

明 細 書

発明の名称：管用ねじ継手

技術分野

[0001] 本発明は、管用ねじ継手（Threaded joint for pipes）に関する。

背景技術

[0002] 管用ねじ継手は、油井管（oil country tubular goods、OCTG）など産油産業施設に使用される鋼管の接続に広く使用されている。

[0003] 図１は、一般的な管用ねじ継手の構造の一例を示す模式図である。管用ねじ継手１００は、第１の管の一端に雄のテーパねじである雄ねじ部１１１が設けられたピン１１０と、第２の管の一端に前記雄ねじ部と螺合する雌のテーパねじである雌ねじ部１２１が設けられたボックス１２０とを備えている。

[0004] ピン１１０の先端、すなわち雄ねじ部１１１よりも先端側には、ねじが存在しない部分である非ねじ部１１２が設けられている。そして、非ねじ部１１２は、シール部１１３と、管軸に対して垂直に近いショルダー部１１４を備えている。一方、ボックス１２０には、雌ねじ部１２１よりも管軸方向における中心側、すなわち端部と反対側に非ねじ部１２２が設けられている。そして、非ねじ部１２２も、シール部１２３と、管軸に対して垂直に近いショルダー部１２４を備えている。ピン１１０とボックス１２０とを締付けた際には、図１に示すようにピン１１０の非ねじ部１１２とボックス１２０の非ねじ部１２２とが当接し、金属－金属接触によるシールが形成される。

[0005] 図２は、一般的な管用ねじ継手における、ボックス１２０に形成された雌ねじ部１２１の、ねじ溝２００の形状を示す模式図である。図２では上側がねじ底側であり、ねじ溝２００は、雌ねじのテーパと平行なねじ底直線部２１０を有する略台形状である。また、ねじ溝２００は、図２の左側、すなわちピン１１０の挿入方向において後方側に、直線状のロードフランク（load flank）２２０を備えている。同様に、ねじ溝２００は、図２の右側、すなわ

ちピン100の挿入方向において前方側に、直線状のスタビングフランク (stabbing flank) 230を備えている。そして、ねじ溝200は、ねじ底側に、ロードフランク側コーナー部240とスタビングフランク側コーナー部250を備えており、ロードフランク側コーナー部240とスタビングフランク側コーナー部250は、それぞれ1つの円弧で構成されている。

[0006] このような管用ねじ継手には、耐引張性、耐圧縮性、耐曲げ性、シール性など、様々な性能が要求される。とくに近年では、原油や天然ガス掘削用の井戸の深井戸化が進んでいることに加えて、従来一般的であった垂直井のみならず、水平井や傾斜井も増加しており、掘削・生産環境は苛酷化している。したがって、管用ねじ継手には、そのような過酷な環境においても破断しないことが求められる。

[0007] ここで、ねじ継手の破断は、ボックスのねじ溝に発生したき裂を起点として発生する。特に、ねじ継手に引張荷重が負荷された際の応力は、ボックスの端部から最も遠いねじ溝として定義される第1ねじ溝のロードフランク側コーナー部に集中するため、ねじ継手の破断を防止するためには、第1ねじ溝におけるき裂の発生を抑制する必要がある。

[0008] そこで、特許文献1では、管用ねじ継手の破断を防止するために、継手効率 (tensile efficiency、TE)、ボックスの雌ねじ高さ t 、および第1ねじ溝のロードフランク側コーナー部を構成する円弧の曲率半径 ρ を、特定の数式で規定される関係を満たすように制御することが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：国際公開第2015/111117号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかし、特許文献1で提案されているような従来技術には、以下の問題があった。

