

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4784103号
(P4784103)

(45) 発行日 平成23年10月5日(2011.10.5)

(24) 登録日 平成23年7月22日(2011.7.22)

(51) Int.Cl.			F I		
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 1 Y
C 2 2 C	38/60	(2006.01)	C 2 2 C	38/60	
C 2 1 D	8/06	(2006.01)	C 2 1 D	8/06	A
B 2 1 J	5/00	(2006.01)	B 2 1 J	5/00	A

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-17353 (P2005-17353)	(73) 特許権者	000003713 大同特殊鋼株式会社
(22) 出願日	平成17年1月25日(2005.1.25)		愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番10号
(65) 公開番号	特開2006-206934 (P2006-206934A)	(74) 代理人	100070161 弁理士 須賀 総夫
(43) 公開日	平成18年8月10日(2006.8.10)	(72) 発明者	高田 勝典 愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地 大同特殊鋼株式会社 技術開発研究所内
審査請求日	平成19年11月30日(2007.11.30)	(72) 発明者	保母 誠 愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地 大同特殊鋼株式会社 技術開発研究所内
		(72) 発明者	加藤 進一郎 愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地 大同特殊鋼株式会社 技術開発研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高耐力比非調質鋼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で(以下同じ)、C:0.10~0.35%、Si:0.4~1.0%、Mn:0.6~1.5%、P:0.06~0.15%、S:0.07~0.15%、Cu:0.05~0.50%、Ni:0.05~0.50%、Cr:0.05~0.50%、Mo:(0%を含み)0.05%以下、Al:0.001~0.050%、V:0.20~0.45%およびN:0.008~0.025%を含有し、残部Feおよび不可避免的不純物からなる合金組成を有し、ただし、

P+S:0.14%以上、

Mn+Cr+2Mo:1.8%以下、

$C_{eq} = C + 0.07Si + 0.16Mn + 0.61P + 0.19Cu + 0.17Ni + 0.2Cr + 0.4Mo + V$:0.80~1.15

であって、鍛造後の組織が主として(フェライト+パーライト)からなり、0.80以上の耐力比を示す非調質鋼。

【請求項2】

合金が、請求項1に記載の合金成分に加えて、Nb:0.001~0.050%およびTi:0.001~0.050%の1種または2種を含有する請求項1の高耐力比非調質鋼。

【請求項3】

合金が、請求項1または2に記載の合金成分に加えて、Ca:0.0001~0.010

0%および0:0.001~0.010%の1種または2種を含有する請求項1または2の高耐力比非調質鋼。

【請求項4】

請求項1ないし3のいずれかの合金組成を有する非調質鋼を機械部品の形状に熱間加工により成形し、800~500の温度範囲を、平均値にして0.8/sec以上の速度で冷却することからなる高耐力比を示す機械部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機械部品の材料とする、高耐力比を示す非調質鋼と、それを使用した機械部品の製造方法に関する。ここで、「耐力比」とは、(0.2%耐力/引張強さ)の比を意味する。

10

【背景技術】

【0002】

機械部品の設計・製作において、材料の耐力が重要な因子であることはいうまでもない。一方、被削性は、製造コストや部品精度などに影響を与える、これも重要な因子である。一般に被削性は、引張強さが増大すると低下する。したがって、耐力設計の部品の場合、耐力比が高いということは、同等の被削性を有する材料から、より高い強度をもった部品を製作することが可能になるということの意味する。

【0003】

20

従来、非調質鋼を使用してコンロッドなどの部品を製造した場合、その耐力比は、通常の1200前後の加熱温度における鍛造・空冷の製造条件では、0.75レベルが上限である。1050前後の低温鍛造・空冷という製造条件を選択し、鍛造金型の寿命が低下すること、製品に欠肉が生じるおそれ、鍛造後の冷却速度を増加させる必要にこたえた衝風冷却の採用など、製造コストの増大を忍んで非調質鋼部品を製造しても、得られる改善は僅かであって、実現する耐力比は0.80近辺が限界であり、これ以上の耐力比が必要な場合には、一般に調質鋼が使用されていた。

