

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4475424号
(P4475424)

(45) 発行日 平成22年6月9日(2010.6.9)

(24) 登録日 平成22年3月19日(2010.3.19)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z
C 2 2 C 38/06	(2006.01)	C 2 2 C 38/06	
C 2 2 C 38/58	(2006.01)	C 2 2 C 38/58	

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-506479 (P2005-506479)	(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
(86) (22) 出願日	平成16年5月26日(2004.5.26)	(74) 代理人	100083585 弁理士 穂上 照忠
(86) 国際出願番号	PCT/JP2004/007174	(74) 代理人	100093469 弁理士 杉岡 幹二
(87) 国際公開番号	W02004/106572	(72) 発明者	天谷 尚 日本国大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番 33号 住友金属工業株式会社内
(87) 国際公開日	平成16年12月9日(2004.12.9)	(72) 発明者	荒井 勇次 日本国大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番 33号 住友金属工業株式会社内
審査請求日	平成17年10月6日(2005.10.6)	審査官	佐藤 陽一
(31) 優先権主張番号	特願2003-151269 (P2003-151269)		
(32) 優先日	平成15年5月28日(2003.5.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 埋設拡管用油井鋼管

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

【請求項2】

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下、ならびにV：0.005～0.2%、Ti：0.005～0.1%、Nb：0.005～0.1%およびB：0.0005～0.005%のうちの1種以上を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

【請求項3】

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下、ならびにCr：0.1～1.5%、Mo：0.1～1.0%、Ni：0.05～1.5%およびCu：0.05～0.5%のうちの1種以上を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

【請求項4】

10

20

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下、およびCa：0.001～0.005%を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

【請求項5】

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下、ならびにV：0.005～0.2%、Ti：0.005～0.1%、Nb：0.005～0.1%およびB：0.0005～0.005%のうちの1種以上、Cr：0.1～1.5%、Mo：0.1～1.0%、Ni：0.05～1.5%およびCu：0.05～0.5%のうちの1種以上を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

10

【請求項6】

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下、Ca：0.001～0.005%、ならびにV：0.005～0.2%、Ti：0.005～0.1%、Nb：0.005～0.1%およびB：0.0005～0.005%のうちの1種以上を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

【請求項7】

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下、Ca：0.001～0.005%、ならびにCr：0.1～1.5%、Mo：0.1～1.0%、Ni：0.05～1.5%およびCu：0.05～0.5%のうちの1種以上を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

20

【請求項8】

質量%で、C：0.05～0.45%、Si：0.1～1.5%、Mn：0.1～3.0%、P：0.03%以下、S：0.01%以下、sol.Al：0.05%以下、Ca：0.001～0.005%、ならびにV：0.005～0.2%、Ti：0.005～0.1%、Nb：0.005～0.1%およびB：0.0005～0.005%のうちの1種以上、Cr：0.1～1.5%、Mo：0.1～1.0%、Ni：0.05～1.5%およびCu：0.05～0.5%のうちの1種以上を含有し、残部はFeおよび不純物で、固溶N量が40ppm以下の鋼からなることを特徴とする埋設拡管用油井鋼管。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主として油井またはガス井（以下、これらを「油井」と総称する）に用いられる鋼管であって、油井中において拡管加工され、そのまま使用されるチュービング、ケーシングおよびライナー等の油井用鋼管に関する。本発明は、特に、拡管後の耐食性に優れた埋設拡管用油井鋼管に関する。

40

技術背景

【0002】

油井の掘削においては、多数のケーシングと呼ばれるパイプを坑井中に埋設して、坑井の壁の崩落を防止する。坑井の掘削では、ある深さに達するまでドリリングによって穴が掘られた後、掘削された坑井の中に、壁の崩落を防止する目的でケーシングが挿入される。このようにして、井戸は、順次ドリリング作業を続けて掘り進められるが、次の段階の深さまで掘り進めた時に埋設されるケーシングは、先に埋設されたケーシングの中を通して降下されるために、後から深い部分に埋設されるケーシングの直径は、先に埋設されたケーシングの直径よりも小さくする必要がある。

50

【0003】

このようにして掘削された油井では、坑井上部のケーシングの径は大きく、深度が大きくなるにしたがって、小さい直径のケーシングとなり、その中に、最終的に油およびガスの生産のために用いる鋼管（チュービング）が通されることになる。このため、所定の深度にまで掘り進めた時に確保すべきチュービングの直径から逆算して、坑井上部のケーシングの直径が設計されることになる。

