

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年1月3日 (03.01.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/000938 A1

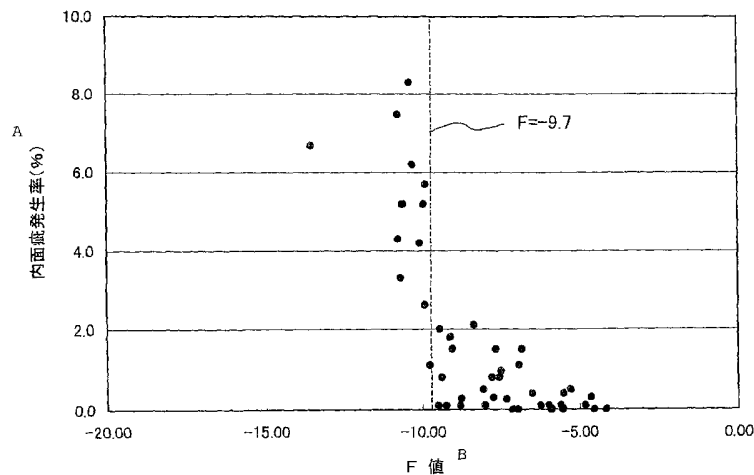
- (51) 国際特許分類: C21D 8/10, C22C 38/00, 38/58
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/06256
- (22) 国際出願日: 2002年6月21日 (21.06.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2001-187862 2001年6月21日 (21.06.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友金属工業株式会社 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒541-0041 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): 木谷 茂 (KIDANI, Shigeru) [JP/JP]; 〒541-0041 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). 池田 耕一 (IKEDA, Koichi) [JP/JP]; 〒541-0041 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). 阿部 俊治 (ABE, Toshiharu) [JP/JP]; 〒541-0041 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: 森道雄, 外 (MORI, Michio et al.); 〒660-0892 兵庫県 尼崎市 東難波町五丁目17番23号 住友生命尼崎ビル 森道雄特許事務所 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO,

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF PRODUCING HIGH CR-BASED SEAMLESS STEEL TUBE

(54) 発明の名称: 高Cr系継目無鋼管の製造方法

$$F = f + 0.6 \times \left\{ 1 - \frac{1}{e^{St1}} \right\} + 0.8 \times \left\{ 1 - \frac{1}{e^{St2}} \right\} > -9.7 \quad \dots (b)$$



A... INNER-SURFACE FLAW OCCURRENCE RATE (%)  
B... F VALUE

(57) Abstract: A method of producing a high Cr-based seamless steel tube excellent in inner-surface quality efficiently and at low costs. Specifically, a method of producing a high Cr-based seamless steel tube, characterized by satisfying the following expression (b) when making a tube by using a blank containing 10-20% of Cr and up to 0.050% of S and P as impurities and by heating the blank and a billet to 1200 ° C with a billet soaking time set to St1 (time) and a blank soaking time to St2 (time):  $F = f + 0.6 \cdot \{1 - 1 / e^{St1}\} + 0.8 \cdot \{1 - 1 / e^{St2}\} > -9.7 \dots (b)$ , where f is an indexed ease-of-producing- $\delta$ -ferrite that changes with component element contents. Accordingly, a high Cr-based seamless steel tube with a minimum of inner-surface flaw

[続葉有]



WO 03/000938 A1



NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW.

添付公開書類：  
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

can be produced even a high Cr steel is used as a tube-making blank. Since there is no need of excessively reducing impurities as the composition of a blank and a specified productivity can be ensured when making a tube, a high Cr-based seamless steel tube excellent in inner-surface quality can be produced efficiently.

(57) 要約:

内面品質に優れた高Cr系継目無鋼管を、低廉な製造コストで効率的に製造する方法である。具体的には、Cr含有量を10~20%、不純物であるSおよびPの含有量を0.050%以下とする素材を用いて製管する場合に、鋼片の均熱時間を $\Sigma t_1$  (時間)、素材の均熱時間を $\Sigma t_2$  (時間)とし、1200°Cに加熱して製管する際、下記(b)式を満足することを特徴とする高Cr系継目無鋼管の製造方法である。

$$F = f + 0.6 \times \left( 1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_1}} \right) + 0.8 \times \left( 1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_2}} \right) > -9.7 \quad \dots (b)$$

ここで、 $f$ は成分元素の含有量によって $\delta$ -フェライトの生成のし易さを指数化したものである。これにより、高Cr鋼を製管用素材とする場合であっても、内面疵の発生が少ない高Cr系継目無鋼管の製造が可能である。しかも、素材の組成として不純物を過剰に低減する必要もなく、また、製管時には所定の生産性を確保できるので、内面品質に優れた高Cr系継目無鋼管を効率的に製造することができる。

## 明 細 書

## 高Cr系継目無鋼管の製造方法

## 技術分野

- 5 本発明は、油井、ガス井または各種プラント若しくは建設構造材料等に用いられる高Cr系継目無鋼管の製造に関し、さらに詳しくは、Crを10～20%含有した製管用素材（ビレット）を用いて継目無鋼管を製造する場合であっても、内面疵の発生が少ない高Cr系継目無鋼管の製造方法に関するものである。

## 10 背景技術

- 従来から、油井用、各種プラント用、または建設構造用としてCrを10～20%含有する、いわゆる高Cr系の継目無鋼管が多く採用されている。通常、継目無鋼管は、丸鋼片からマンネスマン穿孔、プレス穿孔などにより中空素管を製造し、この素管をマンドレルミルやプラグミルなどの伸延圧延機で拡管して肉厚を減じた後、ストレッチレデューサなどの絞り圧延機で外径を絞り、目標寸法の鋼管に仕上げることによって製造される。

- 上記の高Cr系の継目無鋼管を製造する場合には、連続鋳造またはインゴット造塊法によって製造された鋳片を圧延して得られる丸鋼片が製管用素材（ビレット）として用いられる。このとき、素材として用いられる鋼片は、一般に、連続鋳造またはインゴット造塊法によって断面形状が矩形の鋳片（ブルーム）を鋳造し、均一温度に加熱した後、分塊圧延、ブルーミングミル等で丸形に熱間圧延するか、若しくは連続鋳造で丸鋳片に直接鋳造する方法によって製造される。

