(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4254909号
(P4254909)

(45)発行日　平成21年4月15日(2009.4.15)　(24)登録日　平成21年2月6日(2009.2.6)

(51)Int.Cl.		F I		
C22C 38/00	(2006.01)	C22C	38/00	301Z
C22C 38/50	(2006.01)	C22C	38/50	
C21D 9/08	(2006.01)	C21D	9/08	E

請求項の数 10　(全 14 頁)

(21)出願番号	特願2008-538797 (P2008-538797)
(86)(22)出願日	平成20年3月14日 (2008.3.14)
(86)国際出願番号	PCT/JP2008/054746
(87)国際公開番号	WO2008/123025
(87)国際公開日	平成20年10月16日 (2008.10.16)
審査請求日	平成20年8月15日 (2008.8.15)
(31)優先権主張番号	特願2007-90639 (P2007-90639)
(32)優先日	平成19年3月30日 (2007.3.30)
(33)優先権主張国	日本国 (JP)
(31)優先権主張番号	特願2007-194695 (P2007-194695)
(32)優先日	平成19年7月26日 (2007.7.26)
(33)優先権主張国	日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73)特許権者　000002118
住友金属工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
(74)代理人　100104444
弁理士　上羽　秀敏
(74)代理人　100123906
弁理士　竹添　忠
(72)発明者　大江　太郎
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
住友金属工業株式会社内
(72)発明者　中村　圭一
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
住友金属工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】坑井内で拡管される拡管用油井管及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

坑井内で拡管される拡管用油井管であって、

質量％で、Ｃ：０．０５～０．０８％、Ｓｉ：０．５０％以下、Ｍｎ：０．８０～１．３０％、Ｐ：０．０３０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｃｒ：０．０８～０．５０％、Ｎ：０．０１％以下、Ａｌ：０．００５～０．０６％、Ｔｉ：０．０５％以下、Ｃｕ：０．５０％以下及びＮｉ：０．５０％以下を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなる化学組成と、

フェライト率が８０％以上の組織とを備え、

２７６～３７９ＭＰａの降伏強度と１６％以上の一様伸びとを有することを特徴とする拡管用油井管。

【請求項２】

請求項１に記載の拡管用油井管であって、

前記化学組成は、

前記Ｆｅの一部に替えて、Ｍｏ：０．１０％以下、Ｖ：０．１０％以下、Ｎｂ：０．０４０％以下、Ｃａ：０．００５％以下及び希土類元素：０．０１％以下からなる群から選択される１種又は２種以上を含有することを特徴とする拡管用油井管。

【請求項３】

請求項１又は請求項２に記載の拡管用油井管であって、１８％以上の一様伸びを有することを特徴とする拡管用油井管。

【請求項４】
請求項３に記載の拡管用油井管であって、
焼入れされた後、Ａｃ１点以上の焼戻し温度で焼戻しされることを特徴とする拡管用油井管。
【請求項５】
請求項１～４のいずれか１項に記載の拡管用油井管であってさらに、
０．７％以下の楕円率と、６．０％以下の偏肉率とを有することを特徴とする拡管用油井管。
【請求項６】
請求項５に記載の拡管用油井管であって、
冷間加工された後、焼き入れ焼戻しされることを特徴とする拡管用油井管。
【請求項７】
拡管用油井管の製造方法であって、
質量％で、Ｃ：０．０５～０．０８％、Ｓｉ：０．５０％以下、Ｍｎ：０．８０～１．３０％、Ｐ：０．０３０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｃｒ：０．０８～０．５０％、Ｎ：０．０１％以下、Ａｌ：０．００５～０．０６％、Ｔｉ：０．０５％以下、Ｃｕ：０．５０％以下及びＮｉ：０．５０％以下を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなる化学組成を有する素管を製造する工程と、
前記製造された素管を焼入れ焼戻しして、フェライト率が８０％以上の組織と、２７６～３７９ＭＰａの強度と、１６％以上の一様伸びとを有する拡管用油井管とする焼入れ焼戻し工程とを備えることを特徴とする拡管用油井管の製造方法。
【請求項８】
請求項７に記載の拡管用油井管の製造方法であって、
前記素管の化学組成は、
前記Ｆｅの一部に替えて、Ｍｏ：０．１０％以下、Ｖ：０．１０％以下、Ｎｂ：０．０４０％以下、Ｃａ：０．００５％以下及び希土類元素：０．０１％以下からなる群から選択される１種又は２種以上を含有することを特徴とする拡管用油井管の製造方法。
【請求項９】
請求項７又は請求項８に記載の拡管用油井管の製造方法であって、
前記焼入れ焼戻し工程では、焼入れされた前記素管を、Ａｃ１点以上の焼戻し温度で焼戻しして、前記拡管用油井管の一様伸びを１８％以上とすることを特徴とする拡管用油井管の製造方法。
【請求項１０】
請求項７～請求項９のいずれか１項に記載の拡管用油井管の製造方法であってさらに、
前記製造された素管を冷間加工して、前記拡管用油井管の楕円率を０．７％以下とし、かつ、偏肉率を６．０％以下にする工程を備え、
前記焼入れ焼戻し工程では、前記冷間加工された素管を焼入れ焼戻しすることを特徴とする拡管用油井管の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、油井管及びその製造方法に関し、さらに詳しくは、坑井内で拡管される油井管及びその製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
石油やガスを生産するための井戸（油井やガス井）を施工するとき、複数の油井管を坑井内に挿入する。従来の井戸の施工方法は以下のとおりである。ドリルパイプで抗井を所定の深さまで掘削した後、油井管を挿入する。次に、抗井をさらに掘削した後、既に挿入されている油井管の内径より小さい外径を有する油井管を挿入する。このように、従来の施工方法では、坑井が深くなるに従い挿入される油井管の外径を順次小さくする。換言す

