(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
2012 年 11 月 29 日(29.11.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/161322 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C21D 8/00* (2006.01)
B21J 1/06 (2006.01) *C22C 38/60* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/063515

(22) 国際出願日: 2012 年 5 月 25 日(25.05.2012)

(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 2011-118350 2011 年 5 月 26 日(26.05.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日鐵住金株式会社 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 寺本 真也 (TERAMOTO, Shinya) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP). 高田 啓督 (TAKADA, Hiromasa) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP). 久保田 学 (KUBOTA, Manabu) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 萩原 康司, 外 (HAGIWARA, Yasushi et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷三丁目１－３ 第一冨澤ビル はづき国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, 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**: STEEL COMPONENT FOR MECHANICAL STRUCTURAL USE AND MANUFACTURING METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称 : 機械構造用鋼部品およびその製造方法

(57) **Abstract**: Provided is a steel component for mechanical structural use having increased fatigue resistance and toughness without any reduction in machinability; also provided is a manufacturing method for the same. A steel component is formed from steel which includes, in mass%, 0.05-0.20% C, 0.10-1.00% Si, 0.75-3.00% Mn, 0.001-0.050% P, 0.001-0.200% S, 0.05-0.20% V, 0.01-1.00% Cr, 0.001-0.500% Al, and 0.0080-0.0200% N, with the remainder being Fe and unavoidable impurities. The steel structure is at least 95% bainite structure, in terms of area ratio; the width of the bainitic lath is not more than 5μm; V carbide having an average particle diameter of 4-7nm is dispersed and is present in the bainite structure; and the area ratio of the V carbide in the bainite structure is at least 0.18%.

(57) 要約: 被削性を低下させることなく、疲労強度、靭性を向上させた機械構造用鋼部品、およびその製造方法を提供する。質量%でＣ：０．０５～０．２０%、Ｓｉ：０．１０～１．００%、Ｍｎ：０．７５～３．００%、Ｐ：０．００１～０．０５０%、Ｓ：０．００１～０．２００%、Ｖ：０．０５～０．２０%、Ｃｒ：０．０１～１．００%、ＡＩ：０．００１～０．５００%、Ｎ：０．００８０～０．０２００%を含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物よりなる鋼からなり、鋼組織が、面積率で９５%以上がベイナイト組織であり、ベイナイトラスの幅が５μｍ以下であり、ベイナイト組織中に平均粒径４ｎｍ以上、７ｎｍ以下のＶ炭化物が分散して存在し、ベイナイト組織中のＶ炭化物の面積率が０．１８%以上である。

WO 2012/161322 A1

明　細　書

発明の名称 ： 機械構造用鋼部品およびその製造方法

技術分野

［0001］　本発明は、自動車を始めとする輸送機器や産業機械などの機械構造用鋼部品およびその製造方法に関し、特に被削性を低下させることなく、高疲労強度と高靭性を有する機械構造用鋼部品、およびその製造方法に関するものである。本願は、２０１１年５月２６日に日本に出願された特願２０１１－１１８３５０号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

［0002］　旧来、自動車や産業機械等の機械構造部品の多くは、素材棒鋼などの鋼材から部品形状に熱間鍛造された後、再加熱され、焼入れ焼戻しの調質処理が施されて、高強度および高靭性が付与されていた。近年では、製造コストの低減の観点から、焼入れ焼戻しの調質処理工程の省略が進められおり、例えば、特許文献１などに見られるように、熱間鍛造のままでも、高強度および高靭性を付与できる非調質鋼が提案されてきた。しかしながら、これら高強度高靭性の非調質鋼の機械構造用鋼部品への適用において、実際に障害となるものは高疲労強度化と被削性を両立させることである。

［0003］一般に疲労強度は引張強さに依存するとされ、引張強さを高くすれば疲労強度は高くなる。その一方で引張強さの上昇は被削性を低下する。機械構造用鋼部品の多くは、熱間鍛造後、切削加工を必要とし、その切削コストは部品の製造コストの大半を占める。引張強さの上昇による被削性の低下は、部品の製造コストの大幅な増加につながる。一般に引張強さが１２００ＭＰａを超えると著しく被削性が低下し、製造コストが大幅に増加するため、この強度を超える高強度化は実用上困難である。従って、これら機械構造用部品において、被削性の低下による切削コストの増加は高疲労強度化のネックであり、高疲労強度化と被削性の両立技術が求められている。

［0004］　高強度でありながら被削性を確保させる従来の知見として、例えば、特許

文献２では、鋼中に多量のＶを添加し、時効処理により析出したＶ炭窒化物が機械加工時に工具面に付着して保護し、工具摩耗の防止に効果のあることを提案している。しかしながら、被削性を確保するためには、多量のＶが必要となり、高合金のため熱間延性が著しく低い。このような鋼を用いた場合、鋳造時に発生する割れや疵と、その後の熱間加工、すなわち素材棒鋼の熱間圧延や、部品の熱間鍛造時の疵発生の問題が生じる。

[0005] 高疲労強度化と被削性を両立させる手段として、疲労強度と引張強さの比、すなわち耐久比（疲労強度／引張強さ）を向上させることが有効である。例えば、特許文献３では、ベイナイト主体の金属組織とし組織中の高炭素島状マルテンサイトおよび残留オーステナイトを低減することが有効であると提案されている。しかしながら、耐久比は高々０．５６以下であり、被削性を低下させることなく、強度を高めるには限界があり、疲労強度はいずれも低い。