- 継目無鋼管の熱間製管に際して、高Cr鋼は一般鋼に比較してその熱間加工性が劣るため、製管後の鋼管に内面欠陥を発生することがある。例えば、鋼管に中被れ疵等の内面欠陥（以下、「内面疵」という）が発生すると、製品の歩留りが低下するだけでなく、穿孔圧延機をはじめとして、伸延圧延機および絞り圧延機からなる製管ミル全体を休止させねばならないこともあり、このような場合には生産効率が著しく阻害されることになる。

従来から、継目無鋼管の熱間製管での内面疵の発生を防止する対策として、製

管時の加工度を低減したり、加工発熱等による欠陥発生を避けるため、素材の加熱温度を低くする等の手段が採られている。しかし、これらの対策は、いずれも熱間製管の生産性を低下させるものであり、適正な防止対策とは言い難い。

例えば、特開平4-224659号公報では、一部の合金成分の含有量を規定するとともに、焼鈍加熱時間を管理し、穿孔加熱温度を1200°C以下と低温で製管することによって、熱間加工時の組織を改善するマルテンサイト系継目無鋼管の製造方法が提案されている。しかしながら、その製造方法では、合金を構成する成分元素の規定が厳しいものであるため、適用することができる鋼種が限定されると同時に、穿孔製管での加熱温度の上限が制限されるために、製管能率や生産性の面で悪影響が生じ、さらに製管工具の寿命を劣化させるという問題がある。

#### 発明の開示

前述の通り、従来、高Cr鋼等の難加工材を用いた製管に際して採用される内面疵の防止策は、加工度の低減や加熱温度の低温化であるため、製管工程における生産性の低下を来し、本質的に効率生産の阻害要因となっている。

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、高Cr鋼系の鑄片または鋼片を製管用素材として継目無鋼管を製造する際に、生産性の低下を伴うことなく、効果的に内面疵の発生を防止することができる、高Cr系継目無鋼管の製造方法を提供することを目的としている。

高Cr系継目無鋼管の製管の際に、鋼管に内面疵が発生するのは、当該鋼種の熱間加工性が劣るため、製管加工時の歪みによって、組織上脆弱な部位で割れが発生し、内面疵に進展するからである。熱間加工における高Cr鋼の脆弱な部分とは、当該鋼種の高温状態における主組織であるオーステナイト $\gamma$ 粒と、 $\delta$ -フェライトの生成にともなって微量含まれる $\delta$ 粒との粒界である。

したがって、熱間加工時に発生する内面疵を低減する対策は、① $\delta$ -フェライトの生成量を低減して、組織上脆弱な部位を少なくする、または② $\gamma$ 粒と $\delta$ 粒との粒界強度を強くすることである。前記①の対策としては、粒界を脆弱にする不純物元素（S、P）の低減が有効であるが、過剰な低減を行うと、製造コストの上昇を促すことになる。次に、②の対策としては、前述の特開平4-224659号公

報で提案された方法を採用することができるが、継目無鋼管の効率生産の観点から、実際の生産に適用するには、さらなる改善が必要である。

本発明者らは、さらに詳細な検討を行うことによって、含有されたCrをはじめ、他に添加される合金元素が $\delta$ -フェライト生成に及ぼす影響度が的確に整理できること、さらに鋼片等の製造段階、または素材の製管前段階での熱履歴が $\delta$ -フェライト量に影響を及ぼし、これらの影響度も指数化できることを確認した。

そして、これらの検討結果を実際の製造ラインにおいて検証することによって、不純物元素（S、P）を過剰に低減しなくても、製管条件等を緩和することによっても、効率的に高い生産性で、安価でしかも内面品質に優れる継目無鋼管製造できることを知見した。

本発明は、上記の知見に基づいて完成されたものであり、下記（1）、（2）の高Cr系継目無鋼管の製造方法を要旨としている。

（1）質量％で、Cr含有量を10～20％、不純物であるSおよびPの含有量をそれぞれ0.050％以下とし、さらにC、Mn、Ni、N、Cu、Si、Mo、Ti、NbおよびVの1種または2種以上を含有し、1100℃以上で均熱された時間の総和が $\Sigma t_1$ （時間）である鑄片、または鋼片を製管用素材とし、この素材を1100℃以上で均熱する時間の総和を $\Sigma t_2$ （時間）として均熱した後、1200℃に加熱して製管する際、下記（b）式を満足するように均熱または／および加熱することを特徴とする高Cr系継目無鋼管の製造方法である。

$$f = \{20 \times C + 0.3 \times Mn + 1.2 \times Ni + 25 \times N + Cu - 9 \times Si - 0.8 \times Cr - 2 \times Mo - 10 \times Ti - 6 \times Nb - 15 \times V\} - 45 \times (S + P / 10) \quad \dots (a)$$

$$F = f + 0.6 \times \left(1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_1}}\right) + 0.8 \times \left(1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_2}}\right) > -9.7 \quad \dots (b)$$

ただし、式中の元素記号は各成分元素の含有量（質量％）を示す

（2）上記（1）と同様に、Cr含有量を10～20％、不純物であるSおよびPの含有量を0.050％以下とし、さらにC、Mn、Ni、N、Cu、Si、Mo、Ti、NbおよびVの1種または2種以上を含有し、1100℃以上で均熱された時間の総和が $\Sigma t_1$ （時間）である鑄片、または鋼片を製管用素材とし、この素材を1100℃以上で均熱する時間の総和を $\Sigma t_2$ （時間）として均熱した後、1100～1300℃（ただし、1200℃を除く）

に加熱して製管する際、下記(c)式を満足するように均熱または／および加熱することを特徴とする高Cr系継目無鋼管の製造方法である。

$$F = f + 0.6 \times \left( 1 - \frac{1}{e^{z_{11}}} \right) + 0.8 \times \left( 1 - \frac{1}{e^{z_{12}}} \right) + 1.4 \times K_T > -9.7 \quad \dots \quad (c)$$

