

明 細 書

発明の名称：油井管、油井管ねじ継手、及び塗料

技術分野

[0001] 本発明は、固体潤滑被膜によってねじ部に潤滑性と防錆性が付与された油井管、それを用いた油井管ねじ継手、並びに、ねじ部の最表層（トップコート層）を形成するための塗料に関する技術である。

塗料は、油井管のねじ部に形成した潤滑膜の補修用に用いられても良い。

背景技術

[0002] 油井管ねじ継手においては、コンパウンドと呼ばれる粘性のある潤滑剤を塗布することで、ねじ部に湿式の潤滑膜を形成して、締め付ける技術が一般的である。そして、このコンパウンドは、Pb、Zn等の重金属を含んでいるものが主流である。

ここで、近年、環境汚染が問題視されており、ねじ部の潤滑として、重金属を含まない潤滑剤への転換が進んできている。しかし、湿式の潤滑剤を使用している限りにおいては、次の課題がある。例えば、砂漠での使用では、飛来してきた砂が油井管のねじ部に付着した場合、ねじ継手の締め付け時に焼き付きを発生するリスクがある。また、寒冷地での使用の場合、湿式の潤滑剤が凍結して塗布が難しいという課題が存在する。

[0003] これらの課題に対し、重金属を含まない乾式の固体潤滑被膜を、油井管のねじ部の潤滑に用いる技術がある。固体潤滑被膜を油井管に用いた技術としては、例えば、特許文献1～3に記載の技術がある。

特許文献1では、粘稠液体または半固体の潤滑被膜と、その上に形成された乾燥固体被膜からなる2重被膜が開示されている。特許文献1には、この構成によって、油井管ねじ継手は、防錆性や耐焼付性のみならず、異物の付着しにくさも兼ね備える、と記載されている。また、特許文献1には、潤滑剤として、少なくとも脂肪酸アルカリ土類金属塩が含まれている必要があると記載されている。また特許文献1には、脂肪酸アルカリ土類金属塩の均一

分散性を高めるために、有機樹脂、油剤、添加剤から選ばれた成分を配合しても良いと記載されている。

[0004] 特許文献2では、金属接触部の一部に摩擦係数の高い固体潤滑被膜を形成する。また、特許文献2では、接触表面以外の部位表面、及び相手側部材の接触表面の少なくとも一方の表面に、摩擦係数の低い粘稠液体潤滑被膜または固体潤滑被膜を形成する。特許文献2には、この構成によって、大きなトルクオンショルダー抵抗を実現すると記載されている。特許文献2には、粘稠液体潤滑被膜の好ましい例として、松脂系物質、ワックス、金属石鹸、および塩基性芳香族有機酸金属塩が記載されている。また、特許文献2には、金属石鹸とは、脂肪酸のアルカリ金属以外の金属との塩と定義されている。そして、特許文献2には、この構成によって、被膜の焼付き防止効果と防錆効果を高めるのに有効と記されている。

[0005] 特許文献3には、ねじ継手を構成するボックスとピンのいずれか一方の嵌合面に、潤滑被膜形成用組成物を塗布して潤滑被膜を形成することが記載されている。その潤滑被膜形成用組成物は、塩基性スルホネート、塩基性サリシレートおよび塩基性フェネートから選ばれる1種または2種以上の塩基性油剤を溶解基剤で溶解して形成される。そして、特許文献3には、この構成によって、良好な防錆性と潤滑性を得られると記載されている。また、特許文献3には、耐焼付性のさらなる向上のために、熱可塑性樹脂の粉末を含有しても良いと記載されている。更に、特許文献3には、上記塩基性油剤の希釈成分として、脂肪酸のアルカリ土類金属塩もしくはアルカリ金属塩を含んでもよいと記載されている。

[0006] 以上の各文献は、いずれも油井管ねじ継手に関する固体潤滑被膜についての記載がある文献である。

一方、油井管ねじ継手の分野とは異なる、他分野における固体潤滑技術については、例えば特許文献4、5に記載がある。

特許文献4には、ダイスで金属製被加工原材を伸線加工する際に用いられる潤滑剤に関する発明が開示されている。特許文献4には、アルカリ金属石

鹼を含む乾式伸線用潤滑剤の利点として次のことが記載されている。すなわち、第1の利点として、潤滑性に優れた被膜が形成される点が記載されている。また、第2の利点として、その被膜が水溶性であることから、メッキや熱処理の前に、潤滑剤を容易に除去できる点が記載されている。

[0007] 一方で、特許文献4には、アルカリ金属石鹼を含む乾式伸線用潤滑剤の欠点として、高温に晒されると液化して潤滑剤に求められる追従性や線材への展着性が低下する点が挙げられている。これに対し、特許文献4には、飽和脂肪酸の金属石鹼またはアルカリ石鹼に、分子間重合反応を起こし易い不飽和脂肪酸の金属石鹼またはアルカリ石鹼も一定量加えることが記載されている。この記載は、高温・高圧・高速下の過酷な伸線加工条件における記載である。そして、特許文献4には、この構成によれば、上記の過酷条件においても、潤滑性・耐剥離性・耐熱性・高温展着性を発揮する乾式伸線用潤滑剤が得られると記載されている。この特許文献4に記載の潤滑剤は、配合した所定成分を乾燥させることで出来上がる。そして、その潤滑剤は、固形状、粉末状、または顆粒状に粉碎された後に、ダイスボックスに投下して使用されるものである。

[0008] また、特許文献5には、表面に潤滑被膜を有する鋼線剤に関する発明が開示されている。特許文献5には、従来技術の1つとして、リン酸亜鉛被膜と石鹼層からなる複合被膜（化成処理被膜）が高い加工性と耐食性を有していると記載されている。一方で、特許文献5には、環境保全の観点から、近年はリンを含まない潤滑被膜が求められていることが記載されている。そして、特許文献5には、ケイ素とタングステンと脂肪酸のアルカリ金属塩を所定の比率で配合することが記載されている。特許文献5には、その構成によれば、リンを含まずとも、高い加工性と耐食性を有する潤滑被膜が得られることが記載されている。ここで、脂肪酸のアルカリ金属塩は、潤滑被膜の摩擦低減と圧造外観不良防止のために配合されている。そして、同アルカリ金属塩が水溶性であることから、水が蒸発して被膜を形成すると記載されている。そして、特許文献5には、その被膜形成の際に、同アルカリ金属塩が微細

かつ均一に析出し、局所的な摩耗状態の差が生じにくく、良好な圧造外観が得られると、記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特表2008-537062号公報

特許文献2：特開2013-108556号公報

特許文献3：特開2002-173692号公報

特許文献4：特開2009-132811号公報

特許文献5：特開2017-66515号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明者らは、実際の井戸での油井管ねじの締付けにおいては、ピンねじとボックスねじが十分に噛み合っていない状態から、パワートングでピンねじを回転させるケースがしばしば見られることを見いだした。そして、本発明者らは、次の2つの工程（ステップ）で締付けが行われ、固体潤滑被膜の場合に耐ゴ어링性が低下することを発見した。すなわち、ねじが噛み合っていない段階（ステップ1）における油井管の偏心や振れ回りによって、ねじ継手を構成するねじ部に形成した固体潤滑被膜がダメージを受ける。それによって、そのねじ噛み合い後の締付け工程（ステップ2）における耐ゴ어링性が低下する、という現象を発見した。