【0004】

コンロッドの製造に関しては、キャップ部分の構成を機械切断でなく、脆性破壊により行なう改善が実施されている。この目的に適した低延性の非調質鋼であって、高強度かつ高降伏比のものが提案された(特許文献1)。その鋼は、C:0.20~0.65%、Si:0.1~1.5%、Mn:0.3~2.0%、P:0.02~0.15%、S:0.1~0.105%、Cr:0.02~1.50%、V:0.05~0.50%、Nb:0~0.10%、Ti:0~0.20%、Al:0~0.100%およびN:0~0.02%を含有し、残部Feおよび不可避不純物からなり、 $Si(\%) + 2V(\%) + 5P(\%) - 0.80$ および $C(\%) + Si(\%) / 10 + Mn(\%) / 5 + 5Cr(\%) / 22 + 1.65V(\%) - 5S(\%) / 7 - 0.80$ である合金組成を特徴とする。この発明が確保した降伏比のレベルは「0.7以上」である。(「降伏比」の定義が与えられていないので、本発明で意図した耐力比との関係は明らかでないが、類似の物性を理解した。)

30

40

【特許文献1】特開平9-111412

【0005】

発明者らは、調質鋼レベルの耐力比0.80以上を確実に示す非調質鋼を実現することを意図して、種々研究の結果、下記の知見を得た。

・固溶強化によってフェライトを強化するSiおよびPを、また析出強化によりフェライトを強化するVを積極添加するとよいこと。

・これらの強化機構を効果的に発揮させるには、フェライトの量とともに、生成するフェライトが微細化するよう、SおよびPをそれぞれ適正な量添加するとよいこと。そして、PおよびSの複合添加効果によって、高耐力比が得られること。

・鋼の合金組成が特定の範囲にある場合、 $Mn + Cr + 2Mo : 1.8$ 以下の条件を満た

50

せば、被削性にとって有害なベイナイト組織の生成を抑えられること。

・そのような鋼において、 $C + 0.07Si + 0.16Mn + 0.61P + 0.19Cu + 0.17Ni + 0.2Cr + 0.4Mo + V$ であらわされる炭素当量 C_{eq} の値が $0.80 \sim 1.15$ 以上であるという条件を満たせば、通常の鍛造・空冷を行なって、一般に部品に要求される硬さ $20HRC$ 以上を有するフェライト・パーライト型非調質鋼部品が得られること。

・鍛造後の冷却速度は、ベイナイト組織が生成しない範囲内では高い方がよいこと。少なくとも $800 \sim 500$ の温度範囲を、平均値にして 0.8 /sec以上の速度で冷却するのが望ましく、それにより、さらに耐力比が向上すること。これには、衝風冷却が効果的であること。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、上記した発明者らが得た新しい知見を利用して、通常の 1200 前後の鍛造、または 1250 程度の高温の鍛造を行なった場合でも、常に調質鋼レベルの耐力比 0.80 以上が得られる非調質鋼と、それを使用した機械部品の製造方法を提供することにある。それによって、機械部品のコンパクト化、軽量化を可能にし、しかも製造コストの増大は抑制することが、最終的な目的である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の高耐力比非調質鋼は、基本的な態様においては、質量%で(以下同じ)、 $C: 0.10 \sim 0.35\%$ 、 $Si: 0.4 \sim 1.0\%$ 、 $Mn: 0.6 \sim 1.5\%$ 、 $P: 0.06 \sim 0.15\%$ 、 $S: 0.07 \sim 0.15\%$ 、 $Cu: 0.05 \sim 0.50\%$ 、 $Ni: 0.05 \sim 0.50\%$ 、 $Cr: 0.05 \sim 0.50\%$ 、 $Mo: (0\%を\text{含み}) 0.05\%$ 以下、 $Al: 0.001 \sim 0.050\%$ 、 $V: 0.20 \sim 0.45\%$ および $N: 0.008 \sim 0.025\%$ を含有し、残部 Fe および不可避免的不純物からなる合金組成を有し、ただし、 $P + S: 0.14\%$ 以上、

$Mn + Cr + 2Mo: 1.8\%$ 以下、

$C_{eq} = C + 0.07Si + 0.16Mn + 0.61P + 0.19Cu + 0.17Ni + 0.2Cr + 0.4Mo + V: 0.80 \sim 1.15$

であって、鍛造後の組織が主として(フェライト+パーライト)からなり、 0.80 以上の耐力比を示す非調質鋼である。

【発明の効果】

【0008】

本発明の高耐力比非調質鋼は、適切な合金組成の選択により、既存の非調質鋼がもっていた被削性を損なうことなく、 0.8 以上の高い耐力比を確実に達成することができるから、従来と変わりのない加工性で高耐力の機械部品を製作することを可能にする。この高い耐力比は、低温鍛造をえらばず、通常の 1200 前後の鍛造、または 1250 程度の高温の鍛造を行なった場合でも、常に得られる。

