung in die untere feste Schmierbeschichtung eindringen und es wird eine durch dieses Eindringen hervorgerufene Abnahme der Leistung während Transport oder Versand vermieden.

(Aufräumen der Kontaktflächen)

Die Kontaktflächen mindestens eines von Einsteckteil und Aufnahmeteil, auf denen eine untere Schicht einer festen Schmierbeschichtung und eine obere Schicht einer festen Korrosionsschutzbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet sind, werden vorzugsweise einer vorbereitenden Oberflächenbehandlung zum Oberflächenaufrauen unterzogen, so dass die Oberflächenrauheit R_{max} größer als die durch maschinelles Schleifen (3 - 5 μm) erhaltene Oberflächenrauheit ist, um sicherzustellen, dass die darauf ausgebildete feste Schmierbeschichtung gute Adhäsion aufweist. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann aber erreicht werden, selbst wenn die feste Schmierbeschichtung und die feste Korrosionsschutzbeschichtung ohne vorbereitende Oberflächenbehandlung zum Aufrauen der Kontaktflächen ausgebildet werden.

Fig. 3 zeigt zwei Arten des Aufrauens der Kontaktflächen. Bei einer in Fig. 3(a) gezeigten ersten Art der Oberflächenaufrauung wird die Oberfläche eines Stahls 30a durch vorbereitende Oberflächenbehandlung selbst aufgeraut, und direkt darauf werden nacheinander eine feste Schmierbeschichtung 31a und eine feste Korrosionsschutzbeschichtung 32a ausgebildet. Diese Art des Oberflächenaufrauens kann durch Strahlputzen, wobei ein Strahlputzmaterial wie Kugeln mit einer sphärischen Form oder Körner mit eckiger Form gegen die Oberfläche gerichtet werden, oder durch Beizen, wobei die Oberfläche in eine starke Säure, beispielsweise Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure oder Flusssäure, getaucht wird, erreicht werden.

Bei einer in Fig. 3(b) gezeigten zweiten Art des Oberflächenaufrauens wird eine Primärschicht 33 der Unterbeschichtung mit einer rauen Oberfläche durch vorbereitendes Oberflächenbehandeln oben auf der Oberfläche eines Stahls 30b ausgebildet, und eine feste Schmierbeschichtung 31b und eine feste Korrosionsschutzbeschichtung 32b werden nacheinander oben auf der Primärschicht ausgebildet. Die Primärschicht 33 ist somit zwischen der Kontaktfläche des Stahls 30b und der festen Schmierbeschichtung 31b angeordnet. Beispiele für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung zum Bilden einer Primärschicht sind chemische Umwandlungsbehandlung, beispielsweise Phosphatbehandlung (Phosphatieren), Oxalatbehandlung und Boratbehandlung (die Oberflächenrauheit nimmt mit dem Wachstum der Kristalle zu, die durch die chemische Umwandlungsbehandlung ausgebildet werden), Metallisieren, beispielsweise Verkupfern oder Plattieren mit Eisen (vorzugsweise werden Vorsprünge plattiert, so dass die Oberfläche etwas rauer wird), Schlagplattieren mit Zink oder einer Zinklegierung, was eine poröse Zink- oder Zinklegierungsbeschichtung bildet, Weichnitrieren, was eine Nitridschicht (beispielsweise Tufftriding) bildet, und Verbundmetallplattieren, was eine poröse Beschichtung bildet, die feine, in einer Metallmatrix verteilte Feststoffpartikel enthält.

In jeder der ersten und zweiten Art von Aufrauen der Kontaktflächen liegt die Oberflächenrauheit R_{max} , die durch die vorbereitende Oberflächenbehandlung erreicht wird,

vorzugsweise in dem Bereich von 5 - 40 μm . Ist R_{max} kleiner als 5 μm , können die Adhäsion der festen Schmierbeschichtung an der Oberfläche und die Fähigkeit der Oberfläche, eine Beschichtung zu halten, ungenügend werden. Übersteigt R_{max} 40 μm , nimmt die Reibung der Oberfläche zu und die feste Schmierbeschichtung kann den Scherkräften und Kompressionskräften nicht standhalten, die die Beschichtung erfährt, wenn während des Festmachens ein hoher Druck an der Oberfläche ausgeübt wird, wodurch das Zerstören oder Abblättern der festen Schmierbeschichtung leicht hervorgerufen wird. Es können zwei oder mehr Arten von vorbereitender Oberflächenbehandlung zur Oberflächenaufrauung ausgeführt werden.

Im Hinblick auf die Adhäsion einer festen Schmierbeschichtung ist eine poröse Beschichtung und insbesondere eine durch Phosphatieren (z.B. Behandlung mit Manganphosphat, Zinkphosphat, Eisenmanganphosphat oder Zinkcalciumphosphat) gebildete Beschichtung oder eine Zink- oder Zinkeisenlegierungsbeschichtung, die durch Schlagplattieren gebildet ist, bevorzugt. Die aus Sicht der Adhäsion am bevorzugteste ist eine Manganphosphatbeschichtung. Aus Sicht der Korrosionsverhinderung ist eine poröse Zink- oder Zinkeisenlegierungsbeschichtung am bevorzugtesten, da erwartet werden kann, dass Zink eine Korrosion verhindernde Opferfunktion vorsieht.

Sowohl eine durch Phosphatieren gebildete Beschichtung als auch eine durch Schlagplattieren gebildete Zink- oder Zinkeisenlegierung sind porös. Daher weist eine auf einer solchen Beschichtung ausgebildete feste Schmierbeschichtung eine verstärkte Adhäsion durch die so genannte „Ankerwirkung“ auf. Dadurch wird das Auftreten von Abblättern der festen Schmierbeschichtung erschwert, selbst wenn Festmachen und Lösen wiederholt werden, und ein direkter Kontakt zwischen Metallflächen wird wirksam verhindert, wodurch zur Verbesserung der Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß, von Luftdichtheit und Korrosionsverhinderung beigetragen wird.

Das Phosphatieren kann in herkömmlicher Weise durch Eintauchen oder Sprühen durch Verwenden einer sauren Phosphatierlösung, die für gewöhnlich bei einem verzinkten Stahlmaterial verwendet wird, ausgeführt werden. Zum Beispiel kann eine zinkphosphatartige Phosphatierlösung, die 1 - 150g/l Phosphationen, 3 - 70 g/l Zinkionen, 1 - 100 g/l Nitrationen und 0 - 30 g/l Nickelionen enthält, verwendet werden. Ein anderes Beispiel, das verwendet werden kann, ist eine manganphosphatartige Phosphatierlösung, die herkömmlicherweise für Schraubverbindungen verwendet wird. Die Temperatur der Lösung während der Behandlung kann von Raumtemperatur bis 100°C gewählt werden. Die Dauer der Behandlung kann abhängig von der erwünschten Dicke der zu bildenden Beschichtung eingestellt werden und beträgt normalerweise bis zu 15 Minuten. Um die Bildung einer Phosphatbeschichtung zu fördern, kann die zu behandelnde Oberfläche mit einer wässrigen Lösung vorbehandelt werden, die kolloidales Titan zur

Oberflächenmodifizierung vor dem Phosphatieren enthält. Nach dem Phosphatieren ist es bevorzugt, Spülen mit Wasser oder warmem Wasser gefolgt von Trocknen auszuführen.

Schlagplattieren kann im Allgemeinen durch Aufschlagen von Partikeln zum Plattieren auf ein zu plattierendes Material ausgeführt werden, und es umfasst mechanisches Plattieren, bei dem das Aufeinanderprallen der Plattierpartikel und des zu plattierenden Materials in einer sich drehenden Trommel zugelassen wird, und Strahlputzen, wobei eine Strahlputzvorrichtung verwendet wird, um die Plattierpartikel gegen das zu plattierende Material zu blasen. Da in der vorliegenden Erfindung nur die Kontaktflächen plattiert werden, ist es bevorzugt, Strahlputzen zu verwenden, wodurch lokalisierendes Plattieren möglich ist.

