

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5136174号
(P5136174)

(45) 発行日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(24) 登録日 平成24年11月22日(2012.11.22)

(51) Int.Cl.

F 1

C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)C22C 38/00 301Z
C22C 38/00 302Z
C22C 38/58

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-102730 (P2008-102730)
(22) 出願日	平成20年4月10日 (2008.4.10)
(65) 公開番号	特開2009-249731 (P2009-249731A)
(43) 公開日	平成21年10月29日 (2009.10.29)
審査請求日	平成22年8月10日 (2010.8.10)

(73) 特許権者	000006655 新日鐵住金株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(74) 代理人	100077517 弁理士 石田 敏
(74) 代理人	100087413 弁理士 古賀 哲次
(74) 代理人	100113918 弁理士 亀松 宏
(74) 代理人	100140121 弁理士 中村 朝幸
(74) 代理人	100111903 弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量 % で、

C : 0 . 3 3 ~ 0 . 5 %、
 Si : 0 . 0 1 ~ 0 . 5 %、
 Mn : 0 . 2 ~ 3 %、
 Cr : 2 ~ 1 0 %、
 Ni : 1 ~ 6 %、
 Cu : 0 . 3 1 ~ 2 %、
 Al : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 %、
 Mo : 0 . 5 ~ 4 . 5 %、
 V : 0 . 0 5 ~ 1 %、
 P : 0 . 0 2 % 以下、
 S : 0 . 0 2 % 以下、

を含有し、

$$0 . 3 N i + 0 . 5 C r + M n - M o < 3$$

を満たすように含有し、残部が Fe 及び不可避不純物からなり、焼入れ焼戻し後の強度が
1 4 0 0 M P a 以上であることを特徴とする耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼。

【請求項 2】

10

20

さらに、質量%で、

Ti : 0.01 ~ 0.1 %,

Nb : 0.01 ~ 0.1 %,

を含有することを特徴とする請求項1に記載の耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼。

【請求項3】

さらに、質量%で、

B : 0.0005 ~ 0.01 %

を含有することを特徴とする請求項1又は2に記載の耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車や各種産業機械の軽量化、高性能化あるいは土木・建築構造物の建設費削減のために、ボルト用鋼の高強度化が進められている。例えば、従来の高強度ボルトは、JIS

20

G4053で規定されているSCM435やSCM440等の低合金鋼を使い、所定の形状に冷間成形後、焼入れ・焼戻し処理によって製造されている。しかし、引張強さが1200MPaを超えると、遅れ破壊が発生し易くなり、実用に耐えられないと言う問題があった。

【0003】

このような問題に対して、例えば、特許文献1では、鋼中の不純物を低減して耐遅れ破壊特性を向上させる技術が提案されている。また、例えば、特許文献2では、粒界偏析の抑制と耐遅れ破壊特性の向上に有効な高い焼戻し温度の採用が可能な成分の鋼材が提案されている。さらに、特許文献3では、MoやW、Cr、V等の合金を適切に添加することによって、1500MPa以上の高強度ボルト用鋼の提案がされている。しかし、上記鋼種は、一般的な環境にて使われることが前提で開発されており、塩分が飛来する厳しい環境での利用は検討されていない。

30

【0004】

それに対して、例えば、塩分が飛来する厳しい環境での利用を検討した耐候性を有した機械構造用鋼が、特許文献4、5で提案されている。特許文献4では、Cr、Ni、Cu量を適切に制御し、不純物を低減することで、耐候性と耐遅れ破壊特性を向上させる技術が提供されている。また、特許文献5では、Ni、Mo量を適切に制御し、DI値を制限することによって、高強度の耐候性ボルト用鋼を提案している。

【0005】

しかし、上記従来技術を用いて1400MPa以上の高強度である耐候性、耐遅れ破壊特性に優れたボルトを製造すると、多量の塩分が飛来する環境においては、耐候性が不十分であることが明らかとなった。

40

【0006】

【特許文献1】特開昭58-117856号公報

【特許文献2】特開平3-243745号公報

【特許文献3】特開2001-32044号公報

【特許文献4】特開2000-63978号公報

【特許文献5】特開2000-119815号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、耐候性及び耐遅れ破壊特

