

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年6月3日(03.06.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/061882 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/50 (2006.01) C21D 9/08 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/069942
 - (22) 国際出願日: 2009年11月26日(26.11.2009)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2008-300802 2008年11月26日(26.11.2008) JP
 - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友金属工業株式会社 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
 - (72) 発明者: および
 - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 荒井 勇次 (ARAI, Yuji) [JP/JP]; 〒5410041 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 Osaka (JP). 高野 孝司 (TAKANO, Takashi) [JP/JP]; 〒5410041 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 Osaka (JP).
 - (74) 代理人: 杉岡 幹二, 外 (SUGIOKA, Kanji et al.); 〒5300057 大阪府大阪市北区曽根崎2丁目5番10号 杉岡特許事務所 Osaka (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: SEAMLESS STEEL PIPE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 継目無鋼管およびその製造方法

(57) Abstract: Disclosed is a seamless steel pipe which has a tensile strength of 950 MPa or greater and a yield strength of 850 MPa or greater and is therefore highly strong, and which also has high toughness at lower temperatures. Also disclosed is a method for manufacturing the seamless steel pipe. The seamless steel pipe comprises a low alloy steel which comprises 0.10-0.20 mass% of C, 0.05-1.0 mass% of Si, 0.05-1.2 mass% of Mn, 0.02-1.5 mass% of Ni, 0.50-1.50 mass% of Cr, 0.50-1.50 mass% of Mo, 0.002-0.10 mass% of Nb, 0.005-0.10 mass% of Al, and either 0.003-0.050 mass% of Ti and/or 0.01-0.20 mass% of V, with the balance made up of Fe and unavoidable impurities, wherein the unavoidable impurities contain 0.025 mass% or less of P, 0.005 mass% or less of S, 0.007 mass% or less of N and less than 0.0003 mass% of B. The seamless steel pipe has a tensile strength of 950 MPa or greater, a yield strength of 850 MPa or greater, and an epitaxial absorption energy of 60 J or greater at -40°C.

(57) 要約: 本発明は、引張強度950MPa以上および降伏強度850MPa以上の高強度を有し、かつ低温での高靱性に優れた継目無鋼管及びその製造方法を提供するものである。本発明の継目無鋼管は、質量%で、C:0.50~0.20%、Si:0.05~1.0%、Mn:0.05~1.2%、Ni:0.02~1.5%、Cr:0.50~1.50%、Mo:0.50~1.50%、Nb:0.002~0.10%およびAl:0.005~0.10%、並びにTi:0.003~0.050%およびV:0.01~0.20%のうち的一方または両方を含有し、残部はFeと不純物からなり、不純物中のPが0.025%以下、Sが0.007%以下、Nが0.007%以下およびBが0.0003%未満である低合金鋼からなり、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40°Cでのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする。



WO 2010/061882 A1

明 細 書

発明の名称： 継目無鋼管およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、機械構造部材用、特にクレーンブーム用の高強度高靱性継目無鋼管材に関する。

背景技術

[0002] 機械構造部材のうち、円筒形のものとは従来、棒鋼を鍛造又は延伸圧延を施して、あるいはさらに切削加工を施して所望の形状とした後に、熱処理が施され、機械構造部材に必要な機械的性質が付与されることが多い。近年、構造物の大型化および高耐力化の傾向をうけて、円筒形の構造部材を中空の継目無鋼管に置き換えることで軽量化が計られてきた。特に、クレーンのブーム材等、円筒形の構造部材としての鋼管は、クレーンの大型化、高層建築や寒冷地での作業等に鑑みて、高強度化とともに高靱性が求められてきた。最近では、ブーム用途として、950MPa以上の引張強さを有し、かつ-40℃という低温で優れた靱性を有することが継目無鋼管に要求されるようになってきた。このような用途に関しては、5～50mm程度、特に8～45mm程度の肉厚の鋼管が要求される場合が多い。

[0003] 高強度かつ高靱性の鋼管に関しては、従来より種々の技術が提案されている。

[0004] 例えば、特許文献1では、所定の範囲に規定してなるC、Si、Mn、P、S、Ni、Cr、Mo、Ti、AlおよびN、並びにNbまたはVのうちの1種以上を含み、さらにBを0.0005～0.0025%含有させた低合金鋼を製管後熱処理することによって、低温靱性に優れた高張力継目無鋼管の製造方法が提案されている。

[0005] 特許文献2では、所定の範囲に規定してなるC、Si、Mn、P、S、Al、NbおよびN、あるいはさらにCr、Mo、Ni、V、REM、Ca、Co、Cuを選択的に含有させた上で、Bを0.0005～0.0030%

含有させ、かつTiを $0.005\% < (Ti - 3.4N) < 0.01\%$ の範囲内で含有させた鋼で、焼き戻しによって析出する析出物の大きさが $0.5\mu\text{m}$ 以下である高強度高靱性継目無鋼管が提案されている。

[0006] また、特許文献3では、C、Si、Mn、P、S、Al、Cr、Mo、V、Cu、N、Wを所定の範囲に含有させた低合金鋼を用いて、造管後に焼き入れ焼き戻しによって高強度継目無鋼管を得る技術が提案されている。

