

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 3 部門第 4 区分

【発行日】平成 21 年 5 月 7 日 (2009.5.7)

【公開番号】特開 2008-248382 (P2008-248382A)

【公開日】平成 20 年 10 月 16 日 (2008.10.16)

【年通号数】公開・登録公報 2008-041

【出願番号】特願 2008-49849 (P2008-49849)

【国際特許分類】

C 2 2 C 38/00 (2006.01)

C 2 2 C 38/14 (2006.01)

C 2 2 C 38/58 (2006.01)

C 2 1 D 8/02 (2006.01)

【F I】

C 2 2 C 38/00 3 0 1 A

C 2 2 C 38/14

C 2 2 C 38/58

C 2 1 D 8/02 B

【手続補正書】

【提出日】平成 21 年 3 月 13 日 (2009.3.13)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量 % で、

C : 0 . 0 5 2 ~ 0 . 1 4 %、

S i : 0 . 0 3 ~ 0 . 5 %、

M n : 0 . 3 ~ 2 . 0 %、

P : 0 . 0 2 0 % 以下、

S : 0 . 0 1 0 % 以下、

N i : 0 . 5 ~ 4 . 0 %、

N b : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 0 5 0 %、

T i : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 0 5 0 %、

A l : 0 . 0 0 2 ~ 0 . 1 0 %、

N : 0 . 0 0 1 0 ~ 0 . 0 0 8 0 %

を含有し、残部 F e および不可避免の不純物からなり、かつ、下記式 (1) で規定される C e q が 0 . 3 0 ~ 0 . 5 0 % であり、

ミクロ組織がベイナイト主体であり、かつ、パーライト分率が 5 % 以下であり、さらに、表裏面からそれぞれ板厚の 5 % 深さまでの表層領域におけるミクロ組織については、円相当径が 2 5 μ m 超である粗大フェライトの分率が 1 0 % 以下であり、かつ、セメンタイトの平均円相当径が 0 . 5 μ m 以下であり、

板圧延方向に垂直な断面を C 断面とし、該 C 断面内の板面に平行な方向を C 方向とするとき、該 C 断面内の前記表層領域を除く内部領域について、後方散乱電子回折 (Electron Back Scattering Pattern) を用いた結晶方位解析を行って、該 C 断面組織を結晶方位の等しい領域 (等方位領域) 毎に区分し、さらに、該等方位領域に区分された C 断面組織に、J I S G 0 5 5 1 に準拠した切断法を適用して、前記 C 方向の任意の測定線を引き、

該測定線上で、円相当径が $8\ \mu\text{m}$ 未満の等方位領域を除いて、連続して隣り合う複数の円相当径が $8\ \mu\text{m}$ 以上の等方位領域のそれぞれ 3 つの $\langle 001 \rangle$ 軸の中で前記 C 方向に最も近い $\langle 001 \rangle$ 軸同士が相互に成す角度（き裂伝播偏向角）が 20° 未満の、前記測定線上で連続して隣り合う複数の等方位領域を、前記測定線上で隣接する円相当径が $8\ \mu\text{m}$ 未満の等方位領域も併せて一つの領域（等き裂伝播抵抗領域）とみなすとき、該等き裂伝播抵抗領域の前記切断法により算出される平均円相当径（有効結晶粒径）が、 $8\ \mu\text{m}$ 以上、下記式（2）の $d\ (\mu\text{m})$ 以下であることを特徴とする、脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚 $50\ \text{mm}$ 以上の厚手高強度鋼板。

$$Ceq = [C] + [Mn] / 6 + ([Cu] + [Ni]) / 15 + ([Cr] + [Mo] + [V]) / 5 \quad \dots (1)$$

$$d = (7.11 \times [Ni] + 11) \times (1.2 - t / 300) \quad \dots (2)$$

ここで、 $[X]$ は元素 X の含有量（質量％）、 t は板厚（mm）を表す。

【請求項 2】

さらに、質量％で、

Cu : $0.05 \sim 1.5\%$ 、

Cr : $0.05 \sim 1.0\%$ 、

Mo : $0.05 \sim 1.0\%$ 、

V : $0.005 \sim 0.10\%$ 、

B : $0.0002 \sim 0.0030\%$

の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする、請求項 1 に記載の脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚 $50\ \text{mm}$ 以上の厚手高強度鋼板。