【0004】

このようなことから、深い井戸を掘削する場合には、坑井上部のケーシングのサイズも大きくなり、掘削に要する費用も増加する。

【0005】

特許文献1に記載されているように、坑井内においてケーシングを半径方向に膨張させることで、多段構造になったケーシング毎の直径の差を小さくし、結果として坑井上部のケーシングのサイズを小さくする工夫がなされている。この方法は、必要としている鋼管の外径よりも外径が小さい鋼管を油井内に挿入し、油井内において拡管加工を施し、必要な鋼管の外径にまで加工するものである。この方法を採用することにより、前記したように坑井上部でのケーシングの直径を小さく抑えることができ、井戸の掘削にかかるコストを削減することができる。

【0006】

油井内で鋼管を拡管する場合には、鋼管は、拡管による加工を受けた状態のまま油やガスなどの生産流体の環境に曝される。従って、鋼管は、拡管加工を受けたままで所定の性能を持たなければならない。これは、拡管後の鋼管の全長に特性改善のための熱処理を施すことは不可能だからである。

【0007】

油井用の鋼管は、熱処理を施した状態で出荷される。そして、その鋼管は、優れた耐食性、就中、湿潤硫化水素環境における硫化物応力割れ（以下「SSC」ともいう）に対する優れた抵抗性、すなわち優れた耐硫化物応力割れ性（以下「耐SSC性」ともいう）を備えるように配慮されている。しかし、拡管工法が適用される鋼管については、拡管による加工硬化に起因する耐SSC性の劣化に対する配慮が特に重要となる。

【0008】

特許文献2には、拡管加工が施された後の耐SSC性を確保するようにした鋼管が提案されている。しかし、この文献に示される鋼管は、拡管加工後の耐SSC性が加工前の鋼管の結晶粒と強度の影響を受けるので、強度と関連付けて結晶粒の大きさを一定以下に小さくした鋼管である。そして、その鋼管では拡管加工後の耐SSC性が確保されるというのである。

【0009】

上記の文献で提案されている鋼管の製造には、細粒化のための適正な熱処理が必須である。しかし、その熱処理条件の管理が容易でない。また、この文献には、鋼中のN、中でも固溶N（固溶窒素）とSSC発生に大きな影響を及ぼす拡散性水素との関係については一切記載されていない。

【特許文献1】特表平7-507610号公報

【特許文献2】特開2002-266055号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、拡管加工後の耐食性、具体的には耐SSC性が良好な埋設拡管用油井鋼管を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、上記の課題を達成するために、油井管として用いられている炭素鋼および低合金鋼からなる鋼管を用いて、これを半径方向に膨張させる拡管加工を加えた後の耐

10

20

30

40

50

SSC性を調べた。そのとき、特に湿潤硫化水素環境下で鋼中に侵入してくる吸蔵水素に注目し、そのトラップサイトと成分元素との関係を詳細に検討した。その結果、下記の(a)および(b)の知見を得て、その知見を基礎として本発明を完成させた。

【0012】

(a)鋼中に固溶Nが多い場合とそうでない場合とでは、拡管加工後の水素のトラップサイトの挙動が大きく異なる。

【0013】

(b)固溶N量が多い鋼では、拡管加工の加工率の増加とともに、耐SSC性の劣化をもたらす拡散性水素の鋼中に吸蔵される量が增多する。これに対して、固溶Nが含まれていないか、含まれていてもその量が少ない鋼、特に固溶N量が40ppm以下の鋼では、拡管加工を受けた後でも拡散性水素は拡管加工前と比較してほとんど増えない。

【0014】

上記の知見に基づいて完成された本発明の要旨は、下記の埋設拡管用油井鋼管にある。

質量%で、C:0.05~0.45%、Si:0.1~1.5%、Mn:0.1~3.0%、P:0.03%以下、S:0.01%以下、sol.Al:0.05%以下を含有し、残部はFeおよび不純物で、鋼中の固溶N量が40ppm以下の鋼からなる埋設拡管用油井鋼管。

【0015】

上記の埋設拡管用油井鋼管は、Feの一部に代えて、下記のA群からC群までのうちの少なくとも1群のうちから選ばれた少なくとも1種以上の成分を含む鋼からなるものである。

【0016】

A群...V:0.005~0.2%、Ti:0.005~0.1%、Nb:0.005~0.1%およびB:0.0005~0.005%
 B群...Cr:0.1~1.5%、Mo:0.1~1.0%、Ni:0.05~1.5%
 およびCu:0.05~0.5%
 C群...Ca:0.001~0.005%

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の埋設拡管用油井鋼管を構成する鋼の組成を上記のように定めた理由について詳細に説明する。なお、以下において、「%」は、特に断らない限り「質量%」を意味する。

