(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
2010 年 7 月 1 日(01.07.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/074017 A1

(51) 国際特許分類:
C21D 6/00 (2006.01) *C22C 38/52* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/071217

(22) 国際出願日: 2009 年 12 月 21 日(21.12.2009)

(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 2008-329088 2008 年 12 月 25 日(25.12.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立金属株式会社 (HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1058614 東京都港区芝浦一丁目２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): 片岡 公太 (KATAOKA Kouta) [JP/JP]; 〒6928601 島根県安来市安来町２１０７番地２ 日立金属株式会社 冶金研究所内 Shimane (JP). 中津 英司(NAKATSU Hideshi) [JP/JP]; 〒6928601 島根県安来市安来町２１０７番地２ 日立金属株式会社 冶金研究所内 Shimane (JP). 長澤 政幸(NAGASAWA Masayuki) [JP/JP]; 〒6928601 島根県安来市安来町２１０７番地２ 日立金属株式会社 安来工場内 Shimane (JP).

(74) 代理人: 浅村 皓, 外(ASAMURA Kiyoshi et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町２丁目２番１号 新大手町ビル３３１ 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

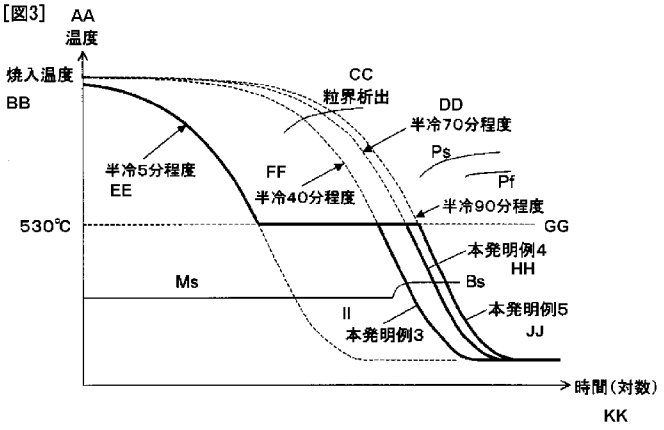
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,

[続葉有]

(54) **Title**: STEEL TEMPERING METHOD

(54) 発明の名称 : 鋼の焼入方法

[図3]



AA Temperature
BB Tempering temperature
CC Grain boundary precipitation
DD About 70 min. to half temperature
EE About 5 min. to half temperature
FF About 40 min. to half temperature
GG About 90 min. to half temperature
HH Example 4
II Example 3
JJ Example 5
KK Time (logarithmic)

(57) **Abstract**: Disclosed is a tempering method to yield hot work tool steel with high toughness. Disclosed is a method for tempering hot work tool steel made from, by mass %, C: 0.32-0.45%, Si: 0.01-0.8% or less, Mn: 0.1-0.8%, Ni: 0-0.8% or less, Cr: 4.5-5.6%, Mo and W, singly or in composition (Mo+1/2W): 2.0-3.5%, V: 0.5-1.0%, Co: 0-2.0%, and the remainder Fe and inevitable impurities, wherein which steel tempering method performs rapid cooling at a fast rate of 80 minutes or less from a 1020-1070°C tempering temperature to 530°C. Preferably, the steel tempering method, after rapid cooling at the fast rate described above, then performs cooling at a slower rate of 60-250 minutes to 150°C.

(57) 要約: 高い靭性を有する熱間工具鋼を得るための焼入方法を提供する。 質量%で、C:０.３２～０.４５%、Ｓｉ:０.０１～０.８%未満、Ｍｎ:０.１～０.８%、Ｎｉ:０～０.８%未満、Ｃｒ:４.５～５.６%、ＭｏおよびＷは単独または複合で(Ｍｏ+１／２Ｗ):２.０～３.５%、Ｖ:０.５～１.０%、Ｃｏ:０～２.０%、残部Ｆｅおよび不可避的不純物からなる熱間工具鋼の焼入方法において、１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを８０分以内の速い速度で急冷する鋼の焼入方法である。 そして好ましくは、上記記載の速い速度で急冷した後には、続く１５０℃までの冷却は６０～２５０分となる遅い速度で冷却する鋼の焼入方法である。

WO 2010/074017 A1

NO, PL, PT, RO, 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)）

— 補正された請求の範囲及び説明書（条約第 19 条(1)）

明　細　書

発明の名称 ： 鋼の焼入方法

技術分野

[0001] 本発明は、プレス金型や鍛造金型、ダイカスト金型、押出工具といった多種の熱間工具に最適な、高い靭性を有する熱間工具鋼を得るための焼入方法に関するものである。

背景技術

[0002] 熱間工具は、高温の被加工材や硬質な被加工材と接触しながら使用されるため、熱疲労や衝撃に耐えうる強度と靭性を兼ね備えている必要がある。そのため、従来熱間工具の分野には、例えばＪＩＳ鋼種であるＳＫＤ６１系の熱間工具鋼が用いられていた。そして最近では、熱間工具を使用して製造される製品の製造時間の短縮や、その複雑形状への成形のためには被加工材が高温化してきていること、そして製品の複数同時加工に伴って金型等の熱間工具も大型化してきていることなどから、熱間工具材料には、更なる高い高温強度と、大型サイズでも内部まで高い靭性を確保できることが求められている。

[0003] そこで、熱間工具鋼の高温強度と靭性を改善するためには、ＳＫＤ６１を基本成分として、さらに焼戻し時の２次硬化に寄与する炭化物を形成する元素を増加させたり、焼入性を高める元素を増加・添加したりして高性能化した改良鋼種が開発されている（特許文献１、２参照）。