れば、油井が深くなるほど、坑井の上部（地表付近部分）に使用される油井管の内径は大きくなる。その結果、掘削面積が増大し、掘削費が増大する。

【０００３】

掘削面積を低減して掘削費を低減するための新たな施工方法が、特表平７－５０７６１０号公報及び国際公開第ＷＯ９８／００６２６号パンフレットに開示されている。これらの文献に開示された施工方法は以下のとおりである。まず、坑井内に配設された油井管の内径よりも小さい外径を有する油井管を坑井内に挿入する。油井管を、既に配設された油井管よりも深く挿入した後、挿入された油井管を拡管し、その内径を先に配設された油井管の内径と等しくする。要するに、この施工方法では、油井管が坑井内で拡管される。そのため、油井が深くても、坑井上部に大径の油井管を使用する必要がなく、従来の施工方法よりも掘削面積及び鋼管使用量を低減できる。

【０００４】

上述の新たな施工方法で使用される油井管（以下、拡管用油井管という）は、種々の検討がされている。国際公開第ＷＯ２００４／００１０７６号パンフレット、国際公開第ＷＯ２００５／０８０６２１号パンフレット及び特開２００２－３４９１７７号公報では、拡管後の圧潰強度の低下を抑制することを目的とした拡管用油井管が開示されている。また、特開２００２－２６６０５５号公報では、耐食性の向上を目的とした拡管用油井管が開示されている。

【０００５】

ところで、拡管用油井管は、坑井内で拡管されるため、拡管時に均一に変形する性能（以下、拡管性という）を求められる。優れた拡管性を得るためには、加工時にくびれが生じることなく変形する性能、すなわち、引張試験で評価できる一様伸びが高いことが要求される。ここで、一様伸びとは、引張試験の最大荷重点における試験片の歪み（％）である。特に、坑井内で上下に配列された油井管の重複部分となるベル部では、拡管率が最も高くなる。ベル部での拡管率を考慮すれば、拡管用油井管の一様伸びは１６％以上となるのが好ましい。

【０００６】

特開２００２－１２９２８３号公報及び特開２００５－１４６４１４号公報には、拡管性の向上を目的とした拡管用油井管が開示されている。特開２００２－１２９２８３号公報では、油井鋼管に対して焼入れ焼戻しを実施せず、かつ、鋼の組織は５～７０体積％のフェライト相と、マルテンサイト相やベイナイト相といった低温変態相とで構成される。これにより、油井管が優れた拡管性を有するとしている。

【０００７】

しかしながら、マルテンサイト相やベイナイト相といった低温変態相が組織内に占める割合が大きければ、高い一様伸びが得られないと考えられる。

【０００８】

また、特開２００５－１４６４１４号公報で開示された油井管は、周知の焼入れと、Ａｃ１温度未満での周知の焼戻しが実施され、かつ、その降伏比を０．８５以下とすることにより、優れた拡管性を有するとしている。しかしながら、調査の結果、特開２００５－１４６４１４号公報で開示された油井管では、１６％以上の一様伸びが得られない場合がある。更に、特開２００５－１４６４１４号公報で開示された油井管は、実施例の記載では、１．４５％以上のＭｎを含有する。このような高Ｍｎ組成は、靭性を低下するおそれがある。また、このような高Ｍｎ組成の焼戻し温度は高いため、脱炭や炉壁の磨耗といった問題が生じる可能性がある。

【０００９】

また、拡管用油井管は、特開２００２－３４９１７７号公報等にも開示されるように、外圧に対する圧潰強度、すなわち、コラプス強度が高い方が好ましい。コラプス強度は、油井管の楕円率及び偏肉率の影響を受ける。高いコラプス強度を得るためには、油井管の偏肉を減らして偏肉率を小さくし、かつ横断面を真円に近くして楕円率を小さくするのが好ましい。