50

性に優れた 1400 MPa 以上の強度を有する高強度ボルト用鋼の提供を課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、耐候性及び耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼について検討を行った結果、適切な合金元素を適切な量添加することによって、上記課題を克服できるとの知見を得た。特に、Cr 及び Ni を最適量添加することによって、腐食減量の低減及び孔食拡大の防止が図れることを見出した。また、Ni、Cr、Mn が多く含まれる成分系を有する鋼材では、高温焼戻し脆化が原因と考えられる機械的性質の低下が生じるため、適切に添加することが重要であることを見出した。本発明は、このような知見に基づいてなされたものであり、その要旨とするところは、以下のとおりである。

10

(1) 質量 % で、

C : 0.33 ~ 0.5 %,
Si : 0.01 ~ 0.5 %,
Mn : 0.2 ~ 3 %,
Cr : 2 ~ 10 %,
Ni : 1 ~ 6 %,
Cu : 0.31 ~ 2 %,
Al : 0.005 ~ 0.1 %,
Mo : 0.5 ~ 4.5 %,
V : 0.05 ~ 1 %,
P : 0.02 % 以下、
S : 0.02 % 以下、

20

を含有し、

$$0.3Ni + 0.5Cr + Mn - Mo < 3$$

を満たすように含有し、残部が Fe 及び不可避不純物からなり、焼入れ焼戻し後の強度が 1400 MPa 以上であることを特徴とする耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼。

(2) さらに、質量 % で、Ti : 0.01 ~ 0.1 %、Nb : 0.01 ~ 0.1 % を含有することを特徴とする(1)に記載の耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼。

30

(3) さらに、質量 % で、B : 0.0005 ~ 0.01 % を含有することを特徴とする(1)又は(2)に記載の耐候性、耐遅れ破壊特性に優れた高強度ボルト用鋼。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、耐食性及び耐遅れ破壊特性が優れる 1400 MPa 以上の引張強さを有する高強度のボルト用鋼を提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明者らは、引張強さ 1400 MPa 以上の引張強さを有するボルトを対象に、耐候性及び耐遅れ破壊特性に優れる鋼材の化学成分を検討した。その結果、耐遅れ破壊特性向上に有効である高温焼戻しによる強度低下を Mo や V の析出強化で補い、また、耐候性の向上のために、Ni、Cu、Cr を適切に添加することが有効であることを見出した。しかし、高強度かつ高耐候性を得るために合金添加量が増加し、一部のボルトにおいて、高温焼戻し脆性が原因と考えられる切欠き強度の低下が見られた。これに対し、Ni、Cr、Mn、Mo の添加量の関係が $0.3Ni + 0.5Cr + Mn - Mo < 3$ の条件を満たすとき、高温焼戻し脆性を抑制できることを見出した。

40

【0011】

次に、本発明の対象とする鋼の各々の成分について限定理由を述べる。

【0012】

C は、ボルトの強度を確保する上で必須の元素であるが、0.3 % 未満では所望の強度

50

を確保することができず、一方、0.5%を超えると延性が低下するためその濃度範囲を0.3~0.5%に限定した。なお、本発明では、この範囲の中からC含有量の下限を後述の実施例で確認されている0.33%とした。

【0013】

Siは、製鋼時の脱酸剤として0.01%以上の添加を必要とするが、0.5%を超えると冷間鍛造性が劣化する。したがって、Siの濃度範囲を0.01~0.5%に限定した。より良好な冷間鍛造性を得るためにには0.3%以下が好ましい。

【0014】

Mnは、焼入れ性を確保し所望の強度を得るために必要な元素であるが、0.2%未満では十分な焼入れ性が確保できず、3%を超えると冷間鍛造性が劣化するだけでなく、偏析を助長し、耐遅れ破壊特性も低下する。したがって、Mnの濃度範囲を0.2~3%の範囲に限定した。製造性の観点からは2%以下が好ましい。

10

【0015】

Crは、耐食性的向上、特に腐食減量の低減に有効な元素であるが、2%未満では逆に腐食減量が増加するため、2%以上の添加が必要である。前述の効果を十分得るには、Crを3%以上添加することが好ましい。一方、Crは10%を超えて添加しても効果が飽和するため、その濃度範囲を2~10%の範囲に限定した。