[0004] また、熱間工具鋼の靭性を改善することを目的として、焼入冷却時の熱伝達係数を徐々に高めて冷却し、ベイナイト組織およびマルテンサイト組織を微細にする等の、焼入冷却速度を調整した手法が提案されている（特許文献３～５参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第３１９１００８号公報

特許文献2：特開２００８－０９５１８１号公報

特許文献3：特開２００８－０８８５３２号公報

特許文献4：特開２００６－３４２３７７号公報

特許文献5：特開２００５－１７１３０５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献３、４の焼入方法は、ＳＫＤ６１などのベイナイト変態、中でも特に上部ベイナイトのような粗い組織が生じやすい基本鋼種に対してこそ、その基地組織を微細にできる点や、パーライト組織の抑制ができる点で優れる。また、耐摩耗性を向上すべくＷやＭｏを高めたＳＫＤ６１の類似鋼に対しても、結晶粒内組織を微細化する特許文献５の焼入方法は、その靭性の維持に有効である。しかし、上述の特許文献１や２に示すような、更に多くの炭化物形成元素を含む改良鋼種に対しては、その靭性改善の作用効果は確実には発揮され難い。

[0007] つまり、上記の改良鋼種は、元来、焼入性が高く、図１の連続冷却変態線図（ＣＣＴ曲線）に示すようにベイナイト変態がＳＫＤ６１に比べて低温、長時間側へ移行していることから、ＳＫＤ６１ほど低温域での冷却速度を速める必要はない。むしろ問題は、焼入温度から５００℃程度までの間の高温域であって、その冷却中に粒界炭化物が析出および成長しやすく、それらが靭性へおよぼす影響が極めて大きい。よって、ＳＫＤ６１を対象とした特許文献３などの焼入手法を、改良鋼種に適用したとしても、その高温域での冷却速度の検討が不十分であることから、靭性の改善が確実に期待し難い。靭性が低いと、高温強度などの他の特性が優れていたとしても、熱間工具には利用できなくなることも多い。

[0008] そこで本発明の目的は、特許文献１や２に提案されるような、炭化物形成元素を多く含み、高温強度に優れた熱間工具鋼においてこそ、より確実に優れた靭性を達成できる焼入方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者が鋭意研究を行った結果、ＳＫＤ６１とは異なった、上記特定の組成範囲を有した鋼の靭性には、焼入冷却時の粒界炭化物の析出および成長度合いこそが大きく影響することをつきとめた。そして、そのときの機構を解明したことで、最適な焼入条件を明確にでき、本発明に到達した。

[0010] すなわち本発明は、質量%で、Ｃ：０．３２～０．４５%、Ｓｉ：０．０１～０．８%未満、Ｍｎ：０．１～０．８%、Ｎｉ：０～０．８%未満、Ｃｒ：４．５～５．６%、ＭｏおよびWは単独または複合で（Ｍｏ＋１／２Ｗ）：２．０～３．５%、Ｖ：０．５～１．０%、Ｃｏ：０～２．０%、残部Ｆｅおよび不可避的不純物からなる熱間工具鋼の焼入方法において、１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを８０分以内の速い速度で急冷することを特徴とする鋼の焼入方法である。好ましくは、４５分以内の速い速度である。熱間工具鋼の（Ｍｏ＋１／２Ｗ）は２．５%超であることが望ましい。

[0011] そして好ましくは、上述の焼入方法に加えて、１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを上記記載の速い速度で急冷した後には、続く１５０℃までの冷却は６０分以上となる遅い速度で冷却する鋼の焼入方法である。このとき、２５０分以下の速度で冷却することが望ましい。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、炭化物形成元素を多く含み、高温強度に優れた熱間工具鋼に、非常に高いレベルの靭性を具備させることができる。よって、多種熱間の用途・環境に適用が可能な熱間工具鋼の実用化にとって有効な技術となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]ＳＫＤ６１および本発明の対象とする改良鋼種のＣＣＴ曲線と、焼入冷却曲線との関係を示す概念図ある。

[図2]本発明の対象とする改良鋼種のＣＣＴ曲線と、本発明例および比較例の焼入冷却曲線との関係を示す概念図である。

[図3]本発明の対象とする改良鋼種のＣＣＴ曲線と、本発明例の焼入冷却曲線

との関係を示す概念図である。

[図4]本発明の対象とする改良鋼種のＣＣＴ曲線と、本発明例および比較例の焼入冷却曲線との関係を示す概念図である。

[図5]本発明の対象とする改良鋼種（鋼Ａ）に、本発明例および比較例の焼入方法を適用したときの、その焼戻し後の靭性を評価する図である。

[図6]本発明の対象とする改良鋼種（鋼Ｂ）に、本発明例の焼入方法を適用したときの、その焼戻し後の靭性を評価する図である。

[図7]本発明の対象とする改良鋼種（鋼Ｃ）に、本発明例および比較例の焼入方法を適用したときの、その焼戻し後の靭性を評価する図である。

[図8]本発明の対象とする改良鋼種（鋼Ｄ）に、本発明例および比較例の焼入方法を適用したときの、その焼戻し後の靭性を評価する図である。

発明を実施するための形態

[0014] 上述したように、本発明の特徴の１つは、今回の焼入対象とすべき鋼種を、その焼入冷却時に粒界析出が起こりやすく、靭性の低下が著しくなる成分組成を有したものに限定したことにある。すなわち、焼入方法によって靭性に大きな影響を受ける鋼種について、後述の条件が特定された焼入方法を適用すれば、靭性を高いレベルで具備でき、高温強度に代表される、その他の優れた特性を存分に発揮できるようになる。以下、本発明に供される、狭組成域で構成される鋼の成分限定の理由について述べる。