【発明の開示】
【００１０】
本発明の目的は、優れた拡管性を有する拡管用油井管を提供することである。具体的には、１６％以上の一様伸びを有する拡管用油井管を提供することである。
【００１１】
本発明者らは、種々の調査を行った結果、拡管用油井管が高い一様伸び、特に、１６％以上の一様伸びを有するためには、以下の事項（１）及び（２）が必要であることを見出した。
【００１２】
（１）金属組織中のフェライト率は８０％以上とする。フェライト相は軟らかいため、金属組織中のフェライト率を高めることにより、高い一様伸びが得られる。
【００１３】
（２）降伏強度を２７６～３７９ＭＰａの範囲に調整する。これにより、油井管として必要な強度が得られ、かつ、高い一様伸びが得られる。
【００１４】
本発明者らはさらに、拡管用油井管が１８％以上の一様伸びを有するためには、上記（１）及び（２）に加えて、以下の事項（３）を満たすことが有効であることを見出した。
【００１５】
（３）焼入れ焼戻しを実施し、かつ、焼戻し温度は、Ａｃ１点以上とする。ここで、焼戻し処理の具体的な工程は以下のとおりである。焼入れ後の拡管用油井管をＡｃ１点以上の焼戻し温度に昇温する。昇温後、所定時間均熱する。均熱後、拡管用油井管を空冷する。以上の処理を行うことにより、１８％以上の高い一様伸びが得られる。その理由は定かではないが、焼き戻し温度をＡｃ１点以上とすることにより、均熱中にオーステナイト相が析出し、これにより、鋼中の結晶粒が微細化するためと考えられる。
【００１６】
本発明者らはさらに、焼入れ焼戻し処理の前に、素管を冷間加工すれば、上述の一様伸びを維持したまま、拡管用油井管の楕円率及び偏肉率を減少でき、その結果、拡管用油井管のコラプス強度を向上できることを見出した。
【００１７】
本発明は以上の知見に基づいて完成されたものであり、その要旨は以下のとおりである。
【００１８】
本発明による拡管用油井管は、坑井内で拡管される。拡管用油井管は、質量％で、Ｃ：０．０５～０．０８％、Ｓｉ：０．５０％以下、Ｍｎ：０．８０～１．３０％、Ｐ：０．０３０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｃｒ：０．０８～０．５０％、Ｎ：０．０１％以下、Ａｌ：０．００５～０．０６％、Ｔｉ：０．０５％以下、Ｃｕ：０．５０％以下及びＮｉ：０．５０％以下を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなる化学組成と、フェライト率が８０％以上の組織とを備える。拡管用油井管はさらに、２７６～３７９ＭＰａの降伏強度と、１６％以上の一様伸びとを有する。ここでいうフェライト率は、フェライト面積率である。
【００１９】
本発明の拡管用油井管の化学組成は、Ｆｅの一部に替えて、Ｍｏ：０．１０％以下、Ｖ：０．１０％以下、Ｎｂ：０．０４０％以下、Ｃａ：０．００５％以下及び希土類元素（ＲＥＭ）：０．０１％以下からなる群から選ばれる１種又は２種以上を含有してもよい。
【００２０】
好ましくは、拡管用油井管は１８％以上の一様伸びを有する。また、好ましくは、拡管用油井管は、焼入れされた後、Ａｃ１点以上の焼戻し温度（すなわち、いわゆる２相域の温度）で焼戻しされる。
【００２１】
好ましくは、本発明の拡管用油井管の楕円率は、０．７％以下であり、かつ、偏肉率は

６．０％以下である。
【００２２】
この場合、拡管用油井管のコラプス強度が向上する。
【００２３】
好ましくは、本発明の拡管用油井管は、冷間加工された後、焼入れ焼戻しされる。ここで、冷間加工は、たとえば、冷間抽伸により行われる。
【００２４】
この場合、１６％以上の一様伸びが維持されつつ、拡管用油井管の楕円率が０．７％以下となり、偏肉率が６．０％以下となる。
【００２５】
本発明による拡管用油井管の製造方法は、質量％で、Ｃ：０．０５～０．０８％、Ｓｉ：０．５０％以下、Ｍｎ：０．８０～１．３０％、Ｐ：０．０３０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｃｒ：０．０８～０．５０％、Ｎ：０．０１％以下、Ａｌ：０．００５～０．０６％、Ｔｉ：０．０５％以下、Ｃｕ：０．５０％以下及びＮｉ：０．５０％以下を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなる化学組成を有する素管を製造する工程と、製造された素管を焼入れ焼戻しして、フェライト率が８０％以上の組織と、２７６～３７９ＭＰａの降伏強度と、１６％以上の一様伸びとを備えた拡管用油井管とする焼入れ焼戻し工程とを備える。
【００２６】
なお、素管の化学組成は、Ｆｅの一部に替えて、上述の選択元素（Ｍｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｃａ、ＲＥＭ）を１種以上含有してもよい。
【００２７】
好ましくは、焼入れ焼戻し工程では、焼入れされた素管を、Ａｃ１点以上の焼戻し温度で焼戻しして、拡管用油井管の一様伸びを１８％以上とする。
【００２８】
好ましくは、本発明による拡管用油井管の製造方法はさらに、製造された素管を冷間加工して、拡管用油井管の楕円率を０．７％以下とし、かつ、偏肉率を６．０％以下にする工程を備える。また、焼入れ焼戻し工程では、前記冷間加工された素管を焼入れ焼戻しする。
【図面の簡単な説明】
【００２９】
【図１】実施例２で製造された拡管用油井管の楕円率と偏肉率との関係を示す図である。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３０】
以下、本発明の実施の形態を詳しく説明する。本発明による拡管用油井管は、以下の化学組成と金属組織とを備える。以降、元素に関する％は質量％を意味する。
【００３１】
１．化学組成
Ｃ：０．０５～０．０８％
炭素（Ｃ）は、鋼の強度を向上する。Ｃ含有量が０．０５％未満であれば、本発明に必要な降伏強度が得られない。一方、Ｃ含有量が０．０８％を超えると、一様伸びが低下する。したがって、Ｃ含有量は０．０５～０．０８％である。
【００３２】
Ｓｉ：０．５０％以下
珪素（Ｓｉ）は鋼を脱酸する。また、焼戻し軟化抵抗を高めて鋼の強度を向上する。しかしながら、Ｓｉ含有量が０．５０％を超えると、鋼の熱間加工性が低下する。したがって、Ｓｉ含有量は０．５０％以下である。上述の効果をより有効に得るために、好ましいＳｉ含有量は０．１％以上である。ただし、Ｓｉ含有量が０．１％未満であっても上述の効果はある程度得られる。
【００３３】