[0007] さらに、特許文献4では、所定の範囲のC、Mn、Ti、Nbを含有させ、Si、Al、P、S、Nを所定の範囲以下に制限し、さらにNi、Cr、Cu、Moの1種または2種以上を選択的に含有させた上で、Bを $0.0003 \sim 0.003\%$ 含有する鋼を用い、造管後に加速冷却と空冷を施して、金属組織を自己焼き戻しマルテンサイト単独組織または自己焼き戻しマルテンサイトと下部ベイナイトとの混合組織とする靱性と溶接性に優れた機械構造用高強度シームレス鋼管が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開昭61-238917

特許文献2：特開平7-331381

特許文献3：米国特許出願公開第2002/0150497号明細書

特許文献4：特開2007-262468

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、上記特許文献1～3で提案された技術によれば、優れた低温靱性を有する継目無鋼管が得られるものの、いずれも引張強度が $90\text{kgf}/\text{mm}^2$ 程度までのものを対象としており、さらに高強度の鋼管を得ようとすると低温靱性が低下する可能性を否定することができない。

[0010] また、上記特許文献4によれば、その実施例にあるとおり、引張強度で 1000MPa を越え、かつ -40°C でのシャルピー吸収エネルギーが 200

J以上の高靱性を有するシームレス鋼管が得られるものの、加速冷却ままで用いられる鋼管であるため、降伏応力が850MPa以下と低くなる問題がある。

[0011] 本発明は、このような現状に鑑みてなされたものであり、特にクレーンのブーム等の機械構造部材に好適な、引張強度950MPa以上および降伏強度850MPa以上の高強度かつ高靱性を要求される継目無鋼管を提供することを目的としている。

[0012] なお、前述のように、クレーンブーム等の用途においては、5mm~50mm程度、特に8~45mmの肉厚の鋼管が要求されるが、厚肉化に伴い、焼入時の肉厚中央部近辺の冷却速度の確保が困難になって、強度あるいは靱性を確保することが非常に困難となる。

[0013] 本発明は、特に、このような厚肉の鋼管においても、高強度かつ高靱性を確保することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明者らは、上記の課題を解決するため、引張強度が950MPa以上の焼き入れ焼き戻し鋼について、鋼成分が及ぼす低温靱性への影響を検討すべく、表1に示す鋼種について、100kgインゴットを真空溶解によって用意した。

[0015]

[表1]

鋼 No.	化学成分														Ac ₁ 変態 点(°C)	Ac ₃ 変態 点(°C)			
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ca	Mg			B	sol-Al	N
1	0.13	0.29	0.79	0.012	0.0028	0.20	0.10	0.52	0.50	0.05	0.021	0.032	0.0019		0.0016*	0.027	0.0055	760	886
2	0.13	0.28	0.81	0.014	0.0027	0.20	0.10	0.52	0.72	0.05	0.021	0.031	0.0029		0.0015*	0.027	0.0052	764	894
3	0.16	0.29	1.01	0.011	0.0029	0.19	0.05	1.01	0.51	0.05	0.011	0.033	0.0018		0.0001	0.027	0.0053	771	867
4	0.16	0.30	1.01	0.012	0.0026	0.20	0.05	1.01	0.73	0.05	0.010	0.033	0.0026		0.0001	0.024	0.0050	777	876
5	0.13	0.29	0.83	0.013	0.0025	0.13	0.70	0.50	0.31*	0.04	0.020	0.032	0.0015		0.0001	0.027	0.0048	744	864
6	0.13	0.29	0.82	0.012	0.0026	0.13	0.70	0.40*	0.50	0.04	0.020	0.002	0.0016		0.0001	0.027	0.0046	739	871
7	0.17	0.27	1.11	0.014	0.0018	0.19	0.05	1.55*	1.55*	0.04	0.011	0.033	0.0016		0.0001	0.038	0.0063	805	896
8	0.16	0.28	1.02	0.018	0.0013	0.01	0.01*	1.02	0.70	0.10	0.007	0.004	0.0019		0.0002	0.039	0.0063	770	878
9	0.17	0.29	0.62	0.019	0.0013	0.03	0.15	1.43	0.70	0.02	0.008	0.005	0.0031		0.0001	0.038	0.0059	784	875
10	0.17	0.29	0.62	0.017	0.0014	0.04	0.15	1.42	0.70	0.10	0.007	0.007	0.0019		0.0001	0.035	0.0063	782	875
11	0.17	0.28	0.30	0.016	0.0013	0.40	0.80	1.45	0.70	0.02	0.007	0.006	0.0018		0.0001	0.038	0.0064	765	858
12	0.17	0.29	0.60	0.016	0.0016	0.19	0.05	1.41	0.69	0.01*	0.001*	0.001*	0.0018		0.0002	0.037	0.0064	782	875
13	0.17	0.28	0.61	0.017	0.0015	0.19	0.05	1.44	0.70	0.05	0.000	0.052	0.0018		0.0001	0.037	0.0069	793	875
14	0.17	0.29	1.12	0.017	0.0016	0.05	0.10	1.42	0.50	0.06	0.004	0.004		0.0021	0.0002	0.039	0.0067	773	859
15	0.17	0.28	0.20	0.016	0.0015	0.10	0.10	1.01	0.55	0.23*	0.008	0.004	0.0022		0.0001	0.041	0.0068	760	870
16	0.16	0.29	0.05	0.016	0.0015	0.40	0.40	1.00	0.72	0.10	0.007	0.004	0.0001		0.0001	0.039	0.0060	764	881
17	0.16	0.29	0.20	0.016	0.0013	0.10	0.10	1.02	0.70	0.10	0.007	0.004		0.0020	0.0001	0.041	0.0060	775	890
18	0.13	0.29	0.82	0.012	0.0081*	0.13	0.71	0.51	0.50	0.04	0.019	0.002	0.0019		0.0001	0.027	0.0048	741	871