- [0011] 特許文献1で使用されているパラメータの1つである継手効率TEは、ピンの素管部 (raw pipe portion) の断面積に対するボックスの第1ねじ位置における断面積の比として定義される値である。継手効率が高いほど、継手の限界引張性能が高いことを意味する。したがって、ボックスの外径を大きくして継手効率を高くすれば、継手の限界引張性能を高めることができる。なお、ここで素管部とは、管の、ねじが設けられていない部分を指す。
- [0012] しかし、油井掘削のコストダウンの観点からは、井戸開発時の採掘量を低減することが求められており、そのためにはボックスの外径を小さくすることが必要である。したがって、破断防止とコストダウンの両者の要求を満たすためには、継手効率を増加させることなく破断を防止する必要がある。
- [0013] それに対して、特許文献1では、継手効率TE、ボックスの雌ねじ高さt、および第1ねじ溝のロードフランク側コーナー部を構成する円弧の曲率半径ρを、次の式の関係を満たすように制御している。
- $$TE (\%) \geq 2.25 \times t / \rho + 99.9$$
- [0014] 上記の式から分かるように、曲率半径ρを大きくすれば継手効率TEを小さくできる。しかし、実際には曲率半径ρを大きくするためにはボックスの雌ねじ高さtを大きくする必要がある、そのためにはボックスの外径を大きくせざるを得ない。また、雌ねじ高さtを大きくすると、ねじを切削するために必要な時間が増加するため、ねじ継手の生産性も低下する。
- [0015] 加えて、曲率半径ρを大きくすると、ロードフランク側コーナー部の円弧とスタビングフランク側コーナー部の円弧が干渉するため、ρをあまり大きくすることはできない。特に、小径サイズのパイプには、ねじ幅の小さいねじ形状を適用するのが一般的であるため、ρを大きくすることは難しく、したがって、破断防止のためには継手効率を大きくせざるを得ない。
- [0016] このように、従来の技術では、破断防止とコストダウンという相反する課題を両立させることができなかった。
- [0017] 本発明は、上記実状に鑑みてなされたものであり、ボックス外径を増加させることなく、引張負荷の作用時におけるボックスの破断を防止することを

目的とする。

課題を解決するための手段

[0018] 本発明者らは、上記課題を解決するために、有限要素解析（F E A）を行ってボックスに設けられるねじ溝の軸方向断面形状の影響を検討した。その結果、従来は単一の円弧で構成されていたねじ底のロードフランク側コーナー部に、さらに前記円弧よりも大きい曲率半径を有する円弧を設けることにより、コーナー部への応力集中を緩和し、応力をねじ底全体に分散できることを見出した。以下、図3、4を参照して、解析結果の一例について説明する。

[0019] 図3は、F E Aで求めた、従来のねじ溝形状における第1ねじ溝近傍での塑性歪み（plastic strain）の分布を示すコンター図である。図の上側に位置する部材がボックス、下側に位置する部材がピンであり、図に示されている2つのねじ溝のうち、右側のねじ溝が第1ねじ溝である。ボックスに設けられた各ねじ溝は、雌ねじのテーパと平行なねじ底直線部を備える台形ねじである。前記ねじ溝の側面はスタビングフランク面（図中右側）とロードフランク面（図中左側）から構成されており、管軸方向に引張荷重が作用した場合にはロードフランク面に荷重がかかる。ねじ溝は、ねじ底側に、ロードフランク側コーナー部とスタビングフランク側コーナー部を備えており、ロードフランク側コーナー部とスタビングフランク側コーナー部は、それぞれ1つの円弧で構成されている。

[0020] 図3から分かるように、従来のねじ溝形状では、第1ねじ溝のコーナー部に塑性歪みが集中しており、中でもロードフランク側コーナー部において塑性歪みが最大となっている。

[0021] 一方、図4は、図3に示したねじ溝のロードフランク側コーナー部に、さらにもう一つの円弧を設けた場合の塑性歪み分布を示すコンター図である。追加された2つめの円弧の曲率半径は、1つめの円弧の曲率半径の11.5倍とした。なお、図4に示したねじ溝形状は、後述する本発明の第1の実施形態におけるねじ溝形状に相当する。