Ｍｎ：０．８０～１．３０％
マンガン（Ｍｎ）は鋼の焼入れ性を高め、鋼の強度を向上する。Ｍｎ含有量が０．８０％未満であれば、本発明に必要な強度が得られない。一方、Ｍｎ含有量が１．３０％を超えると、鋼中の偏析が増加し、鋼の靭性が低下する。したがって、Ｍｎ含有量は０．８０～１．３０％である。好ましいＭｎ含有量は１．２０～１．３０％である。

【００３４】
Ｐ：０．０３０％以下
リン（Ｐ）は不純物である。Ｐは、粒界に偏析することで鋼の靭性を低下する。そのため、Ｐ含有量はなるべく少ない方が好ましい。そこで、Ｐ含有量は０．０３０％以下とする。好ましいＰ含有量は０．０１５％以下である。

【００３５】
Ｓ：０．０２０％以下
硫黄（Ｓ）は不純物である。Ｓは、Ｍｎ又はＣａと結合して介在物を形成する。形成された介在物は熱間加工時に延伸され、その結果、鋼の靭性が低下する。そのため、Ｓ含有量はなるべく少ない方が好ましい。そこで、Ｓ含有量は０．０２０％以下とする。好ましいＳ含有量は０．００５０％以下である。

【００３６】
Ａｌ：０．００５～０．０６％
アルミニウム（Ａｌ）は、鋼を脱酸する。Ａｌ含有量が０．００５％未満であれば、脱酸不足により鋼の清浄度が低下し、その結果、鋼の靭性が低下する。一方、Ａｌ含有量が０．０６％を超えた場合も、鋼の靭性が低下する。したがって、Ａｌ含有量は０．００５～０．０６％である。好ましいＡｌ含有量は０．０２～０．０６％である。なお、本明細書でいうＡｌ含有量は、酸可溶Ａｌ（ｓｏｌ．Ａｌ）の含有量を意味する。

【００３７】
Ｎ：０．０１％以下
窒素（Ｎ）は不純物である。Ｎは、ＡｌやＴｉ、Ｎｂと結合して窒化物を形成する。ＡｌＮやＴｉＮが多量に析出すれば、鋼の靭性が低下する。そのため、Ｎ含有量はなるべく少ない方が好ましい。そこで、Ｎ含有量は０．０１％以下とする。

【００３８】
Ｃｒ：０．０８～０．５０％
クロム（Ｃｒ）は、鋼の焼入れ性を向上する。Ｃｒはさらに、耐炭酸ガス腐食性を向上する。Ｃｒ含有量が０．０８％未満であれば、耐炭酸ガス腐食性が低下する。一方、Ｃｒ含有量が増加すれば、粗大な炭化物が形成されやすくなるため、Ｃｒ含有量の上限は０．５０％とする。したがって、Ｃｒ含有量は０．０８～０．５０％である。好ましいＣｒ含有量は０．０８～０．３５％であり、さらに好ましくは、０．０８～０．２５％である。

【００３９】
Ｔｉ：０．０５％以下
チタン（Ｔｉ）はＮと結合してＴｉＮを形成し、高温域における結晶粒粗大化を抑制する。しかし、Ｔｉ含有量が０．０５％を超えると、Ｃと結合してＴｉＣを形成し、その結果、鋼の靭性が低下する。したがって、Ｔｉ含有量は０．０５％以下とする。なお、上述の結晶粒粗大化を抑制する効果は、Ｔｉ含有量が０．００１％程度の不純物レベルである場合でもある程度認められるが、Ｔｉ含有量が０．００５％以上の場合に、より顕著に現れる。

【００４０】
Ｃｕ：０．５０％以下
銅（Ｃｕ）は固溶強化により鋼の強度を向上する。しかし、Ｃｕ含有量が過剰に多ければ、鋼が脆化し、含有量が０．５０％を超えると、鋼が顕著に脆化する。したがって、Ｃｕ含有量は０．５０％以下とする。なお、Ｃｕ含有量が０．０１％以上であれば、上述の鋼の強度を向上する効果が顕著に現れる。

【００４１】

Ｎｉ：０．５０％以下
ニッケル（Ｎｉ）は、鋼の靭性を向上するとともに、Ｃｕが共存する場合Ｃｕに起因した鋼の脆化を抑制する。しかし、Ｎｉ含有量が０．５０％を超えれば、その効果は飽和する。したがって、Ｎｉ含有量は０．５０％以下とする。Ｎｉ含有量が０．０１％以上であれば、上述の効果が顕著に現れる。