[0011] 次に、この知見について補足説明する。

固体潤滑被膜は、実井戸を考えると、締付け時や締戻し時には、不可避免的に、固体潤滑被膜が、ある程度、削り取られることを想定する必要がある。発明者は、その削り取られた破片が、従来にあっては、焼き付きのトラブルのもとになる、との知見を得た。このため、実際の井戸か実際の井戸に近い条件を模擬して、固体潤滑被膜の潤滑性評価を実施しないと、実井戸では意味を持たない評価となる、との知見を得た。

[0012] ここで、従来、よく用いられる試験として、単に 1 m 程度の短尺ピンを使ったラボでの締付け試験がある。この締付け試験では、本開示の対象である固体潤滑被膜の潤滑のケースについて、NG 判定のものは、実際の井戸でも NG である。しかし、この従来の短尺ピンを用いた試験での評価が OK 判定であっても、その判定が、実際の井戸でも OK であることを保証してくれない、との知見を発明者は得た。

なお、粘性液体状の潤滑コンパウンドの場合は、湿式のため、ラボでの短尺ピンを使った締付け締戻評価と実際の井戸での状況に、あまり大きな差はない。ラボでの評価に準じて、実際の井戸での判定も連動する傾向がある。粘性液体状の潤滑コンパウンドは、締め付け締戻し時に、締付けに連動して動くことが効いていると想定される。

[0013] 一方、固体潤滑被膜の場合には、不可避免的に削れてしまった破片が、締め付け締戻しに連動して動くとは限らない。このため、破片の発生がどうしても多くなる実際の井戸では、破片が目詰まりしやすい。また、剥離が著しく起こってしまう際には、固体潤滑被膜が薄くなった部分や無くなった部分での焼き付きが起こる、との知見を得た。このような知見から、固体潤滑被膜の評価では、これを踏まえて評価しておく必要があるとの知見を、発明者は得た。

[0014] その知見について、より具体的に説明する。

実際の井戸で、実長のピンねじがボックスねじに締め付けられる状況は、教科書に書いてあるような理想状態では実施されない。理想状態では、ボックスねじに対して、実寸ピンが直立して、はめ込んでセットされ、かつ、真っ直ぐ締めこまれるイメージになると思われる。しかし、実際はそうでない。油井管ねじの構造は、差し込む形でピンねじがボックスねじに入っている状態では、不完全ねじ部分があり、その部分のガタ（遊び、余裕）の分だけ、初期セット時に、ピンがわずかに斜めにセットされる場合が数多くある。そして、ねじの締付け当初には、遊びの分だけ、ピンねじが触れ回る。このため、ねじ同士が噛み合うまでには、固体潤滑被膜は、ピン自重（大荷重）

と、ピンが偏在して動くための偏荷重が重畳する。そして、どうしても、固体潤滑被膜が異常に削られたり、根こそぎ剥離されたりする懸念が高くなる。

[0015] 図3、図4に、それを具体的に示す。

図3、図4に示す事例は、締付け締戻し試験条件が、トルクが立つまでは、15～25rpmで回し、トルクが立ったら、2.5～1.5rpmで回した事例である。これは、ねじの取り扱い説明(Technical package中の締付け説明)の規定の条件を超えて、より厳しい条件(速い回転数)で試験した結果である。図3、図4に示す事例は、井戸締付け材料・強度グレードは、9-5/8" 53.5# Q125素材に、JFELION™ねじで、固体潤滑被膜の評価の一例である。

[0016] 図3は、従来のラボ評価方法に基づき、約1mの短尺ピンを用い、且つ、縦型のパワートングで締めつけた際のトルク・ターン・チャートである。ピンが短尺であるがゆえに、ハンドリングも困難ではなく、ピンが真っ直ぐセットできて、手締めで、ピンねじ山がほとんど露出することがない状態まで、セットできる(図3(b))。その場合のトルク・ターン・チャートでは、締め付けはじめてトルクが立ち始めて、ショルダートルクの屈曲点を超えて、締めこみがなされる。すなわち、この場合、ごくごく一般的なチャートとなる(図3(a))。ここで、すぐトルクが立ちあがるのは、ピンねじとボックスねじが初期セットの段階で十分に噛み合って、予めセットした位置から締付を行っているからである。

[0017] 一方で、図4は、Range-3、つまり40フィート強(12m強)の実寸ピン1本を用いたときのトルク・ターン・チャートであり、模擬井戸で試験を行った結果である。ここで、横軸の単位(大きさ)が図3とは異なる。なお、模擬井戸というのは、実際の油・ガスの生産している井戸ではなくて、実寸ピンが3本強、地下方向(下方)に入っていけるように、模擬的に穴が開いた実験井戸である。同時に、その上屋に、2～3本程度の連結したピンを吊るしてセットできるリグがあり、締付け締戻し試験ができる装置群

、実験施設を意味する。この事例は、実際の井戸でのセットと同様にセットした状況での傾向であるが、短尺ピンの図3のケースとは違っている。この例では、約6.3回転までは、定常的なトルクが立っておらず、この回転途上で、時々スパイク状のトルクが不規則に立つのがみられる。この現象は、固体潤滑被膜のダメージに直結しており、これを踏まえて、固体潤滑被膜の評価を行うことが重要であることを示唆するとの知見を得た。

[0018] この図4のトルクチャート例が、Range-3、つまり40フィート強（12m強）のピンをセットして締め付ける際に起こることである。この場合、実寸ピン（約12m強）であるがゆえに、ピンを完全には真っ直ぐセットできずに、ピンがほんの少し斜めに差し込まれるのが殆どである。なお、これは実井戸の場合と同様な条件となる。このため、手締めでピンをセットしていても、ピンねじとボックスねじが部分的に強く当たりすぎる。このため、ピンのねじ山を5山以上、多くの場合、総ねじ山の半分程度くらいが、手締めでは、ボックスから露出する状態で、それ以上進まなくなる。その状態から tong による締め込みが始まる。そして、ねじ同士が十分に噛み合っておらず、一部が不用意に強く当たって、それ以上進まない状態になっていることが殆どである。そのために、実寸ピンは、ねじ同士が十分に噛み合うまでに、偏った状態で、ボックスねじとピンねじが当たりあう。つまり、ダメージを与えあうことを意味する。これを踏まえたうえで、固体潤滑被膜の評価を行わないと、すでに上述したように、単純に短尺ピンを使った評価でNGのものは、実際の井戸でのNGではあるが、短尺ピンを使った評価でOKのものが、必ずしも実井戸でOKを意味しない、との知見を得た。このため、過去の発明において、成分、条件他のパラメータの上下限規定において、短尺ピンの評価でOKをベースに評価したものが、必ずしも、実井戸では良好な範囲を意図しているわけでもないとの知見を得た。

[0019] 特許文献1～3は、いずれも油井管ねじ継手の固体潤滑技術に関するものである。しかし、特許文献1～3は、短尺ピンを使つての試験評価した事例であると想定される。このため、特許文献1～3は、ステップ1における固

体潤滑被膜損傷の軽減のためには改善の余地があった。

一方、特許文献4、5は、油井管分野以外の技術分野での固体潤滑剤の使用方法であって、金属の塑性加工での潤滑用途に関するものである。すなわち、特許文献4、5には、油井管分野への転用についてなんら記載されていない。