[0022] 図4に示した結果では、図3の場合と異なり、ねじ底のコーナー部への塑性歪みの集中が緩和され、塑性歪みがねじ溝の底部全体に分散していることが分かる。

[0023] このように、従来は単一の円弧で構成されていたねじ底のロードフランク側コーナー部に、さらに前記円弧よりも大きい曲率半径を有する円弧を設けることにより、コーナー部への応力集中を緩和し、応力をねじ底全体に分散できる。そして、その結果、塑性変形によるき裂の発生と、前記き裂を起点とするボックスの破断を防止することができる。なお、図3、4においては応力分布ではなく塑性歪みの分布を示した。これは、一定以上の応力がかかる部位においては、塑性変形が起こることによって応力が緩和され、見かけ上、応力が低くなるためである。実際上のき裂発生リスクを評価するためには、応力自体よりも塑性歪みを用いる方が適切である。

[0024] なお、上記FEAは、上述した構造を有するねじ継手において、まず、ねじ締め付けを模擬した解析を実施し、その後、さらにISO 13679: 2002のTest Series Aに準拠した引張／圧縮と内圧／外圧の複合荷重を付与する条件で行った。

[0025] 本発明は前記知見に基づいてなされたものであり、その要旨構成は以下のとおりである。

[0026] 1. 第1の管の一端に雄のテーパねじである雄ねじ部が設けられたピンと、
第2の管の一端に前記雄ねじ部と螺合する雌のテーパねじである雌ねじ部が設けられたボックスとを備え、
前記雌ねじ部は、複数のねじ溝を有し、
前記複数のねじ溝のそれぞれは、ねじ底側に、ロードフランク側コーナー部およびスタビングフランク側コーナー部を有する管用ねじ継手であって、
前記複数のねじ溝のうち前記ボックスの端部から最も遠いねじ溝として定義される第1ねじ溝のロードフランク側コーナー部が、ロードフランクと直接接続され、第1の曲率半径を有する第1円弧部と、前記第1円弧部と直接または間接的に接続され、第2の曲率半径を有する第2円弧部とを備え、

前記第 1 の曲率半径に対する前記第 2 の曲率半径の比である曲率半径比が 3 以上である、管用ねじ継手。

[0027] 2. 前記第 2 円弧部が、前記第 1 円弧部に直接接続されている、上記 1 に記載の管用ねじ継手。

[0028] 3. 前記第 2 円弧部が、直線部を介して前記第 1 円弧部に接続されている、上記 1 に記載の管用ねじ継手。

[0029] 4. 前記第 1 ねじ溝のロードフランク側コーナー部が、さらに、前記第 2 円弧部と直接または間接的に接続された第 3 円弧部を備える、上記 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の管用ねじ継手。

[0030] 5. 前記第 1 ねじ溝が、前記雌ねじ部のテーパと平行なねじ底直線部を有する、上記 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の管用ねじ継手。

発明の効果

[0031] 本発明によれば、ボックス外径を増加させることなく、引張負荷の作用時におけるボックスの破断を防止することが出来る。本発明の管用ねじ継手は、石油やガスの探査、生産に使用される油井管、石油やガスの輸送に用いられるラインパイプなどの接続に好適に用いることができる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]一般的な管用ねじ継手の構造の一例を示す模式図である。