【0018】

1. 固溶Nについて

まず、水素のトラップサイトについて説明する。鋼中の吸蔵水素量を定量する方法としては昇温水素分析法がある。昇温水素分析法では、対象とする鋼の温度を上げながら各温度において脱離する水素原子を四重極質量分析計などにより測定する。この方法によれば、トラップされている状態での水素の活性化エネルギーの高低により、水素が離脱する温度が異なるので、各温度で測定される水素の量(離脱水素量)は水素のトラップされている状態の活性化エネルギーの状態を示す尺度となる。

【0019】

従来から、SSCなどの水素の関与した脆化現象(水素脆化と呼ばれる)には、いわゆる拡散性水素が影響しているものと考えられており、一般的には上記の昇温水素分析法で測定した場合に200℃までに放出される活性化エネルギーのレベルにある水素が拡散性であるといわれている。200℃よりも高温で放出される水素は、水素トラップの活性化エネルギー値が高く、室温では拡散しにくい不可逆トラップ水素であり、水素脆化に及ぼす影響は少ないと考えられている。

【0020】

そこで、水素のトラップサイトに及ぼす成分元素および拡管加工の影響について、次の手順により詳しく調査した。

10

20

30

40

50

【0021】

表1に示す化学組成を有する4種類の鋼を溶製した。これらの鋼を用いて熱間鍛造により、直径80mm、長さ300mmのバー材を作製した。このバー材から、外削およびくり貫き加工により、外径75mm、肉厚10mm、長さ300mmの継目無鋼管を作製した。この鋼管の降伏強さ〔YS(MPa)〕およびロックウエルCスケール硬さ(HRC)は表2に示す値であった。

【0022】

なお、固溶N量は、化学分析によって測定される鋼中の全N量から抽出残渣法によって求められるTi、Nb、Al、V、B等との各窒化物中のN量を差し引いて算出される値とした。

【0023】

【表1】

表 1

符号	化学組成 (単位: 質量%、残部: Feおよび不純物)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	B	sol. Al	全N	固溶N
A	0.25	0.29	1.26	0.009	0.003	0.2	0.031	—	0.037	0.0085	0.0004
B	0.25	0.29	1.31	0.010	0.003	0.2	0.011	—	0.036	0.0006	0.0000
C	0.25	0.29	1.28	0.010	0.003	0.2	0.011	0.0013	0.038	0.0058	0.0021
D	0.26	0.28	1.26	0.009	0.002	0.2	0.007	—	0.023	0.0062	0.0045

【0024】

【表2】

表 2

符号	降伏強さ(YS) (MPa)	硬さ (HRC)
A	630	22.0
B	642	23.3
C	618	19.5
D	625	19.7

【0025】

この熱処理後の鋼管に、拡管用のプラグを押し込んで半径方向に拡管を行った。拡管率は、プラグのサイズを変えることにより変化させ、半径拡大率で10%および20%の二とおりとした。そして、拡管前と拡管後の鋼管から、図1に示す形状および寸法の4点曲げ試験片を採取し、これを図2に示す曲げ付与治具1にセットして、NACETM-0177に規定されるSolution A(5質量%NaCl+0.5質量%酢酸の水溶液で、1atmのH₂Sを飽和させた試験液)中に720hr浸漬することにより、耐SSC性を調べた。その際、負荷応力は規格最小降伏強さ552MPa(80ksiに相当)の85%とした。

【0026】

一方、上記の耐SSC性調査試験後の4点曲げ試験片のうち、符号AおよびDの鋼の試験片を対象に、鋼中吸蔵水素を前記の昇温水素分析法により調べた。その際、昇温速度は10/minとした。

耐SSC性の調査結果を表3に、昇温水素分析法による調査結果を図3と図4に示す。

【0027】

10

20

30

40

【表 3】

表 3

符 号	固 溶 N 量 (ppm)	4 点曲げ試験の結果		
		半径拡大率(%)		
		0%	10%	20%
A	4	○	○	○
B	0	○	○	○
C	21	○	○	×
D	45	○	×	×

注) ○はSSC発生なし、×はSSC発生ありを意味する。

図 3 は、固溶 N 量が 45 ppm と高い符号 D 鋼の昇温温度 () と水素放出速度 (ppm / sec) との関係を示す図である。図示のとおり、拡管加工率の増加とともに、100 ~ 150 の範囲にある第 1 ピークが高くなっている。これは、200 以下で放出される拡散性水素の量が、加工率の増大に伴って増大することを示している。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、Ti 添加によって N を TiN として固定することにより、固溶 N 量を 4 ppm と低くした符号 A 鋼の昇温温度 () と水素放出速度 (ppm / sec) との関係を示す図である。この A 鋼の場合、拡管加工を受けると 200 ~ 400 での第 2 ピークは高くなるが、200 までにおける第 1 ピークは、拡管前とほとんど変わっていない。