* 本発明の範囲外であることを示す。

[0016] そして、これらのインゴットを、熱間鍛造によりブロック形状とした後、熱間圧延にて20mm厚の板材を作成した。これらの板材に焼き入れ焼き戻し処理を施して、熱処理板材を得た。これらの熱処理板材の板厚中央部から圧延長手方向に平行に、JIS 2201（1998年版）の10号試験片を切り出し、JIS Z2241（1998年版）に準拠して引張試験を実施した。また、熱処理板材の板厚中央部から圧延幅方向に平行に、JIS Z2242に準拠した2mmVノッチフルサイズ試験片を切り出し、-40℃にてシャルピー衝撃試験を行い、吸収エネルギーを評価した。上記の試験で実施した引張試験とシャルピー衝撃試験の結果を表2に示す。

[0017] [表2]

表2

鋼No.	焼き入れ加熱温度(°C)	焼き戻し温度(°C)	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)	吸収エネルギー(J)
1	920	600	952	1000	45
2	920	650	926	970	50
3	920	650	925	967	182
4	920	650	964	1012	156
5	920	500	969	1002	52
6	920	500	928	989	50
7	920	680	955	1060	35
8	920	680	890	950	55
9	920	600	980	1060	140
10	920	650	975	1035	150
11	920	650	990	1050	200
12	920	670	900	980	35
13	920	650	970	1020	200
14	920	600	970	1000	130
15	920	670	975	1035	28
16	920	660	970	1013	100
17	920	670	970	1005	160
18	920	550	900	955	34

[0018] この結果、引張強度が950MPa以上の継目無鋼管であっても低温靱性を向上させることができる方法について、次の(a)～(h)に示すとおりの知見を得た。

[0019] (a) 鋼No. 1～4の試験結果から、Bの影響が判明した。Bを0.0015%程度含有している鋼No. 1および2は、Bの含有量が0.0001%と極微量の鋼No. 3および鋼No. 4に比べて、吸収エネルギーが低位

となっている。これは、高強度を得るためにCrとBを共に含有させると、焼き戻しの際に、結晶粒界に粗大な硼化物を形成し、これが脆性破壊の起点となって、靱性を低下させるためであると思われる。したがって、焼き入れ焼き戻しによって引張強度950MPa以上を得る場合には、低温靱性を向上させるために、Bを極力低減する必要があることが分かった。

[0020] (b) 次に、鋼No. 5～7の試験結果から、CrとMoの影響が判明した。鋼No. 5および6は、MoまたはCrの含有量が低すぎるので、高強度を得るために低温焼き戻しを実施したが、この低温焼き戻しによって吸収エネルギーが低位となったのである。一方、鋼No. 7は、CrおよびMoの含有量が多いため焼き戻し温度は高温で実施できたが、CrおよびMoの含有量が過剰であるために吸収エネルギーが低位となった。したがって、焼き入れ焼き戻しによって引張強度950MPa以上を得る場合には、低温靱性を向上させるために、CrとMoを適量含有させる必要があることが分かった。

[0021] (c) 鋼No. 8～11の試験結果から、CuとNiの影響が判明した。鋼No. 8ではCuとNiの含有量がいずれも0.01%と低すぎるため、吸収エネルギーが低位であった。一方、鋼No. 9～11では、吸収エネルギーは高く、CuとNiの含有量は適量であった。したがって、焼き入れ焼き戻しによって引張強度950MPa以上を得る場合には、低温靱性を向上させるために、Niの適量あるいはNiとCuの適量を含有させる必要があることが分かった。

[0022] (d) 鋼No. 12～15の試験結果から、V、TiおよびNbの影響が判明した。鋼No. 12は、V、TiおよびNbの含有量が低いために吸収エネルギーが低位であった。一方、鋼No. 15では、V含有量が高すぎるために吸収エネルギーが低位であった。したがって、焼き入れ焼き戻しによって引張強度950MPa以上を得る場合には、低温靱性を向上させるために、V、TiおよびNbを適量含有させる必要があることが分かった。

[0023] (e) 鋼No. 16～17の試験結果から、Mnの影響が判明した。いずれ

も、本発明と同様の焼き入れ焼き戻しにて製造されるラインパイプ用継目無鋼管の一般的な鋼に比べて、Mn含有量が低めであるが、吸収エネルギーが高く、低温靱性に優れている。