[0020] ここで、特許文献4では、金属石鹼またはアルカリ石鹼を固体潤滑剤として採用している。しかし、特許文献4の技術は、潤滑剤を固形状、粉末状または顆粒状とし、その潤滑剤を乾燥した使用環境に投与して使用されることを想定している。このため、特許文献4の技術は、油井管ねじへの使用を何ら意図するものではない。例えば、垂直に立てられる油井管ねじに対して、特許文献4に記載の固体潤滑剤を投与しても、その固体潤滑剤は落下してねじ部の表面に保持されない。

[0021] また、特許文献5は、所定の薬液を鋼材に塗布した後、溶剤である水を蒸発させることで、鋼材表面にアルカリ石鹼を含む潤滑被膜を形成させるものである。しかし、これを油井管ねじの締付作業に適用した場合、次の課題がある。すなわち、降雨や井戸内からの泥水の逆流によって、油井管のねじ部に設けた水溶性のアルカリ石鹼が、容易に洗い流されてしまう。その結果、油井管の分野では、特許文献5に記載の方法では、潤滑性を維持できない。

更に、油井管ねじには、数年にわたる屋外保管中にも発錆しない強い耐食性が求められる。しかし、一般に、アルカリ石鹼は、その潮解性によって水を呼び込むため、耐食性という観点からは通常好ましくないと認識されている。しかし、現実として、特許文献4では、防錆性を必要としていない。また、特許文献5では、僅か2ヶ月間の屋内保管に耐え得る防錆性しか求めている。

[0022] 本発明は、上記のような点に着目したものであり、潤滑性および防錆性に優れた固体潤滑被膜を有する油井管ねじ継手を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0023] 上述の発明者のように、油井管ねじ継手の締付けにおいて、ピンとボック

スのねじが噛み合っていない段階（ステップ1）では、ガタ、すなわち油井管の偏心や振れ回りが発生する。このガタの発生により、ねじ上に形成した固体潤滑被膜に損傷が発生する。発明者は、この損傷を抑制するためには、ピンもしくはボックスの少なくとも一方のねじ表面に直接、あるいは固体潤滑被膜上に、アルカリ石鹼層を形成することが有効であるとの知見を得た。

ここで、本開示におけるアルカリ石鹼は、脂肪酸とナトリウムやカリウム等のアルカリ金属からなる塩を指す。本開示のアルカリ石鹼は、脂肪酸とアルカリ金属以外の金属塩である金属石鹼とは区別する。

[0024] 従来、油井管ねじ継手の固体潤滑剤として石鹼を使用する場合、金属石鹼が用いられており、アルカリ石鹼が注目されることはなかった。これは、上述の通り、アルカリ石鹼が水溶性であり、防水性や防錆性に劣るためである。また、一般的なバインダー樹脂に対し、金属石鹼の方が分散し易いためである。

しかし、本発明者らは、樹脂を溶かした溶剤に対し、あえてアルカリ石鹼を添加することで、樹脂被膜の表層にアルカリ石鹼層が形成され、これが上述のガタの低減に有効であることを見出した。そして、発明者は、この知見に基づき本発明をなした。

[0025] そして、課題解決のために、本発明の一態様は、雌ねじを有するボックス及び雄ねじを有するピンが連結してなる油井管ねじ継手に使用される、上記ボックス又はピンを構成する油井管であって、ねじ部の最表層に、バインダー樹脂に固体潤滑剤としてアルカリ石鹼を含有する樹脂被膜を有し、上記樹脂被膜は、表面にアルカリ石鹼層が形成されている、ことを要旨とする。

また、本発明の態様は、雌ねじを有するボックス及び雄ねじを有するピンが連結してなる油井管ねじ継手であって、ボックス及びピンのうちの少なくとも一方が、本発明の一態様の油井管からなる、ことを要旨とする。

発明の効果

[0026] 本発明の一態様によれば、油井管のねじ部の最表層として、表面側にアルカリ石鹼が分散された樹脂層を形成することで、簡易な構成で、潤滑性およ

び防錆性に優れた固体潤滑被膜を有する油井管ねじ継手を提供可能となる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]油井管及び油井管ねじ継手を示す図である。

[図2]ねじ部に形成された潤滑被膜の構成例を示す断面図である。

[図3] (a) は従来のラボ試験での締付けチャートの例であり、(b) は、その際の初期セット位置の例を示す図である。

[図4] (a) は実際の井戸での締付けチャートの例であり、(b) は、その際の初期セット位置の例を示す図である。

[図5]締付けチャート模式図であって、(a) が実際の井戸の場合であり、(b) が従来のラボ試験の場合である。

[図6]新たなラボ試験の条件（重錘トング）を説明する図である。

[図7]新たなラボ試験の条件（重錘トング）における重錘の設置例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0028] 次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

本開示は、実際の石油／ガスに使用される油井管のねじ部における、締結面に形成した被膜構造及びその被膜構造を潤滑被膜として有する油井管ねじ継手に関する。本実施形態は、ねじ継手の締結面に形成される固体潤滑被膜に特徴の一つを有する。

ただし、本開示は、ねじ継手の構造自体について特に限定はない。ねじ継手の構造は、公知の若しくは新規の構造を採用すればよい。

[0029] <油井管及び油井管ねじ継手>

油井管は、例えば図1に示すような、カップリングなどのボックス2や、ピン1からなる。

油井管ねじ継手は、図1に示すように、雌ねじ2aを有するカップリングなどのボックス2と、雄ねじ1aを有するピン1とからなる。

そして、本実施形態では、ボックス2及びピン1のうちの少なくとも一方の部品における、ねじ部の接触面（締結面）の最表面に、本開示に基づく樹

脂被膜が形成されている（図2参照）。

[0030] ここで、本実施形態の樹脂被膜31は、ねじ部に対し、潤滑被膜が複数層で構成される場合、最表層の膜を構成する。すなわち、図2のように、潤滑被膜が複層膜構造である場合、本実施形態の樹脂被膜31は、最表層よりも内側の膜には適用しないものとする（図2（a）参照）。図2（a）中、符号30は、樹脂被膜31より下層に形成される、他の固体潤滑被膜や下地層などである。樹脂被膜31の下層に、複数の潤滑膜があってもよい。

[0031] 本開示の樹脂被膜31を形成する主な目的は、前述のステップ1におけるガタを低減するためである。ステップ2における潤滑性は、他の固体潤滑被膜に依存することを想定している。このことから、本実施形態では、ピンねじまたはボックスねじの一方、またはその両方に、他の固体潤滑被膜が形成されていることを想定している。そして、例えば、本開示の樹脂被膜31は、形成された他の固体潤滑被膜のいずれか一つの他の固体潤滑被膜の上に形成される。

[0032] 又は、ピンねじまたはボックスねじのうち一方だけに他の固体潤滑被膜が形成されている場合、他の固体潤滑被膜が形成されていない方のねじ表面に、本開示の樹脂被膜31を形成する。

もっとも、本開示の樹脂被膜31は、油井管のねじ部表面に直接形成されて、単にピンねじやボックスねじの防錆被膜として活用することも可能である。また、補修や表面保護のために、本開示の樹脂被膜31を形成する塗料を塗布して、樹脂被膜31をトップコート層として形成しても良い。