[0006] また、例えば、特許文献４では、８００～１０５０℃の温度域での亜熱間鍛造によって成形後、微細フェライトーベイナイト組織とし、その後の時効処理によってＶ炭窒化物を析出することが有効であると提案されている。一般に、高耐久比化を図ると靭性が低下する傾向を示すが、亜熱間鍛造によりフェライトーベイナイト組織を微細化することで靭性が改善される。しかしながら、靭性の必要な機械構造用鋼部品において、その靭性の改善は小さい。また８００～１０５０℃の温度域での亜熱間鍛造では、鍛造負荷が大きく、型の寿命を著しく低下するため工業上、生産が困難である。

[0007] また、例えば、特許文献５、６では、鋼中にＴｉ炭化物やＶ炭化物を析出させて強度を高める方法が提案されている。しかし、Ｔｉが含有されていると、Ｔｉは炭化物より優先的に高温で窒化物となるため、粗大なＴｉ窒化物が生成され、析出強化に寄与しないだけでなく、衝撃値も著しく低下してしまう。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平１－１９８４５０号公報

特許文献2：特開２００４－１６９０５５号公報

特許文献3：特開平４－１７６８４２号公報

特許文献4：特許３３００５１１号公報

特許文献5：特開２０１１－２４１４４１号公報

特許文献6：特開２００９－８４６４８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、通常の熱間鍛造でも、その後の冷却および熱処理で部品内の組織を制御することによって被削性を低下させることなく、疲労強度、靭性を向上させた機械構造用鋼部品、およびその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、熱間鍛造後に、比較的速い冷却速度で冷却することで主体組織を微細なベイナイトとした上で、時効処理にてベイナイト組織中にＶ炭化物を析出させ、そのサイズや分散状態を制御することにより、高シャルピー吸収エネルギーおよび高耐久比を有し、被削性を低下させることなく、疲労強度、靭性を向上させた機械構造用鋼部品を得ることを見出し、本発明を完成した。

[0011] 本発明の要旨は、以下の通りである。

[0012] （１）

質量％で、

Ｃ：０．０５～０．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．００％、

Ｍｎ：０．７５～３．００％、

Ｐ：０．００１～０．０５０％、

Ｓ：０．００１～０．２００％、

Ｖ：０．０５～０．２０％、

Ｃｒ：０．０１～１．００％、

Ａｌ：０．０００１～０．５００％、

Ｎ：０．００８０～０．０２００％

を含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物よりなる鋼からなり、

鋼組織が、面積率で９５％以上がベイナイト組織を含有し、

ベイナイトラスの幅が５μｍ以下であり、

ベイナイト組織中に平均粒径４ｎｍ以上、７ｎｍ以下のＶ炭化物が分散して存在し、

ベイナイト組織中のＶ炭化物の面積率が０．１８％以上である、機械構造用鋼部品。

（２）

さらに、質量％で、

Ｃａ：０．０００３～０．０１００％、

Ｍｇ：０．０００３～０．０１００％、

Ｚｒ：０．０００５～０．１０００％

のうちの１種または２種以上を含有する、（１）に記載の機械構造用鋼部品。

（３）

さらに、質量％で、

Ｍｏ：０．０１～１．００％、

Ｎｂ：０．００１～０．２００％

のうちの１種または２種を含有する、（１）または（２）に記載の機械構造用鋼部品。

（４）

２０℃でのシャルピー吸収エネルギーが８０Ｊ／ｃｍ^{2}以上であり、耐久比が０．６０以上である、（１）に記載の機械構造用鋼部品。

（５）

質量％で、

Ｃ：０．０５～０．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．００％、

Ｍｎ：０．７５～３．００％、

Ｐ：０．００１～０．０５０％、

Ｓ：０．００１～０．２００％、

Ｖ：０．０５～０．２０％、

Ｃｒ：０．０１～１．００％、

Ａｌ：０．００１～０．５００％、

Ｎ：０．００８０～０．０２００％

を含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物よりなる鋼材を、１１００℃以上、１３００℃以下に加熱して熱間鍛造し、

該熱間鍛造後、３００℃までにおける平均冷却速度を３℃／秒以上、１２０℃／秒以下で冷却し、

該冷却後、５５０℃以上、７００℃以下の温度範囲内で時効処理を施す、機械構造用鋼部品の製造方法。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、鋼成分範囲、組織形態および熱処理条件を選択することにより、切削コストを増加することなく、高疲労強度・高靭性の機械構造用鋼部品を提供することが可能となり、産業上極めて効果の大きいものである。

発明を実施するための形態

[0014] 本発明者らは、上述した目的に対し、鋼成分範囲、組織形態、および熱処理条件について鋭意検討し、その結果、以下の（ａ）～（ｄ）を知見した。

[0015] （ａ）面積率で９５％以上のベイナイト組織で、ベイナイトラスの幅が５μｍ以下の微細組織にした上で、時効処理にてベイナイト組織中に微細なＶ炭化物を分散させることによって、従来の非調質鋼より高い耐久比が得られる。時効処理で微細なＶ炭化物が析出することによって、引張強さおよび疲労強度はいずれも上昇する。しかし、時効処理の温度が一定以上高くなると、