[0024] (f) 鋼No. 18の試験結果から、Sの影響が判明した。鋼No. 18は、S含有量が過剰であるために、吸収エネルギーが低位である。これは、不純物として含まれるSが製造プロセスの中でMnと反応してMnSが生成し、このMnSが高強度の焼き入れ焼き戻し鋼の靱性に対して、悪影響を及ぼしているためと考えられる。したがって、S含有量を低減する必要がある。S含有量を低減するためには、Sの含有量の少ない原料鉱石やスクラップを用いるか、又は、製鋼時に溶鋼中にCaやMgを含有させてSを低減すればよく、その結果、MnSの生成を抑制することができる。

[0025] (g) その他の成分としては、Alが鋼の靱性および加工性を高めるのにも有効であるから、その適量を含有させるのがよい。また、不純物中のPとNは、靱性を低下させる元素であるから、その含有量を抑制する必要がある。

[0026] (h) 以上の結果から、クレーンのブーム等の機械構造部材用途としての溶接性に適正な炭素量の範囲で、P、S、NおよびBを極力含有させずに、Ni、Cu、Cr、Mo、NbおよびAlを適量含有させた低合金鋼を継目無鋼管に用いることで、焼き入れ焼き戻し後に、極めて優れた低温靱性が確保できることが分かった。

[0027] 本発明は、これらの知見に基づいて完成したものであり、その要旨とするところは下記の(1)及び(2)の継目無鋼管、および(3)の継目無鋼管の製造方法にある。

[0028] (1) 質量%で、C：0.10～0.20%、Si：0.05～1.0%、Mn：0.05～1.2%、Ni：0.02～1.0%、Cr：0.50～1.50%、Mo：0.50～1.50%、Nb：0.002～0.10%およびAl：0.005～0.10%、並びにTi：0.003～0.050%およびV：0.01～0.20%のうち的一方または両方を含有し、残部はFeと不純物からなり、不純物中のPが0.025%以下、Sが0.0

0.5%以下、Nが0.007%以下およびBが0.0003%未満である低合金鋼からなり、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40°Cでのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする継目無鋼管。

[0029] (2) Feの一部に代えて、さらにCu:0.02~1.0%を含有する合金鋼からなる、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40°Cでのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする、上記(1)に記載の継目無鋼管。

[0030] (3) Feの一部に代えて、さらにCa:0.0005~0.0050%およびMg:0.0005~0.0050%のうち的一方または両方を含有する低合金鋼からなる、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40°Cでのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする、上記(1)または(2)に記載の継目無鋼管。

[0031] (4) 肉厚が8mm以上であり、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40°Cでのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする、上記(1)~(3)のいずれかに記載の継目無鋼管。

[0032] (5) 肉厚が20mm以上であり、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40°Cでのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする、上記(4)に記載の継目無鋼管。

[0033] (6) 上記(1)~(3)のいずれかに記載の合金組成を有する低合金鋼を、熱間で鋼管形状に製管後、室温からAc3変態点以上に加熱して焼入れた後、Ac1変態点以下に焼戻しすることを特徴とする、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40°Cでのシャルピー吸収エネルギーが60J以上を有する継目無鋼管の製造方法。

発明の効果

[0034] 本発明によれば、引張強度950MPa以上および降伏強度850MPa以上の高強度かつ高靱性を要求される継目無鋼管を提供することができる。この継目無鋼管は、機械構造部材、特にクレーンの等に用いることができる。

。

図面の簡単な説明

[0035] [図1] 溶接試験における開先形状を示す。

発明を実施するための形態

[0036] 以下に、本発明に係る継目無鋼管の化学成分を限定した理由について述べる。なお、以下に示す「%」は、「質量%」を意味する。

[0037] C : C : 0.10 ~ 0.20 %

Cは、鋼の強度を高める効果を有する元素である。Cの含有量が0.1%未満の場合、所望の強度を得るためには低温の焼戻しを必要とするが、その結果、靱性の低下をまねく。一方、Cの含有量が0.20%を超えると、溶接性が著しく低下する。従って、C含有量は0.10~0.20%とした。C含有量の好ましい下限値は0.12%、より好ましくは0.13%である。また、C含有量の好ましい上限値は0.18%である。

[0038] Si : 0.05 ~ 1.0 %

Siは、脱酸作用を有する元素である。また、この元素は、鋼の焼入れ性を高めて、強度を向上させる元素である。この効果を得るためにはSiが0.05%以上含まれていることが必要である。しかし、その含有量が1.0%を超えると、靱性および溶接性が低下する。従って、Siの含有量は、0.05~1.0%とした。Si含有量の好ましい下限値は0.1%、より好ましくは0.15%である。また、好ましい上限値は0.60%、より好ましくは0.50%である。

[0039] Mn : 0.05 ~ 1.2 %

Mnは、脱酸作用を有する元素である。また、この元素は、鋼の焼入れ性を高めて強度を向上させる元素である。この効果を得るためにはMnを0.05%以上含有させる必要がある。しかし、その含有量が1.2%を超えると、靱性が低下する。従って、Mnの含有量を0.05~1.2%とした。

[0040] Ni : 0.02 ~ 1.5 %

Niは、焼き入れ性を向上させて強度を高めると共に、靱性を高める作用

がある。その効果を得るために、0.02%以上含有させる必要があるが、1.5%を越えて含有させるのは経済性の面から考えて不利である。従って、Niの含有量を0.02~1.5%とした。なお、Ni含有量の好ましい下限値は、0.05%であり、さらに好ましい下限値は、0.1%である。また、Ni含有量の好ましい上限値は、1.3%であり、さらに好ましい上限値は、1.15%である。なお、特に肉厚25mm超の厚肉の鋼管の場合には、Niを0.50%以上含有させることで、所望の高強度と靱性を確保することが容易になる。