Strahlputzen kann unter Verwenden von zum Beispiel Plattierpartikeln mit einem eisenbasierten Kern, der mit einer Oberflächenschicht aus Zink oder einer Zinklegierung beschichtet ist, als Strahlputzpartikel, die gegen die Kontaktflächen eines zu plattierenden Einsteck- und/oder Aufnahmeteils aufschlagen, durchgeführt werden. Die Menge der Oberflächenschicht aus Eisen oder einer Zinklegierung in den Partikeln liegt vorzugsweise in dem Bereich von 20 - 60 Gewichtsprozent, und der Durchmesser der Partikel liegt vorzugsweise in dem Bereich von 0,2 - 1,5 mm. Solche Partikel können durch ein Verfahren, bei dem ein Eisen- oder Eisenlegierungspulver, das den Kern bildet, mit Zink oder einer Zinklegierung (beispielsweise einer Zn-Fe-Al-Legierung) plattiert und dann wärmebehandelt wird, um eine Eisenzinklegierungsschicht an der Zwischenfläche zwischen dem Kern und der Plattierung zu bilden, oder durch ein mechanisches Legierungsverfahren erzeugt werden. Ein Beispiel für ein handelsübliches Produkt solcher Partikel ist „Z Iron“, das von Dowa Iron Powder Co., Ltd. hergestellt wird. Beispiele für eine Strahlputzvorrichtung, die verwendet werden kann, umfassen eine Hochdruckfluid-Strahlputzvorrichtung, die Partikel mit Hilfe eines Hochdruckfluids, beispielsweise verdichteter Luft, bläst, sowie eine mechanische Strahlputzvorrichtung, die ein Laufrad oder andere sich drehende Schaufeln verwendet.

Wenn die vorstehend beschriebenen Partikel gegen ein zu plattierendes Substrat, beispielsweise eine Kontaktfläche einer Schraubverbindung, gestrahlt werden, haften nur die Oberflächenschichten von Zink oder einer Zinklegierung der Partikel einzeln an dem Substrat, so dass eine poröse Beschichtung aus Zink oder einer Zinklegierung auf dem Substrat gebildet wird. Diese Strahlputztechnik kann unabhängig von der Zusammensetzung des Stahls eine plattierte Beschichtung mit einer guten Adhäsion an der Stahloberfläche bilden.

Aus Sicht der Korrosionsverhinderung und Adhäsion liegt die Dicke der durch Aufschlagplattieren gebildeten Zink- oder Zinklegierungsschicht vorzugsweise bei 5 - 40 µm. Liegt sie unter 5 µm, wird in manchen Fällen keine adäquate Korrosionsbeständigkeit

gewährleistet. Liegt sie dagegen über 40 µm, pflegt die Adhäsion an der festen Schmierbeschichtung zu sinken.

Selbst wenn ein anderes Verfahren für die vorbereitende Oberflächenbehandlung verwendet wird, wird die Oberflächenbehandlung so ausgeführt, dass sie eine Primärbeschichtung mit einer Oberflächenrauheit R_{\max} in dem Bereich von 5 - 40 µm bildet. (Selbstschmierende Beschichtung)

In der vorliegenden Erfindung ist eine feste Schmierbeschichtung eine Beschichtung, die ein oder mehrere Arten von festem Schmierstoffpulver und ein Bindemittel als Matrix umfasst. Sie ist also eine heterogene Beschichtung, die ein festes Schmierstoffpulver umfasst, das mit einem Bindemittel gebunden ist.

Das feste Schmierstoffpulver ist ein Pulver, das eine schmierende Wirkung aufweist und aus Materialien gebildet werden kann, die herkömmlicherweise als feste Schmierstoffe verwendet werden. Ein Material, das keine nachteilige Wirkung auf die Umgebung aufweist, ist als Schmierpulver bevorzugt.

Beispiele für bevorzugte Schmierpulver umfassen anorganische Pulver eines Materials mit einer graphitartigen geschichteten Kristallstruktur, beispielsweise Molybdändisulfid (MoS_2), Wolframdisulfid (WS_2), Graphit und Bornitrid (BN), sowie Polytetrafluorethylenpulver. Der durchschnittliche Partikeldurchmesser des Schmierpulvers liegt vorzugsweise in dem Bereich von 0,5 - 15 µm.

Die Menge an festem Schmierpulver in der festen Schmierbeschichtung (die Gesamtmenge bei Verwenden von zwei oder mehr Pulverarten) wird vorzugsweise so gewählt, dass das Massenverhältnis des festen Schmierpulvers zu dem Bindemittel in der Beschichtung in dem Bereich von 0,3 - 0,9 liegt. Ist die Menge des Schmierpulvers zu klein, nimmt die Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß ab, und ist sie zu groß, nehmen die Adhäsion und Beschichtungsfestigkeit der festen Schmierbeschichtung ab. Da bei der vorliegenden Erfindung über der festen Schmierbeschichtung eine feste Korrosionsschutzbeschichtung liegt, kann verglichen mit dem Fall, bei dem die feste Schmierbeschichtung die äußerste Schicht ist, der Anteil des Schmierpulvers in der festen Schmierbeschichtung angehoben werden.

Die feste Schmierbeschichtung kann ein oder mehrere Arten von zusätzlichen anderen Pulvern als das feste Schmierpulver enthalten. Beispiele für solche Pulver sind Zink, Kupfer, Nickel, Zinn oder andere Metallpulver und Siliziumdioxid oder andere anorganische Pulver, die jeweils zum Steigern der Korrosionsbeständigkeit dienen. Wenn andere Pulver enthalten sind, liegt das Massenverhältnis der Gesamtmenge der anderen Pulver und des Schmierpulvers zur Menge des Bindemittels vorzugsweise bei höchstens 0,9.

Das Bindemittel der festen Schmierbeschichtung ist ein Material mit der Fähigkeit, einen Film zu bilden. Es kann ein organisches Harz oder eine anorganische

Polymerverbindung sein. Als Bindemittel kann die gleiche Sorte von Material, die für das die obere feste Korrosionsschutzschicht bildende Material verwendet wird, wie nachstehend näher beschrieben verwendet werden.

Die Dicke der festen Schmierbeschichtung beträgt vorzugsweise mindestens 5 μm . Das in der festen Schmierbeschichtung enthaltene Schmierpulver verteilt sich über die gesamten Kontaktflächen einer Schraubverbindung, wenn es einen hohen Druck erfährt, so dass es eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß aufweisen kann. Wenn die Dicke der festen Schmierbeschichtung unter 5 μm liegt, wird die absolute Menge des an den Kontaktflächen vorhandenen Schmierpulvers zu gering, um seine Schmierwirkung adäquat auszuüben. Wenn die Dicke der festen Schmierbeschichtung 40 μm übersteigt, wird der Betrag des Anziehens, der durch Eingriff zwischen dem Außen- und Innengewinde erreicht wird, ungenügend, was zu einer Abnahme der Luftdichtheit führt. Wenn der während des Festmachens ausgeübte Druck erhöht wird, um Luftdichtheit sicherzustellen, bestehen Bedenken, dass Probleme wie Abreibungsverschleiß und Abblättern der Beschichtung leichter auftreten. Abhängig von der geometrischen Form der Gewinde ist es aber möglich, die Dicke der festen Schmierbeschichtung größer als 40 μm zu machen. Aus Sicht der Wirtschaftlichkeit und Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß beträgt eine bevorzugtere Dicke der festen Schmierbeschichtung mindestens 10 μm und höchstens 40 μm .

(Materialien für das Bindemittel der festen Schmierbeschichtung und die feste Korrosionsschutzbeschichtung)

Sowohl für das Bindemittel der festen Schmierbeschichtung als auch für die feste Korrosionsschutzbeschichtung wird ein Film bildendes Material verwendet. Für beide kann ein organisches Harz oder eine anorganische polymere Verbindung verwendet werden.

Ein bevorzugtes organisches Harz ist ein Harz mit Wärmebeständigkeit, einer geeigneten Härte und einer geeigneten Abriebbeständigkeit. Beispiele für ein solches organisches Harz umfassen wärmehärtende Harze wie Epoxidharze, Polyimidharze, Polyamidimidharze, Polycarbodiimidharze, Polyethersulfone, Polyetheretherketone, Phenolharze und Furanharze sowie Polyethylenharze, Siliconharze und Fluorharze.

Eine feste Schmierbeschichtung oder eine feste Korrosionsschutzbeschichtung können durch Aufbringen einer Harzbeschichtungszusammensetzung (einer Lösung oder einer Dispersion eines Harzes oder ein Harz selbst in flüssiger Form) gefolgt von Trocknen gebildet werden. In dem Fall der festen Schmierbeschichtung wird vor dem Aufbringen der Harzbeschichtungszusammensetzung ein Schmierpulver zugegeben und darin gleichmäßig dispergiert.

Um die Adhäsion der festen Schmierbeschichtung oder der festen Korrosionsschutzbeschichtung zu verbessern, folgt auf das Aufbringen der

Harzbeschichtungszusammensetzung vorzugsweise Wärmehärten. Das Wärmehärten wird vorzugsweise bei einer Temperatur von mindestens 120°C und bevorzugter 150 - 380°C ausgeführt. Die Dauer des Erwärmens liegt vorzugsweise bei mindestens 30 Minuten und bevorzugter bei 30 - 60 Minuten. Das Wärmehärten kann nach dem Bilden der festen Schmierbeschichtung und wiederum nach Bilden der festen Korrosionsschutzbeschichtung ausgeführt werden oder kann nur nach Bilden der festen Korrosionsschutzbeschichtung ausgeführt werden.