【 0 0 2 9 】

一般に、拡管加工を受けると加工硬化により鋼の硬度は上昇する。硬度が高いというのは転位が多いということであり、このような転位の多い鋼にトラップされる拡散性水素濃度は高くなる。しかし、図 3 と図 4 に示したように、固溶 N 量の高低によって、拡管加工後の鋼中に吸蔵されている拡散性水素の活性化エネルギーレベルが大きく異なる。即ち、固溶 N 量が少ない鋼の方が 200 までに放出される拡散性水素濃度が低い。これは、固溶 N 量が少ない鋼では、拡管加工を受けた場合の水素脆性感受性、言い換えれば、SSC 感受性の増大が低く抑えられることを意味する。

【 0 0 3 0 】

そこで、このような水素のトラップサイトに及ぼす固溶 N 量の影響を符号 B および C の鋼からなる鋼管をも対象にさらに詳細に調査した。その結果、固溶 N 量が低い符号 B および C の鋼では、図 4 の場合と同様に、拡管加工を加えても第 1 ピークはほとんど変化せず、新たに 200 ~ 400 での第 2 ピークが出現することが判明した。

【 0 0 3 1 】

固溶 N 量が少ない鋼では、拡管加工率の増大とともに第 2 ピークが高くなる。しかし、この第 2 ピークは、活性化エネルギー値の高い水素の放出ピークであり、この水素の水素脆化に対する影響は小さい。固溶 N 量の少ない A ~ C 鋼は、拡管加工を受けてもこの第 2 ピークが高くなるだけで、第 1 ピークの拡散性水素は D 鋼に比べて低い。第 1 ピークで放出される拡散性水素が多いと耐 SSC 性が悪くなるが、その拡散性水素の低い鋼は、たとえ第 2 ピークで放出される水素が多くても、耐 SSC 性は良好なのである。要するに、拡管加工を受けた後の鋼管において優れた耐 SSC 性を確保するには、固溶 N 量を少なくすることが有効であることが判明した。

【 0 0 3 2 】

なお、拡管加工を加えなければ、固溶 N の多い鋼と少ない鋼で第 1 ピークはほとんど同じであり、吸蔵される拡散性水素量はほぼ同等である。

【 0 0 3 3 】

図 5 は、200 までの温度域において鋼中から放出された符号 A ~ D の鋼の拡散性水素量 (ppm) とロックウエル C スケール硬度 (HRC) との関係を示す図である。この

10

20

30

40

50

図から明らかなように、拡管加工を受けると加工硬化により硬度は上昇する。一般的に硬度が高いほど転位が多くなり、トラップされる拡散性水素は多くなる。従来、硬度と鋼中に吸蔵される拡散性水素濃度は一義的に比例する関係にあるものと考えられていた。しかし、図5に示すように、鋼中の固溶N量の高低によって、拡管加工によって変化させた場合の硬度に対する拡散性水素濃度のレベルが異なり、固溶N量が低い鋼の方が同一硬度で見た場合、拡散性水素濃度が低い。つまり、固溶N量が少ない分だけ拡管加工による加工硬化に対する水素脆性感受性、すなわちSSC感受性の増大が低く抑えられるのである。

【0034】

実際、表3に示したSSCの発生挙動をみても、拡管加工を施すと、40ppmを超える固溶Nを含むD鋼のみにSSCが発生している。固溶N量が低いA～Cの鋼は、拡管加工を受けても優れた耐SSC性を保持する。特に、固溶N量がそれぞれ4ppmおよび0ppmである符号AおよびBの鋼は、半径拡管率で20%という厳しい拡管加工を加えても優れた耐SSC性を発揮している。

10

【0035】

以上の理由から、本発明では、素材の鋼の固溶N量を40ppm以下と規定した。

なお、鋼中の固溶N量を40ppm以下にするには、鋼中の全N量を減らすか、または窒化物形成元素であるTi、Nb、V、BおよびAl等を積極的に添加してNを固定すればよく、その手段には制約はない。

【0036】

鋼中の固溶Nを窒化物として十分固定するためには、目標とする固溶N量以下となるように全N量とのバランスを考慮し、窒化物を形成した場合の等量関係から推定される必要な量のTi、Nb、V、BおよびAl等の窒化物形成元素を添加する必要がある。しかし、これだけでは不十分であり、以下のことを考慮してその添加量を決めることが肝要である。