[図2]一般的な管用ねじ継手における、ボックスに形成された雌ねじ部の、ねじ溝の形状を示す模式図である。

[図3] F E A で求めた、従来のねじ溝形状における第 1 ねじ溝近傍における塑性歪み分布を示すコンター図である。

[図4] F E A で求めた、本発明の一実施形態におけるねじ溝形状における第 1 ねじ溝近傍における塑性歪み分布を示すコンター図である。

[図5]カップリングタイプのねじ継手の構造の一例を示す断面模式図である。

[図6]インテグラルタイプのねじ継手の構造の一例を示す断面模式図である。

[図7]第 1 の実施形態における第 1 ねじ溝の形状を示す模式図である。

[図8]第 2 の実施形態における第 1 ねじ溝の形状を示す模式図である。

[図9]第3の実施形態における第1ねじ溝の形状を示す模式図である。

[図10]第4の実施形態における第1ねじ溝の形状を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、本発明を実施する方法について具体的に説明する。なお、以下の説明は、本発明の好適な実施形態の例を示すものであって、本発明はこれに限定されない。以下の説明において「ロードフランク」および「スタビングフランク」との用語は、本技術分野における通常の意味で用いられる。すなわち「ロードフランク」は管軸方向の引張力に対し負荷のかかる側の直線状のフランクを指し、「スタビングフランク」は、ロードフランクと反対側の直線状のフランクを指す。また、本明細書において、ねじ溝の形状は、ねじ溝を形成した時点、すなわち前記ピンとボックスとを締付ける前の時点における形状を指すものと定義する。

[0034] 本発明の一実施形態における管用ねじ継手（以下、単に「ねじ継手」ともいう）は、第1の管の一端に雄のテーパねじである雄ねじ部が設けられたピンと、第2の管の一端に前記雄ねじ部と螺合する雌のテーパねじである雌ねじ部が設けられたボックスとを備えている。前記ボックスの雌ねじ部は、複数のねじ溝を有しており、前記複数のねじ溝のうち前記ボックスの端部から最も遠いねじ溝を「第1ねじ溝」と定義する。ただし、第1ねじ溝を決定する際には、ねじ溝のうちピン側のねじ山と実質的にかみ合うねじ溝のみをねじ溝として考慮する。

[0035] 前記複数のねじ溝のそれぞれは、ねじ底側に、ロードフランク側コーナー部およびスタビングフランク側コーナー部を有している。そして、第1ねじ溝のロードフランク側コーナー部は、少なくとも2つの円弧部を備えている。

[0036] [曲率半径比]

第1ねじ溝のロードフランク側コーナー部に設けられた2つの円弧部の内、一方は、ロードフランクと直接接続され、第1の曲率半径を有する第1円弧部であり、他方は、前記第1円弧部と直接または間接的に接続され、第2

の曲率半径を有する第2円弧部である。本発明では、前記第1の曲率半径に対する前記第2の曲率半径の比である曲率半径比を3以上とすることが重要である。

[0037] 上記条件を満たす第2円弧部を設けることにより、ロードフランク側コーナー部への応力集中を緩和し、応力をねじ底全体に分散できる。そしてその結果として、ボックスの破断を防止することができる。これに対して、従来のねじ継手ではロードフランク側コーナー部を単一の円弧で構成していたため、先に述べたように破断を防止するためにはボックスの外径を増加させる必要があった。

[0038] なお、上述したように、応力の集中は主に第1ねじ溝のコーナー部において生じるため、第1ねじ溝が上記構造を有していれば、他のねじ溝の形状にかかわらず上記効果を得ることができる。したがって、本発明において、第1ねじ溝以外のねじ溝の構造は特に限定されない。しかし、製造の容易さの観点からは、ボックスのすべてのねじ溝が上記条件を満たすことが好ましい。言い換えると、ボックスのすべてのねじ溝のロードフランク側コーナー部が、ロードフランクと直接接続され、第1の曲率半径を有する第1円弧部と、前記第1円弧部と直接または間接的に接続され、第2の曲率半径を有する第2円弧部とを備え、前記第1の曲率半径に対する前記第2の曲率半径の比である曲率半径比が3以上であることが好ましい。

[0039] なお、上記曲率半径比の上限は限定されない。しかし、曲率半径比が1.5を超えると、応力緩和効果が飽和する。そのため、曲率半径比は1.5以下であってよい。また、第1円弧部と第2円弧部とは、その接続部において共通の接線を有するよう滑らかに接続されていることが好ましい。ロードフランク側コーナー部を構成する各円弧部および直線部は、隣接する円弧部または直線部と、その接続部において共通の接線を有するよう滑らかに接続されていることがより好ましい。

[0040] (曲率半径)