Eine anorganische polymere Verbindung ist eine Verbindung mit einer Struktur, bei der Metall/Sauerstoff-Bindungen wie Ti-O, Si-O, Zr-O, Mn-P, Ce-O oder Ba-O dreidimensional vernetzt sind. Eine solche anorganische Polymerverbindung kann durch Hydrolyse und Kondensation einer hydrolysierbaren Metallverbindung, beispielsweise eines Metallalkoxid oder eines Metallchlorids, gebildet werden. Eine hydrolysierbare Metallverbindung, die eine Funktionsgruppe wie eine Amin- oder Epoxid-Gruppe enthält, wie durch einen Silanhaftvermittler oder einen Titanathaftvermittler veranschaulicht, kann ebenfalls zum Bilden der anorganischen Polymerverbindung verwendet werden.

Wenn eine anorganische Polymerverbindung verwendet wird, kann eine feste Schmierbeschichtung oder eine feste Korrosionsschutzbeschichtung durch Aufbringen einer Lösung der hydrolysierbaren Metallverbindung oder eines Teilhydrolysats derselben in einem Lösungsmittel bei Bedarf gefolgt von Befeuchtungsbehandlung und/oder Erwärmen gebildet werden. Im Fall der festen Schmierbeschichtung wird natürlich ein Schmierpulver in der Lösung vor dessen Aufbringen dispergiert.

Die Befeuchtungsbehandlung kann durchgeführt werden, um die Hydrolyse der hydrolysierbaren Metallverbindung zu fördern. Sie kann durch Stehenlassen der aufgetragenen Beschichtung an Luft, vorzugsweise in einer befeuchteten Luft mit einer relativen Feuchte von mindestens 70% über einen gewissen Zeitraum ausgeführt werden. Vorzugsweise ist die Befeuchtungsbehandlung gefolgt von Erwärmen, um die Hydrolyse der Metallverbindung und die Kondensation des sich ergebenden Hydrolysats und den Ausstoß der durch die Hydrolyse gebildeten Nebenprodukte (ein Alkohol, wenn die Metallverbindung ein Metallalkoxid ist) und der Kondensation (Wasser) zu beschleunigen, was es möglich macht, eine Beschichtung in kurzer Zeit zu bilden. Zudem wird die Adhäsion der resultierenden Beschichtung verbessert. Das Erwärmen wird vorzugsweise nach dem Verdampfen des Lösungsmittels, das in der aufgetragenen Beschichtung verblieb, ausgeführt, und die Erwärmungstemperatur ist vorzugsweise eine Temperatur in dem Bereich von 50 - 200°C, was näher am Siedepunkt des Alkoholnebenprodukts liegt. Das Erwärmen in einem Heißluftofen ist effektiver.

(Feste Korrosionsschutzbeschichtung)

Die feste Korrosionsschutzbeschichtung ist eine nicht poröse Beschichtung, die keine Feststoffpartikel enthält. Wie das Bindemittel der festen Korrosionsschutzbeschichtung kann sie aus einem Film bildenden Material gebildet werden.

Die feste Korrosionsschutzbeschichtung ist vorzugsweise im Wesentlichen aus einem organischen Harz gebildet. Es ist auch möglich, die feste Korrosionsschutzbeschichtung aus einer anorganischen Polymerverbindung zu bilden, aber eine aus einer anorganischen Polymerverbindung gebildete Beschichtung weist im Allgemeinen eine größere Neigung zur Bildung von Fehlstellen auf als eine organische Harzbeschichtung und ist bezüglich Korrosionsverhinderungseigenschaften schlechter.

Die feste Korrosionsschutzbeschichtung kann andere Zusätze als Feststoffpartikel enthalten. Um zum Beispiel der Beschichtung weiter verbesserte Korrosionsschutzeigenschaften zu bieten, kann der Harzbeschichtungszusammensetzung, die zum Bilden der festen Korrosionsschutzbeschichtung verwendet wird, kolloidales Siliziumdioxid oder Wachs zugegeben werden.

Wenn die feste Korrosionsschutzbeschichtung im Wesentlichen vollständig oder teilweise aus einem organischen Harz gebildet ist, ist es bevorzugt, dass mindestens ein Teil des Bindemittels der festen Schmierbeschichtung das gleiche Harz ist, das für die feste Korrosionsschutzbeschichtung verwendet wird, so dass in dem Bindemittel der unteren festen Schmierbeschichtung und der oberen festen Korrosionsschutzbeschichtung das gleiche organische Harz vorhanden ist. Dadurch wird die Adhäsion der festen Korrosionsschutzbeschichtung an der festen Schmierbeschichtung deutlich verbessert, und die Wirkung der festen Korrosionsschutzbeschichtung auf den Schutz der darunter liegenden festen Schmierbeschichtung kann äußerst effektiv erhalten werden.

Die Dicke der festen Korrosionsschutzbeschichtung beträgt vorzugsweise mindestens 5 μm . Wenn die feste Korrosionsschutzbeschichtung eine Dicke von weniger als 5 μm aufweist, kann sie keine zufrieden stellende Korrosionsverhinderungswirkung bieten. Wenn ihre Dicke größer als 40 μm ist, bestehen aus dem gleichen Grund wie bezüglich der festen Schmierbeschichtung aufgeführt Bedenken, dass Probleme bezüglich Luftdichtheit, Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß und Beschichtungsadhäsion auftreten. Abhängig von der geometrischen Form der Gewinde ist es aber möglich, die Beschichtungsdicke größer als 40 μm auszulegen.

Wenn die Gesamtdicke der festen Schmierbeschichtung und der festen Korrosionsschutzbeschichtung zu groß wird, bestehen Bedenken bezüglich einer nachteiligen Wirkung insbesondere auf Luftdichtheit und Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß, so dass die gesamte Dicke dieser beiden Beschichtungsschichten vorzugsweise bei höchstens 60 μm und bevorzugter bei höchstens 50 μm liegt. (Abschnitte, auf denen Beschichtungen ausgebildet werden)

Die feste Schmierbeschichtung und die feste Korrosionsschutzbeschichtung, die vorstehend beschrieben sind, können an den Kontaktflächen eines oder beider von Einsteckteil und Aufnahmeteil ausgebildet werden. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann adäquat erreicht werden, selbst wenn diese beiden Beschichtungsschichten auf den Kontaktflächen nur eines Elements ausgebildet sind, daher ist es wirtschaftlich, diese Beschichtungsschichten nur auf einem Element von Einsteckteil und Aufnahmeteil auszubilden. In diesem Fall ist der Prozess des Ausbildens einer Beschichtung auf dem Aufnahmeteil einfacher als auf dem Einsteckteil.

Wenn die Kontaktflächen nur eines Elements von Einsteckteil und Aufnahmeteil mit einer festen Schmierbeschichtung und einer festen Korrosionsschutzbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung beschichtet werden, können die Kontaktflächen des anderen Elements, an denen diese beiden Beschichtungsschichten nicht ausgebildet werden (was vorzugsweise der Einsteckteil ist, der nachstehend als das andere Element bezeichnet wird), unbeschichtet (bloß) bleiben oder mit einer oder mehreren anderen Beschichtungen beschichtet werden.

Wenn insbesondere ein Stahlrohr und ein Verbindungsteil durch zeitweiliges Verbinden derselben zum Zeitpunkt des Transports zusammengebaut sind, wie in Fig. 1 gezeigt ist, stehen, selbst wenn die Kontaktflächen des anderen Elements, beispielsweise des Einsteckteils, bloß sind, die Kontaktflächen eines Einsteckteils, mit dem ein Aufnahmeteil verbunden ist, in engem Kontakt mit den Beschichtungen, die auf den Kontaktflächen des Aufnahmeteils ausgebildet sind, und Rosten der Kontaktflächen des Einsteckteils kann durch die Beschichtungen des Aufnahmeteils ebenfalls verhindert werden.

An einem Stahlrohr für Ölfeldrohre ist aber an nur einem Ende desselben ein Verbindungsteil angebracht, während der Einsteckteil an dem anderen Ende des Rohrs und der Aufnahmeteil an einer Seite des Verbindungsteils freiliegen. Oft ist eine Schutzvorrichtung an dem freiliegenden Einsteckteil oder Aufnahmeteil zum Schützen der Gewindeabschnitte angebracht, doch verhindert die Schutzvorrichtung nicht das Eindringen von Luft oder Wasser.