5      ただし、  $K_T = \frac{1200 - T}{\sqrt{|1200 - T|}}$  とする。

#### 図面の簡単な説明

10      図1は、実施例に基づく高Cr系継目無鋼管のF値と内面疵の発生率(%)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

15      本発明の製造方法では、質量%でCr含有量が10~20%とし、かつ不純物であるSおよびPの含有量を0.050%以下とする組成の高Cr鋼を製管用素材とすることを特徴としている。以下の説明で、「%」は「質量%」を意味する。

20      Crは、耐食性を向上させるための必須の成分元素であり、その含有量が10%未満では、所望の耐食性、例えば耐CO<sub>2</sub>腐食性が確保できない。一方、Cr含有量が20%を超えると、高温加熱時にδ-フェライト相が生成しやすく、耐食性(耐SSC性)および熱間加工性が低下することになり、さらに、Crの過剰な添加は製造コストの上昇を招く。

    Pは、不純物元素として鋼中に不可避免的に存在するものであり、その含有量は低いほど望ましい。そして、その含有量が0.050%を超えると、高強度材の靱性を劣化させるとともに、フェライト/γ粒界の強度を低下させて熱間加工性を著しく低下させる。そのため、Pの含有量は、0.050%以下とする。

25      Sは、不純物元素として鋼中に不可避免的に存在し、熱間加工性に悪影響を与える成分であるから、その含有量は低いほど望ましい。その含有量が0.050%を超えると、フェライト/γ粒界の強度を低下させて熱間加工性を著しく低下させるので、Sの含有量は0.050%以下とする。一方、所定のS含有は、鋼の切削性や溶接性に有効であるから、その効果を図るには、その含有量を0.004%以上にするのが

望ましい。

本発明では、素材の化学組成に関して、Cr含有量並びに不純物であるSおよびPの含有量のみを規定するが、その他に、高Cr鋼として13%Cr鋼、SUS304鋼、SUS316鋼、SUS321鋼およびSUS347鋼に相当する成分元素を添加することができる。

5 例えば、 $\delta$ -フェライトの生成を抑制しながら、強度、靱性、耐食性等を確保するために、C：0.30%以下、Si：1.00%以下、Mn：2.0%以下、Mo：3.00%以下、Cu：0.50%以下、Ni：11.00%以下、Ti：0.200%以下、Al：0.100%以下、N：0.150%以下、B：0.0050%以下、Nb：0.150%以下、V：0.20%以下およびCa：0.0050%以下等の元素のうち1種または2種以上を適宜含有することができる。以下、これらの元素を含有させた場合の作用を説明する。

10 Cは、鋼材の強度を高めるために添加されるが、過剰に添加すると、Cr炭化物( $Cr_{23}C_6$ 等)を形成して鋼材の耐食性を低下させるとともに、低温靱性を劣化させる。そのため、C含有量の上限を0.30%とする。

15 Siは、製鋼過程で脱酸材として添加されるが、過剰に含有されると、靱性が劣化してくるため、その含有量は1.00%以下とする。

Mnは、鋼の焼入れ性を向上させ、鋼材の強度確保に有効な成分である。また、熱間加工性に影響を及ぼす $\delta$ -フェライト生成を抑制し、鋼中のSを固定する効果も発揮する。しかし、過剰に含有すると靱性が低下するので、Mn含有量は2.0%以下とする。

20 Moは、炭酸ガスおよび硫化水素を含有する環境における、耐食性の皮膜強化に極めて大きな効果を発揮する。したがって、耐食性の観点からは添加すればするほど改善されることになるが、Moを多く添加すると、 $\delta$ -フェライトを生成し易くなり、これに伴って、オーステナイト生成元素を多く添加せざるを得なくなり、添加コストの上昇が見られる。このため、Mo含有量の上限を3.00%とする。

25 Cuは、オーステナイト生成元素であり、 $\delta$ -フェライトの生成を抑え、組織の安定に有効である。しかし、過剰の添加は、高温、長時間での使用中の延性を低下させるので、Cu含有量は0.50%以下とする。

Niは、オーステナイト生成元素であり、 $\delta$ -フェライトの生成を抑え、組織の安定と同時に、必要な強度の確保、耐食性の向上、および熱間加工性の改善には

有効な元素である。しかし、過剰に添加しても、それらの効果が飽和し添加コストの上昇を招くだけであり、高温での使用中の延性を低下させる。したがって、Ni含有量は、11.00%以下とする。

5 Tiは、耐食性の改善に合わせ、強度や靱性の向上に有効な元素である。しかし、0.200%を超えて含有させると、靱性を劣化させる。

Alは、鋼の脱酸剤として添加される元素である。過剰の添加は鋼の清浄度を低下させ、加工性を損なうとともに、高温強度の低下を招くため、含有量は0.100%以下とする。

10 Nは、鋼の強度を確保するのに有効であるが、過剰に添加すると靱性を劣化させるので、含有量は0.150%以下とする。

Bは、鋼の強度を向上させると同時に、組織の微細化に寄与し、靱性および耐食性の改善に有効である。しかし、過剰な添加は靱性および耐食性の劣化を促すので、その含有量は0.0050%以下とする。

15 Nbは、鋼中で微細な炭化物または炭窒化物を形成して、クリープ強度を高める元素である。しかし、過剰の添加は、炭化物の粗大化を促し、靱性の低下を招くので、Nbの含有量は0.150%以下とする。

Vは、鋼中で微細な炭化物または炭窒化物を形成して、強度、靱性およびクリープ強度を高める元素である。しかし、過剰の添加は、炭化物の粗大化を促し、靱性の低下を招くので、Vの含有量は0.20%以下とする。