第1円弧部および第2円弧部それぞれの曲率半径は特に限定されず、任意

の値とすることができる。第1円弧部の曲率半径は、例えば、0.008～0.025インチとすることができる。一方、第2円弧部の曲率半径は、例えば、0.030～0.200インチとすることができる。

[0041] (角度 θ)

第1円弧部の角度 θ は特に限定されない。しかし、第1円弧部の角度 θ が 50° 以上であれば、第2円弧部を過度に大きくする必要がないため、ねじ溝のサイズを大きくする必要性をさらに低減できる。そのため、第1円弧部の角度 θ は、 50° 以上とすることが好ましい。一方、第1円弧部の角度 θ が 75° 以下であれば、応力が集中しやすい位置にまで第1円弧部が延在することを回避できるため、応力分散効果をさらに高めることができる。そのため、第1円弧部の角度 θ は 75° 以下とすることが好ましい。なお、ここで「第1円弧部の角度 θ 」とは、管軸と平行な直線aと、第1円弧部のロードフランクとは反対側の終端における半径rとのなす角と定義する(図7～10参照)。

[0042] なお、前記複数のねじ溝のフランク角度は、とくに限定されず、任意の角度とすることができる。例えば、スタビングフランク角度は、管軸に垂直な直線に対し $+5 \sim +40$ 度とすることが好ましい。ロードフランク角度は、管軸に垂直な直線に対し $-10 \sim 0$ 度とすることが好ましい。ここで、フランク角度は、フランク面が、管軸に垂直な直線を基準として、ねじ山側に傾斜している場合を正、ねじ山と反対側へ傾斜している場合を負と定義する。

[0043] また、ねじ溝の深さについてもとくに限定されないが、0.03～0.10インチであることが好ましい。1インチ当たりのねじ山の数、4～10とすることが好ましい。したがって、ねじ山間の距離として定義されるねじピッチは0.1～0.25インチとすることが好ましい。ねじ高さ中央におけるねじ山の幅として定義されるねじ幅は、ねじピッチの0.4～0.6倍であることが好ましい。

[0044] (非ねじ部)

ピンは、最も先端、すなわち雄ねじ部よりも先端側に、ねじが存在しない

部分（以下、非ねじ部という）を備えることが好ましい。また、ボックスは、雌ねじ部よりも管軸方向における中心側、すなわち端部と反対側に非ねじ部を備えることが好ましい。ピンとボックスとを締付けた際には、ピンの非ねじ部とボックスの非ねじ部とが当接し、金属－金属接触によるシールが形成される。

[0045] [継手のタイプ]

本発明のねじ継手は、前記条件を満たすものであれば、任意の構造であってよい。例えば、本願発明のねじ継手は、カップリングタイプのねじ継手およびインテグラルタイプのねじ継手のいずれかであってよい。

[0046] 図5は、本願発明の一実施形態における、カップリングタイプの管用ねじ継手1の構造を示す模式図である。カップリングタイプの管用ねじ継手は、ボックスとしてのカップリングを使用して、2本の管を接続するねじ継手であり、Thread and Coupling (T & C) タイプとも呼ばれる。

[0047] カップリングタイプの管用ねじ継手1は、ピン10とボックス（カップリング）20を備えている。ピン10は、管の端部に雄のテーパねじである雄ねじ部11が設けられた構造を有しており、ボックス20は、ピン10の雄ねじ部11と螺合する雌のテーパねじである雌ねじ部21が管の両端に設けられた構造を有している。

[0048] ピン10は、図5に示したように、最も先端、すなわち雄ねじ部11よりも先端側に非ねじ部12を備えることが好ましい。また、ボックス20は、雌ねじ部21よりも管軸方向における中心側、すなわち端部と反対側に非ねじ部22を備えることが好ましい。ピン10とボックス20とを締付けた際には、ピン10の非ねじ部とボックス20の非ねじ部とが当接し、金属－金属接触によるシールが形成される。