Wenn daher eine feste Schmierbeschichtung und eine feste Korrosionsschutzbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung nur an dem Aufnahmeteil ausgebildet sind, ist der Einsteckteil, an dessen einem Ende kein Aufnahmeteil installiert ist, Luft ausgesetzt. Um den Kontaktflächen des anderen Elements (d.h. des Einsteckteils) Korrosionsverhinderungseigenschaften oder sowohl Korrosionsverhinderungseigenschaften als auch Schmiereigenschaften zu verleihen, können in diesem Fall die Kontaktflächen des anderen Elements durch eine geeignete Oberflächenbehandlung mit einer oder mehreren Beschichtungsschichten beschichtet werden. Diese Beschichtung kann entweder eine

trocknende oder nicht trocknende Beschichtung sein, solange sie nicht für die Umwelt oder Menschen schädlich ist.

Die auf den Kontaktflächen des anderen Elements ausgebildete Beschichtung kann eine beliebige Primärbeschichtung sein, die durch die vorstehend beschriebene vorbereitende Oberflächenbehandlung ausgebildet wird, die vor der Bildung einer festen Schmierbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden kann. Im Einzelnen kann sie aus einer porösen Zink- oder Zinklegierungsbeschichtung, die durch Schlagplattieren gebildet wird, einer plattierten Metallbeschichtung, einer chemischen Umwandlungsbeschichtung, beispielsweise einer Phosphat-, einer Oxalat- oder einer Boratbeschichtung, ausgewählt werden. Alternativ kann eine Beschichtung für das andere Element eine anorganische Keramikbeschichtung sein. Beispiele für eine Keramikbeschichtung sind eine Verbundbeschichtung aus einer speziellen Keramik und einem speziellen Metall, beispielsweise Tom Coating, die von Tomoe Works Co., Ltd. geliefert wird, und eine Raydent Coating, die eine metallische Beschichtung mit einer laminierten Schicht aus ultrafeinen Keramikpartikeln ist und von Raydent Industrial Co., Ltd. geliefert wird. Eine andere Option für eine solche Beschichtung ist das Bilden einer vorstehend beschriebenen festen Korrosionsschutzbeschichtung direkt auf den Kontaktflächen des anderen Elements. Von diesen Beschichtungen weisen eine poröse Zink- oder Zinklegierungsbeschichtung, eine plattierte Metallbeschichtung und eine feste Korrosionsschutzbeschichtung eine gute Korrosionsverhinderungswirkung auf, während die anderen Beschichtungen beim Verbessern von Gleiteigenschaften sehr effektiv sind.

Eine plattierte Metallbeschichtung als Korrosionsschutz ist vorzugsweise eine solche, die hohe Korrosionsverhinderungseigenschaften aufweist, beispielsweise eine plattierte Beschichtung aus Zink, einer Zinklegierung, Nickel, Kupfer oder einer Kupfer-Zinn-Legierung. Beispiele für eine Phosphatbeschichtung sind eine Manganphosphatbeschichtung, eine Zinkphosphatbeschichtung, eine Zink-Calcium-Phosphat-Beschichtung und eine Zink-Eisen-Phosphat-Beschichtung. Eine Oxalatbeschichtung kann eine Beschichtung aus einem Metalloxalat, beispielsweise Eisenoxalat (FeC_2O_4) und/oder einem Nickeloxalat (NiC_2O_4) sein, die durch Eintauchen in eine wässrige Lösung aus Oxalsäure ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) gebildet wird. Eine Boratbeschichtung kann eine Beschichtung aus einem Metallborat wie Kaliumborat sein. Das Beschichtungsgewicht dieser Beschichtungen kann das gleiche sein, wie es herkömmlicherweise für diese Beschichtungen verwendet wird, und kann so ermittelt werden, dass es Korrosionsverhinderungseigenschaften und/oder Schmiereigenschaften adäquat verleiht, ohne zu groß zu sein. Es ist möglich, zwei oder mehr Schichten dieser Beschichtungen auszubilden, beispielsweise eine Phosphatbeschichtung, eine Oxalatbeschichtung oder eine

Boratbeschichtung oben auf einer porösen Zink- oder Zinklegierungsbeschichtung oder einer plattierten Metallbeschichtung zu bilden.

Auf den Kontaktflächen des anderen Elements ist es statt des Bildens der vorstehend beschriebenen Primärbeschichtung oder festen Korrosionsschutzbeschichtung möglich, nur die gleiche Art von fester Schmierbeschichtung (eine Beschichtung, die ein Schmierpulver in einem Bindemittel enthält) zu bilden, wie sie bei der vorliegenden Erfindung als untere Beschichtungsschicht verwendet wird.

Die Dicke einer Beschichtung auf dem anderen Element liegt aus dem gleichen vorgenannten Grund vorzugsweise in dem Bereich von 5 - 40 μm . Um die Haltbarkeit der festen Schmierbeschichtung und der festen Korrosionsschutzbeschichtung zu garantieren, die auf dem Aufnahmeteil ausgebildet sind, den das andere Element (Einsteckteil) kontaktiert, liegt die Oberflächenrauheit R_{max} des anderen Elements vorzugsweise in dem Bereich von 1 - 10 μm . Wenn die Oberflächenrauheit der Kontaktflächen des anderen Elements (Einsteckteil) größer als 10 μm ist, besteht die Möglichkeit, dass die feste Korrosionsschutzbeschichtung oder die feste Schmierbeschichtung, die auf dem Aufnahmeteil ausgebildet ist, durch den Einsteckteil zum Zeitpunkt des Festmachens und LöSENS einer Schraubverbindung beschädigt und abgezogen wird.

Bei Ausbilden einer festen Korrosionsschutzbeschichtung oder festen Schmierbeschichtung auf den Kontaktflächen des anderen Elements kann zum Verbessern der Adhäsion dieser Beschichtungen eine beliebige der vorstehend beschriebenen vorbereitenden Oberflächenbehandlungen für Oberflächenaufrauung genutzt werden. Jede Behandlung zum Aufrauen der Kontaktflächen selbst, beispielsweise Beizen oder Strahlputzen, oder eine Behandlung zum Ausbilden einer Primärbeschichtung mit einer rauen Oberfläche wie Schlagplattieren mit Zink oder einer Zinklegierung, Metallisieren, Weichnitrierungsbehandlung, Verbundmetallplattieren, Phosphatieren, Oxalatbehandlung oder Boratbehandlung, kann nämlich auf den Kontaktflächen des anderen Elements vor dem Ausbilden einer festen Korrosionsschutzbeschichtung oder einer festen Schmierbeschichtung ausgeführt werden. Es ist möglich, zwei oder mehr Arten von vorbereitender Oberflächenbehandlung nacheinander einzusetzen.

Wie vorstehend beschrieben ist es bevorzugt, dass die Oberflächenrauheit R_{max} der Kontaktflächen des anderen Elements bei höchstens 10 μm liegt. Die vorbereitende Oberflächenbehandlung zum Oberflächenaufrauen der Kontaktflächen des anderen Elements wird vorzugsweise so gesteuert, dass sichergestellt wird, dass eine bevorzugte Oberflächenrauheit erhalten wird, nachdem die feste Korrosionsschutzbeschichtung oder feste Schmierbeschichtung auf diesen Oberflächen ausgebildet ist.

Beispiele

Die folgenden Beispiele sollen die vorliegende Erfindung veranschaulichen und sollen nicht die Erfindung in irgendeiner Weise beschränken. In den Beispielen werden die Kontaktflächen, die den Außengewindeabschnitt und den gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitt des Einsteckteils umfassen, als die „Einsteckteiloberflächen“ bezeichnet, und die Kontaktflächen, die den Innengewindeabschnitt und den gewindefreien Metall/Metall-Kontaktabschnitt des Aufnahmeteils umfassen, werden als die „Aufnahmeteiloberflächen“ bezeichnet.

Schraubverbindungen (Außendurchmesser: 17,78 cm (7 Zoll), Wandstärke: 1,036 cm (= 0,408 Zoll)) für Ölfeldrohre wurden aus einem Kohlenstoffstahl A, einem Cr-Mo-Stahl B, einem 13%igen Cr-Stahl C und einem hochlegierten Stahl D ausgebildet, die jeweils die in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung hatten.

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen jeder Schraubverbindung wurden separat einer vorbereitenden Oberflächenbehandlung und dann einer oder zwei Arten von Oberflächenbehandlung unterzogen, um jeweils eine Beschichtung zu bilden, wie sie in Tabelle 2 gezeigt ist und später für jedes Beispiel beschrieben wird. Wurde nur eine einzige Beschichtung gebildet, wurde die Beschichtung in Tabelle 2 in der Spalte der äußersten Schicht angezeigt. Wurden zwei Arten von Beschichtung gebildet, wurden die erste und die zweite Beschichtung in den Spalten der Zwischenschicht bzw. der äußersten Schicht in Tabelle 2 angezeigt. In den erfindungsgemäßen Beispielen sind die Zwischenschicht und die äußere Schicht eine feste Schmierbeschichtung und eine feste Korrosionsschutzbeschichtung.