【0016】

Niは、さび層に濃縮することで、環境中の塩化物イオンが地鉄界面への侵入を防ぐため、塩分が飛来する厳しい環境においても耐食性を著しく向上させる重要な元素であるが、1%未満ではその効果が得られず、6%を超えて添加してもコストに見合った効果を得ることができない。したがって、Niの濃度範囲を1~6%の範囲に限定した。

20

【0017】

Cuは、生成するさびを緻密にすることによって耐食性を向上させるが、0.1%未満ではその効果が得られず、2%を超えて添加すると効果が飽和するだけではなく、熱間加工性が低下する。したがって、Cuの濃度範囲を0.1~2%の範囲に限定した。なお、本発明では、この範囲の中からCu含有量の下限を後述の実施例で確認している0.31%とした。

【0018】

Alは、製鋼時の脱酸及び熱処理時においてAlNを形成することによりオーステナイト粒の粗大化を防止する効果がある。Alが0.005%未満ではその効果が十分得られず、0.1%を超えて添加すると酸化物系介在物が生成し疵の原因となるため、その濃度範囲を0.005%~0.1%の範囲に限定した。

30

【0019】

Moは、焼入れ性向上に有効な元素であり、高温焼戻し時に微細な炭化物として析出し鋼材の強度を高めることができるため、耐遅れ破壊特性の向上にも有効である。また、腐食により生じた孔食中の局部的なpHの低下を抑制することによって、孔食の成長を妨げる効果がある。これらの効果を十分得るには、Moを0.5%以上添加する必要があり、また、4.5%を超えて添加するとコストに見合った効果が得られず、連続鋳造時に疵を発生し易くなる。したがって、Moの濃度範囲を0.5~4.5%の範囲に限定した。

40

【0020】

Vは、高温焼戻し時に微細な炭化物として析出し、鋼材の強度を高めることができるため、耐遅れ破壊特性の向上に有効な元素である。Vが0.05%未満ではその効果が十分得られず、1%を超えて添加すると冷間鍛造性が劣化するので、その濃度範囲を0.05~1%に限定した。

【0021】

Pは、耐食性の向上に有効であるものの粒界強度を弱め、耐遅れ破壊特性を低下させるため、その濃度範囲を0.02%以下に限定した。

【0022】

Sは、MnS等の介在物を生成し、単独でも偏析して耐遅れ破壊特性を低下させるため

50

、その濃度範囲を 0 . 0 2 % 以下に限定した。

【 0 0 2 3 】

T i と N b は、 V と同様に、耐遅れ破壊特性の向上に有効な元素であるため、さらに添加することができる。 T i と N b が 0 . 0 1 % 未満では十分な効果が得られず、 0 . 1 % を超えて添加するとその効果が飽和するため、それらの濃度範囲をそれぞれ 0 . 0 1 ~ 0 . 1 % の範囲にすることが好ましい。

【 0 0 2 4 】

B は、焼入れ性を向上させるのに有効な元素であるため、さらに添加することができる。その濃度が 0 . 0 0 0 5 % 未満では効果が十分得られず、 0 . 0 1 % を超えるとその効果が飽和するため、その濃度範囲を 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 % にすることが好ましい。

10

【 0 0 2 5 】

本発明では、熱処理条件を規定していないが、冷間鍛造性を向上させるため、熱間圧延後の素材に焼鈍処理を施しても良い。

【 0 0 2 6 】

ボルトに強度を付与するためには、焼入れ処理が必要である。焼入れ加熱温度は A c₃ 点以上とし、通常は水冷又は油冷によって焼入れ処理が行われる。一方、加熱温度が高過ぎると結晶粒が粗大化し、韌性が劣化するため好ましくない。本発明の成分系では、焼入れ加熱温度を 8 0 0 ~ 1 0 0 0 にすることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

また、耐遅れ破壊特性を向上させるためには、高温焼戻しが必須であり、焼戻し温度は 5 0 0 ~ 7 0 0 が好ましい。焼戻し時間は所定の強度が得られるように調整する。