Ｖ炭化物が粗大化し引張強さ向上しなくなり、一方、疲労強度は更に上昇する。その結果、時効処理の温度が一定以上高くなると、耐久比が向上する。

[0016] （ｂ）面積率で９５％以上のベイナイト組織で、ベイナイトラスの幅が５μｍ以下の微細組織であれば、２０℃でのＵノッチシャルピー吸収エネルギーが８０Ｊ／ｃｍ^{2}以上、耐久比が０．６０以上の高靭性、高耐久比が得られる。従来の非調質鋼（耐久比は０．４８程度）において、耐久比を０．６０以上に向上させるということは、例えば、引張強さ１１００ＭＰａの場合、引張強さを上げることなく疲労強度を約１３０ＭＰａ以上向上させることを意味する。被削性は引張強さに強く依存する。引張強さを上げることなく、疲労強度だけを向上させることができれば、被削性を低下させることなく疲労強度を向上し、被削性と高疲労強度化が両立される。

[0017] （ｃ）低Ｃ、高ＮおよびＶ添加した鋼材を熱間鍛造成形した後、３００℃までにおける平均冷却速度を３℃／秒以上、１２０℃／秒以下の速度範囲に設定することで、通常の熱間鍛造でも所望の微細なベイナイト組織が得られる。

[0018] （ｄ)鋼中にＴｉが含有されていると、Ｔｉは炭化物より優先的に高温で窒化物となるため、粗大なＴｉ窒化物が生成され、析出強化に寄与しないだけでなく、衝撃値も著しく低下してしまう。それに対して、Ｖはオーステナイト化した時の溶解量が多く、その一部が窒化物となっても、窒化物の量は少なく、溶解したＶのほとんどが、時効処理によってＶ炭化物となって析出し、大きな析出強化量が得られる。

[0019] 本発明は、これらの知見に基づいて、さらに検討を重ねて初めて完成したものである。

[0020] 以下、本発明について詳細に説明する。まず、上述した機械構造用鋼部品の鋼成分範囲の限定理由について説明する。ここで、成分についての「％」は、質量％を意味する。

[0021] Ｃ：０．０５～０．２０％

Ｃは、鋼の強度を決める重要な元素である。部品として十分に強度を得る

ためには、下限は０．０５％とする。他の合金元素に比べて合金コストは安く、Ｃを多量に添加することができれば鋼材の合金コストは低減できる。しかしながら、多量のＣを添加すると、ベイナイト変態時にラスの境界にＣが濃縮した残留オーステナイトや島状マルテンサイトが生成し、靭性や耐久比が低下するため、上限は０．２０％とする。

[0022] Ｓｉ：０．１０～１．００％

Ｓｉは、鋼の強度を高める元素として、また脱酸元素として有効な元素である。これら効果を得るためには、下限は０．１０％とする。またＳｉはフェライト変態を促進する元素であり、１．００％超では、旧オーステナイトの粒界にフェライトが生成し、疲労強度、耐久比が顕著に低下するため、上限は１．００とする。

[0023] Ｍｎ：０．７５～３．００％

Ｍｎは、ベイナイト変態を促進する元素であり、熱間鍛造後の冷却過程で組織をベイナイトとするために重要な元素である。さらにＳと結合して硫化物を形成し、被削性を向上させる効果があり、またオーステナイト粒の成長を抑制し高靭性を維持する効果もある。これら効果を発揮するためには、下限は０．７５％とする。一方、３．００％超のＭｎ量を添加すると素地の硬さが大きくなり脆くなるため、かえって靭性や被削性が顕著に低下する。上限は３．００％とする。

[0024] Ｐ：０．００１～０．０５０％

Ｐは、鋼中に不可避的不純物として通常、０．００１％以上は含有しているため、下限を０．００１％とする。そして、含有されたＰは旧オーステナイトの粒界等に偏析し、靭性を顕著に低下するため、上限は０．０５０％に制限する。好ましくは０．０３０％以下であり、より好ましくは０．０１０％以下である。

[0025] Ｓ：０．００１～０．２００％

Ｓは、Ｍｎと硫化物を形成し、被削性を向上させる効果があり、またオーステナイト粒の成長を抑制し高靭性を維持する効果もある。これら効果を発

揮するためには、下限は０．００１％とする。しかし、Ｍｎ量にも依存するが、多量に添加すると靭性等の機械的性質に異方性が大きくなることから、上限は０．２００％とする。

[0026] Ｖ：０．０５～０．２０％

Ｖは、炭化物を形成し、ベイナイト組織を析出強化し強度、耐久比を高めるのに有効な元素である。この効果を十分に得るには、０．０５％以上の含有量が必要である。一方、０．５０％を超えると、効果は飽和して合金コストがかさむだけでなく、熱間延性が著しく低下するため、素材棒鋼の熱間圧延や、部品の熱間鍛造時の疵発生の問題が生じる。本願発明では、特に、熱間延性や経済性を重視し、Ｖの範囲を、０．０５～０．２０％とする。

[0027] Ｃｒ：０．０１～１．００％

Ｃｒは、ベイナイト変態を促進するのに有効な元素である。その効果を得るには０．０１％以上添加するが、１．００％を超えて添加しても、その効果は飽和して合金コストがかさむだけである。したがって、Ｃｒの含有量は０．０１～１．００％とする。

[0028] ＡＩ：０．００１～０．５００％

ＡＩは、脱酸やオーステナイト粒の成長を抑制し高靭性を維持するのに有効である。さらにＡＩは機械加工時に酸素と結合して工具面に付着し、工具摩耗の防止に効果がある。これら効果を発揮するためには、下限は０．００１％とする。一方、０．５００％超では多量の硬質介在物を形成し靭性、耐久比および被削性のいずれも低下する。したがって、上限は０．５００％とする。