[0033] <塗料>

本実施形態の樹脂被膜31を形成するための塗料は、固体潤滑剤としてのアルカリ石鹼とバインダー樹脂を有機溶剤に溶かしてできた塗料からなる。この塗料を、油井管ねじ継手を構成するねじ部に塗布する。その後、必要に応じて、塗布液を加熱しながら乾燥させることで、樹脂被膜31を得ることが出来る。

[0034] <有機溶剤>

有機溶剤としては、低級アルコール（炭素数5以下）以外の有機溶剤を選択する。低級アルコールを選ぶと、後述のバインダー樹脂との親和性が悪く、均質な樹脂被膜31が形成されなくなるためである。

使用する有機溶剤は、低級アルコール以外であれば、有機溶剤の種類は特に問わない。ただし、高い生産性が要求される、油井管ねじ製造ライン上での塗布や、井戸での油井管締付作業中の塗布も考慮すると、使用する有機溶剤は、速乾性、高揮発性の溶剤が望ましい。具体的には、使用する有機溶剤は、沸点が60℃以下の材料であることが好ましい。

[0035] また、樹脂被膜31の形成における、井戸での安全性も考慮すると、引火点は高い方が望ましい。具体的には、使用する有機溶剤は、引火点が60℃以上の材料であることが好ましい。

これらの条件を満たす溶剤として、フッ素系溶剤が挙げられる。このようなフッ素系溶剤としては、いわゆる代替フロン、すなわち、HFC（ハイドロフルオロカーボン）、HFE（ハイドロフルオロエーテル）、HFO（ハイドロフルオロオレフィン）、PFC（パーフルオロカーボン）等が例示できる。

[0036] <バインダー樹脂>

バインダー樹脂は、固体潤滑剤として機能するアルカリ石鹼を、油井管のねじ上に保持する役割を果たす。これにより、油井管を垂直に立てても、流水に触れても、形成した樹脂被膜31に含有されるアルカリ石鹼が流失することはない。

また、固体潤滑剤をバインダー樹脂に溶解・分散させる場合、一般的に均質な溶解・分散が志向される。このため、バインダー樹脂として、固体潤滑剤に親和性の高い材料、すなわち、SP値の近い材料を選択するのが普通である。

[0037] これに対し、本実施形態においては、意図的にアルカリ石鹼と相溶性の低いバインダー樹脂を選択する。これによって、塗料を塗布すると、アルカリ石鹼を表面側に集中、つまりアルカリ石鹼が表面側に自動的に浮かび上がった

てくることで、被膜表面に潤滑効果の高いアルカリ石鹼層 31A を形成させることを可能とする。

この観点から、本実施形態では、バインダー樹脂として、SP 値が 10.0 cal/cm^3 以下のバインダー樹脂を用いる。

[0038] ここで、バインダー樹脂は、単独の樹脂のみならず、複合樹脂も含む。同種の樹脂においても、その分子量や官能基の種類や数によって SP 値は異なるため、一概にどの樹脂が前述の SP 値を満たすとは言えない。比較的 SP 値が低い樹脂としては、フッ素樹脂やポリエチレン等が挙げられる。

また、バインダー樹脂の SP 値を 10.0 cal/cm^3 以下にすることは、樹脂自体の疎水性・耐水性を高め、防錆性を向上させることにもなる。

また、バインダー樹脂は、撥水性が高いほうが好ましい。

[0039] 逆に、バインダー樹脂の SP 値が 10.0 cal/cm^3 を超え出すと、樹脂自体の防錆性も落ちる上に、潮解性をもつアルカリ石鹼がアルカリ石鹼層 31A より下側の樹脂内部に分散され易くなる。この結果、バインダー樹脂に十分な防錆性が得られなくなる。

ここで、バインダー樹脂の SP 値の下限值は特に無いが、例えば 5.0 以上とする。

ここで、SP 値の算出には、分子構造が既知の場合、Fedors 法を用いれば良い。分子構造が不明な場合、濁度滴定法を用いれば良い。

[0040] 更に、バインダー樹脂は、平均分子量が 10000 以上、300000 以下であることが望ましい。平均分子量が 10000 よりも低過ぎる場合、アルカリ石鹼との親和性が高まり、表層に対し安定したアルカリ石鹼層 31A が得られにくくなる。一方、平均分子量が 300000 よりも高過ぎる場合、樹脂の硬度が上がり、ねじ表面に塗料を均質に塗布するのが難しくなってくるとともに、前述のステップ 1 におけるアルカリ石鹼の潤滑効果を阻害するおそれがある。

[0041] <アルカリ石鹼>

本実施形態では、固体潤滑剤としてアルカリ石鹼を用いる。

本開示において、アルカリ石鹼とは、脂肪酸とナトリウムやカリウム等のアルカリ金属からなる塩を指す。すなわち、本明細書のアルカリ石鹼には、脂肪酸とアルカリ金属以外の金属塩である金属石鹼を含まない。

アルカリ石鹼を構成する脂肪酸の種類は特に問わない。脂肪酸は、代表的なものとして、ステアリン酸、パルミチン酸、ミリスチン酸、ラウリン酸、ベヘン酸、オクタン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、リシノール酸、1,2-ヒドロキシステアリン酸等が挙げられる。

[0042] また、本開示において、アルカリ石鹼を構成するアルカリ金属は、実質的にはナトリウムとカリウムだけである。

他にもアルカリ金属は存在するが、通常アルカリ石鹼という形で出回っていないか、リチウムのように、むしろアルカリ土類金属（脂肪酸との塩としては金属石鹼）に似た性質のものである。これらのアルカリ金属は、本明細書において、アルカリ石鹼を構成するアルカリ金属に含めない。すなわち、アルカリ金属には、リチウム、ルビジウム、セシウムがあるが、これらのアルカリ金属の塩は、本開示の石鹼（アルカリ石鹼）には含めない。

[0043] 現実的に、ルビジウム、セシウムのアルカリ石鹼は殆ど流通しないので、現実的ではない。また、リチウム石鹼は、ナトリウムやカリウムのように、洗浄的要素で使われるよりは、グリースに混ぜる増粘剤として使われているので、そのものが、潤滑の用途に使われていない。

アルカリ石鹼の重量は、バインダー樹脂の重量の0.01倍以上3倍以下であることが好ましい。

[0044] 本実施形態の樹脂被膜31は、アルカリ石鹼が樹脂被膜31の表層に集中することで、他の潤滑剤よりも高い潤滑性能を示し、これによって、油井管ねじの噛み合い前のガタ発生による被膜損傷を軽減する。

この効果が発揮されるためには、アルカリ石鹼は、少なくともバインダー樹脂の重量の0.01倍の重量を添加することが好ましい。一方、アルカリ石鹼が多過ぎると、均質な樹脂被膜31の形成を妨げ、防錆性が劣化するおそれがある。このため、アルカリ石鹼は、バインダー樹脂の重量の3倍を添