20 Caは、鋼中の硫化物の形状を改善して、熱間加工性を向上させるのに有効な元素である。しかし、過剰に添加すると靱性、耐食性を劣化させるので、Caの含有量は、0.0050%以下とする。

25 なお、本発明の製管用素材が13%Cr鋼であり、その成分元素がNi：1.5%以下、Mo：1.0%以下である場合には、Cuを無添加（例えば、含有量で0.2%未満）とし、後述する(b)式で示すF値は、-9.4未満とするのが望ましい。Cuはオーステナイト形成元素であるが、低融点金属であり粒界の熱間加工性を悪化させる元素でもあり、Ni含有量が少なく $\delta$ フェライト相が出現しやすくなると、 $\gamma$ （オーステナイト）/ $\delta$ 粒界が多くなり、内面疵が発生しやすくなるからである。

上述の通り、本発明の製造方法では、 $\delta$ -フェライトの生成を抑制するために、

Cr含有量を規定し、かつSおよびPの含有量を規制することとしているが、これらの元素の他に、高Cr鋼として必要な成分元素を添加できることとしている。これらの元素の添加を想定して、下記の (a) 式で規定する f 値を後述する (b) 式または (c) 式で管理することとしている。

$$5 \quad f = \{20 \times C + 0.3 \times Mn + 1.2 \times Ni + 25 \times N + Cu - 9 \times Si - 0.8 \times Cr - 2 \times Mo \\ - 10 \times Ti - 6 \times Nb - 15 \times V\} - 45 \times (S + P/10) \quad \dots (a)$$

δ-フェライトは、凝固時に析出するフェライトまたは高温加熱時に生成するフェライトを指称するものであるが、上記(a)式で規定する f 値は、このδ-フェライトの生成のし易さを容易に判断できるように指数化したものである。すなわち、式中において、オーステナイト生成元素を「+」、フェライト生成元素を「-」として整理し、鋼材の組成上、熱間加工での高温加熱状態 (1000~1300

10 °C) におけるδ-フェライト生成の難易度を、成分元素の影響係数と含有量との積によって示している。換言すれば、f 値はオーステナイト相の発生のし易さを示す指数としても把握することができる。

15 本発明で採用される製造工程は、慣用される継目無鋼管の製管工程であればよく、前述のように、丸鋼片からマンネスマン穿孔、プレス穿孔などにより中空素管を製造し、この素管を伸延圧延した後、絞り圧延で鋼管に仕上げる方式であればよい。

通常、寸法精度と生産性の面で有利なことから、マンネスマン-マンドレルミル方式、またはマンネスマン-プラグミル方式が適用される。前者の方式では、

20 連続鑄造によって製造された製管用素材を1100~1300°Cに加熱した後、ピアサーで穿孔圧延によって中空素管とし、さらにマンドレルミルで延伸圧延して仕上圧延用素管を作製する。次いで、この仕上圧延用素管を延伸圧延ままの状態、または850~1100°Cに再加熱した後にストレッチレヂューサ、またはサイザーに通して、

25 所定寸法の継目無鋼管に仕上げる。

製管工程におけるフェライト組織の生成には、製管された鋼管の熱履歴が影響する。すなわち、製管圧延に至るまでの鑄片または鋼片の段階、および素材 (ピレット) の段階での高温 (1100°C以上) での均熱時間が長ければ、偏析が拡散し、δ-フェライトの生成は抑制される。そのため、鑄片、鋼片として1100°C以上で

均熱する時間の総和を  $\Sigma t_1$  (時間) として、同時に、素材が  $1100^{\circ}\text{C}$  以上で均熱する時間の総和を  $\Sigma t_2$  (時間) として管理する必要がある。ただし、鋳片または鋼片の段階の均熱時間とは、分塊圧延工程での加熱炉または均熱炉内での  $1100^{\circ}\text{C}$  以上で鋼材が均熱される時間であり、1 ヒート圧延では鋳片 1 回分の均熱時間であり、2 ヒート圧延では鋳片 1 回分および鋳片 1 回分を合計した均熱時間である。

本発明において、 $1100^{\circ}\text{C}$  以上の均熱処理を対象としているのは、偏析の拡散速度が大きくなる処理を対象とするためであり、 $1100^{\circ}\text{C}$  以上の均熱を長時間行うことによって、局部的な高濃度の P、S の偏在を回避することができる。均熱処理の上限温度を規定する必要はないが、通常、 $1100\sim 1300^{\circ}\text{C}$  の温度範囲が採用される。

$\delta$ -フェライトの生成には製管時の加熱温度が影響し、加熱温度  $T$  を低温にするほど、フェライトの生成が抑制される。ここでいう加熱温度  $T$  は、ピアサー穿孔圧延での材料温度であり、素材 (ビレット) を  $1100\sim 1300^{\circ}\text{C}$  に加熱した後の炉出し温度として把握することができる。

上述した本発明の技術思想を定量化したのが下記(b)式であり、不純物 (S、P) 偏析の拡散効果を判断し、鋳片または鋼片段階での均熱時間、素材段階での均熱時間の影響、さらに製管時の加熱温度の影響を確認するため、 $F$  値を導入している。

下記(b)式は、偏析が均熱によるソーキング効果によってなくなるまで、均熱時間 ( $\Sigma t_1$ 、 $\Sigma t_2$ ) を理論的に充分長くした場合に、 $F = f + 1.4$  になることを意味し、このときのオーステナイト相の発生し易さが「+1.4」であることを示している。そして、上工程になるほど偏析が大きくソーキング効果による偏析改善代が減少するため、上記「+1.4」を分塊圧延工程 (鋳片・鋼片) でのソーキング効果を「0.6」と、製管工程 (素材) でのソーキング効果を「0.8」に分割した。

このように、分塊圧延工程または製管工程によって、均熱時間による偏析改善代は変動するが、いずれの工程においても、偏析改善代は均熱時間の指数関数として近似的に表すと、偏析改善代  $= 1 - \frac{1}{e^{(時間 t)}}$  の関係が得られる。

したがって、下記(b)式で示す条件を満足しつつ、継目無鋼管の製管することに

よって、確実に内面疵の発生を抑制することができる。

$$F = f + 0.6 \times \left( 1 - \frac{1}{e^{z+1}} \right) + 0.8 \times \left( 1 - \frac{1}{e^{z+2}} \right) > -9.7 \quad \dots (b)$$