[0041] Cr : 0.50~1.50%

Crは、鋼の焼入れ性および焼き戻し軟化抵抗を高めて強度を向上させるのに有効な元素である。引張強度950MPa以上の高強度鋼管において、その効果を発揮させるためには0.50%以上含有させる必要がある。しかし、その含有量が1.50%を超えると、靱性の低下を招く。従って、Crの含有量は0.50~1.50%とした。Cr含有量の好ましい下限値は0.60%であり、より好ましいのは0.80%である。また、Cr含有量の好ましい上限値は1.40%である。

[0042] Mo : 0.50~1.50%

Moは、鋼の焼入れ性および焼き戻し軟化抵抗を高めて強度を向上させるのに有効な元素である。引張強度950MPa以上の高強度鋼管において、その効果を発揮させるためには0.50%以上含有させる必要がある。しかし、その含有量が1.50%を超えると、靱性の低下を招く。従って、Moの含有量は0.50~1.50%とした。Mo含有量の好ましい下限値は0.70%である。また、Mo含有量の好ましい上限値は1.0%である。

[0043] 上記のように、本発明では、Cr及びMoにより、鋼の焼入れ性および焼き戻し軟化抵抗を高めて強度を向上させる手法を採用する。それらの含有量は、好ましくはCr+Moの合計量で1.50%超である。さらに、好ましくは1.55%以上である。

[0044] Nb : 0.002~0.10%

Nbは、高温域で炭窒化物を形成して、結晶粒の粗大化を抑制し、韌性を向上させる効果のある元素である。その効果を得るためには、Nbを0.002%以上含有させるのが好ましい。しかし、その含有量が0.10%を超えると、炭窒化物が粗大になりすぎて、かえって韌性を低下させる。従って、Nb含有量を0.002~0.10%とした。なお、Nb含有量の好ましい上限値は0.05%である。

[0045] Al : 0.005~0.10%

Alは、脱酸作用を有する元素である。この元素は、鋼の韌性および加工性を高める効果がある。Al含有量は不純物レベルであってもよいが、確実にこの効果を得るためには、0.005%以上とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.10%を超えると、地疵の発生が著しくなる。従って、Alの含有量を0.10%以下とした。従って、Al含有量を0.005~0.10%とした。Al含有量の好ましい上限値は、0.05%である。なお、本発明にいうAl含有量とは、酸可溶Al（いわゆるsol. Al）の含有量を指す。

[0046] TiおよびVは、いずれか一方もしくは両方を含有させる必要がある。

[0047] Ti : 0.003~0.050%

Tiは、焼き戻しの際にTi炭化物として析出し、強度を向上させる効果がある。この効果を得るためには、0.003%以上含有させる必要がある。ただし、その含有量が0.050%を越えると、凝固中など高温域で粗大な炭窒化物が形成し、また焼き戻し時のTi炭化物の析出量が過剰となるため、韌性が低下する。従って、Ti含有量を0.003~0.050%とした。

[0048] V : 0.01~0.20%

Vは、焼き戻しの際にV炭化物として析出し、強度を向上させる効果がある。この効果を得るためには、0.01%以上含有させる必要がある。ただし、その含有量が0.20%を越えると、焼き戻し時のV炭化物の析出量が過剰となるため、韌性が低下する。従って、V含有量を0.01%~0.2

0%とした。なお、V含有量の好ましい上限は0.15%である。

[0049] 本発明に係る継目無鋼管は、上記の成分のほか、残部がFeと不純物からなるものである。ここで、不純物とは、原料鉱石やスクラップ等から混入する成分であって、本発明に悪影響を与えない範囲であれば許容されるものを意味する。しかしながら、特に、不純物中のP、S、NおよびBは、次に述べるように、その含有量を抑制する必要がある。

[0050] P：0.025%以下

Pは、不純物として鋼中に存在する元素であるが、その含有量が0.025%を越えると靱性が著しく低下するため、不純物としての上限を0.025%とした。

[0051] S：0.005%以下

Sは、Pと同様に不純物として鋼中に存在する元素であるが、その含有量が0.005%を越えると靱性が著しく低下するため、不純物としての上限を0.005%とした。なお、Sの含有量の好ましい上限は、0.003%である。

[0052] N：0.007%以下

Nは、不純物として鋼中に存在する元素であるが、その含有量が0.007%を越えると靱性が著しく低下するため、不純物としての上限を0.007%とした。

[0053] B：0.0003%未満

Bは、通常、含有させることにより焼き入れ性を向上させ、強度を高める効果のある元素である。しかしながら、CrおよびMoが一定量含有されている鋼に、Bが0.003%以上含有されていると、焼き戻し時に粗大な硼化物を形成し、靱性を低下させる。従って、本発明において、Bの不純物としての上限を0.0003%未満とした。

[0054] 本発明に係る継目無鋼管は、上記の成分のほか、必要に応じて、Cuをさらに含有させてもよい。また、必要に応じて、CaおよびMgのうち的一方または両方をさらに含有させても良い。