20

【0037】

すなわち、鋼中の固溶N量は、溶製条件のみによって決まるのではない。その後の製造条件、例えば、製管時のピレット加熱の条件および製管終了時の温度、焼入れのための加熱および冷却過程での温度と時間、焼戻しのための加熱および冷却過程での温度と時間等の因子が複雑に影響して、固溶N量が変化する。従って、これらのことを総合的に考慮し、Ti、Nb、V、BおよびAl等の窒化物形成元素の添加量を決めることが肝要である。

30

【0038】

基本的には、窒化物の成長が速い高温での反応を極力活用するために、なるべく高めの温度での保持時間を長くして、窒化物形成元素の添加量に見合うだけの十分な窒化物形成反応を起こさせることが望ましい。

【0039】

また、加熱温度が異なると生成する窒化物が異なるので、上記TiやNbなどの窒化物形成元素の種類に応じて加熱の温度と時間を最適化することも望ましい。例えば、窒化物形成元素として必要量のTiが添加されている鋼においてTiによってNを固定する場合は、製管時のピレット加熱は1250以上で20分以上均熱することが望ましい。また、AlやNbの添加によりNを固定する場合は、製管後の焼入れ時には900以上で15分以上の均熱加熱とすることが望ましい。

40

【0040】

さらに、製造する鋼管の肉厚も窒化物の生成に影響する。例えば、厚肉材では冷却速度が遅いので、焼入れの際に加熱炉から出てから水冷開始までの間にも窒化物形成が進むことが期待できる。従って、その時間分だけ均熱時間を短くすることは可能であるが、薄肉材では冷却速度が大きいため炉内での時間管理が重要になる。

【0041】

2. 固溶N以外の成分について

C: 0.05～0.45%

50

Cは、鋼の強度を確保し、また十分な焼入れ性を得るために必要な元素である。これらの効果を得るためには、少なくとも0.05%の含有量が必要である。一方、0.45%を超えると、焼入れ時の焼き割れ感受性が增大する。このため、C含有量は0.05~0.45%とした。下限として好ましいのは0.1%である。また、上限として好ましいのは0.35%である。

【0042】

Si: 0.1~1.5%

Siは脱酸剤としての効果、および焼戻し軟化抵抗を高めて強度を上昇させる効果を有する元素である。しかし、0.1%未満の含有量ではこれらの効果が十分に得られない。一方、1.5%を超えると、鋼の熱間加工性が著しく劣化する。このため、Si含有量は0.1~1.5%とした。下限として好ましいのは0.2%である。また、上限として好ましいのは1.0%である。

10

【0043】

Mn: 0.1~3.0%

Mnは鋼の焼入れ性を増し、鋼管の強度確保のために有効な元素である。その含有量が0.1%未満ではこれらの効果が得られない。一方、3.0%を超えるとMnの偏析が大きくなって靱性が低下する。よって、Mn含有量は0.1~3.0%とした。下限として好ましいのは0.3%である。また、上限として好ましいのは1.5%である。

【0044】

P: 0.03%以下

Pは鋼中に不純物として含まれる元素であり、その含有量が0.03%を超えると粒界に偏析して靱性を劣化させるので、0.03%以下とした。好ましいのは0.015%以下である。なお、P含有量は少ないほどよい。

20

【0045】

S: 0.01%以下

Sは、上記のPと同様に、鋼中に不純物として含まれる元素で、MnやCa等と硫化物系の介在物を形成して靱性を劣化させ、その含有量が0.01%を超えると、靱性劣化が著しくなる。このため、S含有量は0.01%以下とした。好ましいのは0.005%以下である。なお、S含有量も少ないほどよい。

【0046】

sol.Al: 0.05%以下

Alは脱酸剤として鋼に添加するが、その含有量が、sol.Alとしての含有量で0.05%を超えると靱性低下を招くだけでなく、脱酸効果も飽和する。従って、Alの含有量は、sol.Al含有量で0.05%以下とした。好ましいのは0.03%以下である。脱酸効果だけを得る場合には、下限は不純物レベルでもよい。しかし、AlはAlNを形成してNを固定する作用を有し、この効果は0.001%以上のsol.Al含有量の場合に得られるので、その効果を得たい場合にはsol.Al含有量で0.001%以上とするのがよい。

30

【0047】

本発明の埋設拡管用油井鋼管の一つは、上記の化学組成を有し、残部がFeおよび不純物からなる鋼よりなるものである。

40

【0048】

本発明の埋設拡管用油井鋼管のもう一つは、上記の成分に加えて更に、Feの一部に代えて、下記のA群からC群までのうちの少なくとも1群の中から選ばれた少なくとも1種の成分を含む鋼からなるものである。