[0015] Ｃは、一部が基地中に固溶して強度を付与し、一部は炭化物を形成することで耐摩耗性や耐焼付き性を高める、熱間工具鋼には重要な必須元素である。また、固溶した侵入型原子であるＣは、Ｃｒなどの Ｃと親和性の大きい置換型原子と共添加した場合、Ｉ（侵入型原子）－Ｓ（置換型原子）効果；溶質原子の引きずり抵抗として作用し高強度化する効果も期待される。ただし、含有量が０．３２質量%未満では工具部材として十分な硬さ、耐摩耗性を確保できなくなる。他方、過度の添加は靭性や熱間強度の低下を招くため上限を０．４５質量%（以下、単に%で記す）とする。好ましくは０．３４%以上および／または０．４２%以下である。さらに好ましくは０．４０%以

下である。

[0016] Ｓｉは、製鋼時の脱酸剤であるとともに被削性を高める元素である。これらの効果を得るためには０．０１％以上の添加が必要であるが、多過ぎるとベイナイト組織を発達させて靭性を低下させる。また、焼入冷却時のベイナイト組織中ではセメンタイト系の炭化物の析出を抑制することにより、間接的に焼戻し時の合金炭化物の析出・凝集・粗大化を促進して高温強度を低下させる。よって、０．８％未満とする。好ましくは０．１％以上および／または０．６％以下である。

[0017] Ｍｎは、焼入性を高め、フェライトの生成を抑制し、適度の焼入れ焼戻し硬さを得る効果がある。また、非金属介在物ＭｎＳとして組織中に存在すれば、被削性の向上に大きな効果がある。これらの効果を得るためには０．１％以上の添加が必要であるが、多過ぎると基地の粘さを上げて被削性を低下させるので０．８％以下とする。好ましくは０．３％以上および／または０．７％以下である。

[0018] Ｎｉは、フェライトの生成を抑制する元素である。また、Ｃ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｍｏ、Ｗなどとともに本発明鋼に優れた焼入性を付与し、緩やかな焼入冷却速度の場合にもベイナイト組織の生成を抑制する効果がある。よって、マルテンサイト主体の組織を形成させ、靭性の低下を防ぐためには有効である。さらに、基地の本質的な靭性改善効果を与えることから、添加の好ましい元素である。Ｎｉの添加は任意であるが、多過ぎると基地の粘さを上げて被削性を低下させたり、高温強度を低下させたりするので、０．８％未満とする必要がある。好ましくは０．５％以下である。

[0019] Ｃｒは、焼入性を高め、また、炭化物を形成して基地の強化や耐摩耗性を向上させる効果を有する元素である。そして、焼戻し軟化抵抗および高温強度の向上にも寄与する、本発明の熱間工具鋼には必須の元素である。これらの効果を得るため４．５％以上を添加する必要がある。ただし、過度の添加は返って焼入性や高温強度の低下を招くため、上限を５．６％とする。好ましくは４．９％以上および／または５．４％以下である。

[0020] ＭｏおよびWは、焼入性を高めるとともに、焼戻しにより微細炭化物を析出させて強度を付与し、軟化抵抗を向上させるために、単独または複合で添加できる。このとき、WはＭｏの約２倍の原子量であることから、これらの添加量は（Ｍｏ＋１／２Ｗ）で規定することができる。そして、前記した効果を得るためには（Ｍｏ＋１／２Ｗ）で２．０%以上の添加が必要である。多過ぎると被削性の低下や、後述の粒界炭化物の析出・成長の促進および量の増加による靭性の低下を招くので、（Ｍｏ＋１／２Ｗ）で３．５%以下とする。好ましくは（Ｍｏ＋１／２Ｗ）で２．２%以上および／または３．０%以下である。そして、炭化物形成元素を多く含んだ熱間工具鋼を対象とすることに意味がある点では、上記のＣｒに同様、（Ｍｏ＋１／２Ｗ）の下限も２．５%超に限定すること、さらには２．６%以上に限定することが望ましい。

[0021] Ｖは、炭化物を形成し、基地の強化や耐摩耗性を向上させる効果を有する。また、焼戻し軟化抵抗を高めるとともに結晶粒の粗大化を抑制し、靭性の向上に寄与する。この効果を得るためには０．５%以上を添加する必要があるが、多過ぎると、ＭｏやWと同様、被削性や靭性の低下を招くので１．０%以下とする。好ましくは０．５５%以上および／または０．８５%以下である。

[0022] Ｃｏは、工具使用中の昇温時に極めて緻密で密着性の良い保護酸化被膜を形成する。これにより、相手材との間の金属接触を防いで、金型表面の温度上昇を防ぐとともに優れた耐摩耗性をもたらすため、添加の好ましい元素である。Ｃｏの添加は任意であるが、多過ぎると靭性を低下させるので上限を２．０%以下とする。好ましくは、１．０%以下である。

[0023] 不可避的不純物としては、残留する可能性のある主な元素は、Ｐ、Ｓ、Ｃｕ、Ａｌ、Ｃａ、Ｍｇ、Ｏ、Ｎ等である。本発明の作用効果を最大限に達成するためには、これらはできるだけ低い方が望ましいが、一方では、介在物の形態制御や、その他の機械的特性、あるいは製造効率の向上などの、付加的な作用効果を得る目的のもとでは、多少の含有および／または添加するこ