[0055] Cu : 0.02 ~ 1.0%

Cuは、焼き戻しの際に析出して、強度を高める作用がある。その効果は、Cuの含有量が0.02%以上の場合に顕著となる。一方、1.0%を越えて含有させると、鋼管表面に欠陥が多発する。従って、Cuを含有させる場合の含有量を0.02~1.0%とした。なお、Cu含有量の好ましい下限値は0.05%であり、さらに好ましい下限値は0.10%である。また、Cu含有量の好ましい上限値は0.50%であり、さらに好ましい上限値は0.35%である。

[0056] Ca : 0.0005 ~ 0.0050%

Caは、鋼中のSと反応して硫化物を形成することにより介在物の形態を改善し、鋼の靱性を向上させる効果を有する。この効果は、Caの含有量が0.0005%以上の場合に顕著となる。一方、その含有量が0.0050%を超えると、鋼中の介在物量が増大し、鋼の清浄度が低下するので、かえって靱性が低下する。従って、Caを含有させる場合には、その含有量を0.0005~0.0050%とするのが好ましい。

[0057] Mg : 0.0005 ~ 0.0050%

Mgもまた、鋼中のSと反応して硫化物を形成することにより介在物の形態を改善し、鋼の靱性を向上させる効果を有する。この効果は、Mgの含有量が0.0005%以上の場合に顕著となる。一方、その含有量が0.0050%を超えると、鋼中の介在物量が増大し、鋼の清浄度が低下するので、かえって靱性が低下する。従って、Mgを含有させる場合には、その含有量を0.0005~0.0050%とするのが好ましい。

[0058] 次に、本発明の鋼管の製造方法について述べる。

[0059] 造管手段は特に限定しない。例えば、熱間での穿孔、圧延および延伸工程にて製造しても良いし、熱間押し出しプレスにより製造しても良い。

[0060] 強度および靱性を付与するための熱処理は、焼き入れ焼き戻しによって行う。焼き入れは、用いる鋼成分のAc3変態点以上に加熱し、その後急冷することによって行う。この焼き入れのための加熱は、通常の炉加熱で良く、

誘導加熱を用いた急速加熱であればなお良い。また、急冷方法は、水冷や油冷などである。焼き戻しは、用いる鋼成分のA_c1変態点未満の温度で加熱均熱した後に空冷することで行う。焼き戻し加熱均熱温度は、低すぎると脆化を起こす恐れがあるため、550℃以上が好ましい。

実施例 1

[0061] 表3に示す鋼種について、100kgインゴットを真空溶解によって用意した。

[0062]

[表3]

化学成分
(質量%、残部はFeおよび不純物)

鋼 No.	化学成分													Ac ₁ 変態 点(°C)	Ac ₃ 変態 点(°C)				
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ca			Mg	B	sol-Al	N
19	0.14	0.29	1.00	0.015	0.0012		0.03	1.00	0.70	0.05	0.006	0.029	0.0017			0.031	0.0053	780	889
20	0.15	0.28	1.00	0.015	0.0012		0.50	1.00	0.70	0.05	0.006	0.029	0.0015			0.033	0.0050	768	870
21	0.15	0.29	1.00	0.016	0.0013		1.00	1.00	0.70	0.05	0.006	0.030	0.0014			0.033	0.0053	757	857
22	0.12	0.29	1.00	0.016	0.0015		1.00	1.10	0.70	0.05	0.005	0.030	0.0018			0.033	0.0050	755	864

表3

[0063] そして、これらのインゴットを、熱間鍛造によりブロック形状とした後、
1250℃で30分加熱し、1200～1000℃の温度範囲で熱間圧延し
て、20mm、30mm、45mm厚の板材を作成した。これらの板材を9
20℃、10分の条件で均熱後に水冷により焼入れし、さらに焼戻し処理を
施して、熱処理板材を得た。焼戻しに関しては、600℃または650℃の
2条件で30分均熱することで実施した。

[0064] これらの熱処理板材の板厚中央部から圧延長手方向に平行に、JIS 2
201（1998年版）の10号試験片を切り出し、JIS Z2241（
1998年版）に準拠して引張試験を実施した。また、熱処理板材の板厚中
央部から圧延幅方向に平行に、JIS Z2242に準拠した2mmVノッ
チフルサイズ試験片を切り出し、-40℃にてシャルピー衝撃試験を行い、
吸収エネルギーを評価した。上記の試験で実施した引張試験とシャルピー衝
撃試験の結果を表4に示す。

[0065]

[表4]

鋼No.	厚さ (mm)	焼き入れ加 熱温度(°C)	焼き戻し温度 (°C)	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	吸収エネルギー (J)
19	20	920	650	963	1024	144
19	30	920	650	910	972	179
19	45	920	600	863	987	31*
20	20	920	650	937	987	185
20	30	920	650	964	1013	187
20	45	920	650	916	979	80
21	20	920	650	1021	1064	70
21	30	920	650	966	1005	172
21	45	920	650	979	1036	97
22	20	920	650	891	956	63
22	30	920	650	915	969	196
22	45	920	650	897	957	154