【００４２】
なお、化学組成の残部は、Ｆｅ及び不純物からなる。

【００４３】
本発明の拡管用油井管はさらに、必要に応じて、Ｆｅの一部に替えてＭｏを含有する。

【００４４】
Ｍｏ：０．１０％以下
モリブデン（Ｍｏ）は任意添加元素である。Ｍｏは、焼入れ性を高めることにより、鋼の強度を向上する。Ｍｏはさらに、Ｐ等による脆化を抑制する。しかしながら、Ｍｏが過剰に含有されれば、粗大な炭化物が形成される。したがって、Ｍｏ含有量は０．１０％以下である。上記効果を有効に得るために、好ましいＭｏ含有量は、０．０５％以上である。ただし、Ｍｏ含有量が０．０５％未満であっても、上記効果をある程度得ることができる。

【００４５】
本発明の拡管用油井管はさらに、必要に応じて、Ｆｅの一部に替えてＮｂ及びＶからなる群から選ばれた１種又は２種を含有する。

【００４６】
Ｎｂ：０．０４０％以下
Ｖ：０．１０％以下
ニオブ（Ｎｂ）及びバナジウム（Ｖ）は、いずれも任意添加元素である。これらは、いずれも鋼の強度を向上する。具体的には、Ｎｂは、炭窒化物を形成することにより、鋼の強度を向上する。Ｖは、炭化物を形成することにより、鋼の強度を向上する。しかしながら、Ｎｂが過剰に含有されれば、偏析や伸延粒が発生する。また、Ｖが過剰に含有されれば、鋼の靭性が低下する。したがって、Ｎｂ含有量は０．０４０％以下であり、Ｖ含有量は０．１０％以下である。上述の効果を有効に得るために、好ましいＮｂ含有量は０．００１％以上であり、好ましいＶ含有量は０．０２％以上である。ただし、含有量が上述の下限値未満であっても、上記効果をある程度得ることができる。

【００４７】
本発明の拡管用油井管はさらに、必要に応じて、Ｆｅの一部に替えてＣａ及び希土類元素（ＲＥＭ）からなる群から選ばれた１種又は２種以上を含有する。

【００４８】
Ｃａ：０．００５％以下
ＲＥＭ：０．０１％以下
カルシウム（Ｃａ）及びＲＥＭは、いずれも任意添加元素である。Ｃａ及びＲＥＭは、硫化物の形態制御に寄与し、その結果、鋼の靭性を向上する。しかしながら、Ｃａ含有量が０．００５％を超える場合、又はＲＥＭ含有量が０．０１％を超える場合、介在物が多量に発生する。したがって、Ｃａ含有量は０．００５％以下であり、ＲＥＭ含有量は０．０１％以下である。上述の効果を有効に得るために、好ましいＣａ含有量は０．００１％以上であり、好ましいＲＥＭ含有量は０．００１％以上である。ただし、Ｃａ含有量及びＲＥＭ含有量が上述の下限値未満であっても、上記効果をある程度得ることができる。

【００４９】
２．金属組織
金属組織内のフェライト率は、８０％以上である。ここで、フェライト率とは、フェライト面積率であり、以下の方法で測定される。拡管用油井管の任意の箇所から試料を採取する。採取された試料を機械研磨した後、研磨された試料を４％ピクリン酸アルコール溶液中でエッチングする。光学顕微鏡を用いてエッチングされた試料表面を観察し、フェラ

イト率をＡＳＴＭ　Ｅ５６２に準じたポイントカウント法により測定する。

【００５０】

なお、金属組織内のうち、フェライト相を除く他の部分は、低温変態相からなる。低温変態相は、ベイナイト、マルテンサイト及びパーライトのうちの１種又は２種以上を含む。

【００５１】

本発明による拡管用油井管は、軟らかいフェライト相が金属組織に占める割合が大きいため、１６％以上の一様伸びが得られると考えられる。フェライト率が８０％未満であれば、フェライト相よりも硬い低温変態相の割合が増加するため、一様伸びが１６％未満となる。

【００５２】

３．降伏強度

鋼の降伏強度は、２７６ＭＰａ～３７９ＭＰａの範囲内とする。ここで、降伏強度とは、ＡＳＴＭ規格に基づく０．２％オフセット耐力である。降伏強度が３７９ＭＰａを超えると、一様伸びが１６％未満となる。一方、降伏強度が２７６ＭＰａ未満であれば、油井管として必要な強度が得られない。したがって、降伏強度は２７６ＭＰａ～３７９ＭＰａとする。

【００５３】

４．楕円率及び偏肉率

本発明の拡管油井管では、好ましくは、楕円率が０．７％以下であり、かつ、偏肉率が６．０％以下である。

【００５４】

楕円率は、以下の式（１）で定められる。

楕円率（％）＝（最大外径Ｄｍａｘ－最小外径Ｄｍｉｎ）／平均外径Ｄａｖｅ×１００　（１）

ここで、最大外径Ｄｍａｘ、最小外径Ｄｍｉｎ及び平均外径Ｄａｖｅは、たとえば、以下の方法で測定される。拡管用油井管の任意の横断面において、同一円の外径を２２．５°おきに測定する。これにより、１６（＝３６０°／２２．５°）個の外径が測定される。測定された１６個の外径のうち、最大の外径をＤｍａｘとし、最小の外径をＤｍｉｎとする。また、測定された１６個の外径の平均をＤａｖｅとする。