加上限とするのが良い。なお、アルカリ石鹼のより好ましい重量は、バインダー樹脂の重量の0.1倍以上2倍以下である。

[0045] <その他の添加物>

本実施形態の樹脂被膜31を形成する塗料には、潤滑性や防錆性の向上等を目的に、アルカリ石鹼以外の添加物が含まれても良い。

例えば、他の固体潤滑剤として、PTFE、金属石鹼、黒鉛等を添加することで、油井管ねじ噛み合い後に発揮する耐ゴーリング性を高めても良い。この場合、他の固体潤滑剤として、アルカリ石鹼よりもSP値が低いものや、アルカリ石鹼よりも質量が重いものを、採用して、他の固体潤滑剤が樹脂被膜31の表層側に集中しない固体潤滑剤を採用することが好ましい。

あるいは、防錆剤としてリン酸亜鉛やリン酸アルミニウムを添加して、長期保管における耐食性を更に高めても良い。

[0046] <塗布方法>

本実施形態の塗料の油井管のねじ部への塗布方法は、特に限定しない。塗布方法としては、例えば、スプレー塗布、刷毛塗り、浸漬等が挙げられる。均質な被膜を形成するためには、スプレー塗布が好ましい。また、塗布時も乾燥時も、油井管を定速回転させるのが良い。

これによって、本開示に基づく樹脂被膜31が形成される。

この樹脂被膜31は、図2のように、アルカリ石鹼が表面側に集中して、図2のように、表面にアルカリ石鹼層31Aが形成される。

[0047] 本実施形態で「アルカリ石鹼が表面側に集中して」とは、樹脂被膜31に含まれるアルカリ石鹼の70wt%以上が樹脂被膜31の上半分側（表面側）に位置していることを指す。90wt%以上が、樹脂被膜31の上半分側（表面側）に位置していることが好ましい。このように、バインダー樹脂に含有したアルカリ石鹼が表面側に集中して分散することで、上記のアルカリ石鹼層31Aが形成される。

アルカリ石鹼を表面側に集中させる方法としては、バインダー樹脂のSP値の調整の他、樹脂被膜31用の塗料の塗布時やその塗料の乾燥時に、塗布

した油井管を定速回転させるのが良い。また、安定したアルカリ石鹼層 3 1 A を得るためには、強制乾燥よりも自然乾燥の方が好ましい。

[0048] なお、アルカリ石鹼が表面側に集中していることは、例えば、EDX（エネルギー分散型X線分析）を用いた、アルカリ石鹼中のアルカリ金属の定量化によって確認できる。この確認は、膜厚方向のアルカリ石鹼の分布で確認することが出来る。この確認は、例えば、被膜形成後のねじ部における任意の膜厚断面を切り出し、EDXを用いて膜厚方向に等間隔でアルカリ金属（ナトリウムまたはカルシウム）の濃度を測定することで行う。そして、この確認は、例えば、膜厚全体の平均濃度に対する、膜厚上半分の平均濃度を算出することで判断する。

[0049] <樹脂被膜 3 1 の硬度>

上述の方法で形成された樹脂被膜 3 1 は、鉛筆硬度が F 以下の軟質であることが好ましい。樹脂被膜 3 1 の硬度は、主としてバインダー樹脂にて決定される。

このような軟質の樹脂被膜 3 1 とすることで、油井管ねじ噛み合い前のガタが生じる段階で、適度に膜が削られ、アルカリ石鹼層 3 1 A の潤滑性が発揮されるものと考えられる。

樹脂被膜 3 1 の鉛筆硬度は、より好ましくは 3 B 以下であることが好ましい。なお、樹脂被膜 3 1 の鉛筆硬度として 6 B 以下も含む。

[0050] 逆に、樹脂被膜 3 1 の鉛筆硬度が高過ぎると、ガタ低減効果が得られないおそれがある。更に、ねじの締付けによって剥離した樹脂被膜 3 1 が、細かく分断されずに目詰まりを起こし、ひいてはゴーリングを発生させるリスクが生じるおそれがある。

ここで、鉛筆硬度の測定は、JIS K 5600-5-4 の規定に則って測定するものとする。また、樹脂被膜 3 1 の鉛筆硬度は、主にバインダー樹脂の平均分子量を変更することで調整可能である。

[0051] <樹脂被膜 3 1 の膜厚>

形成した樹脂被膜 3 1 の膜厚は 3 μ m 以上、50 μ m 以下の範囲が好まし

い。膜厚が $3\mu\text{m}$ よりも薄過ぎると、十分な潤滑性や防錆性が得られなくなる。一方、膜厚が $50\mu\text{m}$ よりも厚過ぎると、ねじ締付時に過剰な削りカスが発生し、それがねじの焼付きの原因となるおそれがある。

[0052] (作用その他)

上述したように、油井管ねじの潤滑挙動は、次の2つのステップの段階に大別できる。

ステップ1：ピンねじがボックスねじに差し込まれてから、ねじが噛み合うまでの段階である。これは、図4(a)の初期のガタツキがあるステップ1のとき、図5(a)の(x)領域に相当する。

ステップ2：ねじが噛みあった後に、ねじ同士が強く接触して締まる段階である。

[0053] 緩める工程では、これが逆になり、ねじ同士が強く接触した段階から緩まって、ねじの噛み合いが終わる段階(ステップ2)と、ピンねじとボックスねじが、互いに強く噛み合わず、遊び(ガタ)を有して、緩まる段階(ステップ1)とに大別できる。

そして、油井管ねじ継手の締付けにおいて、ピンとボックスのねじが噛み合っていない段階(ステップ1)では、ガタ、すなわち油井管の偏心や振れ回りが発生する。このガタの発生により、ねじ上に形成した固体潤滑被膜に損傷が発生する。

[0054] これに対し、本実施形態では、この損傷を抑制するためには、ピンもしくはボックスの少なくとも一方のねじ表面に直接、あるいは固体潤滑被膜上に、表層にアルカリ石鹼層31Aを有する樹脂被膜31を形成する。そして、アルカリ石鹼層31Aで、ピンとボックスのねじが噛み合っていない段階(ステップ1)での固体潤滑被膜の損傷を抑制する。すなわち、本開示では、ステップ1の、ねじが噛み合うまでの「遊び」があるときに、樹脂被膜31表層のアルカリ石鹼が、ねじの安定位置に「滑り込む」ような「潤滑」を担保する。すなわち、アルカリ石鹼は、油井管ねじの締付初期段階に遭遇する、ガタツキがある状態での締付け時に、本来のねじ噛み合い位置に近い位置

まで誘導するような、滑り込むような潤滑をサポートすることで、トータルとしての潤滑を高める作用を有する。

[0055] そして、初期のねじのガタツキがある領域での締付け時に、両ねじか片方のねじに形成された他の固体潤滑被膜 30 が、ダメージを受けないようにすれば、潤滑特性が元々持つ能力をそのまま発揮できる。この結果、締付け締戻し回数が安定化できる。

ここで、従来、油井管ねじ継手の固体潤滑剤として、金属石鹼が用いられており、アルカリ石鹼が注目されることはなかった。これは、アルカリ石鹼が水溶性であり、防水性や防錆性に劣るためである。また、一般的なバインダー樹脂に対しては、金属石鹼の方が分散し易いためである。

[0056] これに対し、本実施形態では、樹脂を溶かした溶剤に対し、あえてアルカリ石鹼を添加することで、樹脂被膜 31 の表層にアルカリ石鹼層 31A が形成され、これが上述のガタの低減に有効であることを見出した。この効果は、特に、樹脂被膜 31 に含まれるアルカリ石鹼の重量が、該樹脂被膜 31 を構成する樹脂の重量の 0.01 倍以上 3 倍以下であるときに効果的である。