【請求項 3】

さらに、質量％で、

Mg : $0.0003 \sim 0.0050\%$ 、

Ca : $0.0005 \sim 0.0030\%$ 、

REM : $0.0005 \sim 0.010\%$

の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚 $50\ \text{mm}$ 以上の厚手高強度鋼板。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の組成を有する鋼片を、 $950 \sim 1150$ に加熱し、 900 以上の温度で累積圧下率 30% 以上の粗圧延を行った後、 A_{r3} 以上、下記式（3）の T （ ）以下の温度で、かつ、 40% 以上の累積圧下率にて仕上圧延を行い、引き続き A_{r3} 以上の温度から、板厚平均で 8 / s 以上の冷却速度で 500 以下の温度まで加速冷却を行うことを特徴とする、脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚 $50\ \text{mm}$ 以上の厚手高強度鋼板の製造方法。

$$T = (37 \times [Ni] + 810) \times (1.1 - t / 500) \quad \dots (3)$$

【請求項 5】

前記加速冷却終了後、 $300 \sim 600$ の温度で焼戻し処理することを特徴とする、請求項 4 に記載の脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚 $50\ \text{mm}$ 以上の厚手高強度鋼板の製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0010 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、大型構造用鋼として十分なアレスト性を有し、しかも工業的に安定的かつ効率的な製造が可能な、脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚 $50\ \text{mm}$ 以上の厚手高強度鋼板およびその製造方法を提供することを目的とする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

本発明は、上記課題を解決し得る脆性き裂伝播停止特性に優れた厚手高強度鋼板およびその製造方法であり、その要旨とするところは次の通りである。

〔1〕 質量％で、C：0.052～0.14％、Si：0.03～0.5％、Mn：0.3～2.0％、P：0.020％以下、S：0.010％以下、Ni：0.5～4.0％、Nb：0.005～0.050％、Ti：0.005～0.050％、Al：0.002～0.10％、N：0.0010～0.0080％を含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなり、かつ、下記式（1）で規定されるCeqが0.30～0.50％であり、

ミクロ組織がベイナイト主体であり、かつ、パーライト分率が5％以下であり、さらに、表裏面からそれぞれ板厚の5％深さまでの表層領域におけるミクロ組織については、円相当径が25μm超である粗大フェライトの分率が10％以下であり、かつ、セメンタイトの平均円相当径が0.5μm以下であり、

板圧延方向に垂直な断面をC断面とし、該C断面内の板面に平行な方向をC方向とするとき、該C断面内の前記表層領域を除く内部領域について、後方散乱電子回折（Electron Back Scattering Pattern：以下、EBSPと言う。）を用いた結晶方位解析を行って、該C断面組織を結晶方位の等しい領域（以下、等方位領域という。）毎に区分し、さらに、該等方位領域に区分されたC断面組織に、JIS G 0551に準拠した切断法を適用して、前記C方向の任意の測定線を引き、該測定線上で、円相当径が8μm未満の等方位領域を除いて、連続して隣り合う複数の円相当径が8μm以上の等方位領域のそれぞれ3つの<001>軸の中でC方向に最も近い<001>軸同士が相互に成す角度（以下、き裂伝播偏向角という。）が20°未満の、前記測定線上で連続して隣り合う複数の等方位領域を、前記測定線上で隣接する円相当径が8μm未満の等方位領域も併せて一つの領域（以下、等き裂伝播抵抗領域という。）とみなすとき、該等き裂伝播抵抗領域の前記切断法により算出される平均円相当径（以下、有効結晶粒径という。）が、8μm以上、下記式（2）のd（μm）以下であることを特徴とする、脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚50mm以上の厚手高強度鋼板。

$$Ceq = [C] + [Mn] / 6 + ([Cu] + [Ni]) / 15 + ([Cr] + [Mo] + [V]) / 5 \quad \dots (1)$$

$$d = (7.11 \times [Ni] + 11) \times (1.2 - t / 300) \quad \dots (2)$$

ここで、[X]は元素Xの含有量（質量％）、tは板厚（mm）を表す。

〔2〕 さらに、質量％で、Cu：0.05～1.5％、Cr：0.05～1.0％、Mo：0.05～1.0％、V：0.005～0.10％、B：0.0002～0.0030％の1種または2種以上を含有することを特徴とする、上記〔1〕に記載の脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚50mm以上の厚手高強度鋼板。