- 5 上記(b)式は、加熱温度 T を 1200°C として製管した場合の条件を示しているが、加熱温度 T が 1200°C を外れる場合には、下記(c')式で示される K T による補正が必要になる。このときの補正は、値が負になる場合も考慮するとともに、放物線則に沿ったものとした。

$$K T = \frac{1200 - T}{\sqrt{|1200 - T|}} \quad \dots (c')$$

- 10 このように製管時の加熱温度 T が 1200°C を外れる場合には、K T による補正が必要になるのは、同一成分、同一熱履歴の場合であっても、最終加熱温度の影響で δ フェライトの生成量が変動することを考慮したためである。以下、本発明の効果を、具体的な実施例に基づいて説明する。

(実施例)

- 15 本発明の方法で製造された高 Cr 系継目無鋼管の内面疵の発生状況を確認するため、表 1～3 に示す化学組成の鋼片を準備した。準備した鋼片のうち、試料 No. 1～28 は 13% Cr 鋼、試料 No. 29～33 は SUS304 鋼、試料 No. 34～38 は SUS316 鋼、試料 No. 39～42 は SUS321 鋼、試料 No. 44～48 は SUS347 鋼にそれぞれ相当している。

表 1

試料 No.	化 学 成 分 ( 質 量 %、 残 部 Fe )															
	Cr	Si	Mo	V	Nb	Al	Ti	C	N	Cu	Ni	Mn	S	P	B	Ca
1	13.15	0.26	0.01	0.04	0.001	0.001	0.002	0.18	0.029	-	0.10	0.50	0.018	0.016	-	0.0007
2	12.96	0.32	-	0.04	0.001	0.001	0.002	0.19	0.038	0.02	0.07	0.72	0.018	0.013	0.0001	0.0008
3	12.85	0.33	-	0.17	-	0.001	0.002	0.19	0.045	-	0.07	0.80	0.011	0.018	0.0003	0.0005
4	13.12	0.31	-	0.17	-	0.001	0.003	0.19	0.044	-	0.07	0.80	0.007	0.017	-	0.0001
5	12.81	0.29	-	0.17	-	0.001	0.002	0.20	0.043	-	0.07	0.62	0.008	0.018	0.0001	-
6	12.51	0.41	-	0.17	-	0.001	0.001	0.20	0.042	0.01	0.07	0.45	0.008	0.020	0.0003	0.0001
7	12.67	0.35	0.01	0.04	0.001	0.001	0.002	0.19	0.044	0.01	0.09	0.84	0.011	0.019	-	-
8	12.47	0.36	-	0.17	-	0.001	0.002	0.20	0.043	-	0.07	0.81	0.008	0.009	-	-
9	12.62	0.24	-	0.18	-	0.001	0.001	0.20	0.039	-	0.07	0.90	0.004	0.018	-	-
10	12.74	0.24	0.01	0.04	0.002	0.001	0.001	0.20	0.040	0.01	0.11	0.87	0.008	0.012	-	0.0001
11	12.52	0.25	-	0.04	0.001	0.001	0.003	0.19	0.046	-	0.08	0.84	0.008	0.018	-	-
12	12.56	0.21	-	0.04	0.001	0.001	0.002	0.19	0.040	-	0.08	0.88	0.008	0.015	-	-
13	12.51	0.23	-	0.17	-	0.001	0.001	0.19	0.044	-	0.07	0.87	0.004	0.016	-	-
14	12.58	0.21	-	0.04	0.001	0.001	0.001	0.19	0.043	-	0.07	0.84	0.008	0.018	-	-
15	12.47	0.23	-	0.17	-	0.001	0.001	0.19	0.043	-	0.08	0.87	0.003	0.012	-	-
16	12.51	0.25	-	0.17	-	0.001	0.002	0.20	0.015	-	0.07	0.90	0.001	0.018	-	0.0002

表 2

試料 No.	化 学 成 分 ( 質 量 %、 殘 部 Fe )															
	Cr	Si	Mo	V	Nb	Al	Ti	C	N	Cu	Ni	Mn	S	P	B	Ca
17	12.50	0.23	-	0.17	-	0.001	0.003	0.20	0.043	-	0.07	0.80	0.003	0.015	0.0002	-
18	12.54	0.22	-	0.17	-	0.001	0.001	0.20	0.043	-	0.07	0.86	0.003	0.009	-	-
19	12.47	0.24	-	0.13	-	0.001	0.001	0.19	0.009	-	0.07	0.79	0.001	0.015	-	0.0001
20	12.49	0.23	0.01	0.04	0.001	0.001	0.002	0.19	0.042	0.01	0.13	0.86	0.003	0.010	-	0.0003
21	12.54	0.22	-	0.04	0.001	0.001	0.001	0.20	0.043	-	0.07	0.88	0.001	0.018	-	-
22	12.55	0.22	-	0.04	0.001	0.001	0.002	0.20	0.044	-	0.07	0.85	0.001	0.016	-	-
23	12.01	0.15	2.01	0.06	0.002	0.005	0.085	0.01	0.008	0.04	6.12	0.44	0.003	0.015	-	-
24	11.89	0.18	1.98	0.05	0.001	0.003	0.098	0.01	0.009	0.05	6.08	0.34	0.004	0.019	-	-
25	12.11	0.28	2.49	0.08	0.003	0.005	0.092	0.01	0.010	0.06	6.20	0.45	0.001	0.020	-	-
26	12.54	0.33	2.51	0.08	0.001	0.002	0.095	0.01	0.008	0.05	6.23	0.51	0.005	0.018	-	-
27	11.95	0.25	2.09	0.05	0.002	0.015	0.074	0.01	0.006	0.05	6.12	0.49	0.003	0.016	-	-
28	12.77	0.49	0.77	0.07	0.001	0.004	0.102	0.01	0.008	0.06	2.22	0.48	0.004	0.013	-	-
29	17.50	0.22	0.05	0.08	0.001	0.001	0.001	0.04	0.024	0.03	8.12	1.54	0.004	0.028	-	-
30	18.30	0.45	0.03	0.06	0.005	0.001	0.002	0.05	0.064	0.05	8.25	1.65	0.008	0.025	-	0.0001
31	19.10	0.48	0.02	0.09	0.008	0.001	0.003	0.03	0.035	0.04	8.01	1.28	0.003	0.021	-	0.0003
32	19.20	0.28	0.01	0.11	0.003	0.035	0.001	0.06	0.039	0.04	8.51	1.68	0.005	0.028	-	-