A群... V: 0.005~0.2%、Ti: 0.005~0.1%、Nb: 0.005~0.1%およびB: 0.0005~0.005%

B群... Cr: 0.1~1.5%、Mo: 0.1~1.0%、Ni: 0.05~1.5%およびCu: 0.05~0.5%

C群... Ca: 0.001~0.005%。

50

以下、これらの成分について説明する。

【0049】

V、Ti、Nb、B：

これらの元素は、いずれも、窒化物を形成して鋼中のNを固定する作用を有する。即ち、固溶Nを減少させる元素である。従って、その効果を得たい場合には、いずれか1種または2種以上を添加してもよく、その効果は、V、TiおよびNbでは0.005%以上、Bでは0.0005%以上の含有量で得られる。しかし、その含有量が、Vでは0.2%、TiおよびNbではそれぞれ0.1%、Bでは0.005%を超えると、いずれも鋼の靱性劣化を招く。このため、添加する場合のこれら元素の含有量は、Vは0.005~0.2%、TiおよびNbはそれぞれ0.005~0.1%、Bは0.0005~0.0

10

【0050】

なお、Vには焼戻し時にVCを形成して軟化抵抗を高めて鋼の強度を向上させる作用があり、TiとNbには高温で微細な炭窒化物を形成して高温域での結晶粒の粗大化を防止する作用もある。

【0051】

Cr、Mo、Ni、Cu：

これらの元素は、いずれも焼入れ性を向上させ、強度を向上させるのに有効な元素である。その効果を得たい場合には、いずれか1種以上を添加してもよい。その効果は、CrとMoではそれぞれ0.1%以上、NiとCuではそれぞれ0.05%以上で得られる。しかし、CrおよびNiはそれぞれ1.5%、Moは1.0%、Cuは0.5%を超えると、靱性や耐食性の劣化を招く。このため、添加する場合のこれら元素の含有量は、Crは0.1~1.5%、Moは0.1~1.0%、Niは0.05~1.5%、Cuは0.05~0.5%とするのがよい。

20

【0052】

Ca：

Caは硫化物の形態制御に寄与し、鋼の靱性改善などに有効な元素である。従って、その効果を得たい場合には添加してもよく、その効果は0.001%以上で得られる。しかし、0.005%を超えると、介在物が多量に生成し、孔食の起点となるなど耐食性の面で悪影響が現れる。このため、添加する場合のCa含有量は0.001~0.005%とするのがよい。

30

【実施例】

【0053】

表4に示す化学組成を有する22種類の鋼を溶製し、次の工程による試験を行った。

それぞれの鋼の鋼塊を1250で30分間均熱した後、断面減少率30%の熱間鍛造にて直径80mm、長さ300mmのバー材とした。このバー材から、外削、およびくり貫き加工にて、外径75mm、肉厚10mm、長さ300mmの継目無鋼管を作製した。この継目無鋼管に、1050で10分間均熱した後に水で急冷する焼入れと、650で30分間均熱する焼戻しの熱処理を施し、固溶N量が種々異なる拡管用鋼管を得た。

【0054】

得られた拡管用鋼管は、室温下においてその一方の管端から他方の管端に向けて拡管用プラグを押し込んで、半径方向に拡管を行った。拡管は、プラグのサイズを変えることにより、半径拡大率で10%と20%の二とおりとした。この二通りの拡管後の鋼管と拡管していない鋼管から、図1に示す形状および寸法の4点曲げ試験片を採取し、これを図2に示す曲げ付与治具1にセットして硫化物応力腐食割れ試験を行った。

40

【0055】

硫化物応力腐食割れ試験は、NACE TM-0177に規定される溶液A(5質量% NaCl + 0.5質量% 酢酸の水溶液で、1atmのH₂Sを飽和させた試験液)中に720hr浸漬することにより行い、SSCの発生が認められなかったものを耐SSC性が良好「○」、SSCの発生が認められたものを不良「×」とした。なお、負荷応力は規格

50

最小降伏強さ 552 MPa (80 ksi に相当) の 85% とした。

【 0056 】

結果を表 5 に示す。なお、表 5 には拡管前の拡管用鋼管から採取した J J S Z 2241 に規定される 12 B 号試験片による室温下での引張試験による降伏強度 Y S (MP a) も示す。