【００５５】

偏肉率は、以下の式（２）で定められる。

偏肉率（％）＝（最大肉厚Ｔｍａｘ－最小肉厚Ｔｍｉｎ）／平均肉厚Ｔａｖｅ×１００　（２）

ここで、最大肉厚Ｔｍａｘ、最小肉厚Ｔｍｉｎ及び平均肉厚Ｔａｖｅは、たとえば、以下の方法で測定される。拡管用油井管の任意の横断面において、肉厚を１１．２５°おきに測定する。これにより、３２（＝３６０°／１１．２５°）個の肉厚が測定される。測定された３２個の肉厚のうち、最大の肉厚をＴｍａｘとし、最小の肉厚をＴｍｉｎとする。また、測定された３２個の肉厚の平均をＴａｖｅとする。

【００５６】

後述するとおり、熱間加工された素管を、焼入れ焼戻しする前に冷間加工すれば、０．７％以下の楕円率と６．０％以下の偏肉率とを有する拡管用油井管が得られる。このような拡管用油井管は、幾何学的に均一性が高い。そのため、コラプス強度が高く、耐圧潰性に優れる。より好ましくは、楕円率は０．５％以下であり、偏肉率は５．０％以下である。

【００５７】

なお、上述では、１６個の外径と３２個の肉厚とを測定したが、同一円周上を８以上に等分し、各等分点で外径及び肉厚を測定すれば、測定数は特に制限されない。

【００５８】

５．製造方法

本発明の拡管用油井管の製造方法の一例を説明する。上記化学組成の鋼を溶製し、ビレットを製造する。製造されたビレットを加工して素管を製造する（素管製造工程）。素管製造工程では、たとえば、熱間加工により素管を製造する。具体的には、ビレットを穿孔圧延して素管とする。又はビレットを熱間押出して素管としてもよい。

【００５９】

製造された素管に対して、焼入れ焼戻しを実施して、本発明の拡管用油井管とする（焼入れ焼戻し工程）。焼入れ温度は、周知の温度（Ａｃ３点以上）とする。一方、焼戻し温度は、好ましくは、Ａｃ１点以上とする。焼戻しの好ましい具体的工程は以下の通りである。焼入れ後の素管をＡｃ１点以上の焼戻し温度に昇温する。昇温後、焼戻し温度で所定時間（たとえば１２．５ｍｍの肉厚を有する素管の場合、約３０分）均熱する。均熱後、素管を空冷する。

【００６０】

焼戻し温度をＡｃ１点以上とすれば、一様伸びが１８％以上となる。その理由は定かではないが、焼き戻し温度をＡｃ１点以上とすることにより、均熱中にオーステナイト相が析出し、これにより、鋼中の結晶粒が微細化するため、一様伸びが１８％以上になると考えられる。

【００６１】

好ましい焼戻し温度の上限はＡｃ３点である。焼戻し温度がＡｃ３点を超えれば、拡管用油井管の強度が低下する。したがって、好ましい焼戻し温度は、Ａｃ１点以上Ａｃ３点未満である。

【００６２】

なお、焼戻し温度がＡｃ１点未満であっても、フェライト率を８０％以上とし、降伏強度を２７６～３７９ＭＰａとすれば、１６％以上の一様伸びが得られる。

【００６３】

Ａｃ１点及びＡｃ３点は、フォーマスタ試験により求めることができる。フォーマスタ試験では、変態点測定装置（フォーマスタ）を用いて、試験片の熱膨張量を測定し、測定された熱膨張量に基づいて変態点（Ａｃ１点、Ａｃ３点）を求める。

【００６４】

好ましくは、素管製造工程の後であって、焼入れ焼戻し工程の前に、冷間加工工程が実施される。冷間加工工程では、製造された素管を冷間加工する。冷間加工は、たとえば、冷間での縮径加工であり、より具体的には、冷間抽伸やコールドピルガーミル等による冷間圧延により行われる。より好ましくは、冷間加工は冷間抽伸により行われる。冷間加工することにより、拡管用油井管の楕円率を０．７％以下とし、偏肉率を６．０％以下とする。

【００６５】

なお、冷間加工工程前に、前記素管に対して焼入れ焼き戻し等の熱処理が施されてもよい。また、上述の方法で製造される拡管用油井管は、継目無鋼管であるが、本発明の拡管用油井管は、電縫鋼管に代表される溶接管であってもよい。ただし、溶接管では溶接部の耐食性に問題が生じる場合もあり得るので、本発明の拡管用油井管は、好ましくは、継目無鋼管である。

【実施例１】

【００６６】

［実施例１］

表１に示した化学組成を有する複数の丸ビレットを製造した。

【表１】

Table.1

鋼種	化学組成(単位は質量% 残部はFe及び不純物)														Ac1点 (℃)
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Nb	Ti	N	Al	
A	0.07	0.28	1.32	0.008	0.0007	0.02	0.18	0.02	0.05	0.04	-	0.008	0.005	0.04	708
B	0.12	0.26	1.40	0.010	0.0023	0.29	0.11	0.42	0.01	-	0.027	0.024	0.006	0.04	715
C	0.06	0.21	1.24	0.008	0.0018	0.02	0.10	0.02	-	-	-	0.006	0.006	0.03	718
D	0.17	0.28	1.39	0.014	0.0050	0.01	0.06	0.02	0.01	0.07	-	0.007	0.005	0.03	700
E	0.07	0.25	1.26	0.007	0.0015	0.02	0.09	0.02	0.01	-	0.001	0.009	0.001	0.04	729