In all den Beispielen wurde jede von fester Schmierbeschichtung und fester Korrosionsschutzbeschichtung durch Luftsprühbeschichten gefolgt von Wärmehärten durch Erwärmen bei einer Temperatur von über 100°C über 30 Minuten gebildet.

Zum Beurteilen der Korrosionsbeständigkeit bei Einwirken von kondensiertem Wasser und Regenwasser wurden nach Beenden der Oberflächenbehandlung in manchen Fällen die Aufnahmeteiloberflächen dem in JIS Z2371 spezifizierten Salzsprühtest 100 Stunden lang unterzogen. Danach wurden die Aufnahmeteiloberflächen beurteilt und es wurde dann ein Test mit Festmachen und Lösen an der Schraubverbindung durchgeführt.

Um die Bedingungen während Lagerung von Ölfeldrohren zu simulieren, wurde in den anderen Beispielen nach Beenden der Oberflächenbehandlung ein handelsübliches Rostschutzöl auf den Einsteckteiloberflächen und den Aufnahmeteiloberflächen jeder Schraubverbindung aufgebracht, und die Verbindung wurde eine Woche stehengelassen. Danach wurde das Rostschutzöl auf den Oberflächen weggewischt, und nach Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen wurde ein Test aus Festmachen und Lösen an der Schraubverbindung durchgeführt.

Das Festmachen wurde bei einer Festmachgeschwindigkeit von 10 U/min mit einem Festmachdrehmoment von 14 kN-m ausgeführt, und das Auftreten von Festfressen oder Abreibungsverschleiß der Kontaktflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils wurden nach Lösen geprüft. Wenn die Schäden aufgrund Festfressens, das während Festmachen auftrat, leicht waren und es möglich war, nach Reparatur das Festmachen wieder aufzunehmen, wurde eine Reparatur ausgeführt und das Festmachen und Lösen wurden fortgesetzt.

Die Testergebnisse sind in Tabelle 3 gezeigt.

Tabelle 1

(Masseprozent, Rest: Fe und unvermeidliche Verunreinigungen)

| Stahlart | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| A | 0,24 | 0,3 | 1,3 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,17 | 0,04 |
| B | 0,25 | 0,25 | 0,8 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,95 | 0,18 |
| C | 0,19 | 0,25 | 0,8 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,1 | 13 | 0,04 |
| D | 0,02 | 0,3 | 0,5 | 0,02 | 0,01 | 0,5 | 7 | 25 | 32 |

TABELLE 2

| Nr. | Einsteckteil | | Aufnahmeteil | | Stahl | ausgeübte Bedingung* |
|------------|--|------------------|--|--|--|-------------------------|
| | Vorbereitende Behandlung | Zwischen-schicht | Äußerste Schicht | Vorbereitende Behandlung | Zwischenschicht | Äußerste Schicht |
| Beispiel 1 | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | KS Epoxidharz (t=20) | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Mn-Phosphat (R=10) (t=15) | SB Epoxidharz (M=0,6) Cu-Pulver (N=0,2) (t=30) | KS Epoxidharz (t=20) |
| Beispiel 2 | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | KS Epoxidharz (t=20) | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Mn-Phosphat (R=10) (t=15) | SB Epoxidharz (M=0,6) Cu-Pulver (N=0,2) (t=30) | KS Epoxidharz (t=20) |
| Beispiel 3 | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Beizen (R=10) | Keine | SB Furanharz Mo-Disulfid (M=0,3) (t=20) | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Beizen (R=10) | SB Epoxidharz Mo-Disulfid (M=0,7) (t=30) | KS Epoxidharz (t=20) |
| Beispiel 4 | 1. Strahlputzen (R=10) | Keine | SB Furanharz Mo-Disulfid (M=0,3) (t=20) | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Schlagplattieren (t=7) | SB Epoxidharz Mo-Disulfid (M=0,7) (t=30) | KS Epoxidharz (t=20) |
| Beispiel 5 | 1. Strahlputzen (R=10) | Keine | KS Epoxidharz (t=20) | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Schlagplattieren (t=7) | SB Epoxidharz Mo-Disulfid (M=0,7) (t=30) | KS Epoxidharz (t=20) |
| Beispiel 6 | 1. Strahlputzen (R=10) | Keine | SB Furanharz Mo-Disulfid (M=0,3) (t=20) | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Schlagplattieren (t=7) | SB Epoxidharz (M=0,6) Cu-Pulver (N=0,2) (t=30) | KS Epoxidharz (t=20) |

KS=Korrosionsschutzbeschichtung; SB=Schmierbeschichtung; *Ausgeübte Bedingung vor Festmachen und Lösen

Fortsetzung nächste Seite

TABELLE 2 (Fortsetzung)

| Nr. | Einsteckteil | | Aufnahmeteil | | | Stahl | ausgeübte Bedingung* |
|----------------------|--|-----------------|-------------------------|--|-------------------------|---|----------------------|
| | Vorbereitende Behandlung | Zwischenschicht | Äußerste Schicht | Vorbereitende Behandlung | Zwischenschicht | Äußerste Schicht | |
| Vergleichsbeispiel 1 | 1. Feinschleifen (R=3) | Keine | Keine | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Mn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | Compound-Schmierstoff, spezifiziert durch AP Bulletin 5A2** | Rostschutzöl |
| Vergleichsbeispiel 2 | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | KS Epoxidharz (t=20) | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Mn-Phosphat (R=10) (t=15) | KS Epoxidharz (t=20) | SB Epoxidharz (M=0,6) Cu-Pulver (N=0,2) (t=30) | Sprühsalz |
| Vergleichsbeispiel 3 | 1. Feinschleifen (R=3) | Keine | Keine | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Mn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | Polyamidimidharz Mo-Disulfid (M=1) (t=25) | Rostschutzöl |
| Vergleichsbeispiel 4 | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | Keine | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Mn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | SB Epoxidharz (M=1) (t=15) | Rostschutzöl |
| Vergleichsbeispiel 5 | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Zn-Phosphat (R=10) (t=15) | Keine | Keine | 1. Feinschleifen (R=3) 2. Mn-Phosphat (R=10) (t=15) | KS Epoxidharz (t=20) | AB Polyamidimidharz Mo-Disulfid (M=1) (t=25) | Rostschutzöl |

(Hinweise) R = Oberflächenrauheit R_{max} (µm); t = Beschichtungsstärke (µm); KS = Korrosionsschutzbeschichtung; SB = Schmierbeschichtung;

M = Massenverhältnis von Schmierpulver zu Harzbindemittel; N = Massenverhältnis von Kupferpulver zu Schmierpulver.

* ausgeübte Bedingung vor Festmach- und Lösetest.

** Compound-Schmierstoff enthält Schwermetalle wie Blei und ist für Mensch und Umwelt schädlich.

TABELLE 3

| Nr. | Oberflächen- erscheinungs- bild des Aufnahmeteils vor Festmachen | Ergebnis in jedem Zyklus des Festmach- und Lösetests* | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Beispiel 1 | Keine Änderung | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O |
| Beispiel 2 | Keine Änderung | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O |
| Beispiel 3 | Keine Änderung | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O |
| Beispiel 4 | Keine Änderung | O | O | O | O | O | O | O | O | O | Δ |
| Beispiel 5 | Keine Änderung | O | O | O | O | O | O | O | O | O | Δ |
| Beispiel 6 | Keine Änderung | O | O | O | O | O | O | O | Δ | Δ | Δ |
| Vergleichs- beispiel 1 | - | O | O | O | O | O | O | O | O | Δ | Δ |
| Vergleichs- beispiel 2 | Patina auf Oberfläche ausgebildet | O | O | O | O | O | Δ | Δ | X | - | - |
| Vergleichs- beispiel 3 | Keine Änderung | O | O | O | Δ | Δ | X | - | - | - | - |
| Vergleichs- beispiel 4 | Keine Änderung | O | Δ | X | - | - | - | - | - | - | - |
| Vergleichs- beispiel 5 | Keine Änderung | O | O | O | Δ | Δ | X | - | - | - | - |

*O: Kein Auftreten von Festfressen und Abreibungsverschleiß;

Δ: Leichtes Festfressen trat auf, doch war erneutes Festmachen nach Reparatur möglich;

X: Festfressen trat auf und Reparatur war nicht möglich.