【0009】

その結果、機械部品の小型化および軽量化が実現する。これは、その部品自体の性能の向上と製造コストの低減という効果を奏するだけでなく、その部品を組み込む機械の小型化・軽量化にも寄与する。鍛造に当たって、通常の加熱温度またはより高温の加熱温度を採用することができ、低温鍛造をする必要がないから、長い鍛造金型寿命を享受することができ、これも部品製造コストにとって有利に作用する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明の高耐力比非調質鋼は、上記した基本的な合金成分に加えて、下記のグループに属する任意添加元素のひとつまたはふたつ以上を含有することができる。

(I) $Nb: 0.001 \sim 0.050\%$ および $Ti: 0.001 \sim 0.050\%$ の1種ま

50

たは 2 種

これらの元素は結晶粒微細化作用を有するから、鍛造温度が 1 2 5 0 またはそれ以上の高温である場合、成形品の組織が粗くなって所望の耐力比が得られないという事態を避けたいときに推奨される任意添加成分である。

(I I) C a : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 0 0 % および O : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 0 1 0 % の 1 種または 2 種

これらは、介在物の形態を制御するはたらきがある。合金組成によって被削性が低い場合や、とくに高い被削性を望む場合添加するとよい。

【 0 0 1 1 】

以下に、本発明の高耐力比非調質鋼における各合金成分のはたらきと、合金組成を上記のように限定した理由を、基本的な合金組成および変更態様について説明する。

【 0 0 1 2 】

C : 0 . 1 0 ~ 0 . 3 5 %

C は強度を確保するために必要であって、少なくとも 0 . 1 0 % を存在させる。多量に添加すると耐力比が低下するため、上限を 0 . 3 5 % とした。

【 0 0 1 3 】

S i : 0 . 4 ~ 1 . 0 %

S i は鋼の溶製時に脱酸剤としてはたらくとともに、フェライト中に固溶してこれを強化し、耐力や強度を向上させる。このような効果を明確に得るためには、0 . 4 % 以上の S i を含有させる必要がある。多量に添加すると、鍛造用金型の寿命を短くするので、1 . 0 % までの添加に止める。

【 0 0 1 4 】

M n : 0 . 6 ~ 1 . 5 %

M n は脱酸に必要であるだけでなく、強度を向上させる作用がある。この効果は、その含有量が 0 . 6 % 未満の少量では得られず、一方、多すぎるとベイナイトが生成して被削性が低くなるため、1 . 5 % 以下の添加量をえらぶ。

【 0 0 1 5 】

P : 0 . 0 6 ~ 0 . 1 5 %

S : 0 . 0 7 ~ 0 . 1 5 %

ただし、P + S : 0 . 1 4 % 以上

P は耐力比を向上させる上で有効な元素であり、その効果を発揮させるためには、0 . 0 6 % 以上の含有が必要であるが、多量に含有されると熱間加工性が低くなるので、0 . 1 5 % を上限とした。S もまた耐力比を向上させるのに有効な元素であり、その効果を発揮させるためには、0 . 0 7 % 以上の含有が必要であるが、多量に含有されると、かえって耐力比が低下する。本発明で意図した耐力比 0 . 8 以上を確保するためには、S 量は 0 . 1 5 % が適正な上限である。P + S の合計量は、耐力比 0 . 8 以上を得るためには、0 . 1 4 % 以上とすべきである。

【 0 0 1 6 】

C u : 0 . 0 5 ~ 0 . 5 0 %

N i : 0 . 0 5 ~ 0 . 5 0 %

C u も N i も、P と同様に耐力比の向上に有効な成分であり、その存在意義は、ともに含有量 0 . 0 5 % 以上において見出されるが、多量に添加することは経済的に不利であるから、それぞれの上限として選択した 0 . 5 0 % までの範囲から添加量を選ぶ。

【 0 0 1 7 】

C r : 0 . 0 5 ~ 0 . 5 0 %

C r は、強度を向上させる作用がある。しかし、その含有量が 0 . 0 5 % 未満では所望の効果が得られず、また多すぎるとベイナイトが生成して被削性を損なうから、0 . 0 5 ~ 0 . 5 0 % の範囲内の添加量が適切である。

【 0 0 1 8 】

M o : 0 . 0 5 % 以下

Moは強度を向上させる元素であるが、多すぎるとベイナイトを生成し、被削性に不利にはたらくので、0.05%を添加の上限とした。

【0019】

V: 0.20 ~ 0.45%

Vは、PならびにCuおよびNiと同様、耐力比の向上に有効な成分である。0.8以上の耐力比を安定に得るために、0.2%以上のVを添加する。多量に添加してもその効果が飽和するし、コスト面で不利になるから、0.45%までの添加が得策である。