[0049] 前記非ねじ部は、図5に示したようにシール部とショルダー部を含むことが好ましい。例えば、ピン10の非ねじ部12には、シール部13と、シール部13よりも先端側に位置するショルダー部14を備えることができる。また、ボックス20の非ねじ部22は、シール部23と、シール部23より

も中心側に位置するショルダー部24を備えることができる。ピン10のショルダー部14は管軸に垂直であってもよいが、管軸に垂直な直線よりもピン側へ傾斜していてもよい。ピン10のショルダー部14と管軸に垂直な直線とのなす角は、0〜30度であることが好ましい。

[0050] ピンのシール部とボックスのシール部の形状は特に限定されないが、例えば、以下の組み合わせとすることができる。

- ・ボックス側：テーパ状、ピン側：テーパ状
- ・ボックス側：テーパ状、ピン側：凸曲線状
- ・ボックス側：凸曲線状、ピン側：テーパ状
- ・ボックス側：凹曲線状、ピン側：凸曲線状

[0051] 一方、図6は、本願発明の他の実施形態における、インテグラルタイプの管用ねじ継手1の構造を示す模式図である。インテグラルタイプの管用ねじ継手1においては、カップリングを使用することなく、2本の管が直接接続される。すなわち、ピン10は、第1の管の一端に雄のテーパねじである雄ねじ部11が設けられた構造を有しており、ボックス20は、第2の管の一端に、ピン10の雄ねじ部11と螺合する雌のテーパねじである雌ねじ部21が設けられた構造を有している。

[0052] ピン10は、図6に示したように、最も先端、すなわち雄ねじ部11よりも先端側に非ねじ部12を備えることが好ましい。また、ピン10は、雄ねじ部11よりも管軸方向における中心側、すなわち端部と反対側にも、非ねじ部12を備えることが好ましい。同様に、ボックス20は、雌ねじ部21よりも管軸方向における中心側、すなわち端部と反対側に非ねじ部22を備えることが好ましい。また、ボックス20は、最も先端、すなわち雌ねじ部21よりも先端側にも非ねじ部22を備えることが好ましい。ピン10とボックス20とを締付けた際には、前記ピンの非ねじ部とボックスの非ねじ部とが当接し、金属－金属接触によるシールが形成される。

[0053] ピン10の非ねじ部12は、図6に示したようにシール部13を含むことが好ましい。また、ピン10の非ねじ部12には、ショルダー部14を含ん

でいてもよい。また、ボックス20の非ねじ部22も、シール部23を含むことが好ましい。また、ボックス20の非ねじ部22には、ショルダー部24を含んでもよい。シール部とショルダー部の構造は、カップリングタイプの説明に記載したものと同様の構造とすることができる。

[0054] なお、図5、6は継手のタイプを説明するための模式図であるため、ねじ溝およびねじ山の形状については簡略化して示している。

[0055] [材質]

本願発明のねじ継手の材質は特に限定されず、任意の材質を用いることができる。本発明における応力の分散効果は、ねじ底のコーナ一部分の形状を改良したことによって得られる機械的なものであり、化学的なものではないため、材質に依存することなく発揮される。継手の強度の観点から、通常は、ピンおよびボックスの材質を金属とすることが好ましく、鋼およびNi基合金のいずれかとすることがより好ましい。前記鋼は、炭素鋼および合金鋼のいずれであってもよい。ピンの材質とボックスの材質は異なっても良いが、同じであることが好ましい。

[0056] 次に、本願発明のねじ継手におけるねじ溝の形状について、4つの実施形態を挙げてさらに具体的に説明する。以下の各実施形態においては、少なくとも第1ねじ溝が、以下に説明する構造を備えていればよい。しかし、上述したように、製造の容易さの観点からは、以下に説明する構造をボックスのすべてのねじ溝が備えることが好ましい。

[0057] (第1の実施形態)