Beispiel 1

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer Kohlenstoffstahl-Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung A aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Manganphosphatierlösung (eine manganphosphatartige Phosphatierlösung) bei 80 – 95°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Primärbeschichtung zu bilden, die eine Manganphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm war. Auf der Primärbeschichtung wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von 30 µm aus einem Epoxidharz gebildet, das Graphitpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von 10 µm und ein flockiges Kupferpulver mit einer maximalen Länge von 15 µm enthielt. Das Massenverhältnis von Graphit zu Epoxidharz (M in Tabelle 2) betrug in der festen Schmierbeschichtung 0,6:1, und das Massenverhältnis von Kupferpulver zu Graphit (N in Tabelle 2) betrug darin 0,2:1. Eine allein aus einem Epoxidharz gebildete feste Korrosionsschutzbeschichtung wurde mit einer Dicke von 20 µm oben auf der festen Schmierbeschichtung gebildet.

Die Einsteckteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Zinkphosphatierlösung (eine zinkphosphatartige Phosphatierlösung) bei 75 – 85°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Primärbeschichtung zu bilden, die eine Zinkphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm war. Direkt auf der Primärbeschichtung wurde eine feste Korrosionsschutzbeschichtung mit einer Dicke von 20 µm, die nur aus einem Epoxidharz bestand, dann ausgebildet.

Bei Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen, auf die Rostschutzöl aufgetragen und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Beim Festmach- und Lösetest gab es, wie in Tabelle 3 gezeigt, kein Auftreten von Festfressen oder Abreibungsverschleiß während 10 Zyklen des Festmachens und LöSENS, und die Ergebnisse waren äußerst gut.

Beispiel 2

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer Kohlenstoffstahl-Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung A aufwiesen, wurden getrennt in genau der gleichen Weise wie in Beispiel 1 beschrieben einer Oberflächenbehandlung unterzogen.

Somit weisen die Aufnahmeteiloberflächen eine innerste Manganphosphatbeschichtung, eine dazwischen befindliche feste Schmierbeschichtung, die ein Graphitpulver und ein Kupferpulver in einem Epoxidharz enthielt, und eine äußerste feste Korrosionsschutzbeschichtung aus einem Epoxidharz auf. Die Einsteckteiloberflächen

wiesen eine untere Zinkphosphatbeschichtung und eine obere feste Korrosionsschutzbeschichtung aus einem Epoxidharz auf.

Die Aufnahmeteiloberflächen wurden dem Salzsprühtest unterzogen. Bei Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen nach dem Salzsprühtest von 100 Stunden wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Bei dem Festmach- und Lösetest kam es, wie in Tabelle 3 gezeigt, zu keinem Auftreten von Festfressen oder Abreibungsverschleiß während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens, und die Ergebnisse waren äußerst gut.

Beispiel 3

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer aus dem Cr-Mo-Stahl bestehenden Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung B aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von $3\text{ }\mu\text{m}$) fertiggestellt worden waren, wurden als vorbereitende Oberflächenbehandlung Beizen unterzogen, um eine Oberflächenrauheit von $10\text{ }\mu\text{m}$ zu erhalten. Auf den Aufnahmeteiloberflächen, die in dieser Weise behandelt worden waren, wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von $30\text{ }\mu\text{m}$ aus einem Epoxidharz gebildet, das Molybdändisulfidpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von $5\text{ }\mu\text{m}$ enthielt. Das Massenverhältnis M von Molybdändisulfid zu Epoxidharz betrug in der festen Schmierbeschichtung 0,7:1. Eine allein aus einem Epoxidharz gebildete feste Korrosionsschutzbeschichtung wurde mit einer Dicke von $20\text{ }\mu\text{m}$ oben auf der festen Schmierbeschichtung gebildet.

Die Einsteckteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von $3\text{ }\mu\text{m}$) fertiggestellt worden waren, wurden als vorbereitende Oberflächenbehandlung Beizen unterzogen, um eine Oberflächenrauheit von $10\text{ }\mu\text{m}$ zu erhalten. Auf den Einsteckteiloberflächen, die auf diese Weise behandelt worden waren, wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von $20\text{ }\mu\text{m}$ aus einem Furanharz gebildet, das Molybdändisulfidpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von $5\text{ }\mu\text{m}$ enthielt. Das Massenverhältnis M von Molybdändisulfidharz zu Furanharz in der festen Schmierbeschichtung lag bei 0,3:1. Darauf wurde keine allein aus Epoxidharz gebildete feste Korrosionsschutzbeschichtung gebildet.

Bei Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen, auf die Rostschutzöl aufgetragen und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Beim Festmach- und Lösetest gab es, wie in Tabelle 3 gezeigt, kein Auftreten von Festfressen oder Abreibungsverschleiß während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens, und die Ergebnisse waren äußerst gut.

Beispiel 4

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer aus dem hochlegierten Stahl bestehenden Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung D aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von $3\text{ }\mu\text{m}$) fertiggestellt worden waren, wurden als vorbereitende Oberflächenbehandlung Strahlputzen unter Verwenden von Partikeln mit einem mit Zink beschichteten Eisenkern unterzogen, um eine poröse Zinkbeschichtung mit einer Dicke von $7\text{ }\mu\text{m}$ zu bilden. Auf der sich ergebenden Primärbeschichtung wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von $30\text{ }\mu\text{m}$ aus einem Epoxidharz gebildet, das Molybdändisulfidpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von $5\text{ }\mu\text{m}$ enthielt. Das Massenverhältnis M von Molybdändisulfid zu Epoxidharz betrug in der festen Schmierbeschichtung 0,7:1. Eine allein aus einem Epoxidharz gebildete feste Korrosionsschutzbeschichtung wurde mit einer Dicke von $20\text{ }\mu\text{m}$ oben auf dieser festen Schmierbeschichtung gebildet.

Die Einsteckteiloberflächen erhielten durch Strahlputzen mit einem Sand Nr. 80 eine Oberflächenrauheit von $10\text{ }\mu\text{m}$, und es wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von $20\text{ }\mu\text{m}$ auf diesen Oberflächen aus einem Furanharz gebildet, das Molybdändisulfidpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von $5\text{ }\mu\text{m}$ enthielt. Das Massenverhältnis M von Molybdändisulfid zu Furanharz in der festen Schmierbeschichtung lag bei 0,3:1.

Bei Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen, auf die Rostschutzöl aufgetragen und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Beim Festmach- und Lösetest kam es, wie in Tabelle 3 gezeigt, während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens zu leichtem Festfressen bei Beenden des zehnten Zyklus, doch war es möglich, durch Ausführen von Reparatur mit ihrer Verwendung fortzufahren. Dieses Ergebnis stellt bezüglich der Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß überhaupt keine Probleme dar.

Beispiel 5

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer aus dem 13Cr-Stahl bestehenden Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung C aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von $3\text{ }\mu\text{m}$) fertiggestellt worden waren, wurden genau in der in Beispiel 4 beschriebenen gleichen Weise oberflächenbehandelt: Dadurch wurden eine durch Strahlputzen gebildete poröse Zinkbeschichtung, eine feste Schmierbeschichtung, die Molybdändisulfidpulver in einem Epoxidharz enthielt, und eine feste Korrosionsschutzbeschichtung aus einem Epoxidharz nacheinander auf den Aufnahmeteiloberflächen gebildet.

Die Einsteckteiloberflächen erhielten durch Strahlputzen mit einem Sand Nr. 80 eine Oberflächenrauheit von 10 µm, und es wurde eine feste Korrosionsschutzbeschichtung mit einer Dicke von 20 µm, die nur aus einem Epoxidharz bestand, auf diesen Oberflächen ausgebildet.

Bei Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen, auf die Rostschutzöl aufgetragen und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Beim Festmach- und Lösetest kam es, wie in Tabelle 3 gezeigt, während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens zu leichtem Festfressen nach dem Beenden des zehnten Zyklus, doch war es möglich, durch Ausführen von Reparatur mit ihrer Verwendung fortzufahren. Dieses Ergebnis stellt im Hinblick auf Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß überhaupt keine Probleme dar.

Beispiel 6

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer aus dem 13Cr-Stahl bestehenden Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung C aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden als vorbereitende Oberflächenbehandlung Strahlputzen unter Verwenden von Partikeln mit einem mit Zink beschichteten Eisenkern unterzogen, um eine poröse Zinkbeschichtung mit einer Dicke von 7 µm zu bilden. Auf der sich ergebenden Primärbeschichtung wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von 30 µm gebildet, die Graphitpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von 10 µm und ein flockiges Kupferpulver mit einer maximalen Länge von 15 µm in einem Epoxidharz enthielt. Das Massenverhältnis M von Graphit zu Epoxidharz betrug in der festen Schmierbeschichtung 0,6:1, und das Massenverhältnis N von Kupferpulver zu Graphit betrug darin 0,2:1. Eine allein aus einem Epoxidharz gebildete feste Korrosionsschutzbeschichtung wurde mit einer Dicke von 20 µm oben auf dieser festen Schmierbeschichtung gebildet.