[0029] Ｎ：０．００８０～０．０２００％

Ｎは、Ｖ、ＡＩ等の各種合金元素と窒化物を形成し、オーステナイト粒の成長抑制やベイナイト組織の微細化により強度を高めても高靭性を維持し、さらに高耐久比を得るために重要な元素である。この効果を得るには、下限は０．００８０％とする。一方、０．０２００％を超えると、その効果は飽和する。さらに熱間延性が著しく低下し、素材棒鋼の熱間圧延や部品の熱間

鍛造時の疵発生の問題が生じるため、上限は０．０２００％とする。

[0030] Ｃａ：０．０００３～０．０１００％、Ｍｇ：０．０００３～０．０１００％、Ｚｒ：０．０００５～０．１０００％

本発明では、Ｃａ、Ｍｇ、Ｚｒは必須ではない。これらＣａ：０．０００３～０．０１００％、Ｍｇ：０．０００３～０．０１００％、Ｚｒ：０．０００５～０．１０００％のうちの１種または２種以上を含有しても良い。

[0031] Ｃａ、Ｍｇ、Ｚｒは、いずれも酸化物を形成し、Ｍｎ硫化物の晶出核となりＭｎ硫化物を均一微細分散する効果がある。また、いずれの元素もＭｎ硫化物中に固溶し、その変形能を低下させ、圧延や熱間鍛造後のＭｎ硫化物形状の伸延を抑制し、靭性等の機械的性質の異方性を小さくする効果がある。これら効果を発揮するには、Ｃａ、Ｍｇの下限は０．０００３％とし、Ｚｒの下限は０．０００５％とする。一方、Ｃａ、Ｍｇは０．０１００％を超えると、Ｚｒは０．１０００％を超えると、かえってこれら酸化物や硫化物等の硬質介在物を多量に生成し、靭性、耐久比および被削性は低下する。したがって、Ｃａ、Ｍｇの上限は０．０１００％とし、Ｚｒの上限は０．１０００％とする。

[0032] Ｍｏ：０．０１～１．００％、Ｎｂ：０．００１～０．２００％

本発明では、Ｍｏ、Ｎｂは必須ではない。これらＭｏ：０．０１～１．００％、Ｎｂ：０．００１～０．２００％のうちの１種または２種を含有しても良い。

[0033] Ｍｏ、Ｎｂは、Ｖと同様に、炭化物を形成し、ベイナイト組織を析出強化し強度、耐久比を高めるのに有効な元素である。この効果を得るには、Ｍｏの下限は０．０１％とし、Ｎｂの下限は０．００１％とする。いずれも必要以上に添加しても効果は飽和し合金コストの上昇を招くだけである。したがって、Ｍｏの上限は１．００％とし、Ｎｂの上限は０．２００％とする。

[0034] 次に、本発明の機械構造用鋼部品の鋼組織の限定理由について説明する。

[0035] 面積率で９５％以上のベイナイト組織

組織を面積率で９５％以上のベイナイト組織に規定したのは、主体組織が

ベイナイト組織であれば高靭性、高耐久比を有するものの、その残部組織であるフェライト、残留オーステナイトまたは島状マルテンサイトが面積率で５％以上存在する場合、靭性、耐久比は著しく低下するためである。これら残部組織が少なければ少ないほど、靭性、耐久比は高く、好ましくはベイナイト組織が面積率で９７％以上である。

[0036] ベイナイトラス幅が５μｍ以下

さらに、ベイナイトラスの幅が５μｍ以下に規定されるのは、その幅が５μｍ超では比較的高温で変態したベイナイト組織でラス境界には粗大なセメンタイトが析出し、靭性、耐久比が低いためである。ラス幅が狭いほど、低温で変態したベイナイト組織であり、セメンタイトのサイズも小さくなり、より高靭性、高耐久比を有する。したがって、好ましくはベイナイトラスの幅は３μｍ以下とする。

[0037] ベイナイト組織中に平均粒径４ｎｍ以上、７ｎｍ以下のＶ炭化物が分散して存在

ベイナイト組織中のＶ炭化物の平均粒径を４ｎｍ以上に規定したのは、その平均粒径が４ｎｍ未満では、高い疲労強度を有するが同時に引張強さも高く、耐久比の値としては小さくなり、高疲労強度化と被削性の両立は実現できないからである。また、Ｖ炭化物の平均粒径の上限値を７ｎｍに規定したのは、その平均粒径が７ｎｍ超では、引張強さだけでなく疲労強度も著しく低下し、高疲労強度化を達成できないからである。

[0038] ベイナイト組織中のＶ炭化物の面積率が０．１８％以上

さらに、ベイナイト組織中のＶ炭化物の面積率を０．１８％以上に規定したのは、０．１８％未満では析出強化量が小さく、耐久比が低いためである。

[0039] なお、Ｍｏ、Ｎｂを含有する場合、Ｖ炭化物の他に、ベイナイト組織中に平均粒径４ｎｍ以上、７ｎｍ以下のＭｏ炭化物、Ｎｂ炭化物も分散して存在することとなる。その場合、ベイナイト組織中において、それらＶ炭化物、Ｍｏ炭化物、Ｎｂ炭化物の合計の面積率が０．１８％以上である。