ともできる。この場合、Ｐ≦０．０３%、Ｓ≦０．０１%、Ｃｕ≦０．２５%、ＡｌＩ≦０．０２５%、Ｃａ≦０．０１%、Ｍｇ≦０．０１%、Ｏ≦０．０１%、Ｎ≦０．０３%であれば、本発明の焼入方法で得られる熱間工具鋼の靭性には特に大きな影響を及ぼさないと考えられるので、この範囲であれば許容でき、好ましい規制上限である。

[0024] そして、本発明の最大の特徴こそが、上述の成分組成の改良鋼に固有の熱処理特性に応じて見いだされた、該改良鋼のための焼入方法である。つまり、従来のＳＫＤ６１とは成分組成の異なる上記の改良鋼にとっては、その靭性に影響を及ぼす「焼入組織的要因」もＳＫＤ６１とは異なる。だからこそ、その焼入組織的要因を研究することで、本発明の成分範囲鋼（以下、改良鋼とも記す）に対して、最適な焼入方法を特定することが必要であった。すなわちそれが、上記の成分組成を満たす熱間工具鋼を、１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを８０分以内の速い速度で急冷することを特徴とする鋼の焼入方法である。好ましくは６０分以内、さらには４５分以内である。そして、この速い速度で急冷した後には、続く１５０℃までの冷却は６０分以上となる遅い速度で冷却することが好ましい焼入方法である。より好ましくは８０分以上である。

[0025] 熱間工具鋼を焼入れする場合、１０ｍｍ角程度の小ブロックサイズで油焼入れするのであれば、それはマルテンサイトの単一組織が得られ、靭性はその鋼の最も高いレベルを示すであろう。しかし、実用鋼となれば、焼入れする鋼のサイズが大きくなるなどによって焼入冷却速度は遅くなるとともに、その焼入温度から通常６００℃程度までの高温域ではオーステナイト粒界に炭化物が析出および成長し、通常５００℃程度以下の低温域ではベイナイト組織が形成され、靭性のレベルが低下する。これについては、本発明の対象とする特別な改良鋼であっても、その図１のＣＣＴ曲線の通り、同様である。よって、本発明の焼入方法は、その冷却管理を高温域と低温域に別けて行うものとした。

[0026] そして上記に従っては、その高温域および低温域の具体的な冷却条件を検

討することになるが、本発明の作用効果を最大かつ再現性よく達成するためには、その条件は簡便であって、取扱いが容易であることが望ましい。つまり、冷却中に通過する“一点”の温度を基準とした冷却速度の管理にあっては、その基準温度を境界とした上下冷却域の個々で必要な冷却条件は制御が容易なものに設定できる「最適な基準温度」の特定である。そして、本発明の改良鋼の場合、この基準温度が５３０℃である。

[0027] そして、焼入性や高温強度を高めるために合金元素量をＳＫＤ６１よりも高めている本発明の改良鋼は、高温域での粒界炭化物の析出・成長が速くかつ多くなり、靭性低下に及ぼす影響が大きい（前出の図１を参照）。よって、該改良鋼を焼入れの対象とする本発明においては、１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までの高温域こそを速い速度で急冷しなくてはならない。それが具体的には８０分以内の速い速度である。好ましくは６０分以内、そして４５分以内、さらに好ましくは３０分以内の速い速度で急冷するものとする。

[0028] 次に、本発明の改良鋼は５３０℃以下の低温域ではマルテンサイト変態やベイナイト変態が生じる。よって、高温域では上記した本発明の速い冷却速度のままで、これらの変態域に突入すると、素材表面側と内部で大きな温度差が生じて、変態が生じるタイミングも素材表面側と内部で大きくずれることとなり、結果、大きな応力が発生して変形や割れの原因となる場合がある。また、上述の改良鋼は、焼入性に優れ、靭性を大きく低下させるような粗いベイナイト組織は形成され難い成分設計となっているため、低温域では極端に速い冷却速度は必要としない。

[0029] したがって、上述の高温域を速い速度で急冷した後には、それ以降の冷却は、上述の問題が発生し難い遅い速度で冷却することが好ましい。そして、このときの冷却は、マルテンサイト変態やベイナイト変態がほぼ完了して素材内外での変態時期のずれによる大きな応力発生の問題が解消される１５０℃までであれば十分である。具体的には５３０℃から１５０℃までの冷却に要する時間が６０分以上の遅い冷却速度である。より好ましくは８０分以上

である。

[0030] しかしそれであっても、冷却速度が遅すぎると、粗いベイナイト組織が形成される懸念があるので、低温域の冷却時間の上限も決めておくことが望ましい。この場合、５３０℃から１５０℃までの冷却に要する時間が２５０分となる速度より速ければ、靭性を大きく低下させるような粗いベイナイト組織形成の懸念防止に有効である。

[0031] 本発明では、例えば上記の基準温度および、該基準温度を挟んだ上下各２０℃の温度域においては、その高温域から低温域に亘る冷却過程で冷却速度を調整するための「等温保持」が許容される。この際の等温保持温度や時間等の条件は、本発明の冷却条件そのものによる作用効果に極力影響を及ぼさない範囲（つまり、焼入対象鋼にとっては相変態の起こり難い範囲）で設定することが望ましい。等温保持時間は、本発明の各冷却に要した時間には加えない。

実施例

[0032] 表１に、今回の実施例で用いた熱間工具鋼の化学成分を示す。つまり、表１の熱間工具鋼は、いずれも本発明の成分範囲内にある“公知の”改良鋼であって、本発明の焼入方法による靭性向上効果を評価するには最適な試料である。これら試料（鋼Ａ～Ｄ）のＣＣＴ曲線は図２の通りである。