これにより、ねじ噛み合い後の締付け工程（ステップ 2）において、他の固体潤滑被膜 30 が十分な耐ゴリング性を発揮することができる。

[0057] 一方、樹脂を溶かした溶剤に対し、アルカリ石鹼の代わりに金属石鹼を添加しても、樹脂膜の表面に安定した金属石鹼層は形成されず、ガタの低減効果も限定的である。また、バインダー樹脂はアルカリ石鹼に対しバインダーとして機能する。このため、塗料を塗布した後に、油井管を垂直に立てても、また油井管を降雨や泥水の逆流に曝しても、アルカリ石鹼層 31A が剥離したり流失したりすることを抑制できる。

更に、上記バインダー樹脂として、SP 値が 10.0 cal/cm^3 以下の樹脂を選択することで、樹脂膜の表層に安定したアルカリ石鹼層 31A を形成できる上に、油井管に必要な防錆性も得ることができる。ここで、バインダー樹脂の SP 値が高過ぎると、樹脂はアルカリ石鹼や水との親和性が高まり、樹脂膜内部にもアルカリ石鹼が分散してしまう。この場合、膜全体とし

て潮解性が高くなり、錆びを誘発する。

[0058] また、本発明者らは、樹脂被膜 3 1 が硬過ぎると、すなわち、その鉛筆硬度が F を超えると、アルカリ石鹼を添加しても、上述のガタ抑制効果が十分に得られなくなるおそれがある、ことを見出した。これは、アルカリ石鹼層 3 1 A を支えるバインダー樹脂が強固になり過ぎて、アルカリ石鹼層 3 1 A の滑りを妨げてしまうためと推定される。あるいは、樹脂中のポリマー同士の間が強いために、アルカリ石鹼分子が表層に移動しにくくなり、安定したアルカリ石鹼層 3 1 A が得られなくなるためかもしれない。

[0059] (他の用途)

上述の通り、実施形態の樹脂被膜 3 1 は、アルカリ石鹼とバインダー樹脂を有機溶剤に溶かしてできた塗料を塗布、乾燥すれば形成される。従って、樹脂被膜 3 1 の被膜形成が非常に容易である。よって、既に形成した樹脂被膜 3 1 または別の潤滑被膜が損傷した場合に、その損傷箇所に、本実施形態の塗料を塗布、乾燥させる修復処理を実行してもよい。この場合、被膜の修復、ひいては潤滑性や防食性の修復を行うことも可能となる。

[0060] (その他)

本開示は、次の構成も取り得る。

(1) 雌ねじを有するボックス及び雄ねじを有するピンが連結してなる油井管ねじ継手に使用される、上記ボックス又はピンを構成する油井管であって、

ねじ部の最表層に、バインダー樹脂に固体潤滑剤としてアルカリ石鹼を含有する樹脂被膜を有し、

上記樹脂被膜は、表面にアルカリ石鹼層が形成されている。

(2) 上記樹脂被膜は、含有する上記アルカリ石鹼が表面側に集中して上記アルカリ石鹼層を形成する。

(3) 上記バインダー樹脂は、S P 値が 10.0 cal/cm^3 以下である。

(4) 上記アルカリ石鹼の重量は、上記バインダー樹脂の重量の 0.01

倍以上3倍以下である。

(5) 上記樹脂被膜は、鉛筆硬度がF以下である。

(6) 上記樹脂被膜の下層に、他の固体潤滑被膜を有する。

(7) 雌ねじを有するボックス及び雄ねじを有するピンが連結してなる油井管ねじ継手であって、

ボックス及びピンのうちの少なくとも一方が、本開示の油井管からなる。

(8) 油井管のねじ部に最表層を形成するための塗料であって、

溶剤、バインダー樹脂、及び固体潤滑剤を含み、

上記固体潤滑剤として、アルカリ石鹼を含み、

上記バインダー樹脂は、SP値が 10.0 cal/cm^3 以下であり、平均分子量が10000以上300000以下であり、

上記アルカリ石鹼の重量は、上記バインダー樹脂の重量の0.01倍以上3倍以下である。

実施例

[0061] 次に、本実施形態に基づく実施例について説明する。

(ラボ試験方法について)

従来のラボ試験の条件は、通常、1m程度長さの短尺ピンを使った縦型パワートングによる方法である。また、従来、手締めにて、締付けられるだけ締付けた位置を試験開始位置としていた。

これに対し、以下の実施例では、新たなラボ試験の条件を採用し、1m程度長さの短尺ピンの上部に重錘を載せて、縦型パワートングにより締付け締戻し試験を行うこととした。重錘として、実際の井戸でのピン1～3本分の重量のものを採用した。理由は、次の通りである。本開示の狙っている実際の井戸で起こる環境というのは、短尺ピンを使った例では、評価結果が殆どが合格扱いになってしまっていて、真の意味で合格／不可が選別できない。合格判断の条件でも、井戸で使うとNGになってしまうことが数多く起こるからである。

[0062] 繰り返しになるが、本開示では、上述したように（例えば、図2参照）、

油井管ねじの潤滑で起こる現象を次の2つに分けて考えた。すなわち発明者は、最初の段階（ステップ1）での締付け締戻し（潤滑）と、2段階目（ステップ2）の潤滑を含めて、ねじ潤滑を評価するのが重要であるとの知見を得た。この2つの段階を考慮して評価をしておかないと、ラボ評価ではOKであるのに、実際の井戸でトラブルが頻発することが大いに起こりうる。

新たなラボ試験の条件では、実際の井戸で起こりうる、この2段階の潤滑を模擬して評価が可能で、本開示の規定する上下限の意味合いを明確にできる。

[0063] 2段階の潤滑とは、図5（a）の（x）の段階（ステップ1）と、（y）＋（z）の段階（ステップ2）の2ステップである。実際の井戸では、初期セットが、ねじ山が完全に噛みあうレベルまでに締付けられずに、パワートングによる5－20rpm程度の高速締込みが行われる。全長ピン（40フィート≒12m）の大荷重がボックスねじに負荷される状況と、同時に、ねじ同士が噛み合っていないために、ガタがある。そして、局所的にピンねじとボックスねじが当たることがあり、固体潤滑被膜にダメージが少なからずある。これが、ステップ1の段階である。明確なトルクが立ってきたら、締付速度を、ねじ種によって様々だが、0.5－3rpm程度にまで落として締付けが実施され、完全に締まるまで締付けが行われる。これがステップ2である。締戻しは、この逆の過程をたどる。

[0064] 新たなラボ試験の条件を実行するための、実井戸を模擬した試験装置を、図6及び図7を参照して説明する。

新たなラボ試験の条件では、締付け時の大荷重負荷と、締付け締戻しの時の偏荷重条件を実現可能な条件で、評価することを基本とする。例えば、実寸ピン相当の大荷重を負荷し、ねじが締まっていく工程の場合には、ねじ同士が噛みあうまでのガタツキを考慮した。また、ねじが緩まる工程の場合には、ねじ同士の噛み合いがはずれてガタツキが生じる点を反映させた。