図7は、本発明の第1の実施形態におけるねじ溝2の形状を示す模式図である。本実施形態においては、ねじ溝2のねじ底側のロードフラНК側コーナ一部分50が、直線状のロードフラНК60に直接接続された第1円弧部51と、第1円弧部51に直接接続された第2円弧部52を備えている。そして、第1円弧部51の曲率半径R1に対する第2円弧部52の曲率半径R2の比として定義される曲率半径比($R2/R1$)は3以上である。図7に示した例では、第2円弧部52がスタビングフラНК側コーナ一部分70まで延

びており、第2円弧部52がねじ底を構成している。なお、スタビングフランク側コーナー部70は単一の円弧で構成されており、該円弧は直線状のスタビングフランク80と直接接続している。

[0058] (第2の実施形態)

図8は、本発明の第2の実施形態におけるねじ溝2の形状を示す模式図である。本実施形態においては、ねじ溝2のねじ底側のロードフランク側コーナー部50が、直線状のロードフランク60に直接接続された第1円弧部51と、第1円弧部51に直線部53を介して接続された第2円弧部52を備えている。言い換えると、ロードフランク60、第1円弧部51、直線部53、および第2円弧部52が、この順序で接続されている。それ以外の点については第1の実施形態と同じである。直線部53を設けることにより、応力分散効果をさらに高めることができる。直線部53は、第1円弧部51と第2円弧部52の共通接線とすることが好ましい。

[0059] 直線部53の長さは特に限定されないが、ねじ溝が過度に大きくなることを避けるという観点からは、直線部53の長さを0.010インチ以下とすることが好ましい。

[0060] (第3の実施形態)

図9は、本発明の第3の実施形態におけるねじ溝2の形状を示す模式図である。本実施形態においては、ねじ溝2が、雌ねじ部のテーパと平行なねじ底直線部90を有している。このように、ねじ溝の底部を直線で構成することにより、ねじ溝の深さ(ねじ高さ)の検査が容易となる。ねじ底直線部90は、図9に示したようにスタビングフランク側コーナー部70と直接接続されている。

[0061] さらに図9に示した実施形態では、ロードフランク側コーナー部50が、第2円弧部52とねじ底直線部90との間に、第3円弧部54を備えている。このように第3円弧部54を設けることにより、第3円弧部54を介して第2円弧部52とねじ底直線部90を滑らかに接続することができる。それ以外の点については第1、第2の実施形態と同様とすることができる。なお

、図9に示した実施形態では、第2円弧部52と第3円弧部54とが直接接続されているが、第2円弧部52と第3円弧部54は、直線部を介して接続されていてもよい。

[0062] 第3円弧部54の曲率半径は特に限定されないが、第1円弧部51の曲率半径より大きくすることが好ましい。第3円弧部54の曲率半径は、例えば、0.010インチ～0.200インチであってよい。

[0063] なお、ねじ底直線部90は、第3円弧部54が存在しない場合にも設けることができる。その場合、第2円弧部52とねじ底直線部90を直接接続することができる。

[0064] (第4の実施形態)

図10は、本発明の第4の実施形態におけるねじ溝2の形状を示す模式図である。本実施形態においては、第3の実施形態と同様、ねじ溝2が、雌ねじ部のテーパと平行なねじ底直線部90を有している。そして、ロードフランク側コーナー部50が、ロードフランク60と直接接続された第1円弧部51と、第1円弧部51に直線部53を介して接続された第2円弧部52、および第2円弧部に直接接続された第3円弧部54を備えている。言い換えると、ロードフランク60、第1円弧部51、直線部53、第2円弧部52、および第3円弧部54が、この順序で接続されている。それ以外の点については第1～3の実施形態と同様とすることができる。

実施例

[0065] API 5CRAのCategory:13-5-2, Grade:110に該当する鋼種からなる外径9.625インチ×肉厚0.545インチ（外径244.48mm×肉厚13.84mm）の鋼管を加工して、ピンおよび前記ピンに対応するボックスからなるねじ継手を作製した。作製したねじ継手のねじ溝の形状は表1に示すとおりとした。1インチあたりのねじ山の数 ϕ は5（5 T P I）、ねじ高さは0.062インチ（1.575mm）とした。スタビングフランク角は25度、ロードフランク角は-5度、ねじテーパは1/16とした。ボックス外径を抑制するために継手効率は110%以下の設計とした。なお、ここでねじ溝