[0040] 次に、本発明の機械構造用鋼部品の製造方法について説明する。

[0041] 先ず、上述した成分組成を含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物よりなる鋼材（棒鋼、鋼板等）を、１１００℃以上、１３００℃以下に加熱して熱間鍛造する。上述した成分組成からなる鋼材を１１００℃以上、１３００℃以下に加熱することを規定したのは、熱間鍛造前の加熱によってＶ、Ｍｏ、Ｎｂを鋼中に十分に溶体化させるためである。ここで溶体化したＶ、Ｍｏ、Ｎｂが、後の時効処理において、Ｖ、Ｍｏ、Ｎｂの炭化物となって、ベイナイト組織中に分散して析出する。加熱温度１１００℃未満では、Ｖ、Ｍｏ、Ｎｂを鋼中に十分に溶体化させることができず、その後の時効処理での析出強化量が小さく、疲労強度、耐久比は低くなる。一方、１３００℃を超えて必要以上に加熱温度を上げることは、オーステナイト粒の成長を促し、その後の冷却過程で変態した組織が粗大となり靭性、耐久比が低下する。したがって、鋼材の加熱温度を１１００℃以上、１３００℃以下とした。

[0042] 熱間鍛造した後、次に、３００℃までにおける平均冷却速度を３℃／秒以上、１２０℃／秒以下で冷却する。３００℃までにおける平均冷却速度を３℃／秒以上、１２０℃／秒以下に規定したのは、面積率で９５％以上のベイナイト組織とし、ベイナイトラスの幅を５μｍ以下とするためである。３００℃未満の温度領域では、本発明で規定するベイナイト率、ベイナイトラス幅が、冷却速度によって変化しないことから、熱間鍛造した後から３００℃までの冷却速度を制限することとした。平均冷却速度が３℃／秒未満では、旧オーステナイト粒界に沿って面積率で５％以上のフェライトが生成し、またベイナイトラスの幅が５μｍ超となり、靭性、疲労強度および耐久比を著しく低下する。一方、平均冷却速度が１２０℃／秒を超えると、ベイナイトラス境界に面積率で５％以上の残留オーステナイトや島状マルテンサイトが生成し、靭性、耐久比（疲労強度／引張強さ）を顕著に低下する。

[0043] 該冷却後、５５０℃以上、７００℃以下の温度範囲内で時効処理を施す。５５０℃以上、７００℃以下で時効処理を施すことを規定したのは、この時効処理でベイナイト組織中に微細なＶ炭化物やＭｏ炭化物、Ｎｂ炭化物を析

出させ、ベイナイト組織を析出強化させることにより高疲労強度、高耐久比を得るためである。時効処理温度が５５０℃未満では、Ｖ炭化物やＭｏ炭化物、Ｎｂ炭化物の析出量が少なく十分な析出強化量が得られず疲労強度、耐久比ともに低いか、もしくは、Ｖ炭化物やＭｏ炭化物、Ｎｂ炭化物が十分析出し高い疲労強度を有するが同時に引張強さも高いため、耐久比が低い。熱処理温度の下限は５５０℃とする。一方、処理温度７００℃を超えると、Ｖ炭化物やＭｏ炭化物、Ｎｂ炭化物が粗大化し、十分な析出強化量が得られず引張強さ、疲労強度ともに低く、高疲労強度化を達成できない。そのため、上限は７００℃とする。上述した規定の温度範囲内では、時効処理の温度が高いほど、耐久比は向上するため、好ましくは６００℃以上であり、より好ましくは６５０℃以上とする。

[0044] なお、本発明によって高疲労強度、高靭性を有する機械構造用鋼部品が得られるが、被削性を十分に確保するためには、引張強さは１２００ＭＰａ以下にすることが望ましい。

実施例

[0045] 本発明を実施例によって以下に説明する。なお、これら実施例は本発明の技術的意義、効果を説明するためのものであり、本発明の範囲を限定するものではない。

[0046] 表１に示す化学組成の鋼を１００ｋｇ真空溶解炉にて溶製した。これを直径５５ｍｍの棒鋼に圧延後、鍛造用試験片を切り出し、表１に示す加熱温度に加熱して熱間鍛造した。熱間鍛造した後、３００℃までの冷却方法は油冷、水冷または空冷を行い、冷却速度を制御し、その後、３００℃未満では空冷とした。平均冷却速度は、熱間鍛造した後の試験片の温度から３００℃を差し引いた値を、熱間鍛造した後３００℃まで冷却するのに要した時間で割って求めた。その後、表１に示す時効温度で、時効処理を施した。なお、表１の下線部は本発明の範囲外条件である。

[0047] これら鍛造材の中央部よりＪＩＳ　Ｚ　２２０１の１４号引張試験片、ＪＩＳ　Ｚ　２２７４の１号回転曲げ疲労試験片、およびＪＩＳ　Ｚ　２２０

２の２ｍｍＵノッチ衝撃試験片を採取し、引張強さ、２０℃シャルピー吸収エネルギー、および疲労強度を求めた。ここで、疲労強度は回転曲げ疲労試験にて10^7回転で破断せず耐久した応力振幅と定義した。また求められた疲労強度と引張強さの比を耐久比（疲労強度／引張強さ）として求めた。