【 0057 】

【表 4】

表 4

区分	鋼 No.	化学組成 (単位:質量%、残部: Feおよび不純物)																
		C	Si	Mn	P	S	Ti	B	sol. Al	Total N	Soluble N	Nb	V	Mo	Cr	Ni	Cu	Ca
本発明例	1	0.20	0.35	1.12	0.010	0.002	—	—	0.012	0.0032	0.0030	—	—	—	—	—	—	—
	2	0.31	0.52	1.88	0.010	0.003	—	—	0.041	0.0018	0.0014	—	—	—	—	—	—	
	3	0.25	0.29	1.28	0.010	0.003	0.011	—	0.011	0.0048	0.0019	—	—	—	—	—	—	
	4	0.22	0.21	1.56	0.009	0.002	—	0.0015	0.011	0.0025	0.0012	—	—	—	—	—	—	
	5	0.12	0.25	1.74	0.010	0.002	—	—	0.009	0.0041	0.0022	0.018	—	—	—	—	—	
	6	0.20	0.35	2.20	0.015	0.001	—	—	0.001	0.0036	0.0023	—	0.13	—	—	—	—	
	7	0.21	0.44	1.01	0.012	0.001	0.012	—	0.012	0.0049	0.0007	0.008	0.005	—	—	—	—	
	8	0.18	0.32	1.55	0.011	0.001	—	—	0.011	0.0015	0.0012	—	—	—	0.2	—	—	
	9	0.25	0.58	1.58	0.010	0.002	—	—	0.015	0.0018	0.0013	—	—	0.8	—	—	—	
	10	0.24	0.18	1.80	0.050	0.001	—	—	0.010	0.0019	0.0018	—	—	0.1	0.4	—	—	
	11	0.15	0.35	1.35	0.011	0.001	—	—	0.031	0.0018	0.0011	—	—	—	—	0.26	—	
	12	0.24	0.22	1.18	0.015	0.001	—	—	0.022	0.0021	0.0018	—	—	—	—	—	0.06	
	13	0.12	0.33	1.39	0.011	0.002	—	—	0.028	0.0048	0.0029	0.017	—	—	0.2	0.38	0.22	
	14	0.10	0.25	1.94	0.009	0.001	—	—	0.009	0.0035	0.0031	—	0.011	—	0.2	—	—	
	15	0.10	0.25	2.10	0.016	0.002	—	—	0.008	0.0015	0.0010	—	—	—	—	—	—	0.001
	16	0.23	0.24	1.11	0.010	0.002	0.052	—	0.008	0.0059	0.0000	—	—	—	—	—	—	0.002
	17	0.19	0.27	1.36	0.009	0.001	—	—	0.022	0.0018	0.0015	—	—	—	1.5	—	—	0.004
	18	0.21	0.28	1.26	0.015	0.002	0.018	—	0.026	0.0063	0.0000	0.021	—	0.3	0.5	—	—	0.003
	19	0.26	0.32	1.09	0.012	0.001	0.012	—	0.012	0.0069	0.0041*	—	—	—	—	—	—	—
	20	0.23	0.25	1.29	0.011	0.002	—	—	0.009	0.0062	0.0059*	—	—	—	—	—	—	—
	21	0.15	0.23	2.10	0.010	0.001	0.007	—	0.023	0.0058	0.0037	—	—	1.2*	1.7*	—	—	—
	22	0.22	0.28	1.35	0.013	0.002	0.010	—	0.023	0.0062	0.0035	—	—	—	—	—	—	0.007*

注 1) *印は、本発明で規定する範囲外であることを意味する。
注 2) -印は、不純物レベルであることを意味する。

【表 5】

区 分	鋼 No.	降 伏 強 度 YS(MPa)	耐SSC性			備 考
			半径拡大率 10%	20%	総合 評価	
本 発 明 例	1	611	○	×	○	
	2	595	○	○	◎	
	3	622	○	○	◎	
	4	612	○	○	◎	
	5	595	○	×	○	
	6	635	○	×	○	
	7	626	○	○	◎	
	8	680	○	○	◎	
	9	687	○	○	◎	
	10	706	○	○	◎	
	11	689	○	○	◎	
	12	701	○	○	◎	
	13	705	○	×	○	
	14	668	○	×	○	
	15	631	○	○	◎	
	16	593	○	○	◎	
	17	673	○	○	◎	
	18	677	○	○	◎	
比 較 例	19	593	×	×	×	鍛造時の均熱時間短くN固定が不十分で固溶N量が本発明の範囲外
	20	618	×	×	×	高N、かつ窒化物形成元素が無添加で固溶N量が本発明の範囲外
	21	702	×	×	×	Cr量とMo量が過剰で粗大炭化物起因のSSCが発生
	22	636	×	×	×	Ca量が過剰で介在物起因のSSCが発生

【0059】

表5からわかるように、本発明例のNo. 1～18の鋼からなる鋼管では、拡管加工後の耐SSC性が良好である。特に、No. 2～4、No. 7～12およびNo. 15～18の鋼からなる鋼管は、固溶N量が20ppm以下と非常に低いために、半径拡管率で20%の拡管を加えても優れた耐SSC性を維持していた。