[0033] [表1]

（質量%）

試料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
鋼A	0.360	0.24	0.56	0.010	0.0001	0.55	5.20	2.14
鋼B	0.367	0.45	0.61	0.010	0.0006	0.05	5.28	2.68
鋼C	0.380	0.06	0.71	0.007	0.0024	<0.01	5.37	3.02
鋼D	0.377	0.56	0.63	0.007	0.0023	0.01	5.19	2.72

W	V	Co	Cu	Al	N	O	Fe※
<0.01	0.83	0.56	0.03	0.001	0.0240	0.0012	残部
<0.01	0.57	0.01	0.04	0.018	0.0156	0.0009	残部
<0.01	0.77	<0.01	0.01	0.014	0.0016	0.0037	残部
<0.01	0.60	<0.01	<0.01	0.009	0.0014	0.0032	残部

※不純物を含む

[0034] これらの素材には、鋼Ａは４０トン、鋼Ｂは１５トンのアーク溶解炉で一次溶解して造塊した電極を、エレクトロスラグ再溶解して製造した鋼塊を準備した。そして、この鋼塊に１２００℃以上の所定の温度で均質化熱処理を施した後、熱間鍛造と焼なまし処理を繰り返しておよそ１５０ｍｍ厚さ×５００ｍｍ幅の鋼材とした。そして、８６０℃で焼なまし処理した後に、鍛造後の厚さ方向が試験片の長手方向となるよう、その鋼材からシャルピー衝撃試験片サイズよりも一辺が約１ｍｍ大きいサイズの試験片粗加工材を採取して、これに１０３０℃の焼入処理を行った。

[0035] 鋼Ｃ、Ｄの素材には、真空誘導溶解炉にて１０ｋｇずつ溶解して製造した鋼塊を準備した。そして、この鋼塊に１２００℃以上の所定の温度で均質化熱処理を施した後、熱間鍛造することで３０ｍｍ厚さ×６０ｍｍ幅の鋼材とした。そして、８６０℃で焼なまし処理した後に、鍛造後の幅方向が試験片の長手方向となるよう、その鋼材からシャルピー衝撃試験片サイズよりも一辺が約１ｍｍ大きいサイズの試験片粗加工材を採取して、これに１０３０℃の焼入処理を行った。

[0036] 上記の焼入れは、表２に示す方法で行った。焼入冷媒には所定の圧力の窒素ガス、大気から選択して用いた（いずれの焼入冷媒も約３０℃の室温環境であった）。本発明例３～５においては、その高温域と低温域の冷却速度を調整するために、５３０℃で１時間前後の等温保持を行った（焼入冷却曲線は図３の通り）。鋼Ａ～Ｄにとって該温度は相変態の起こらない温度域（ＣＣＴ曲線図における入り江）であるため、表２の各冷却に要した時間には加えない。

[0037]

[表2]

試料		１０３０℃から、５３０℃までの冷却に要した時間（分）	５３０℃から１５０℃までの冷却に要した時間（分）	焼入冷却曲線
本発明例１	鋼Ａ	３	６	図２
	鋼Ｂ	３	６	
	鋼Ｃ	３	６	
	鋼Ｄ	２	６	
本発明例２	鋼Ａ	４３	８９	
	鋼Ｃ	３９	８８	
	鋼Ｄ	３９	８８	
比較例１	鋼Ａ	９０	１８５	
本発明例３	鋼Ａ	５	９１	図３
本発明例４	鋼Ｂ	５	１４４	
本発明例５	鋼Ａ	５	２００	
本発明例６	鋼Ａ	４０	１１	図４
	鋼Ｂ	４２	１１	
比較例２	鋼Ａ	９５	８	
	鋼Ｃ	９５	６	
	鋼Ｄ	９５	６	

[0038] 実際の焼入作業においては、その焼入中にある対象物の温度変化は、焼入温度と焼入冷媒温度を必須因子とした下式で定義される自然放冷曲線におおむね従い、極端に遅い場合を除いて等速冷却にはならない。そこで、本発明では下式の自然放冷曲線を基にして、焼入温度から５３０℃までを冷却するために必要な時間を、半冷時間とも呼んで冷却速度を区別する。例えば半冷時間が４０分の時は、単に半冷４０分と呼ぶ。

[0039] 自然放冷曲線の式

$$T=(Te-Tr)\times exp(-t/C)+Tr$$

ここで、Ｔｅ；初期温度（焼入温度）、Ｔｒ；焼入冷媒の温度、

ｔ；時間、Ｃ；定数、Ｔ；時間ｔにおける温度

[0040] 図３の焼入方法については、本発明例３を例に挙げて詳細に説明しておく

。まず試験片を、１０３０℃から５３０℃までを半冷５分程度で急冷した後、これを５３０℃の炉で３５分間等温保持した（本発明例４は約６５分間保持、本発明例５は約８５分間保持）。そして、この保持以降の冷却域（すなわち、ベイナイト変態域）は、大気中で、半冷時間が４０分となる自然放冷曲線に従った遅い速度（つまり、図２に示す「半冷４０分程度」の焼入冷却曲線）で冷却した。

[0041] 一方、図４の焼入方法の詳細を本発明例６を例に挙げて説明すると、それは１０３０℃から５３０℃までは半冷時間が４０分の自然放冷曲線に従った速度で冷却して、それ以降の低温域は、加圧ガスにより、半冷時間が５分程度になる自然放冷曲線に従った速度で急冷した。