[0048] 鍛造材のＬ方向の１／４厚み部から組織観察用試験片を採取した。ベイナイトの面積率は、試験片を鏡面になるまで研磨後、レペラーエッチングを行い、ベイナイト以外の残部であるフェライト、島状マルテンサイト等の組織を確認し、５００倍の光学顕微鏡写真を各１０視野撮影した後、画像解析により算出した。またベイナイトラスの幅は、試験片を再度、鏡面になるまで研磨後、ナイタールエッチングを行い、５０００倍の走査型電子顕微鏡写真を各１０視野撮影し、各視野１０箇所のラス幅を測定し、その平均値を求めた。炭化物の平均粒径は、試験片を電解研磨法により薄膜に仕上げた後、透過型電子顕微鏡にて、１５０００倍の透過型電子顕微鏡写真を各１０視野撮影し、その中で観察されたＶ、Ｍｏ、Ｎｂの合金炭化物一個一個の面積を画像解析で求め、円相当直径を算出し、その平均値を求めた。また析出物の面積率は、観察面積に占める合金炭化物の全面積から算出した。なお、炭化物の同定は、透過型電子顕微鏡を用いて制限視野電子回折図形の解析やエネルギー分散形Ｘ線分光法による元素分析で行った。

[0049] Ｎｏ．１～２３の本発明例は、いずれも面積率で９５％以上のベイナイト組織で、そのラス幅は５μｍ以下の微細組織であり、時効処理温度が５５０℃以上であるため、平均粒径４．４ｎｍ以上、６．９ｎｍ以下の炭化物が十分析出し、２０℃でのシャルピー吸収エネルギーは９７Ｊ／ｃｍ^{2}以上、耐久比は０．６０以上の高靭性、高耐久比を有する。被削性の確保のために引張強さは１２００ＭＰａ以下ではあるが、同程度の引張強さと比較すると明らかのように、従来例Ｎｏ．３６のフェライトーパーライト非調質鋼より高疲労強度を実現している。

[0050] これに対して、比較例Ｎｏ．２４、２５はＣまたはＳｉの含有量が多く、またＮｏ．３４、３５は規定した鋼組成範囲内ではあるが、平均冷却速度が

規定外で、ベイナイトラス境界にフェライトや残留オーステナイト等の残部の量が多く、またＮｏ．３５ではベイナイトラスの幅が大きく、シャルピー吸収エネルギー、耐久比が低い。Ｎｏ．２６、２８は鋼組成、または熱処理条件が規定外で、十分な析出強化が得られず耐久比が低い。Ｎｏ．２６、２７、３１は必要以上に合金元素が添加され、かえってシャルピー吸収エネルギーが低い。Ｎｏ．２９、３０はＴｉが含有されており、シャルピー吸収エネルギーが低く、さらにＮｏ．３０は十分な析出強化が得られず耐久比が低い。Ｎｏ．３２は多量に微細な炭化物が析出し、高い疲労強度を有するが、その一方で引張強さも高いため、耐久比、シャルピー吸収エネルギーともに低い。Ｎｏ．３３は規定した時効処理温度より高く、炭化物の平均粒径が７ｎｍ超で粗大なため、強度および耐久比が低い。

[0051] これから明らかなように、本発明で規定する条件をすべて満たすものは比較例、従来例より靭性および疲労特性が優れている。

[0052]