【0060】

一方、比較例のNo. 19～22の鋼からなる鋼管は、いずれも、拡管加工後の耐SSC性は悪い。すなわち、No. 19の鋼からなる鋼管は、鍛造時の加熱時間が短く、TiによるNの固定が不十分で、固溶N量が40ppmを超えているために拡管加工後の耐SSC性が悪い。No. 20の鋼からなる鋼管は、窒化物形成元素の添加がないために固溶N量が59ppmと高く、耐SSC性が悪い。No. 21の鋼からなる鋼管は、CrとMoの含有量が多すぎるために粗大な炭化物が生成し、耐SSC性が悪い。No. 22の鋼からなる鋼管は、Ca量が過剰なために介在物が多量に生成して孔食起点のSSCが生じ

10

20

30

40

50

、耐SSC性が悪い。

【産業上の利用可能性】

【0061】

本発明の埋設拡管用油井鋼管は、拡管後の耐SSCが良好である。従って、油井中に埋設した後に拡管する、埋設拡管施工法で使用するのに極めて有用である。

【図面の簡単な説明】

【0062】

[図1] 4点曲げ試験片の形状と寸法を示す図である。

[図2] 曲げ付与治具とこの治具への4点曲げ試験片のセット状態を示す図である。

[図3] 固溶N量が多い鋼の温度と水素放出速度との関係を示す図である。

[図4] 固溶N量が少ない鋼の温度と水素放出速度との関係を示す図である。

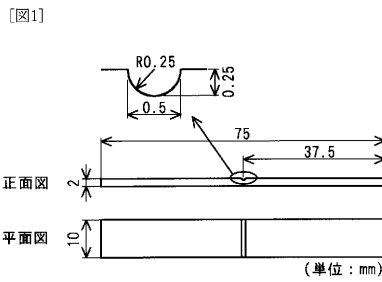
[図5] 鋼中の拡散性水素量と鋼の硬度との関係を示す図である。

【符号の説明】

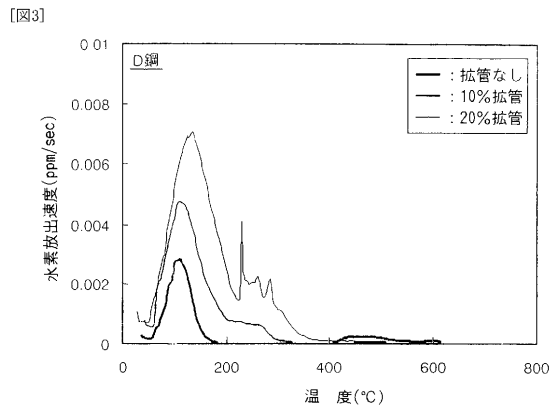
【0063】

- 1 曲げ付与治具

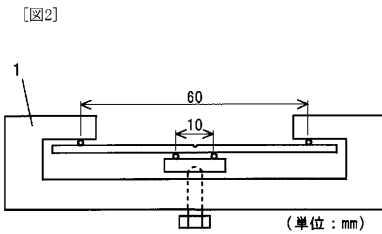
【図1】



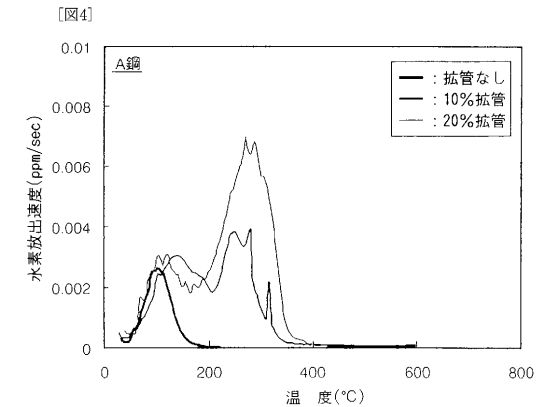
【図3】



【図2】

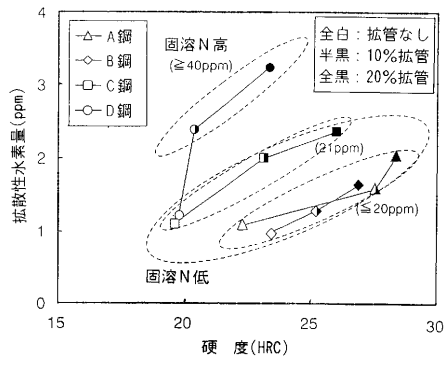


【図4】



【図5】

[図5]



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-266055(JP,A)
特開2000-199029(JP,A)
特開平10-017982(JP,A)

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