[0042] 次に、上記の焼入処理した試験片粗加工材を種々の温度で焼戻し処理して、４０～５０ＨＲＣの狙い硬さに調質した。そして、鋼Ａ、Ｂについては、その鍛造後の鋼材における幅方向にシャルピー試験片のノッチ方向が一致するようにし（すなわち、ＡＳＴＭ　Ｅ３９９－９０におけるＳ－Ｔ方向）、また鋼Ｃ、Ｄについては、同長さ方向にシャルピー試験片のノッチ方向が一致するようにして（すなわち、同Ｔ－Ｌ方向）、２ｍｍＵノッチシャルピー衝撃試験片を加工作製した。

[0043] 本発明例および比較例の、室温（２２～２６℃）でのシャルピー衝撃試験結果を、鋼毎に別けて、図５（鋼Ａ）、図６（鋼Ｂ）、図７（鋼Ｃ）および図８（鋼Ｄ）に示す。本発明の焼入対象とする、炭化物形成元素を多く含んだ改良鋼にとっては、その高温域においての粒界析出を抑えるように焼入れした本発明例の衝撃値は、高温域を本発明の範囲から外れるほど遅く冷却した比較例の衝撃値と比べて、かなり高いことがわかる。

産業上の利用可能性

[0044] 本発明の焼入方法であれば、炭化物形成元素を多く含んだ熱間工具鋼の靭性を高位維持させることができる。よって、プレス金型や鍛造金型、ダイカスト金型、押出工具といった多種の熱間工具への適用はもちろんのこと、使用温度域が高く、さらなる高温強度が要求される大型の熱間工具であっても

、その内部にまで高い靭性を付与することが可能である。

請求の範囲

[請求項1] 質量%で、Ｃ：０．３２～０．４５%、Ｓｉ：０．０１～０．８%未満、Ｍｎ：０．１～０．８%、Ｎｉ：０～０．８%未満、Ｃｒ：４．５～５．６%、ＭｏおよびWは単独または複合で（Ｍｏ＋１／２Ｗ）：２．０～３．５%、Ｖ：０．５～１．０%、Ｃｏ：０～２．０%、残部Ｆｅおよび不可避的不純物からなる熱間工具鋼の焼入方法において、

１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを８０分以内の速い速度で急冷することを特徴とする鋼の焼入方法。

[請求項2] 質量%で、熱間工具鋼の（Ｍｏ＋１／２Ｗ）を２．５%超とすることを特徴とする請求項１に記載の鋼の焼入方法。

[請求項3] １０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを４５分以内の速い速度で急冷することを特徴とする請求項１または２に記載の鋼の焼入方法。

[請求項4] １０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを上記記載の速い速度で急冷した後には、続く１５０℃までの冷却は６０分以上となる遅い速度で冷却することを特徴とする請求項１ないし３のいずれかに記載の鋼の焼入方法。

[請求項5] 続く１５０℃までの冷却は２５０分以下の速度で冷却することを特徴とする請求項４に記載の鋼の焼入方法。

補正された請求の範囲
[2010年5月20日(20.05.2010)国際事務局受理]

[請求項1] （補正後） 質量%で、Ｃ：０．３２～０．４５%、Ｓｉ：０．０１～０．８%未満、Ｍｎ：０．１～０．８%、Ｎｉ：０～０．８%未満、Ｃｒ：４．５～５．６%、ＭｏおよびWは単独または複合で（Ｍｏ＋１／２Ｗ）：２．０～３．５%、Ｖ：０．５～１．０%、Ｃｏ：０～２．０%、残部Ｆｅおよび不可避的不純物からなる熱間工具鋼の焼入方法において、

１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを８０分以内の速い速度で急冷し、続く１５０℃までの冷却は６０分以上となる遅い速度で冷却することを特徴とする鋼の焼入方法。

[請求項2] 質量%で、熱間工具鋼の（Ｍｏ＋１／２Ｗ）を２．５%超とすることを特徴とする請求項１に記載の鋼の焼入方法。

[請求項3] １０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを４５分以内の速い速度で急冷することを特徴とする請求項１または２に記載の鋼の焼入方法。