20

【 実施例 】

【 0 0 2 8 】

表 1 に示す化学成分を有する鋼を溶製し、丸棒形状に鍛造後、表 2 に示した条件で焼入れ、焼戻しを行った。

【 0 0 2 9 】

【表1】

表 1

鋼種	化学成分 (質量%)										式(1)		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Al	Ti	Nb
A	0.46	0.030	0.4	0.004	0.003	4.0	0.2	8.0	0.582	9.0	0.59	0.016	
B	0.37	0.111	2.0	0.013	0.0	0.133	3.4	2.6	0.151	4.0	0.15	0.045	"
C	0.40	0.060	0.5	0.005	0.006	2.2	2.3	1.0	0.312	1.0	0.09	0.029	"
D	0.33	0.401	1.8	0.018	0.0	0.162	8.1	6.0	0.321	1.7	0.32	0.053	"
E	0.42	0.050	0.5	0.008	0.010	3.5	2.1	1.0	0.490	8.0	0.54	0.028	"
F	0.41	0.060	0.4	0.006	0.008	8.8	1.8	0.522	2.9	0.06	0.023		"
G	0.42	0.040	0.6	0.004	0.0	0.042	9.5	9.1	0.602	2.0	0.23	0.031	"
H	0.35	0.050	0.9	0.010	0.0	0.008	3.0	1.9	0.442	6.0	0.20	0.070	"
I	0.39	0.050	0.4	0.006	0.0	0.004	4.9	4.4	0.672	5.0	0.14	0.009	"
J	0.38	0.070	0.5	0.005	0.0	0.007	4.8	4.6	0.614	1.0	0.26	0.036	0.072
K	0.36	0.042	0.5	0.012	0.0	0.011	2.0	5.3	1.0	0.502	5.0	0.11	0.041
L	0.41	0.050	0.3	0.005	0.0	0.006	5.6	4.8	0.822	1.0	0.33	0.028	0.021
M	0.38	0.050	0.5	0.006	0.0	0.005	2.4	1.9	0.688	1.8	0.41	0.030	0.012
N	0.34	0.081	0.0	0.015	0.0	0.013	5.0	6.4	4.1	2.3	2.7	0.46	0.051
O	0.24	0.080	0.4	0.010	0.0	0.009	3.1	2.8	0.461	1.3	0.14	0.033	
P	0.40	0.181	2.0	0.015	0.0	0.014	0.0	8.3	5.0	0.131	1.6	0.10	0.030
Q	0.37	0.200	1.0	0.007	0.0	0.005	2.9	3.0	0.411	1.9	0.09	0.024	
R	0.45	0.233	0.9	0.010	0.0	0.011	2.8	4.2	0.401	6.0	0.47	0.043	"
S	0.43	0.181	1.3	0.028	0.0	0.030	1.0	0.2	5.0	0.531	1.4	0.06	0.036
T	0.42	0.051	0.6	0.005	0.0	0.008	0.9	0.6	0.612	0.0	0.180	0.029	
U	0.42	0.051	0.6	0.005	0.0	0.007	2.9	0.6	0.052	0.0	0.180	0.028	"
V	0.40	0.060	0.5	0.009	0.0	0.010	2.0	6.2	0.7	0.240	4.0	0.08	0.025
W	0.39	0.050	0.4	0.010	0.0	0.008	3.6	3.1	0.321	1.4	0.030	0.037	
X	0.39	0.322	0.8	0.015	0.0	0.012	2.3	3.6	0.121	1.6	0.120	0.046	"
Y	0.38	0.295	1.0	0.016	0.0	0.011	8.4	5.7	0.141	9.0	0.111	0.049	"

0.3Ni+0.5Cr+Mn-Mo<3 (1)

【0030】

引張り試験は、径が 6 mm の JIS Z 2201 の 2 号の丸棒引張試験片を採取し、JIS Z 2241 に準拠して行った。また、切欠き強度比は、応力集中係数 = 4 の図 1 に示すような切欠き付き引張試験片を用いて引張り試験を実施して求めた。

【0031】

限界拡散性水素量は、切欠き強度比を求めた時と同じ形状の試験片に、電界水素チャ

10

20

30

40

50

ジによって拡散性水素量を含有させた後、水素が試料から大気中に放出しないようにめつきを施し、引張強さの90%の荷重を負荷し、遅れ破壊が発生しない拡散性水素量の最大値を評価した。また、拡散性水素量は昇温水素分析法を用いて求めた。