表 3

化 学 成 分 ( 質 量 %、 殘 部 Fe )

試料 No.	Cr	Si	Mo	V	Nb	Al	Ti	C	N	Cu	Ni	Mn	S	P	B	Ca
33	18.50	0.18	0.05	0.08	0.001	0.045	0.005	0.04	0.054	0.05	8.46	1.52	0.001	0.029	-	0.0026
34	17.60	0.22	2.11	0.15	0.001	0.041	0.002	0.03	0.082	0.02	11.51	1.35	0.001	0.029	-	-
35	17.80	0.45	2.25	0.11	0.002	0.036	0.001	0.04	0.095	0.05	10.55	1.88	0.002	0.023	-	0.0018
36	17.51	0.46	2.31	0.08	-	-	0.003	0.05	0.110	0.05	11.35	1.72	0.005	0.018	-	-
37	18.20	0.48	2.35	0.15	0.005	0.002	0.002	0.03	0.065	0.07	10.38	1.45	0.008	0.030	0.0002	-
38	19.10	0.25	2.02	0.11	0.008	0.001	0.001	0.04	0.066	0.06	10.98	1.75	0.003	0.028	-	-
39	17.70	0.24	0.01	0.11	0.002	0.001	0.345	0.04	0.012	0.06	9.31	1.61	0.005	0.026	-	-
40	19.15	0.29	0.03	0.12	0.001	0.005	0.353	0.05	0.008	0.05	9.05	1.35	0.003	0.027	0.0001	-
41	16.90	0.45	0.04	0.09	0.005	0.015	0.310	0.03	0.010	0.06	10.12	1.87	0.001	0.022	-	0.0003
42	18.11	0.33	0.04	0.07	0.003	0.001	0.289	0.08	0.008	0.03	9.43	1.77	0.007	0.023	-	0.0016
43	18.26	0.19	0.02	0.08	0.001	0.001	0.331	0.04	0.100	0.04	9.22	1.54	0.003	0.025	-	0.0003
44	17.88	0.21	0.03	0.10	0.729	0.002	0.003	0.06	0.042	0.07	11.34	1.41	0.001	0.028	0.0001	0.0002
45	18.85	0.42	0.02	0.10	0.915	0.005	0.002	0.04	0.044	0.06	11.48	1.64	0.002	0.024	0.0001	0.0011
46	19.51	0.31	0.02	0.12	0.884	0.003	0.003	0.06	0.052	0.05	12.05	1.69	0.002	0.021	-	0.0001
47	18.49	0.28	0.03	0.11	0.822	0.001	0.001	0.06	0.064	0.05	11.44	1.78	0.004	0.029	-	0.0002
48	19.12	0.36	0.03	0.13	0.867	0.015	0.002	0.05	0.091	0.06	11.51	1.70	0.002	0.022	0.0001	0.0002

上記の鋼片を製管用素材として加熱炉で1100～1300℃の温度範囲で均熱加熱した後、ピアサーで穿孔して中空素管とし、引き続きマンドレルミル圧延によって仕上圧延用素管を製造した。次に、仕上圧延用素管を1100℃に再加熱してからストレッチレヂューサに通して、外径88.9mm、内径70mm、長さ1000mmの継目無鋼管を製造した。

5

このときの製造、製管条件として、鋼片の均熱時間 $\Sigma t_1$ 、素材の均熱時間 $\Sigma t_2$ および製管時の加熱温度 $T$ を表4～6に示す。さらに、前記(a)式による $f$ 値、(b)、(c)式による $F$ 値を計算して、その値を表4～6に示している。

その後、製造された鋼管を所定の条件で焼入、焼戻の処理をして、引き続き内面疵の発生状況を調査した。その調査結果を表4～6に示した。

10

表 4

試料 No.	製造・製管条件			加熱温度 T (°C)	計算結果		内面疵 発生率 (%)
	鋼片均熱時間 Σ t1 (Hr)	素材均熱時間 Σ t2 (Hr)			(a)式による f 値	(b) (c)式による F 値	
1	1.00	0.50		1230.00	-9.79	-9.87	5.70
2	1.00	0.50		1260.00	-9.67	-10.06	4.20
3	2.00	1.00		1220.00	-11.15	-10.75	7.50
4	2.00	1.00		1220.00	-11.02	-10.63	5.20
5	2.00	1.50		1250.00	-10.53	-10.38	8.30
6	2.00	1.50		1200.00	-11.43	-10.29	6.20
7	2.00	1.00		1190.00	-9.25	-7.78	0.80
8	5.00	1.00		1180.00	-10.77	-9.05	1.50
9	6.00	1.50		1180.00	-9.90	-8.05	0.50
10	8.00	1.50		1230.00	-8.00	-7.54	0.80
11	4.00	1.00		1230.00	-8.06	-7.73	0.30
12	4.00	1.00		1230.00	-7.82	-7.49	0.95
13	5.00	1.00		1235.00	-9.66	-9.38	0.80
14	6.00	1.00		1220.00	-7.80	-7.32	0.26
15	6.00	1.00		1250.00	-9.56	-9.44	2.00
16	8.00	1.00		1220.00	-10.23	-9.75	1.10