表１を参照して、鋼種Ｃ及び鋼種Ｅの化学組成は、本発明の範囲内であった。一方、鋼種Ａは、Ｍｎ含有量が本発明の上限を超えた。鋼種Ｂは、Ｃ含有量及びＭｎ含有量が本発明の上限を超えた。鋼種Ｄは、Ｃ含有量、Ｍｎ含有量及びＣｒ含有量が本発明の範囲外であった。

【００６７】

各丸ビレットから試験片を採取し、採取された試験片を用いてフォーマスタ試験を実施し、各鋼種のＡｃ１点（℃）を求めた。求めたＡｃ１点を表１に示す。

【００６８】

鋼種Ａ～Ｅの複数の丸ビレットを加熱炉で加熱した。加熱された複数の丸ビレットを穿孔圧延して複数の継目無鋼管（素管）を製造した。継目無管の公称外径は２０３．２ｍｍであり、公称肉厚は１２．７ｍｍであった。製造された継目無鋼管に対して、表２に示す焼入れ温度（℃）及び焼戻し温度（℃）で、焼入れ焼戻しを実施し、拡管用油井管を製造した。焼戻し処理での均熱時間は３０分であった。表２中の試験番号１３及び１４の丸ビレットについては、穿孔圧延し、公称外径が２１９．１ｍｍ、公称肉厚が１４．５ｍｍの継目無鋼管とした。そして、製造された継目無鋼管に対して１８．４％の断面減少率で冷間抽伸を実施し、公称外径が２０３．２ｍｍ、公称肉厚が１２．７ｍｍの継目無鋼管とした。ここで、断面減少率（％）は、以下の式（３）で定義した。

断面減少率（％）＝（冷間抽伸前の継目無鋼管の断面積－冷間抽伸後の継目無管の断面積）／冷間抽伸前の継目無管の断面積×１００　（３）

さらに、冷間抽伸された継目無鋼管に対して、焼入れ焼戻しを実施した。

【表２】

Table.2

試験番号	鋼種	焼入れ温度 (℃)	焼戻し温度 (℃)	フェライト率 (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	一様伸び (%)
1	A	950	660	60	520	596	9.4
2	A	950	715	70	450	529	10.7
3	A	950	730	80	350	540	15.3
4	B	950	690	60	476	565	13.6
5	B	950	715	70	385	580	15.9
6	B	950	730	80	378	717	15.1
7	C	950	550	55	448	536	11.6
8	C	950	710	80	360	460	16.3
9	C	950	720	85	324	478	18.0
10	C	950	730	90	301	490	19.0
11	D	950	650	10	683	767	7.1
12	D	950	715	20	465	627	11.2
13	E	920	640	80	359	462	17.6
14	E	920	740	80	301	487	20.1

【００６９】

［フェライト率の測定］

表２に示す試験番号１～１４の拡管用油井管のフェライト率を以下の方法で求めた。各

拡管用油井管から組織観察用の試験片を採取した。採取された試験片を機械研磨し、研磨された試験片を４％ピクリン酸アルコール溶液中でエッチングした。光学顕微鏡（５００倍）を用いてエッチング後の試料表面を観察した。このとき、観察される領域の面積は約３６０００μｍ^{2}であった。観察された領域内でフェライト率（％）を求めた。フェライト率はＡＳＴＭ　Ｅ５６２に準拠したポイントカウント法により求めた。求めたフェライト率（％）を表２に示す。

【００７０】

［引張試験］

試験番号１～１４の拡管用油井管の各々から、引張試験片を採取し、引張試験を実施した。具体的には、各拡管用油井管の長手方向から外径６．３５ｍｍ、平行部長さ２５．４ｍｍの丸棒試験片を採取した。採取された丸棒試験片に対して、常温で引張試験を実施した。引張試験により得られた降伏強度（ＭＰａ）を表２中の「ＹＳ」欄に、引張強度（ＭＰａ）を表２中の「ＴＳ」欄に、一様伸び（％）を表１中の「一様伸び」欄にそれぞれ示す。ＡＳＴＭ規格に基づく０．２％オフセット耐力を降伏強度（ＹＳ）とした。また、引張試験の最大荷重点における試験片の歪みを一様伸び（％）とした。

【００７１】

［試験結果］

表２を参照して、試験番号８～１０、１３及び１４の油井管は、化学組成、金属組織（フェライト率）、降伏強度が本発明の範囲内であったため、一様伸びが１６％以上となった。さらに、試験番号９、１０及び１４の油井管は、焼戻し温度がＡｃ１点以上であったため、一様伸びが１８％以上となった。

【００７２】

また、試験番号１３の楕円率は、０．２２％であり、偏肉率は３．６６％であった。また、試験番号１４の楕円率は、０．２１％であり、偏肉率は２．２２％であった。

【００７３】

つまり、試験番号１３及び１４の楕円率は、０．７％以下であり、偏肉率は６．０％以下であった。なお、楕円率及び偏肉率は、上記４．に示した方法で求めた。

【００７４】

一方、試験番号１～３の油井管は、Ｍｎ含有量が本願発明の上限を超えたため、一様伸びが１６％未満であった。特に試験番号３の油井管は、金属組織、降伏強度が本願発明の範囲内であったものの、化学組成のＭｎ含有量が外れたため、一様伸びが１６％未満となった。