[請求項4] （削除）

[請求項5] （補正後） 続く１５０℃までの冷却は２５０分以下の速度で冷却することを特徴とする請求項１ないし３のいずれかに記載の鋼の焼入方法。

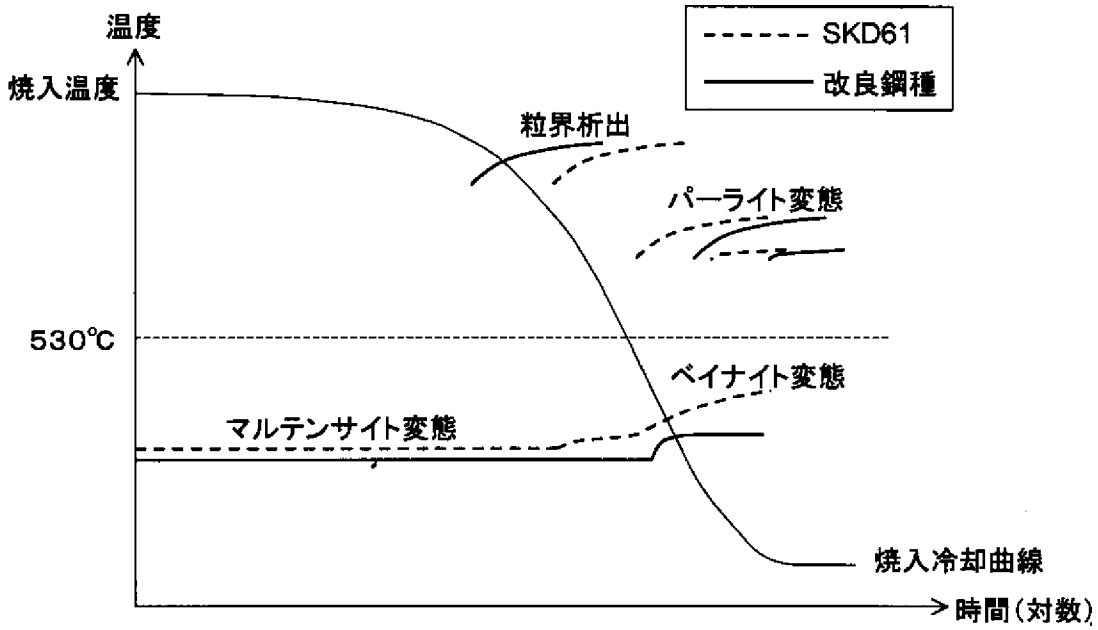
ＰＣＴ１９条(１)の規定に基づく説明書

補正後の請求項１は、補正前の請求項１に補正前の請求項４を併合したものであり、それによって、所定の組成を有する熱間工具鋼の焼入方法において、１０２０～１０７０℃の焼入温度から５３０℃までを８０分以内の速い速度で急冷する段階と、続く１５０℃までの冷却を６０分以上となる遅い速度で冷却する段階とを含むことを明確にした。

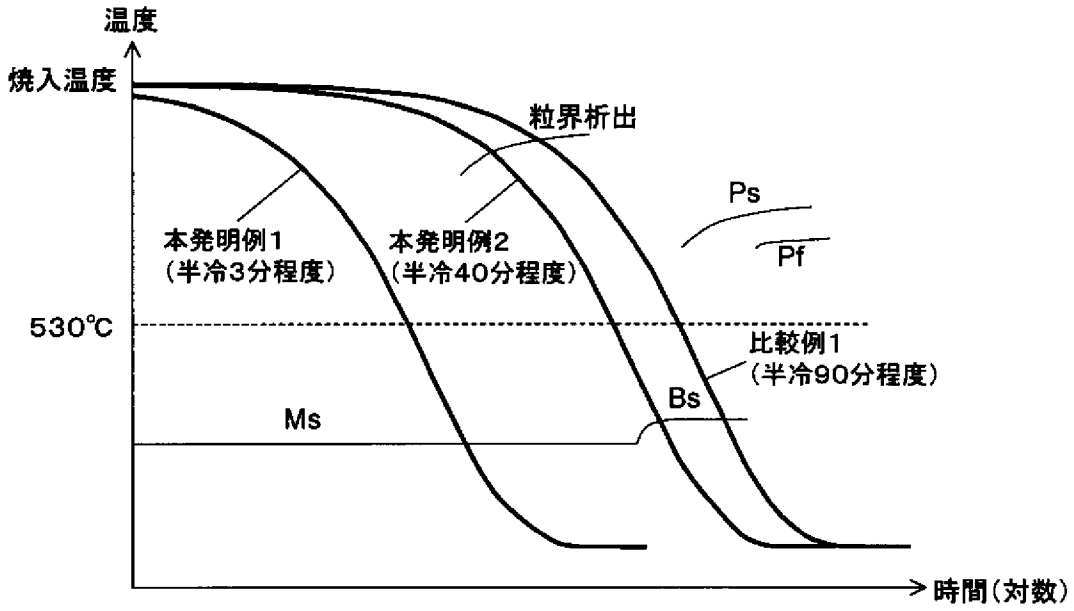
上述の補正に伴い、補正前の請求項４項は削除した。

また上述の補正に伴い、補正後の請求項５は、従属先の請求項を変更した。

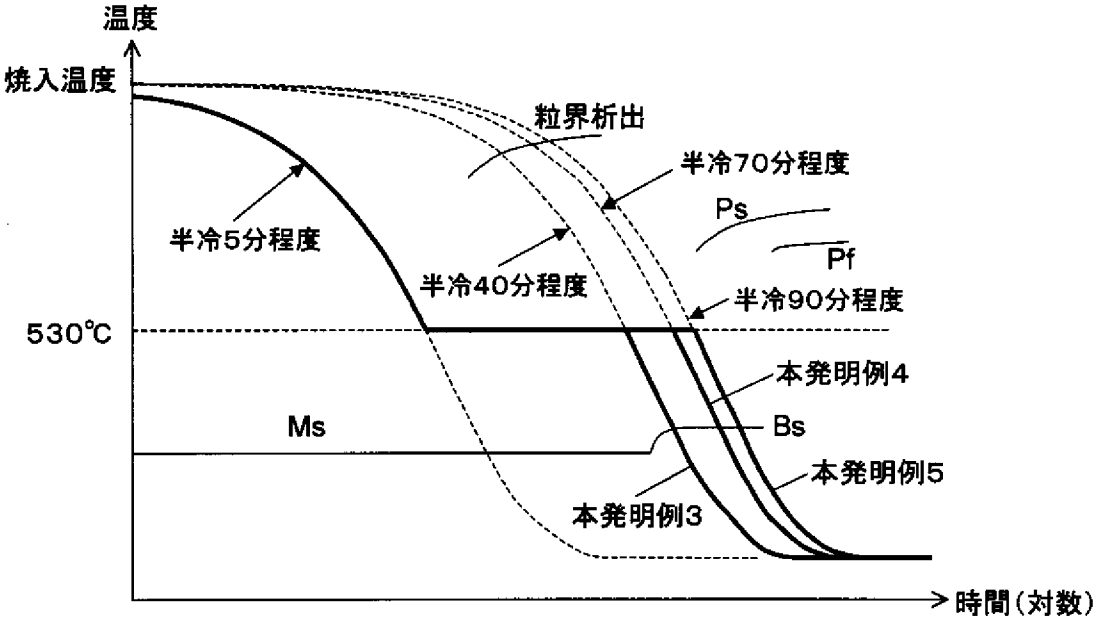
[図1]