表 5

試料 No.	製造・製管条件			計算結果		内面疵 発生率 (%)
	鋼片均熱時間 $\Sigma t_1$ (Hr)	素材均熱時間 $\Sigma t_2$ (Hr)	加熱温度 T (°C)	(a)式による f 値	(b)(c)式による F 値	
17	4.50	1.00	1200.00	-9.45	-8.35	2.10
18	5.50	1.00	1240.00	-9.33	-9.11	1.80
19	5.00	1.00	1200.00	-9.88	-8.77	0.28
20	5.00	1.00	1200.00	-7.62	-6.51	0.40
21	4.00	1.00	1200.00	-7.34	-6.24	0.10
22	4.00	1.00	1180.00	-7.31	-5.59	0.10
23	3.00	1.00	1200.00	-9.06	-7.99	0.10
24	2.00	1.00	1250.00	-9.27	-9.24	0.10
25	4.00	2.00	1180.00	-11.40	-9.49	0.10
26	5.00	1.00	1180.00	-12.41	-10.68	3.30
27	3.00	1.00	1200.00	-9.88	-8.80	0.10
28	4.00	1.00	1180.00	-15.25	-13.53	6.70
29	4.50	1.50	1180.00	-5.98	-4.14	-
30	5.50	1.50	1180.00	-7.12	-5.27	0.50
31	1.00	1.00	1250.00	-9.80	-9.90	2.60
32	5.00	1.00	1200.00	-7.00	-5.90	-

表 6

試料 No.	製造・製管条件			加熱温度 T (°C)	計算結果		内面疵 発生率 (%)
	鋼片均熱時間 Σ t1 (Hr)	素材均熱時間 Σ t2 (Hr)	(a)式による f値		(b) (c)式による F値		
33	4.00	1.00	1230.00	-5.13	-4.81	0.10	
34	4.00	1.50	1200.00	-5.84	-4.63	0.30	
35	6.00	2.00	1200.00	-8.20	-6.91	1.10	
36	4.00	1.50	1180.00	-6.37	-4.53	-	
37	4.00	1.50	1230.00	-11.19	-10.75	4.30	
38	5.00	1.50	1180.00	-7.34	-5.50	0.40	
39	3.00	1.00	1170.00	-8.98	-7.14	-	
40	4.00	1.00	1220.00	-11.06	-10.59	5.20	
41	4.50	1.50	1180.00	-8.67	-6.83	1.50	
42	4.00	2.00	1200.00	-8.25	-6.96	-	
43	3.50	2.00	1250.00	-6.26	-5.97	0.10	
44	3.00	1.00	1220.00	-5.97	-5.52	-	
45	2.00	1.00	1260.00	-9.88	-9.94	5.20	
46	4.50	1.50	1220.00	-8.23	-7.65	1.50	
47	4.00	2.00	1200.00	-7.16	-5.88	-	
48	3.50	2.00	1250.00	-8.30	-8.02	0.10	

図1は、本実施例に基づく高Cr系継目無鋼管のF値と内面疵の発生率(%)との関係を示す図である。なお、図1に示す内面疵の発生率(%)は、製管後の検査において確認できた材料起因の中被れ疵、ヘゲ疵を発生した本数比で示している。

- 5 上記表1～6および図1に示すように、本発明が対象とする高Cr系継目無鋼管であれば、13%Cr鋼、SUS304鋼、SUS316鋼等の鋼種に拘わらず、前記(b)、(c)式で規定されるF値を「-9.7」以下に管理することによって、内面疵の発生率を2.0%以下に低減して、優れた内面品質を確保できることが分かる。

10 産業上の利用の可能性

本発明の製造方法によれば、高Cr鋼を製管用素材とする場合であっても、熱間製管工程での $\delta$ -フェライトの生成を十分に抑止できるので、内面疵の発生が少ない高Cr系継目無鋼管の製造が可能である。しかも、素材の組成として不純物を過剰に低減する必要もなく、また、製管時には所定の生産性を確保できるので、

15 内面品質に優れた高Cr系継目無鋼管を低廉な製造コストで効率的に製造することができる。これにより、継目無鋼管の用途で広範囲に利用することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 質量%で、Cr含有量を10~20%、不純物であるSおよびPの含有量をそれぞれ0.050%以下とし、さらにC、Mn、Ni、N、Cu、Si、Mo、Ti、NbおよびVの1種または2種以上を含有し、1100°C以上で均熱された時間の総和が $\Sigma t_1$  (時間)である鋳片、または鋼片を製管用素材とし、この素材を1100°C以上で均熱する時間の総和を $\Sigma t_2$  (時間)として均熱した後、1200°Cに加熱して製管する際、下記(b)式を満足するように均熱または/および加熱することを特徴とする高Cr系継目無鋼管の製造方法。

$$f = \{20 \times C + 0.3 \times Mn + 1.2 \times Ni + 25 \times N + Cu - 9 \times Si - 0.8 \times Cr - 2 \times Mo - 10 \times Ti - 6 \times Nb - 15 \times V\} - 45 \times (S + P/10) \quad \dots (a)$$

$$F = f + 0.6 \times \left[ 1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_1}} \right] + 0.8 \times \left[ 1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_2}} \right] > -9.7 \quad \dots (b)$$