Die Einsteckteiloberflächen erhielten durch Strahlputzen mit einem Sand Nr. 80 eine Oberflächenrauheit von 10 µm, und es wurde dann eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von 20 µm, die Molybdändisulfidpulver in einem Furanharz mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von 5 µm enthielt, auf diesen Oberflächen ausgebildet. Das Massenverhältnis M von Molybdändisulfid zu Furanharz in der festen Schmierbeschichtung lag bei 0,3:1.

Bei Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen, auf die Rostschutzöl aufgetragen und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Beim Festmach- und Lösetest gab es, wie in Tabelle 3 gezeigt, während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens leichtes Auftreten von Festfressen ab dem achten

Zyklus, doch konnte mit Reparatur ein Festmachen und Lösen bis zu zehn Zyklen lang durchgeführt werden. Dieses Ergebnis stellt bezüglich der Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß keine Probleme dar.

Vergleichsbeispiel 1

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer Kohlenstoffstahl-Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung A aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Manganphosphatierlösung bei 80 – 95°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Manganphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm zu bilden. Als Schmiermittel wurde dann ein Compound-Schmierstoff, der API-Normen erfüllte, aufgebracht.

Die Einsteckteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, blieben wie sie waren, ohne weitere Oberflächenbehandlung.

Bei dem Festmach- und Lösetest trat wie in Tabelle 3 gezeigt während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens kein Festfressen oder Abreibungsverschleiß bis zum achten Zyklus auf. Obwohl beim neunten Zyklus leichtes Festfressen auftrat, wurde eine Reparatur durchgeführt und Festmachen und Lösen konnte für bis zu 10 Zyklen durchgeführt werden. Somit wurde in diesem Beispiel eine recht gute Beständigkeit gegen Abreibungsverschleiß erhalten, es versteht sich aber, dass die Verwendung eines Compound-Schmierstoffs, der eine große Menge an Schwermetallen, einschließlich Blei, enthält, für Mensch und Umwelt schädlich ist.

Vergleichsbeispiel 2

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer Kohlenstoffstahl-Schraubverbindung, die eine in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung A aufwiesen, wurden getrennt der gleichen Oberflächenbehandlung wie in Beispiel 1 beschrieben unterzogen, nur war die Reihenfolge der Ausbildung der festen Schmierbeschichtung und der festen Korrosionsschutzbeschichtung für die Aufnahmeteiloberflächen wie nachstehend beschrieben umgekehrt.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden somit 10 Minuten lang in eine Manganphosphatierlösung bei 80 – 95°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Manganphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm zu bilden. Auf der sich ergebenden Primärbeschichtung wurde eine feste Korrosionsschutzbeschichtung ausgebildet, die nur aus einem Epoxidharz gebildet war, mit einer Dicke von 20 µm als

Zwischenschicht ausgebildet. Auf dieser Schicht wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von 30 µm aus einem Epoxidharz gebildet, das Graphitpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von 10 µm und flockiges Kupferpulver mit einer maximalen Länge von 15 µm enthielt. Das Massenverhältnis M von Graphit zu Epoxidharz in der festen Schmierbeschichtung lag bei 0,6:1, und das Massenverhältnis N des Kupferpulvers zu Graphit lag darin bei 0,2:1. Der Aufbau dieser Beschichtungen war ähnlich wie ein in WO 2004/033951 vorgeschlagener, da er eine untere feste Korrosionsschutzbeschichtung und eine obere feste Schmierbeschichtung aufwies.

Die Einsteckteilerflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden genau in der in Beispiel 1 beschriebenen gleichen Weise oberflächenbehandelt, und sie wiesen eine untere Zinkphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm und eine obere feste Korrosionsschutzbeschichtung mit einer Dicke von 20 µm auf, die nur aus einem Epoxidharz bestand.

Die Aufnahmeteilerflächen wurden 100 Stunden lang dem Salzsprühtest unterzogen. Bei Beurteilung der Aufnahmeteilerflächen nach dem Salzsprühtest wurde auf den Aufnahmeteilerflächen das Auftreten von Patina (Grünspan) festgestellt. Es wird angenommen, dass die Patina durch Reagieren des Kupferpulvers, das in der festen Schmierbeschichtung enthalten war, die in diesem Beispiel die äußerste Schicht war, mit dem Sauerstoff der Luft in einer feuchten Atmosphäre, die durch den Salzsprühtest geschaffen wurde, gebildet wurde.

Bei dem Festmach- und Lösetest trat wie in Tabelle 3 gezeigt während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens kein Festfressen oder Abreibungsverschleiß bis zum fünften Zyklus auf, doch kam es beim sechsten Zyklus zu leichtem Festfressen. Nach Durchführen einer Reparatur wurden das Festmachen und Lösen bis zum siebten Zyklus fortgesetzt, doch kann es beim achten Zyklus zu schwerem Festfressen bzw. Abreibungsverschleiß.

Vergleichsbeispiel 3

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteilerflächen einer aus dem Cr-Mo-Stahl bestehenden Schraubverbindung, die die in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung B aufwies, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteilerflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Manganphosphatierlösung bei 80 – 95°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Manganphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm zu bilden. Auf der sich ergebenden Primärbeschichtung wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von 25 µm ausgebildet, die Molybdändisulfidpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von 5 µm in einem Polyamidimiharz enthielt. Das Massenverhältnis M

von Molybdändisulfid zu Polyamidimidharz in der festen Schmierbeschichtung betrug 1:1. Darauf wurde keine feste Korrosionsschutzbeschichtung ausgebildet.

Die Einsteckteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, blieben wie sie waren, ohne weitere Oberflächenbehandlung.

Bei Beurteilung der Aufnahmeiteiloberflächen, auf denen ein Rostschutzöl aufgebracht und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Bei dem Festmach- und Lösetest trat wie in Tabelle 3 gezeigt während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens kein Festfressen oder Abreibungsverschleiß bis zum dritten Zyklus auf, doch kam es beim vierten Zyklus zu leichtem Festfressen. Nach Durchführen einer Reparatur wurden das Festmachen und Lösen bis zum fünften Zyklus fortgesetzt, doch kann es beim sechsten Zyklus zu schwerem Festfressen bzw. Abreibungsverschleiß.

Vergleichsbeispiel 4

Die Einsteckteil- und Aufnahmeiteiloberflächen einer aus dem Cr-Mo-Stahl bestehenden Schraubverbindung, die die in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung B aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeiteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Manganphosphatierlösung bei 80 – 95°C getaucht, um eine Manganphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm zu bilden. Auf der sich ergebenden Primärbeschichtung wurde eine feste Schmierbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm ausgebildet, die Graphitpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von 10 µm in Epoxidharz enthielt. Das Massenverhältnis M von Graphit zu Epoxidharz in der festen Schmierbeschichtung betrug 1:1. Darauf wurde keine feste Korrosionsschutzbeschichtung ausgebildet.

Die Einsteckteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Zinkphosphatierlösung bei 75 – 85°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Zinkphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm zu bilden.

Bei Beurteilung der Aufnahmeiteiloberflächen, auf denen ein Rostschutzöl aufgebracht und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Bei dem Festmach- und Lösetest trat wie in Tabelle 3 gezeigt während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens beim ersten Zyklus kein Festfressen oder Abreibungsverschleiß auf, doch kam es beim zweiten Zyklus zu leichtem Festfressen. Nach Durchführen einer Reparatur wurden das Festmachen und Lösen fortgesetzt, doch kann es beim dritten Zyklus zu schwerem Festfressen bzw. Abreibungsverschleiß.

Vergleichsbeispiel 5

Die Einsteckteil- und Aufnahmeteiloberflächen einer aus dem Cr-Mo-Stahl bestehenden Schraubverbindung, die die in Tabelle 1 gezeigte Zusammensetzung B aufwiesen, wurden getrennt der folgenden Oberflächenbehandlung unterzogen.

Die Aufnahmeteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Manganphosphatierlösung bei 80 – 95°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Manganphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm zu bilden. Auf der sich ergebenden Primärbeschichtung wurde eine feste Korrosionsschutzbeschichtung mit einer Dicke von 20 µm ausgebildet, die nur aus einem Epoxidharz gebildet war. Auf der festen Korrosionsschutzbeschichtung wurde eine feste Schmierbeschichtung, die eine Dicke von 25 µm hatte und aus einem Polyamidimidharz bestand, das Molybdändisulfidpulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von 5 µm enthielt, ausgebildet. Das Massenverhältnis M von Molybdändisulfid zu dem Polyamidimidharz in der festen Schmierbeschichtung betrug 1:1. Der Aufbau dieser Beschichtungen mit einer unteren festen Korrosionsschutzbeschichtung und einer oberen festen Schmierbeschichtung ist der gleiche wie der in WO 2004/033951 vorgeschlagene.