* 本発明の範囲外であることを示す。

[0066] 鋼No. 19は、本発明に係る鋼の化学組成からなるものであるが、Ni : 0.03%とNiの含有量が少ない。肉厚20mm及び30mmの場合は、満足できる強度レベルと靱性を確保できたが、肉厚45mmの場合は、吸収エネルギーが31Jと低位であり、満足な靱性を確保することができなかった。鋼No. 20~22は、本発明に係る鋼の化学組成からなるものであ

り、いずれも0.50%以上のNiを含有するが、45mmの肉厚においても所望の高強度と靱性と確保することができた。

[0067] このように、特に厚肉の場合において、Ni濃度を高めることが有効であることが明らかとなった。また同時に、Cuを含有しなくても、目的を達成できることも明らかとなった。

実施例 2

[0068] 表5に示す化学成分の鋼を溶製し、転炉—連続鑄造プロセスにより、矩形ビレットおよび外径310mmの円柱ビレットを鑄造した。矩形ビレットは、さらに熱間鍛造により外径170mmの円柱ビレットと外径225mmの円柱ビレットに成形した。

[0069]

[表5]

化学成分		(質量%、残部はFeおよび不純物)														
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ca	B	Al
	0.16	0.31	1.01	0.010	0.0016	0.03	0.02	0.98	0.70	0.06	0.012	0.029	0.0015	0.0001	0.039	0.0039

[0070] これらの円柱ビレットを、1240℃に加熱し、マンネスマン-マンドレル方式によって、表6に示す寸法の継目無鋼管を作製した。その後、表6に

示す温度条件で、焼き入れ焼き戻し熱処理を施して、製品鋼管を製造した。得られた各製品鋼管について、長手方向の両端位置（圧延方向で先端側をT端、末端側をB端とする）の強度特性をJIS Z2201の12号試験片を用いて、JIS Z2241に準拠した引張試験を実施して評価し、靱性をJIS Z2242に準拠した2mmVノッチフルサイズ試験片を切り出し、 -40°C にてシャルピー衝撃試験を3本実施した中で、最も低い吸収エネルギーとして評価した。表6に、各製品鋼管の強度および靱性の評価結果を示す。いずれの寸法の鋼管においても、降伏強度850MPa、引張強度950MPaおよび -40°C でのシャルピー吸収エネルギーが60Jと、良好な結果が得られた。

[0071]

[表6]

表6 外径 (mm)	肉厚 (mm)	焼き入れ加熱温度 (°C)	焼き戻し温度 (°C)	試験位置*	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	吸収エネルギー (J)
219.1	15.0	920	625	T端	1017	1132	62
				B端	1001	1119	68
168.3	12.0	920	650	T端	956	1058	104
				B端	953	1053	152
				T端	1036	1107	64
				B端	1037	1114	67
273	25.0	920	625	T端	1018	1083	84
				B端	1014	1084	120
				T端	987	1045	144
				B端	962	1023	139
273	25.0	920	650	T端	1005	1086	87
				B端	997	1078	102
				T端	980	1075	98
				B端	975	1068	102

* T端:鋼管圧延方向の先端側、B端:鋼管圧延方向の末端側

[0072] 上記方法で製造された鋼管のうち、外径219.1mm、肉厚15.0mmの鋼管（650℃焼戻）を用いて、周方向に溶接を行い、溶接試験を実施した。溶接条件を表7に、そして、開先形状を図1に、それぞれ示す。

[0073]

[表7]

表7

溶接方法	自動MAG溶接						
溶接姿勢	下向き						
溶接材料	YM-100A, 1.2Φ						
シールドガス	Ar + 20%CO ₂						
		入熱狙い (kJ/cm)	パス数	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	溶接入熱量 (kJ/cm)
溶接条件	MAG	10	1-5	190	27	26	11.8
		15	1-5	200	27	22	14.7
予熱	100°C						
パス間温度	150°C以下						
PWHT	無し						

[0074] 得られた溶接継手から、JIS Z 3121規定の3A号試験片（幅：20mm、平行部：30mm＋溶接金属部の表面の最大幅＋30mm）を作成し、引張試験を行った。継手引張試験の結果、引張強度は、入熱12KJ/cmで972MPa以上、入熱15KJ/cmで1002MPa以上で満足できるレベルであった。

[0075] 以上の通り、本発明の鋼管は、溶接施工後の特性関しても満足のできる水準であった。

産業上の利用可能性

[0076] 本発明に係る継目無鋼管は、引張強度950MPa以上および降伏強度850MPa以上の高強度を有し、かつ低温での高韌性に優れているので、機械構造部材に用いることができる。特にクレーンのブーム材等に好ましい。