ただし、式中の元素記号は各成分元素の含有量(質量%)を示す。

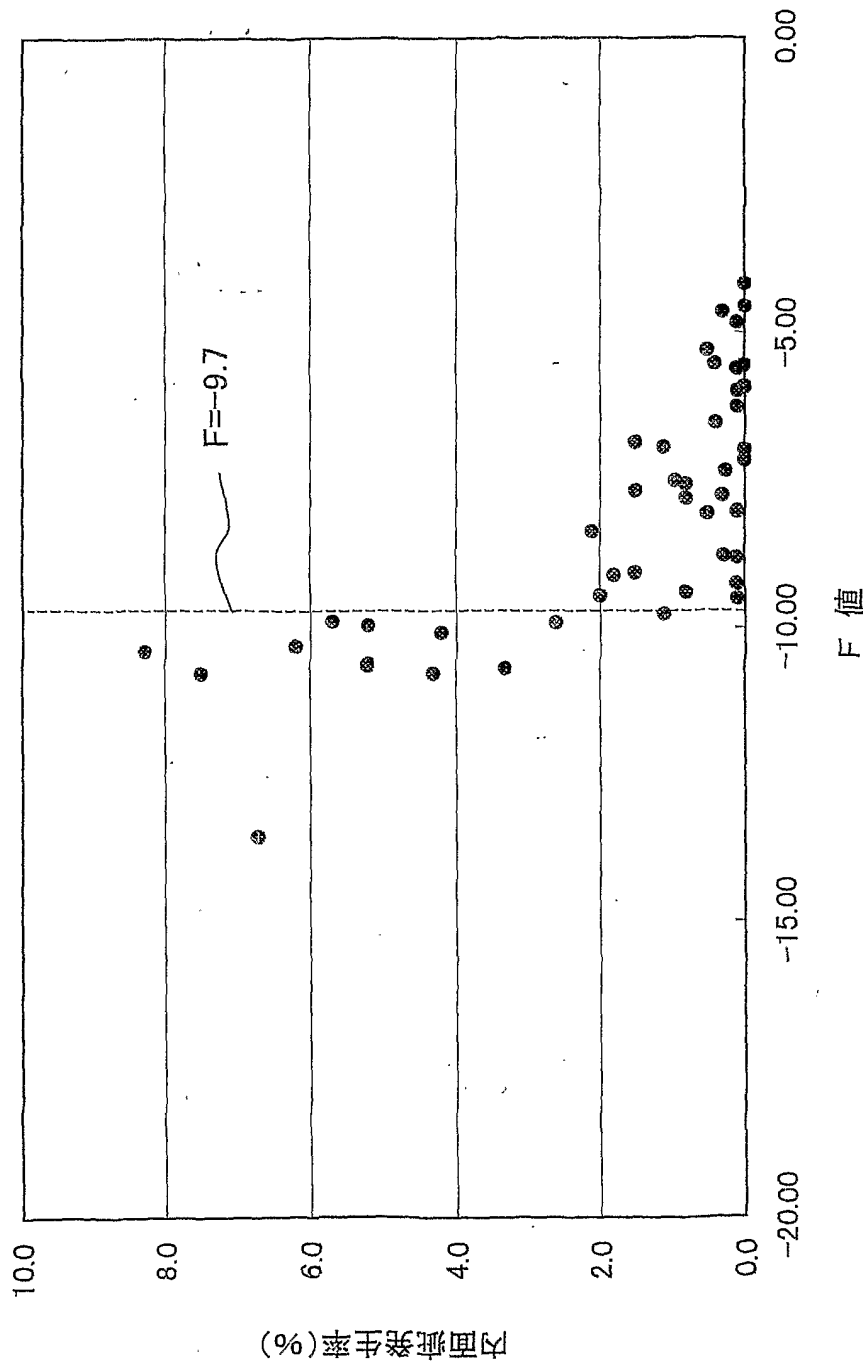
2. 質量%で、Cr含有量を10~20%、不純物であるSおよびPの含有量をそれぞれ0.050%以下とし、さらにC、Mn、Ni、N、Cu、Si、Mo、Ti、NbおよびVの1種または2種以上を含有し、1100°C以上で均熱された時間の総和が $\Sigma t_1$  (時間)である鋳片、または鋼片を製管用素材とし、この素材を1100°C以上で均熱する時間の総和を $\Sigma t_2$  (時間)として均熱した後、1100~1300°C (ただし、1200°Cを除く)に加熱して製管する際、下記(c)式を満足するように均熱または/および加熱することを特徴とする高Cr系継目無鋼管の製造方法。

$$f = \{20 \times C + 0.3 \times Mn + 1.2 \times Ni + 25 \times N + Cu - 9 \times Si - 0.8 \times Cr - 2 \times Mo - 10 \times Ti - 6 \times Nb - 15 \times V\} - 45 \times (S + P/10) \quad \dots (a)$$

$$F = f + 0.6 \times \left[ 1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_1}} \right] + 0.8 \times \left[ 1 - \frac{1}{e^{\Sigma t_2}} \right] + 1.4 \times KT > -9.7 \quad \dots (c)$$

ただし、 $KT = \frac{1200 - T}{\sqrt{|1200 - T|}}$  とし、式中の元素記号は各成分元素の含有量(質量%)を示す。

FIG. 1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP02/06256A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> C21D8/10, C22C38/00, 38/58

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)  
Int.Cl<sup>7</sup> C21D8/00-8/10, C22C38/00-38/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

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.
X	JP 4-224659 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 13 August, 1992 (13.08.92), (Family: none)	1-2
A	JP 2-77519 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 16 March, 1990 (16.03.90), (Family: none)	1-2
A	JP 60-187426 A (Kobe Steel, Ltd.), 24 September, 1985 (24.09.85), (Family: none)	1-2
A	JP 6-306466 A (Kawasaki Steel Corp.), 01 November, 1994 (01.11.94), (Family: none)	1-2

 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 document 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  
01 August, 2002 (01.08.02)Date of mailing of the international search report  
20 August, 2002 (20.08.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06256

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 8-120336 A (Nippon Steel Corp.), 14 May, 1996 (14.05.96), (Family: none)	1-2
A	JP 8-232018 A (Nippon Steel Corp.), 10 September, 1996 (10.09.96), (Family: none)	1-2

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) <p style="text-align: center;">Int. Cl<sup>7</sup> C21D8/10, C22C38/00, 38/58</p>		
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)) <p style="text-align: center;">Int. Cl<sup>7</sup> C21D8/00-8/10, C22C38/00-38/60</p>		
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		
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 請求の範囲の番号
X	JP 4-224659 A (住友金属工業株式会社) 1992. 08. 13 (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2-77519 A (住友金属工業株式会社) 1990. 03. 16 (ファミリーなし)	1-2
A	JP 60-187426 A (株式会社神戸製鋼所) 1985. 09. 24 (ファミリーなし)	1-2
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 100px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>		
* 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		
の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 <p style="text-align: center;">01. 08. 02</p>	国際調査報告の発送日 <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">20.03.02</p>	
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) 諸岡 健一	4K 9352 
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 請求の範囲の番号
A	JP 6-306466 A(川崎製鉄株式会社) 1994. 11. 01(ファミリーなし)	1-2
A	JP 8-120336 A(新日本製鐵株式会社) 1996. 05. 14(ファミリーなし)	1-2
A	JP 8-232018 A(新日本製鐵株式会社) 1996. 09. 10(ファミリーなし)	1-2