新たなラボ試験の条件では、図6のように、縦型のパワートング4を使う。また、試験用のピンとして短尺ピン1を採用する。ただし、そのピン1の

上部に重錘3による荷重の負荷、及びその荷重の除荷が可能とする。

[0065] そして、短尺ピン1とボックス2が、ピンねじ1aとボックスねじ2aで締付けられる。

その際に、ねじ山が噛み合わない状況を模擬するために、初期の仮締付位置を、ピンねじ1aが、ボックスねじ2aから、ねじ山総数の半分以上が露出してみえているようにセットする(図4(b)参照)。これがガタツキの起因の一つとなる。その状態から締付を開始する。

また、締付けの際には、ピン1における、ボックスねじ2aに対する締付ねじとは反対側の端部に、重錘3を取り付けておく。

重錘3の重量は、実寸ピンの1本～3本に相当する荷重として、ピンの外径・肉厚の実寸ピンをもとに算出したものを載せる。

[0066] 図6に例示する重錘3は、図7に示すように、重錘本体3Aと差し込み棒13とからなる。差し込み棒13は、重錘本体3Aの下面に対し溶接で接合され、重錘3の軸対称位置に配置されている。その差し込み棒13を、ピン1に遊挿状態で差し込みことで、重錘をピンに取り付ける。符号1cは、ピン1の内径面を示す。

差し込み棒13及びピン1には、予め、上記のように重錘3を取り付けた際に、当該ピン1と差し込み棒13を貫通する穴1d、13aを予め開けておく。そして、図7に示すように、その穴1d、13aに貫き棒12を差し込むことで、重錘3とピン1を一体化する。

重錘3の上部の軸中心位置に、自在鉤(Swivel)式の引っ掛け11を溶接でくっつけておいて、天井の吊り下げ装置20に、吊り鎖21を介して吊り下げた構造にする。これによって、吊り下げ装置20による重錘の吊り上げ具合の調整によって、ピンに対する重錘の負荷の大きさを調整可能となる。

[0067] そして、締付ける際には、吊り鎖21が緩んだ状態として、重錘荷重がボックスねじに掛かるようにして、5～20rpmでトルクが立つまで締付ける(ステップ1)。ここが、ガタツキのシミュレーションになっている。ト

ルクが立ったら、回転速度を0.5～2 rpmに落として、締付位置まで締付を実施する（ステップ2）。

一方、緩める際（締め戻す際）には、吊り下げ装置20により重錘3を吊り上げて、重錘3の荷重を掛けない状態で締め戻しを実施する。回転速度は、トルクが立っているところでは、回転速度を0.5～2 rpmで緩め始める。そして、トルクが締付トルク値の1/10程度まできたら、5～20 rpmの高速回転で緩める。

これによって、実井戸に近い条件でラボ試験を行う事が可能となる。

[0068] （油井管ねじ継手について）

油井管として、外径244.48 mm、肉厚13.84 mm、鋼種API 5CT Q125のパイプ本体（ピン）、および、それに対応するカップリング（ボックス）を準備した。ねじ継手には、ねじピッチ5.08 mmの油井管用プレミアムジョイントを用いた。

また、ピンねじに対し、本開示に基づく樹脂被膜31、あるいは比較例となる樹脂被膜31を形成した。ボックスねじには、本開示の樹脂被膜31とは異なる、PTFEを主体とする固体潤滑被膜を形成した。

そして、上述の新たなラボ試験の条件にて締付締め戻し試験を行い、耐ゴーリング性を評価した。このとき、ボックスからピンねじが8山分はみ出た状態でハンドタイトを止め、更には、ピンねじパイプに重さ3トン（同サイズの12 mパイプ約3本分）の重錘を載せることで、ステップ1のガタを意図的に発生させた。

[0069] （評価：締付締め戻し回数）

各ねじ継手の評価は、手入不可なレベルのゴーリングが発生することなく締付締め戻しができた回数で評価した。そして、締付締め戻し回数が5回以上であれば合格とした。

API 5C5規格に基づけば、上記のようなハーフハンドタイトや重錘の適用は不要であり、本実施形態で用いる油井管のサイズであれば、ゴーリングせずに3回の締付締め戻しができれば合格とされる。しかし、ここでは、よ

り高い耐ゴーリング性を追求すべく、合格水準を厳しくした。なお、締付締戻し回数が10回に到達した場合、ゴーリングの有無によらずに打ち切りとした。

[0070] (評価：防錆性)

また、上記の試験とは別に、外径88.90mm、肉厚6.45mm、鋼種API 5CT L80のパイプ本体のピンねじ部の切断サンプルも用意した。

ピンねじとしては、ねじピッチ4.23mmの油井管用プレミアムジョイントを採用し、ねじ表面に対し、本開示の樹脂被膜31または比較例となる樹脂被膜31を形成して、各サンプルを作製した。

これらに対し、JIS K 5600-7-1の規定する塩水噴霧試験を8時間実施し、錆の発生有無を確認することで、防錆性を評価した。

ここでは、錆無しを5点、錆有り（面積率1%以下）を4点、錆有り（面積率1%超、10%以下）を3点、錆有り（面積率10%超、50%以下）を2点、錆有り（面積率50%超）を1点と定め、4点以上を合格と見なした。

[0071] 表1に、試験条件及び評価結果を示す。

[0072]

[表1]

	固体潤滑剤	バインダー樹脂		溶剤	P/B	鉛筆硬度	締付締戻回数	防錆性
		名称	SP値					
実施例 1	ステアリン酸 Na	飽和ポリエステル A	9.8	HFO	0.01	B	5	5
実施例 2	ステアリン酸 Na	飽和ポリエステル A	9.8	HFO	0.1	B	8	5
実施例 3	ステアリン酸 Na	飽和ポリエステル A	9.8	HFO	1	2B	10	5
実施例 4	ステアリン酸 Na	飽和ポリエステル A	9.8	HFO	3	2B	10	4
実施例 5	ステアリン酸 Na	フッ素樹脂 A	7.6	MEK	1	F	10	5
比較例 1	—	飽和ポリエステル A	9.8	HFO	0	B	2	5
比較例 2	ステアリン酸 Ca	飽和ポリエステル A	9.8	HFO	1	2B	4	5
比較例 3	ステアリン酸 Na	飽和ポリエステル B	11.9	HFO	1	3B	7	3
比較例 4	ステアリン酸 Na	ニトロセルロース	13.0	トルエン	1	H	6	2
比較例 5	ステアリン酸 Na	フッ素樹脂 B	6.7	MEK	1	3H	4	5

[0073] 表1中、P/Bとは、バインダー樹脂に対する固体潤滑剤（アルカリ石鹼）の重量比を示している。

また、表1中に記載の、飽和ポリエステルAと飽和ポリエステルBの主な違いは水酸基価である。すなわち、飽和ポリエステルAとして、水酸基価が10 [KOHmg/g]以下のものを使用した。また、飽和ポリエステルBとして、水酸基価が100 [KOHmg/g]前後のものを使用した。

また、フッ素樹脂Aとして、平均分子量が約30,000のものを使用し、フッ素樹脂Bとして、平均分子量が約200,000のものを使用した。

また、有機溶剤には、表1に記載のように、HFO、トルエン、又はMEKを使用した。

[0074] （比較例1）

比較例1は、SP値が10.0 cal/cm³以下の樹脂被膜31ではある。しかし、樹脂被膜31に、アルカリ石鹼を含有しない例である。その比較例1の条件を基準として評価した。