の形状は、作製した前記ピンとボックスとを締付ける前の時点における形状を指す。

[0066] 次いで、API 5C5:2017のConnection Application Levels (CAL) IVに準拠した条件で気密試験を実施し、前記ねじ継手の性能を評価した。試験結果を表1に示す。前記気密試験において、ボックスが破断しなかった場合を「合格」、破断した場合を「不合格」とした。

[0067] 表1に示したように、本発明の条件を満たすねじ継手では、継手効率が109%以下であるにもかかわらず、ボックスの破断が生じなかった。とくに、発明例N o. 3においては、継手効率が101%でも破断が生じなかった。一方、第2円弧部を設けなかった比較例では、継手効率を110%まで増加させたにもかかわらずボックスが破断した。また、第2円弧部を設けた場合であっても、曲率半径比が3未満の比較例では、継手効率を110%まで増加させてもボックスが破断した。なお、特許文献1で提案されている手法でボックスの破断を防止するためには、比較例N o. 6の条件では継手効率を116%、比較例N o. 7の条件では111%まで増加させる必要がある。

[0068] 以上の結果から分かるように、本発明によれば、ボックス外径を増加させることなく、引張負荷の作用時におけるボックスの破断を防止することができる。したがって、本発明は、破断防止とコストダウンという相反する課題を解決することができる。

[0069]

[表1]

No.	ねじ溝の形状							継手効率 (%)	ボックス 外径 (in)	試験結果	備考	
	第 1 円弧部		直線部	第 2 円弧部		曲率半径比 (一)	ねじ底直線部					
							長さ (in)					
	曲率半径 (in)	角度 θ (°)	長さ (in)	曲率半径 (in)				長さ (in)				
1	0.0200	75	—	0.120	6.0	—	10.530	合格	本発明例			
2	0.0120	75	—	0.150	12.5	—	10.513	合格	本発明例			
3	0.0087	70	0.0016	0.100	11.5	—	10.499	合格	本発明例			
4	0.0087	60	—	0.030	3.4	0.0580	10.566	合格	本発明例			
5	0.0087	60	—	0.020	2.3	0.0641	10.572	破断	比較例			
6	0.0087	91.79	—	—	—	0.0719	10.569	破断	比較例			
7	0.0130	91.79	—	—	—	0.0660	10.569	破断	比較例			

表 1

符号の説明

- [0070] 1 管用ねじ継手
 2 ねじ溝
 1 0 ピン
 1 1 雄ねじ部
 1 2 非ねじ部
 1 3 シール部
 1 4 ショルダー部
 2 0 ボックス
 2 1 雌ねじ部
 2 2 非ねじ部
 2 3 シール部
 2 4 ショルダー部
 5 0 ロードフランク側コーナー部
 5 1 第1円弧部
 5 2 第2円弧部
 5 3 直線部
 5 4 第3円弧部
 6 0 ロードフランク
 7 0 スタビングフランク側コーナー部
 8 0 スタビングフランク
 9 0 ねじ底直線部
 1 0 0 管用ねじ継手
 1 1 0 ピン
 1 1 1 雄ねじ部
 1 1 2 非ねじ部
 1 1 3 シール部
 1 1 4 ショルダー部

- 1 2 0 ボックス
- 1 2 1 雌ねじ部
- 1 2 2 非ねじ部
- 1 2 3 シール部
- 1 2 4 ショルダー部
- 2 0 0 ねじ溝
- 2 1 0 ねじ底直線部
- 2 2 0 ロードフランク
- 2 3 0 スタビングフランク
- 2 4 0 ロードフランク側コーナー部
- 2 5 0 スタビングフランク側コーナー部
 - a 管軸と平行な直線
 - r 第1円弧部のロードフランクとは反対側の終端における半径
 - θ 直線 a と半径 r とのなす角