［表1］

試験No	区分	C	Si	Mn	P	S	V	Cr	Al	N	Ca	Mg	Zr	Mo	Nb	Ti	加熱温度(℃)	平均冷却速度(℃/秒)	時効温度(℃)	ベイナイト面積率(%)	ベイナイトラス幅(μm)	炭化物平均粒径(μm)	炭化物面積率(%)	シャルピー吸収エネルギー(J/cm²)	引張強さ(MPa)	疲労強度(MPa)	耐久比
1	本発明	0.05	0.39	2.49	0.004	0.032	0.18	0.31	0.048	0.0153							1250	35	650	97	2.2	5.6	0.23	152	987	624	0.63
2	本発明	0.19	0.39	2.39	0.006	0.044	0.18	0.35	0.045	0.0161							1250	39	650	97	2.0	5.4	0.22	150	1112	708	0.64
3	本発明	0.13	0.39	2.49	0.008	0.033	0.19	0.33	0.035	0.0082							1100	28	650	97	3.1	6.3	0.22	182	1014	636	0.63
4	本発明	0.13	0.36	2.36	0.003	0.040	0.19	0.31	0.050	0.0193							1300	39	650	97	2.0	5.5	0.22	110	1075	697	0.65
5	本発明	0.14	0.35	2.36	0.008	0.033	0.07	0.35	0.053	0.0158							1250	39	650	97	2.9	6.0	0.24	185	1014	622	0.61
6	本発明	0.13	0.39	2.47	0.005	0.038	0.20	0.31	0.045	0.0154							1250	36	650	97	2.9	6.4	0.23	130	1080	705	0.65
7	本発明	0.14	0.36	0.78	0.005	0.037	0.18	0.33	0.060	0.0147							1250	27	625	97	2.7	5.5	0.22	220	805	498	0.62
8	本発明	0.13	0.39	2.88	0.007	0.170	0.17	0.33	0.060	0.0169							1250	34	650	97	2.5	5.4	0.21	120	1150	719	0.63
9	本発明	0.14	0.36	2.34	0.004	0.033	0.18	0.02	0.036	0.0157							1250	36	650	97	2.1	6.2	0.23	147	974	637	0.65
10	本発明	0.12	0.39	2.32	0.003	0.032	0.18	0.93	0.039	0.0153							1250	37	650	97	2.2	5.9	0.22	120	1163	760	0.65
11	本発明	0.13	0.94	2.31	0.004	0.033	0.19	0.30	0.046	0.0150							1250	33	650	97	3.0	5.4	0.21	127	1088	696	0.64
12	本発明	0.15	0.40	2.30	0.004	0.030	0.17	0.31	0.420	0.0173							1250	39	650	97	2.4	6.3	0.22	127	1051	688	0.65
13	本発明	0.13	0.38	2.29	0.008	0.039	0.17	0.34	0.033	0.0154							1250	4	650	100	5.0	6.3	0.21	130	1023	661	0.65
14	本発明	0.14	0.38	2.32	0.007	0.043	0.17	0.34	0.057	0.0149							1250	109	650	95	1.4	6.0	0.23	128	1047	684	0.65
15	本発明	0.13	0.37	2.22	0.004	0.042	0.17	0.32	0.045	0.0149	0.0023						1250	38	550	97	2.1	4.4	0.18	97	1173	704	0.60
16	本発明	0.15	0.35	2.37	0.006	0.033	0.19	0.34	0.043	0.0148	0.0028		0.0030				1250	36	680	97	2.0	6.1	0.21	160	1028	675	0.66
17	本発明	0.14	0.37	2.21	0.006	0.032	0.17	0.32	0.034	0.0174		0.0017	0.0034				1250	35	650	97	2.5	6.2	0.22	142	1025	669	0.65
18	本発明	0.14	0.39	2.25	0.006	0.035	0.17	0.32	0.054	0.0151	0.0013	0.0023	0.0028				1250	36	650	97	2.3	5.5	0.22	129	1038	664	0.64
19	本発明	0.14	0.38	2.26	0.003	0.031	0.09	0.34	0.055	0.0171				0.63			1250	29	700	97	2.5	6.9	0.84	103	1097	739	0.67
20	本発明	0.14	0.37	2.50	0.007	0.032	0.10	0.33	0.060	0.0172				0.15	0.16		1250	33	650	97	3.0	5.5	0.53	135	1155	750	0.65
21	本発明	0.12	0.39	2.31	0.004	0.039	0.10	0.33	0.046	0.0146				0.18			1250	39	650	97	2.5	6.2	0.38	143	1084	679	0.63
22	本発明	0.11	0.35	2.30	0.005	0.034	0.12	0.35	0.032	0.0115	0.0021		0.0026	0.23			1250	51	650	98	4.0	6.5	0.41	118	1105	700	0.63
23	本発明	0.13	0.37	2.28	0.003	0.031	0.18	0.32	0.028	0.0105		0.0020		0.16	0.07		1250	28	650	97	2.8	6.1	0.36	131	1091	695	0.64
24	比較例	0.28	0.21	2.05	0.008	0.040	0.09	0.26	0.052	0.0161				0.12			1250	43	650	92	2.6	6.1	0.32	51	1140	670	0.59
25	比較例	0.13	1.12	2.38	0.004	0.033	0.09	0.31	0.030	0.0172					0.05		1250	31	650	91	2.5	5.6	0.19	156	985	568	0.58
26	比較例	0.14	0.39	3.12	0.007	0.213	0.20	0.31	0.032	0.0173							1050	26	650	98	2.7	6.4	0.11	51	1103	605	0.55
27	比較例	0.14	0.38	2.31	0.064	0.032	0.19	0.33	0.053	0.0173	0.0025		0.0025				1250	36	650	97	2.2	5.4	0.22	21	1058	624	0.59
28	比較例	0.12	0.35	2.44	0.006	0.033	0.03	0.31	0.042	0.0163	0.0018	0.0015					1250	40	650	97	2.1	5.6	0.06	198	858	473	0.55
29	比較例	0.15	0.31	2.25	0.005	0.032	0.15	0.37	0.034	0.0156						0.03	1250	35	650	97	2.6	6.0	0.20	45	1035	630	0.61
30	比較例	0.13	0.38	2.31	0.006	0.030	0.02	0.31	0.025	0.0124						0.03	1250	39	650	97	3.0	8.1	0.12	62	987	555	0.56
31	比較例	0.13	0.40	2.24	0.003	0.039	0.18	0.34	0.530	0.0154							1320	44	650	97	1.7	5.5	0.23	75	1012	617	0.61
32	比較例	0.13	0.35	2.48	0.005	0.038	0.17	0.35	0.033	0.0074							1250	39	530	97	1.9	2.7	0.20	28	1204	638	0.53
33	比較例	0.14	0.95	2.44	0.003	0.044	0.18	0.32	0.056	0.0162	0.0015	0.0010	0.0018	0.32	0.02		1250	39	720	97	2.5	7.6	0.57	239	796	469	0.59
34	比較例	0.13	0.35	2.37	0.008	0.045	0.20	0.33	0.054	0.0168							1250	153	650	93	1.9	6.1	0.23	71	1115	647	0.58
35	比較例	0.13	0.37	2.34	0.005	0.037	0.18	0.30	0.042	0.0174							1250	1	650	90	6.2	6.1	0.23	71	1042	593	0.57
36	従来例	0.38	0.82	1.53	0.012	0.056	0.19	0.42	0.029	0.0134							1250	0.6	—	フェライトーパーライト組織		2.0	0.11	32	1089	512	0.47