【００７５】

試験番号４～６、１１及び１２の油井管は、化学組成が本発明の範囲外であるため、一様伸びが１６％未満となった。

【００７６】

試験番号７の油井管は、化学組成は本発明の範囲内であったものの、フェライト率及び降伏強度が本発明の範囲外であったため、一様伸びが１６％未満となった。

【００７７】

［実施例２］

複数の拡管用油井管を製造し、製造された拡管用油井管の楕円率及び偏肉率を調査した。具体的には、表１に示す鋼種Ｅの化学組成を有する８本の丸ビレットを準備した。８本中４本の丸ビレットを熱間で穿孔圧延して、公称外径が２０３．２ｍｍ、公称肉厚が１２．７ｍｍの継目無鋼管とした。製造された継目無鋼管を９５０℃の焼入れ温度で焼入れした。そして、焼入れ後に６５０℃の焼戻し温度で焼戻しして拡管用油井管とした。以下、これら４本の拡管用油井管を熱間加工材１～４という。

【００７８】

一方、他の４本の丸ビレットは、以下の方法で拡管用油井管に製造された。まず、熱間で穿孔圧延して、公称外径が２１９．１ｍｍ、公称肉厚が１４．５ｍｍの継目無鋼管とした。続いて、製造された継目無鋼管に対して１８．４％の断面減少率で冷間抽伸を実施し

、継目無鋼管の公称外径を２０３．２ｍｍ、公称肉厚を１２．７ｍｍとした。冷間抽伸後、９２０℃の焼入れ温度で焼入れし、６４０℃～７４０℃の焼戻し温度で焼戻しして拡管用油井管とした。以下、これらの拡管用油井管を冷間加工材１～４という。

【００７９】

熱間加工材１～４及び冷間加工材１～４に対して、実施例１と同様にフェライト率、降伏強度及び一様伸びを測定した。その結果、熱間加工材及び冷間加工材のいずれも、フェライト率が８０％以上であり、降伏強度は２７６～３７９ＭＰａであった。また、一様伸びは、いずれも１６％以上であった。

【００８０】

さらに、熱間加工材１～４及び冷間加工材１～４の楕円率及び偏肉率を調査した。具体的には、上述の４．に記載の方法で、１６個の外径を測定し、最大外径Ｄｍａｘ、最小外径Ｄｍｉｎ、平均外径Ｄａｖｅを求めた。そして、式（１）を用いて楕円率を求めた。また、４．に記載の方法で、３２個の肉厚を測定し、最大肉厚Ｔｍａｘ、最小肉厚Ｔｍｉｎ、平均肉厚Ｔａｖｅを求めた。そして、式（２）を用いて偏肉率を求めた。調査結果を表３及び図１に示す。図１中の「○」は熱間加工材を示し、「●」は冷間加工材を示す。

【表３】

Table.3

試験材	鋼種	楕円率（%）	偏肉率（%）
熱間加工材1	E	0.73	5.38
熱間加工材2	E	0.48	10.67
熱間加工材3	E	0.47	12.11
熱間加工材4	E	0.46	11.39
冷間加工材1	E	0.22	3.66
冷間加工材2	E	0.21	2.22
冷間加工材3	E	0.27	3.96
冷間加工材4	E	0.34	4.43

表３及び図１を参照して、冷間加工材１～４の楕円率は、熱間加工材１～４よりも小さく、０．７％以下であった。また、冷間加工材１～４の偏肉率は、熱間加工材１～４よりも小さく、６．０％以下であった。

【００８１】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、上述した実施の形態は本発明を実施するための例示に過ぎない。よって、本発明は上述した実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施の形態を適宜変形して実施することが可能である。

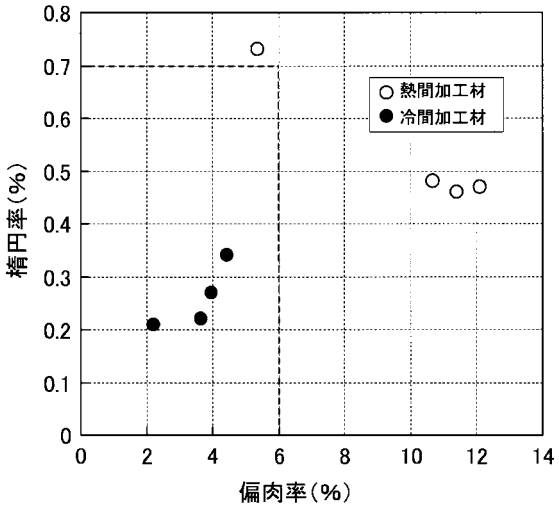
【産業上の利用可能性】

【００８２】

本発明の拡管用油井管は、広く油井管に適用可能であり、特に、坑井内で拡管される油井管に適用可能である。

【図１】

FIG.1



フロントページの続き

(72)発明者　高部　秀樹
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号　住友金属工業株式会社内
(72)発明者　阿部　俊治
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号　住友金属工業株式会社内
(72)発明者　森　友希
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号　住友金属工業株式会社内
(72)発明者　植田　昌克
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号　住友金属工業株式会社内

審査官　佐藤　陽一

(56)参考文献　特開２００６－００９０７８（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１２９２８３（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２８７０２７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C22C　38/00-38/60
C21D　9/00- 9/44,9/50