比較例1の樹脂被膜31は、鉛筆硬度がBであった。比較例1では、防錆性は5点で問題なかったが、締付締戻し回数は2回で不合格となった。

[0075] （実施例1～4）

実施例1～4は、樹脂被膜31に含有するアルカリ石鹼としてステアリン酸Naを採用し、その濃度影響を確認した試験である。実施例1～4では、鉛筆硬度はBまたは2Bであった。

実施例1～4から分かるように、バインダー樹脂重量に対する固体潤滑剤重量の割合を示すP/B値が0.01から3の範囲では、すべて締付締戻し回数は合格判定となった。

ここで、微量なアルカリ石鹼添加であっても耐ゴーリング性の向上効果は得られる。しかし、より高い効果を得るにはアルカリ石鹼の添加量を増やせば良いことが分かる。これは、アルカリ石鹼のもつ潤滑性が、ステップ1のガタに起因するねじ上の固体潤滑被膜の損傷を軽減するためである。

[0076] 一方で、P/B値を3まで上げると、防錆性が若干下がることも分かる。

これは添加物が多過ぎて、緻密で均質な樹脂被膜 31 が形成されにくくなったためと考えられる。

これらの結果から、 P/B 値は 0.01 以上 3 以下であれば良いことが分かる。 P/B 値は、好ましくは 0.1 以上 2 以下、更に好ましくは 0.5 以上 1.4 以下である。

このことに鑑み、以下の実施例、比較例では $P/B = 1$ とした。

[0077] (比較例 2)

比較例 2 は、アルカリ石鹼の代わりに金属石鹼、より具体的にはステアリン酸 Ca を添加した試験である。

比較例 2 は、鉛筆硬度が 2B であり、実施例 3 と同様であった。

しかし、比較例 2 では、防錆性は 5 点で問題なかったが、締付締戻し回数は 4 回であった。すなわち、比較例 2 は、アルカリ石鹼（ステアリン酸 Na）を添加した実施例 3 に比べて、大幅に耐ゴーリング性が低下した。これは、ステアリン酸 Ca が、樹脂被膜 31 内に分散してしまい、ステアリン酸 Na のように膜表層に安定した石鹼層が形成されないためである。

[0078] (実施例 5)

実施例 5 は、実施例 1～4 と異なるバインダー樹脂を選択した例である。具体的には、SP 値が更に低く (7.6 cal/cm^3)、鉛筆硬度がやや高い (F)、フッ素樹脂を採用した。その結果、締付締戻し回数も防錆性も実施例 3 と並んで最高となった。

[0079] (比較例 3 及び 4)

比較例 3 と 4 は、バインダー樹脂の SP 値が高い例である。

比較例 3 では、実施例 1～4 とはまた異なる飽和ポリエステル樹脂を採用した。また、比較例 4 ではニトロセルロースを採用した。また、比較例 3 の SP 値は 11.9 cal/cm^3 、比較例 4 の SP 値は 13.0 cal/cm^3 であった。

比較例 3 と 4 は、いずれも、締付締戻し回数は合格基準を満たしているものの、 P/B 値が同じで、SP 値の低い実施例 3 と比べると劣っていること

が分かった。

また、比較例 3 と 4 は、防錆性はそれぞれ 3 点と 2 点で、不合格であった。

[0080] これにより、バインダー樹脂の S P 値が高過ぎると、耐ゴーリング性も防錆性も低下することが分かった。実施例との比較により、およそ 10.0 cal/cm^3 以下であれば、良好な耐ゴーリング性と防錆性が得られると推定される。

なお、比較例 4 については、実施例 3 より樹脂被膜 31 の鉛筆硬度がかなり高いことも影響したかもしれない。すなわち、強固過ぎる樹脂被膜 31 は、アルカリ石鹼層 31A の滑りを阻害する可能性が考えられる。

[0081] (比較例 5)

比較例 5 は、樹脂被膜 31 の鉛筆硬度が高い例である。比較例 5 は、実施例 5 のものとは異なるフッ素樹脂を採用することで鉛筆硬度 3 H を実現した。比較例 5 は、S P 値が 6.7 cal/cm^3 であり、実施例 5 同様に非常に低いものの、締付締戻し回数はたったの 4 回に留まった。このことから、樹脂被膜 31 の鉛筆硬度は低く抑えないと、アルカリ石鹼層 31A の潤滑効果が十分に得られないことが分かった。実施例 5 の実績から、鉛筆硬度は F 以下にしておく方が良いと考えられる。

[0082] ここで、本願が優先権を主張する、日本国特許出願 2022-134377 (2022 年 8 月 25 日出願) の全内容は、参照により本開示の一部をなす。ここでは、限られた数の実施形態を参照しながら説明したが、権利範囲はそれらに限定されるものではなく、上記の開示に基づく各実施形態の改変は当業者にとって自明なことである。

符号の説明

[0083] 1 ピン

1 a 雄ねじ

2 ボックス (カップリング)

2 a 雌ねじ

3 重錘

3 A 重錘本体

4 パワートング

1 2 貫き棒

1 3 差込棒

2 0 吊り上げ装置（クレーン）

2 1 チェーン（吊り索）

3 0 他の固体潤滑被膜

3 1 樹脂被膜

3 1 A アルカリ石鹼層

請求の範囲

- [請求項1] 雌ねじを有するボックス及び雄ねじを有するピンが連結してなる油井管ねじ継手に使用される、上記ボックス又はピンを構成する油井管であって、
- ねじ部の最表層に、バインダー樹脂に固体潤滑剤としてアルカリ石鹼を含有する樹脂被膜を有し、
- 上記樹脂被膜は、表面にアルカリ石鹼層が形成されている、油井管。
- [請求項2] 上記樹脂被膜は、含有する上記アルカリ石鹼が表面側に集中して上記アルカリ石鹼層を形成する、
- 請求項1に記載した油井管。
- [請求項3] 上記バインダー樹脂は、SP値が 10.0 cal/cm^3 以下である、請求項1又は請求項2に記載した油井管。
- [請求項4] 上記アルカリ石鹼の重量は、上記バインダー樹脂の重量の 0.01 倍以上 3 倍以下である、請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の油井管。
- [請求項5] 上記樹脂被膜は、鉛筆硬度がF以下である、請求項1～請求項4のいずれか1項に記載した油井管。
- [請求項6] 上記樹脂被膜の下層に、他の固体潤滑被膜を有する、請求項1～請求項5のいずれか1項に記載した油井管。
- [請求項7] 雌ねじを有するボックス及び雄ねじを有するピンが連結してなる油井管ねじ継手であって、
- 上記ボックス及びピンのうちの少なくとも一方が、請求項1～請求項6のいずれか1項に記載の油井管からなる、油井管ねじ継手。
- [請求項8] 油井管のねじ部に最表層を形成するための塗料であって、
- 溶剤、バインダー樹脂、及び固体潤滑剤を含み、
- 上記固体潤滑剤として、アルカリ石鹼を含み、

上記バインダー樹脂は、SP値が 10.0 cal/cm^3 以下であり、平均分子量が10000以上300000以下であり、

上記アルカリ石鹼の重量は、上記バインダー樹脂の重量の0.01倍以上3倍以下である、
塗料。