Die Einsteckteiloberflächen, die durch maschinelles Schleifen (Oberflächenrauheit von 3 µm) fertiggestellt worden waren, wurden 10 Minuten lang in eine Zinkphosphatierlösung bei 75 – 85°C für eine vorbereitende Oberflächenbehandlung getaucht, um eine Zinkphosphatbeschichtung mit einer Dicke von 15 µm zu bilden.

Bei Beurteilung der Aufnahmeteiloberflächen, auf denen ein Rostschutzöl aufgebracht und dann abgewischt worden war, wurde keine Änderung des Oberflächenerscheinungsbilds festgestellt. Bei dem Festmach- und Lösetest trat wie in Tabelle 3 gezeigt während 10 Zyklen des Festmachens und Lösens bis zum dritten Zyklus kein Festfressen oder Abreibungsverschleiß auf, doch kam es beim vierten Zyklus zu leichtem Festfressen. Nach Durchführen einer Reparatur wurden das Festmachen und Lösen bis zum fünften Zyklus fortgesetzt, doch kann es beim sechsten Zyklus zu schwerem Festfressen bzw. Abreibungsverschleiß.

Die vorliegende Erfindung wurde bezüglich Ausführungsformen beschrieben, die derzeit als bevorzugt gelten, doch ist die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Es versteht sich, dass Abwandlungen und Änderungen innerhalb eines Bereichs vorgenommen werden können, der nicht dem technischen Konzept der Erfindung entgegensteht und der sich anhand der beigefügten Ansprüche und der Gesamtbeschreibung verstehen lässt, und dass eine Schraubverbindung für Stahlrohre, die eine solche Abwandlung oder Änderung umfasst, in den technischen Schutzbereich der vorliegenden Erfindung fällt.

Patentansprüche

1. Schraubverbindung für Stahlrohre (A), welche einen Einsteckteil (1) und einen Aufnahmeteil (2) mit jeweiligen Kontaktflächen, die einander kontaktieren, wenn die Verbindung gesichert wird, umfasst, wobei die Kontaktflächen von mindestens einem von Einsteckteil und Aufnahmeteil mit einer festen Schmierbeschichtung (31a, 31b), die ein festes Schmierpulver und ein Bindemittel umfasst, und mit einer Korrosionsschutzbeschichtung (32a, 32b), die keine oben auf der festen Schmierbeschichtung ausgebildeten festen Partikel enthält, beschichtet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrosionsschutzbeschichtung eine nichtporöse feste Korrosionsschutzbeschichtung ist.
2. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die feste Schmierbeschichtung (31a, 31b) auf den Kontaktflächen ausgebildet ist, die einer vorbereitenden Oberflächenbehandlung ausgewählt aus Beizen, Strahlputzen, Schlagplattieren mit Zink oder einer Zinklegierung, Metallisieren, Weichnitrieren, Verbundmetallplattieren, Phosphatieren, Oxalatbehandlung und Boratbehandlung unterzogen wurden.
3. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen des Aufnahmeteils (2) mit der festen Schmierbeschichtung (31a, 31b) und der festen Korrosionsschutzbeschichtung (32a, 32b) beschichtet sind.
4. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen eines Elements von: Einsteckteil (1) und Aufnahmeteil (2) mit der festen Schmierbeschichtung (31a, 31b) und der festen Korrosionsschutzbeschichtung (32a, 32b) beschichtet sind und die

Kontaktflächen des anderen Elements mit mindestens einer Schicht einer Beschichtung gewählt aus einer Zink- oder Zinklegierungsbeschichtung, einer metallisierten Beschichtung, einer Phosphatbeschichtung, einer Oxalatbeschichtung, einer Boratbeschichtung und entweder der festen Schmierbeschichtung oder der festen Korrosionsschutzbeschichtung beschichtet sind.

5. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen eines Elements von: Einsteckteil (1) und Aufnahmeteil (2) mit der festen Schmierbeschichtung (31a, 31b) und der festen Korrosionsschutzbeschichtung (32a, 32b) beschichtet sind und die Kontaktflächen des anderen Elements einer vorbereitenden Oberflächenbehandlung ausgewählt aus Beizen, Strahlputzen, Schlagplattieren mit Zink oder einer Zinklegierung, Metallisieren, Weichnitrieren, Verbundmetallplattieren, Phosphatieren, Oxalatbehandlung und Boratbehandlung unterzogen werden und dann mit entweder der festen Schmierbeschichtung oder der festen Korrosionsschutzbeschichtung beschichtet werden.
6. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die feste Korrosionsschutzbeschichtung (32a, 32b) im Wesentlichen aus einem organischen Harz besteht.
7. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bindemittel der festen Schmierbeschichtung (31a, 31b) ein organisches Harz umfasst und die feste Korrosionsschutzbeschichtung das gleiche organische Harz wie das Bindemittel umfasst.
8. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der festen Schmierbeschichtung (31a, 31b) 5 - 40 μm beträgt.

9. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der festen Korrosionsschutzbeschichtung (32, 32b) 5 - 40 μm beträgt.
10. Schraubverbindung für Stahlrohre (A) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der gesamten Beschichtung aus fester Schmierbeschichtung (31a, 31b) und fester Korrosionsschutzbeschichtung (32a, 32b) höchstens 60 μm beträgt.

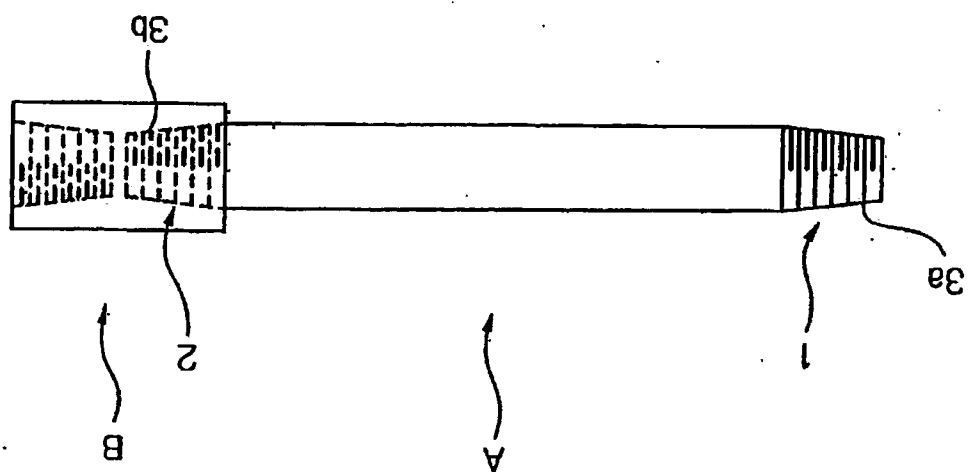


Fig. 1

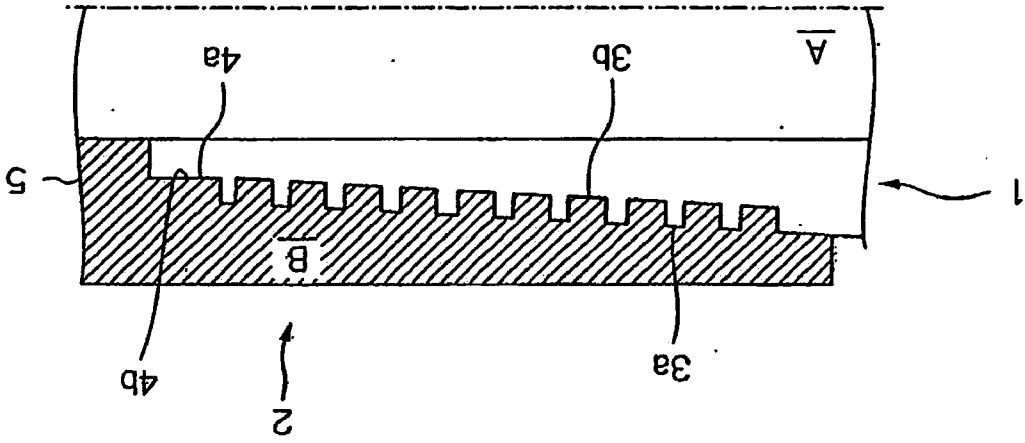
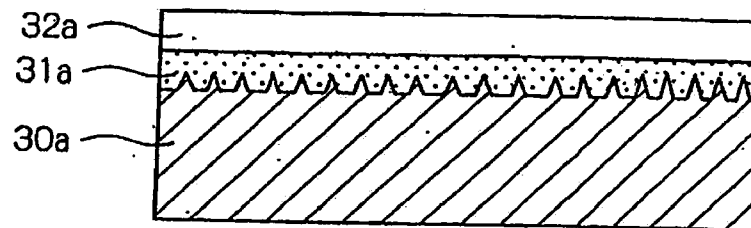


Fig. 2

Fig. 3

(a)



(b)