※下線部は本発明の範囲外条件である。

請求の範囲

[請求項1] 質量％で、

Ｃ：０．０５～０．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．００％、

Ｍｎ：０．７５～３．００％、

Ｐ：０．００１～０．０５０％、

Ｓ：０．００１～０．２００％、

Ｖ：０．０５～０．２０％、

Ｃｒ：０．０１～１．００％、

Ａｌ：０．００１～０．５００％、

Ｎ：０．００８０～０．０２００％

を含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物よりなる鋼からなり、

鋼組織が、面積率で９５％以上がベイナイト組織を含有し、

ベイナイトラスの幅が５μｍ以下であり、

ベイナイト組織中に平均粒径４ｎｍ以上、７ｎｍ以下のＶ炭化物が分散して存在し、

ベイナイト組織中のＶ炭化物の面積率が０．１８％以上である、機械構造用鋼部品。

[請求項2] さらに、質量％で、

Ｃａ：０．０００３～０．０１００％、

Ｍｇ：０．０００３～０．０１００％、

Ｚｒ：０．０００５～０．１０００％

のうちの１種または２種以上を含有する、請求項１に記載の機械構造用鋼部品。

[請求項3] さらに、質量％で、

Ｍｏ：０．０１～１．００％、

Ｎｂ：０．００１～０．２００％

のうちの１種または２種を含有する、請求項１または２に記載の機械

構造用鋼部品。

［請求項4］ ２０℃でのシャルピー吸収エネルギーが８０Ｊ／ｃｍ^{2}以上であり、耐久比が０．６０以上である、請求項１に記載の機械構造用鋼部品。

［請求項5］ 質量％で、

Ｃ：０．０５～０．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．００％、

Ｍｎ：０．７５～３．００％、

Ｐ：０．００１～０．０５０％、

Ｓ：０．００１～０．２００％、

Ｖ：０．０５～０．２０％、

Ｃｒ：０．０１～１．００％、

Ａｌ：０．００１～０．５００％、

Ｎ：０．００８０～０．０２００％

を含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物よりなる鋼材を、１１００℃以上、１３００℃以下に加熱して熱間鍛造し、

該熱間鍛造後、３００℃までにおける平均冷却速度を３℃／秒以上、１２０℃／秒以下で冷却し、

該冷却後、５５０℃以上、７００℃以下の温度範囲内で時効処理を施す、機械構造用鋼部品の製造方法。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/063515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C38/00(2006.01)i, *B21J1/06*(2006.01)i, *C21D8/00*(2006.01)i, *C22C38/60*(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, B21J1/06, C21D8/00-8/12

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 1-116032 A (NKK Corp.), 09 May 1989 (09.05.1989), claim 1; page 4, lower left column, lines 5 to 7; examples & US 4936926 A & US 4952250 A1 & EP 314144 A1 & EP 314145 A1 & DE 3869320 A & DE 3871327 A	1-5
A	JP 7-3385 A (Sanyo Special Steel Co., Ltd.), 06 January 1995 (06.01.1995), claim 1; examples (Family: none)	1-5
A	JP 6-88162 A (Daido Steel Co., Ltd.), 29 March 1994 (29.03.1994), claim 1; examples (Family: none)	1-5

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 13 July, 2012 (13.07.12)	Date of mailing of the international search report 24 July, 2012 (24.07.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/063515

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 2004-169055 A (Aichi Steel Works Ltd.), 17 June 2004 (17.06.2004), claims 1, 4; examples (Family: none)	1-5
A	JP 6-306460 A (Nippon Steel Corp.), 01 November 1994 (01.11.1994), claim 1; examples (Family: none)	1-5
A	JP 2003-147479 A (Nippon Steel Corp.), 21 May 2003 (21.05.2003), claim 1; examples (Family: none)	1-5
A	Hiromasa TAKADA, Yoshiro KOYASU, "Micro-structure and mechanical properties of microalloyed bainite forging steel", Current advances in materials and processes, vol.5, no.6, 1992.09, page 1902	1-5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０６３５１５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C22C38/00(2006.01)i, B21J1/06(2006.01)i, C21D8/00(2006.01)i, C22C38/60(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, B21J1/06, C21D8/00-8/12

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 1-116032 A（日本鋼管株式会社）1989.05.09, 請求項1, 第4頁左下欄第5－7行,実施例 & US 4936926 A1 & US 4952250 A1 & EP 314144 A1 & EP 314145 A1 & DE 3869320 A & DE 3871327 A	１－５
A	JP 7-3385 A（山陽特殊製鋼株式会社）1995.01.06, 請求項1,実施例(ファミリーなし)	１－５
A	JP 6-88162 A（大同特殊鋼株式会社）1994.03.29, 請求項1,実施例(ファミリーなし)	１－５

☑　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	国際調査報告の発送日
１３．０７．２０１２	２４．０７．２０１２

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）　４Ｋ　３４４７
本多　仁
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 2004-169055 A（愛知製鋼株式会社）2004.06.17，請求項1，請求項4，実施例（ファミリーなし）	１－５
A	JP 6-306460 A（新日本製鐵株式会社）1994.11.01，請求項1，実施例（ファミリーなし）	１－５
A	JP 2003-147479 A（新日本製鐵株式会社）2003.05.21，請求項1，実施例（ファミリーなし）	１－５
A	高田啓督、子安善郎，ベイナイト型熱鍛非調質鋼の組織と機械的性質，材料とプロセス，Vol.5 No.6，1992.09，Page.1902	１－５