〔3〕 さらに、質量％で、Mg：0.0003～0.0050％、Ca：0.0005～0.0030％、REM：0.0005～0.010％の1種または2種以上を含有することを特徴とする、上記〔1〕または〔2〕に記載の脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚50mm以上の厚手高強度鋼板。

〔4〕 上記〔1〕ないし〔3〕のいずれか1項に記載の組成を有する鋼片を、950～1150 に加熱し、900 以上の温度で累積圧下率30％以上の粗圧延を行った後、Ar₃以上、下記式（3）のT（ ）以下の温度で、かつ、40％以上の累積圧下率にて仕上圧延を行い、引き続きAr₃以上の温度から、板厚平均で8 / s以上の冷却速度で500 以下の温度まで加速冷却を行うことを特徴とする、脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚50mm以上の厚手高強度鋼板の製造方法。

$$T = (37 \times [Ni] + 810) \times (1.1 - t/500) \quad \dots (3)$$

【5】 前記加速冷却終了後、300～600 の温度で焼戻し処理することを特徴とする、上記【4】に記載の脆性き裂伝播停止特性に優れた、板厚50mm以上の厚手高強度鋼板の製造方法。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

次に、本発明の成分限定理由について説明する。

Cは、セメンタイト生成、組織粗大化防止に寄与する元素であるとともに、安価に強度を高めるのに不可欠な元素であるため0.052%以上添加する。一方、添加量が増えると大入熱HAZ韌性確保が困難となり、セメンタイトも粗大化しやすくなるため0.14%を上限とする。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0055】

【表 2】

区分	番号	鋼	スラブ厚 (mm)	板厚 (mm)	加熱		粗圧延		仕上圧延				加速冷却		熱処理		
					温度 (°C)	温度 (°C)	開始 温度 (°C)	終了 温度 (°C)	累積 圧下率 (%)	Ar3 (°C)	T (°C)	累積 圧下率 (%)	冷却 速度 (°C/s)	開始 温度 (°C)	停止 温度 (°C)	温度 (°C)	
本発明例	2	B	240	65	1058	980	964	33	825	803	745	850	59	15	786	306	—
	3	B	220	55	1072	1005	978	48	850	829	742	868	52	10	799	475	—
	4	C	280	70	1050	983	966	43	810	792	752	821	56	12	770	213	550
	5	D	300	80	997	921	902	39	860	841	677	885	57	9	822	255	—
	6	E	220	50	1088	1011	985	49	833	806	733	862	55	12	788	280	—
	7	E	220	60	1065	998	975	41	825	801	737	845	54	11	785	116	395
	8	F	200	65	1026	960	932	40	819	798	690	857	46	15	784	141	485
	9	F	250	75	1020	954	927	40	815	792	694	839	50	9	778	184	—
	10	G	250	70	1120	1014	987	38	798	775	724	819	55	13	760	239	—
	11	H	300	80	1075	1009	984	40	791	773	731	816	56	9	761	275	—
	12	H	250	60	1070	1010	981	58	810	792	724	850	43	12	775	306	—
	15	J	200	55	1090	1003	981	45	815	795	769	837	50	12	776	269	—
	16	K	200	60	1010	970	948	40	800	782	753	817	50	11	765	346	—
	17	L	220	70	1076	996	970	36	805	786	715	817	50	10	770	280	—
	18	M	280	80	1095	1013	988	38	800	781	743	812	54	8	769	135	523
	19	N	220	65	1141	1057	1020	34	822	803	736	835	55	10	788	304	—
	20	O	250	75	970	926	907	44	845	824	663	871	46	9	807	286	—
	22	Q	200	60	1020	965	934	45	810	789	765	813	45	12	773	346	500
	T=(37×[Ni]+810)×(1.1−t/500)																

$$T = (37 \times [\text{Ni}] + 810) \times (1.1 - t/500)$$

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0057
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【0057】
 【表4】