【0020】

N: 0.008 ~ 0.025%

Nは、V, Al, Ti, Nbなどと窒化物や炭窒化物を生成して、結晶粒を微細化させ、結果として耐力を向上させる点で有用である。この効果を得るためには、0.008%以上のNが必要である。多量に添加しようとする、ブローホールが発生して健全な鋼塊が得られないおそれがあるから、その上限を0.025%とした。

10

【0021】

Mn + Cr + 2Mo: 1.8%以下

この値が1.8を超えるとベイナイトが多量に析出し、被削性を悪くするし、耐力比も低下するため、Mn + Cr + 2Moをこの限度に止める。

【0022】

Ceq = C + 0.07Si + 0.16Mn + 0.61P + 0.19Cu + 0.17Ni + 0.2Cr + 0.4Mo + V: 0.80 ~ 1.15

20

強度を確保するという観点から、非調質鋼製部品のほとんどは、その硬さが20HRC以上であることが必要であり、一方、被削性の観点からは、25HRC程度までであることを要する。トラック用クランクシャフトなどの大物部品を別にすれば、通常非調質鋼製部品は、鍛造後の800 ~ 500の温度領域における平均冷却速度が、約0.7 /sec (鋼材相当径を約35mmと考えた場合)以上となる。このような条件下で、所望の硬さ20HRC以上を得るためには、炭素当量Ceqの値が0.80以上であることが必要である。Ceqが1.15を超えると、硬さが高くなりすぎて被削性が低下する。そこで、Ceqの範囲を、上記の0.80 ~ 1.15とした。

【0023】

Nb: 0.001 ~ 0.050% および Ti: 0.001 ~ 0.050%の1種または2種

30

Nb および Tiは、窒化物および炭窒化物を生成し、鍛造後の結晶粒を微細化して強度を向上させるが、多量に添加すると、逆に強度が低下する。適切な添加量はいずれも、0.001 ~ 0.050%である。

【0024】

Ca: 0.0001 ~ 0.0100% および O: 0.001 ~ 0.010%の1種または2種

Ca および Oは、MnS介在物の形態を制御する作用があり、それによって工具摩耗を抑制し、被削性を改善する効果がある。この効果を得るためには、Ca: 0.0001%以上、O: 0.001%以上が必要である。多量に添加すると、どちらも熱間加工性を低くするので、上限を、いずれも0.010%とした。

40

【実施例】

【0026】

表1 (実施例) および 表2 (比較例) に示す合金組成 (重量%、残部Fe) をもつ鋼を真空溶解し、常法にしたがって鋼片にしたのち、1200 以上に加熱してから、1200 ~ 1000 の温度範囲で熱間鍛造し、直径25mmの丸棒とし、つづいて常温まで空冷した。このときの、800 ~ 500 の温度領域における平均冷却速度は、0.8 /secであった。

【0027】

この熱間鍛造・空冷材からJIS4号試験片を切り出して、常温における引張試験を行な

50

った。あわせて、引張試験片を採取した位置に隣接する部分から硬さ測定用およびマイクロ組織用のサンプルを採取し、硬さ測定およびマイクロ組織を観察した。それらの結果を、 $P + S$ および $Mn + Cr + 2Mo$ の値とともに、表3（実施例）および表4（比較例）に示す。

【産業上の利用可能性】

【0028】

本発明の高耐力比非調質鋼は、その高い耐力と低い製造コストにより、代表的には自動車エンジンのクランクシャフトや、コンロッドのような部品を製造する材料として最適である。そのほか、小型で軽量であることを要求される、さまざまな機械部品の材料としても有用である。