請求の範囲

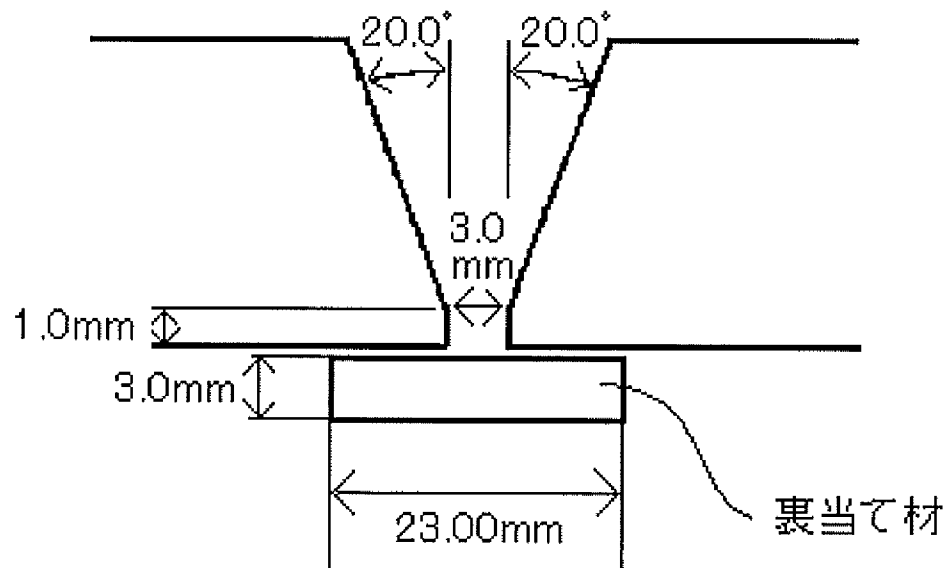
- [請求項1] 質量%で、C：0.10～0.20%、Si：0.05～1.0%、Mn：0.05～1.2%、Ni：0.02～1.0%、Cr：0.50～1.50%、Mo：0.50～1.50%、Nb：0.002～0.10%およびAl：0.005～0.10%、並びにTi：0.003～0.050%およびV：0.01～0.20%のうち的一方または両方を含有し、残部はFeと不純物からなり、不純物中のPが0.025%以下、Sが0.005%以下、Nが0.007%以下およびBが0.0003%未満である低合金鋼からなり、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40℃でのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする継目無鋼管。
- [請求項2] Feの一部に代えて、さらにCu：0.02～1.0%を含有する合金鋼からなる、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40℃でのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする、請求項1に記載の継目無鋼管。
- [請求項3] Feの一部に代えて、さらにCa：0.0005～0.0050%およびMg：0.0005～0.0050%のうち的一方または両方を含有する低合金鋼からなる、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40℃でのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする、請求項1または2に記載の継目無鋼管。
- [請求項4] 肉厚が8mm以上であり、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40℃でのシャルピー吸収エネルギーが60J以上であることを特徴とする、請求項1から3までのいずれかに記載の継目無鋼管。
- [請求項5] 肉厚が20mm以上であり、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40℃でのシャルピー吸収エネルギーが6

0 J以上であることを特徴とする、請求項4に記載の継目無鋼管。

[請求項6]

請求項1から3までのいずれかに記載の合金組成を有する低合金鋼を、熱間で鋼管形状に製管後、室温からA_c3変態点以上に加熱して焼入れた後、A_c1変態点以下に焼戻しすることを特徴とする、引張強度950MPa以上かつ降伏強度850MPa以上で、-40℃でのシャルピー吸収エネルギーが60J以上を有する継目無鋼管の製造方法。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069942

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C38/50(2006.01) i, C21D9/08(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C22C38/00-38/60, C21D9/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-196237 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 09 August 2007 (09.08.2007), claims; tables 1 to 3 (Family: none)	1-6
A	JP 2002-194501 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 10 July 2002 (10.07.2002), claims; tables 1 to 3 (Family: none)	1-6
A	JP 2000-119749 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 25 April 2000 (25.04.2000), claims; tables 1 to 3 (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
 10 February, 2010 (10.02.10)

Date of mailing of the international search report
 23 February, 2010 (23.02.10)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069942

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-050148 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 23 February 1999 (23.02.1999), claims; tables 1 to 3 (Family: none)	1-6
A	JP 9-249935 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 22 September 1997 (22.09.1997), claims; tables 1 to 3 (Family: none)	1-6
A	JP 9-025518 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 28 January 1997 (28.01.1997), claims; tables 1 to 8 & US 5938865 A & EP 828007 A1 & WO 1996/036742 A1	1-6
A	JP 5-051699 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 02 March 1993 (02.03.1993), claims; tables 1, 2 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. C22C38/50(2006.01)i, C21D9/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. C22C38/00-38/60, C21D9/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-196237 A (住友金属工業株式会社) 2007.08.09, 特許請求の範囲, 表1-表3 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-194501 A (住友金属工業株式会社) 2002.07.10, 特許請求の範囲, 表1-表3 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2000-119749 A (住友金属工業株式会社) 2000.04.25, 特許請求の範囲, 表1-表3 (ファミリーなし)	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 10.02.2010	国際調査報告の発送日 23.02.2010
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 鈴木 毅 4K 9154 電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-050148 A (住友金属工業株式会社) 1999.02.23, 特許請求の 範囲, 表1-表3 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 9-249935 A (住友金属工業株式会社) 1997.09.22, 特許請求の範 囲, 表1-表3 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 9-025518 A (住友金属工業株式会社) 1997.01.28, 特許請求の範 囲, 表1-表8 & US 5938865 A & EP 828007 A1 & WO 1996/036742 A1	1-6
A	JP 5-051699 A (住友金属工業株式会社) 1993.03.02, 特許請求の範 囲, 表1, 表2 (ファミリーなし)	1-6