区分	番号	鋼	板厚 (mm)	組 織					母材強度		アレスト性 T _{KCa=6000} (°C)	
				ベイナイト 分率 (%)	パーライト 分率 (%)	表層粗大 α分率 (%)	平均θ 粒径 (μm)	平均有効 結晶粒径 (μm)	d (μm)	YP (MPa)		TS (MPa)
本 発 明 例	2	B	65	73	3.0	1.8	0.37	21	23	450	568	-21
	3	B	55	75	3.4	1.4	0.39	23	24	467	577	-28
	4	C	70	74	2.3	1.2	0.40	17	19	462	550	-20
	5	D	80	72	1.0	0.8	0.17	31	34	426	539	-23
	6	E	50	80	2.2	2.5	0.28	20	22	485	605	-36
	7	E	60	79	2.5	3.0	0.30	20	21	512	602	-32
	8	F	65	76	3.4	1.3	0.32	23	25	488	584	-30
	9	F	75	79	4.1	2.2	0.36	23	24	483	601	-28
	10	G	70	87	0.9	2.3	0.28	18	19	474	580	-23
	11	H	80	89	1.6	1.6	0.39	20	21	469	570	-21
	12	H	60	92	1.4	1.1	0.31	20	22	478	593	-24
	15	J	55	71	2.5	1.3	0.37	16	18	469	561	-25
	16	K	60	75	2.0	4.4	0.30	14	15	458	573	-24
	17	L	70	86	2.3	2.8	0.35	16	18	490	620	-20
	18	M	80	84	1.8	2.5	0.40	17	20	486	572	-19
	19	N	65	78	2.1	3.0	0.31	18	20	464	587	-23
	20	O	75	85	1.5	2.0	0.24	26	30	471	599	-20
	22	Q	60	91	1.2	2.5	0.22	14	15	467	597	-24

d=(7.11×[Ni]+11)×(1.2-t/300)

$$d = (7.11 \times [Ni] + 11) \times (1.2 - t/300)$$

【手続補正7】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0059
 【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

本発明例のNo. 2 ~ 22は、化学成分が所定の範囲内にあり、かつ所定の条件で製造したため、いずれもY P : 390 ~ 460 MPa級鋼として十分な強度を有しており、アレスト性も良好であった。

一方、比較例のNo. 23 ~ 45は、化学成分、製造条件のいずれかが本発明の範囲を逸脱していたために、アレスト性が低下してしまった。

No. 23、41は、仕上圧延終了が $A r_3$ より低くなってしまい、表層部に粗大なフェライトが多量に生成したため、強度とアレスト性が低下した。

No. 28、42は、圧延終了温度は $A r_3$ 以上であったが、加速冷却開始温度が $A r_3$ を切ったため、やはり表層粗大フェライト分率が高くなりアレスト性が低下した。

No. 24、37は、加速冷却の冷却速度が小さかった、

No. 33、40は、冷却停止温度が500 よりも高かった、

No. 26、38は、熱処理温度が600 超であったため、いずれもセメントタイト径が大きくなり、十分なアレスト性が得られなかった。

No. 34は、加速冷却を行わず空冷したため、有効結晶粒径が微細化されず、アレスト性が低下した。

No. 27、35は、仕上圧延の累積圧下率が小さかった、

No. 25、30、36は、仕上圧延温度が高かったため、いずれも有効結晶粒径が粗大化してアレスト性が低下した。

No. 29は、加熱温度が高かった。

No. 31、39は、粗圧延の累積圧下率が小さかった。

No. 32は、加熱温度が高く、粗累積圧下率も小さかったため、いずれも有効結晶粒径が大きくなり、アレスト性が低下してしまった。

No. 43は、C含有量が多かったためにセメントタイトが大きくなり、アレスト性が低下するとともにHAZ韌性も低下した。

No. 44は、Ni量が少なかったためにアレスト性が不十分であった。

No. 45は、Ceqが高かったために、強度が上がり過ぎ、アレスト性が低下してしまった。