【0032】

耐食性は、腐食減量及び孔食深さで評価した。耐食性調査として、5%塩水を1日1回散布する塩水散布暴露試験を6ヶ月行い、その後、インヒビターを添加した硫酸で除錆処理を行った後に、腐食減量及び孔食深さを測定した。その結果を表2に示した。

【0033】

表2の孔食深さの列において、○は孔食深さが0.1mm未満であり、△は0.1~0.4mmであり、×は0.4mmを超えていたことを示す。

【0034】

【表2】

表 2

No.	鋼種	焼入れ 加熱温度 (°C)	焼戻し 温度 (°C)	焼戻し 時間 (min)	引張強さ (MPa)	切欠き 強度比	限界拡散性 水素量 (ppm)	腐食減量 (mg/cm ²)	孔食 深さ	備考
1	A	980	630	30	1718	1.31	0.4	2.0	○	本 発 明 例
2	B	920	590	30	1467	1.42	2.6	2.5	○	
3	C	900	600	60	1583	1.40	2.4	2.7	○	
4	D	920	570	15	1423	1.45	2.1	2.6	○	
5	E	960	600	30	1495	1.42	1.8	2.1	○	
6	F	880	600	60	1651	1.39	0.8	1.6	○	
7	G	940	600	30	1683	1.35	1.6	2.7	○	
8	H	940	580	30	1449	1.44	1.9	2.5	○	
9	I	900	600	60	1662	1.38	2.0	1.9	○	
10	J	1000	590	30	1653	1.39	1.6	2.2	○	
11	K	1000	580	30	1574	1.35	1.5	2.8	○	
12	L	1000	600	30	1696	1.33	0.7	1.8	○	
13	M	1000	590	30	1642	1.35	1.1	2.6	○	
14	N	1000	570	15	1618	1.33	0.9	2.0	○	
15	O	900	550	15	1279	—	—	2.4	—	比 較 例
16	P	880	550	15	1671	1.36	0.4	4.2	△	
17	Q	880	550	15	1390	—	—	2.6	—	
18	R	960	570	15	1715	1.06	<0.1	2.5	—	
19	S	880	570	15	1687	1.28	0.2	3.5	△	
20	T	920	590	30	1696	1.31	1.0	4.0	×	
21	U	920	590	30	1693	1.30	0.9	2.6	×	
22	V	880	600	30	1588	1.38	<0.1	2.8	—	
23	W	880	600	30	1574	1.40	0.1	2.3	—	
24	X	900	570	15	1665	1.11	<0.1	2.7	—	
25	Y	900	570	15	1699	0.97	<0.1	1.6	—	

【0035】

表2において、No. 1~14は本発明例であり、引張強さが1400 MPa以上であり、切欠き強度比と限界拡散性水素量が高く、耐食性にも優れている。

【0036】

一方、No. 15はC量が本発明の下限よりも少なく、No. 17はMn量が本発明の下限よりも少ないため焼きが入らず、いずれも引張強さが1400 MPaを下回っている

10

20

30

40

50

No. 16、19はCr量が本発明の下限よりも少ないため腐食減量が大きく、孔食もやや大きい。また、No. 20、21はそれぞれNiとCr、NiとCuが本発明の下限よりも少ないため耐食性が低い。No. 18、24、25は、表1の式(1)の値が3を超えていため、高温焼戻し脆性による韌性低下に起因すると考えられる切欠き強度比の低下が見られ、その結果、限界拡散性水素量も低下している。No. 22、23は、それMo、Vが本発明の下限よりも少ないため耐遅れ破壊特性が低い。

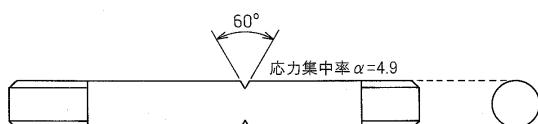
【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】切欠き引張り試験及び限界拡散性水素量測定時の試験片形状を示す図。

【図1】

図1



フロントページの続き

(72)発明者 千田 徹志
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内

(72)発明者 樽井 敏三
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内

(72)発明者 平上 大輔
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内

審査官 岸 智之

(56)参考文献 特開平 05 - 117811 (JP, A)
特開昭 49 - 009423 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 22 C 38 / 00
C 22 C 38 / 58