10

20

30

40

【0029】

【表 1】

表 1

No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb, Ti	Al	Ca, O	N
1	0.20	0.58	0.99	0.098	0.101	0.16	0.16	0.37	—	0.29	—	0.021	—	0.015
2	0.31	0.62	1.02	0.103	0.098	0.15	0.14	0.36	—	0.29	—	0.019	—	0.013
3	0.24	0.89	1.32	0.110	0.120	0.25	0.17	0.13	0.04	0.25	—	0.003	—	0.008
4	0.23	0.89	1.09	0.073	0.075	0.16	0.22	0.26	0.02	0.24	—	0.038	—	0.010
5	0.22	0.82	0.98	0.132	0.136	0.18	0.19	0.25	0.04	0.26	—	0.023	—	0.014
6	0.23	0.67	1.12	0.089	0.110	0.45	0.44	0.18	0.02	0.27	—	0.009	—	0.009
7	0.31	0.66	1.03	0.100	0.102	0.15	0.14	0.33	—	0.44	—	0.021	—	0.009
8	0.25	0.66	0.98	0.100	0.101	0.19	0.15	0.19	—	0.29	Nb 0.031	0.022	—	0.013
9	0.26	0.67	1.00	0.101	0.098	0.18	0.16	0.20	0.02	0.30	Ti 0.010	0.024	—	0.011
10	0.26	0.65	1.01	0.099	0.098	0.15	0.17	0.23	0.01	0.29	Nb 0.010 Ti 0.006	0.008	Ca 0.0025 O 0.006	0.012
11	0.34	0.98	1.40	0.100	0.101	0.15	0.15	0.35	0.01	0.40	—	0.010	—	0.014

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

【表 2】

表 2

No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb, Ti	Al	Ca, O	N
1	0.09	0.60	1.00	0.100	0.100	0.15	0.15	0.35	0.01	0.30	—	0.020	—	0.012
2	0.38	0.50	0.75	0.101	0.099	0.15	0.14	0.15	—	0.30	—	0.015	—	0.013
3	0.21	0.20	0.93	0.102	0.105	0.13	0.12	0.32	—	0.28	—	0.012	—	0.011
4	0.25	0.64	1.68	0.099	0.104	0.19	0.14	0.39	—	0.28	—	0.024	—	0.008
5	0.23	0.61	0.96	0.096	0.107	0.12	0.19	0.75	0.08	0.31	—	0.006	—	0.020
6	0.24	0.64	1.00	0.051	0.055	0.17	0.18	0.23	—	0.27	—	0.016	—	0.009
7	0.23	0.85	1.01	0.102	0.172	0.18	0.20	0.27	0.05	0.28	—	0.016	—	0.010
8	0.24	0.66	1.14	0.089	0.102	0.02	0.03	0.15	—	0.15	—	0.005	—	0.008
9	0.32	0.65	1.25	0.099	0.100	0.14	0.14	0.32	0.01	—	—	0.032	—	0.021
10	0.30	0.65	0.72	0.099	0.101	0.16	0.16	0.15	0.01	0.50	—	0.033	—	0.013
11	0.29	0.63	0.99	0.110	0.101	0.17	0.16	0.18	0.01	0.25	—	0.028	—	0.004

【表 3】

実施例

No.	P+S	Mn+Cr +2Mo	Ceq	硬さ (HRC)	0.2% 耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	0.2% 耐力比	組織
1	0.20	1.4	0.880	22.8	629	779	0.806	F+P
2	0.20	1.4	0.994	28.2	724	904	0.801	F+P
3	0.23	1.5	0.949	24.6	658	832	0.808	F+P
4	0.15	1.4	0.879	24.1	655	819	0.800	F+P
5	0.27	1.3	0.907	21.6	617	754	0.812	F+P
6	0.199	1.3	0.985	27.0	680	815	0.836	F+P
7	0.202	1.4	1.140	34.7	825	1018	0.841	F+P
8	0.201	1.17	0.904	26.1	707	850	0.832	F+P
9	0.199	1.24	0.938	25.2	685	834	0.821	F+P
10	0.197	1.26	0.925	25.3	683	835	0.818	F+P
11	0.201	1.77	1.222	39.2	880	1105	0.826	F+P

10

【 0 0 3 2 】

20

【表 4】

比較例

No.	P+S	Mn+ Cr+ 2Mo	Ceq	硬さ (HRC)	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	0.2%耐力比	組織
1	0.20	1.4	0.781	17.7	527	667	0.790	F+P
2	0.20	0.9	0.979	27.4	6724	896	0.767	F+P
3	0.21	1.3	0.824	19.5	582	734	0.799	F+P
4	0.20	2.1	1.042	30.2	751	960	0.758	F+P+B
5	0.16	1.9	1.022	30.8	700	885	0.786	F+P+B
6	0.11	1.2	0.855	24.1	610	823	0.749	F+P
7	0.27	1.4	0.926	20.2	576	772	0.746	F+P
8	0.19	1.3	0.842	20.5	603	809	0.777	F+P
9	0.199	1.6	0.894	23.2	603	832	0.730	F+P
10	0.200	0.9	1.113	33.9	802	960	0.836	F+P
11	0.211	1.19	0.909	23.4	575	835	0.689	F+P

30

フロントページの続き

審査官 蛭田 敦

(56)参考文献 特開2003-342671(JP,A)
特開平09-111412(JP,A)

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