温度
焼入温度
SKD61
改良鋼種
粒界析出
パーライト変態
530℃
ベイナイト変態
マルテンサイト変態
焼入冷却曲線
時間(対数)

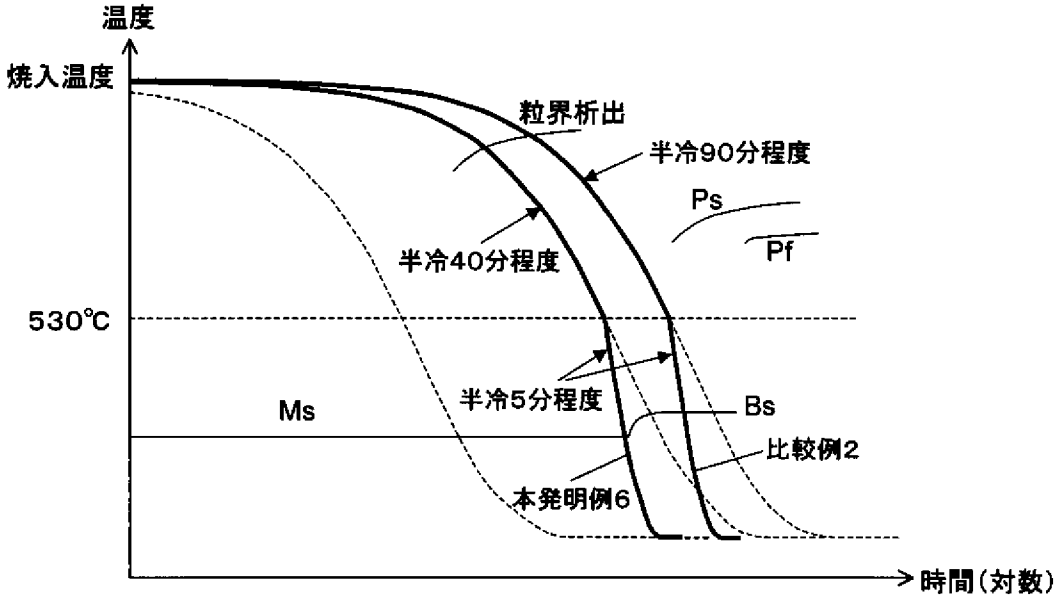
[図2]


温度
焼入温度
粒界析出
Ps
Pf
本発明例1
(半冷3分程度)
本発明例2
(半冷40分程度)
530℃
比較例1
(半冷90分程度)
Bs
Ms
時間(対数)

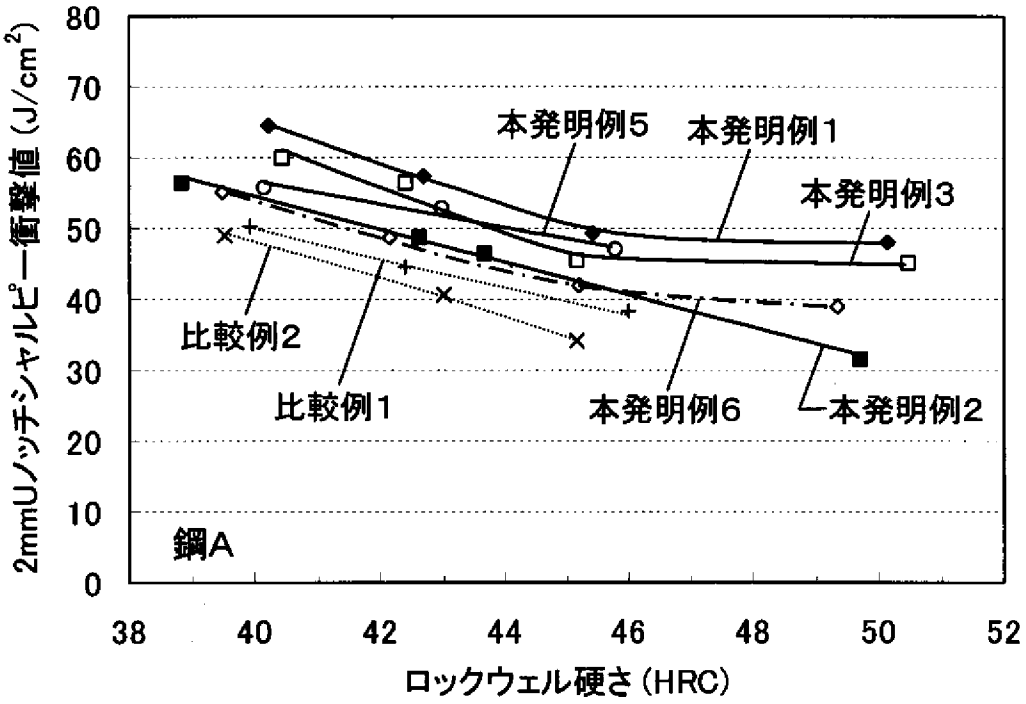
[図3]


温度
焼入温度
粒界析出
半冷70分程度
Ps
Pf
半冷5分程度
半冷40分程度
半冷90分程度
530℃
本発明例4
Ms
Bs
本発明例5
本発明例3
時間(対数)

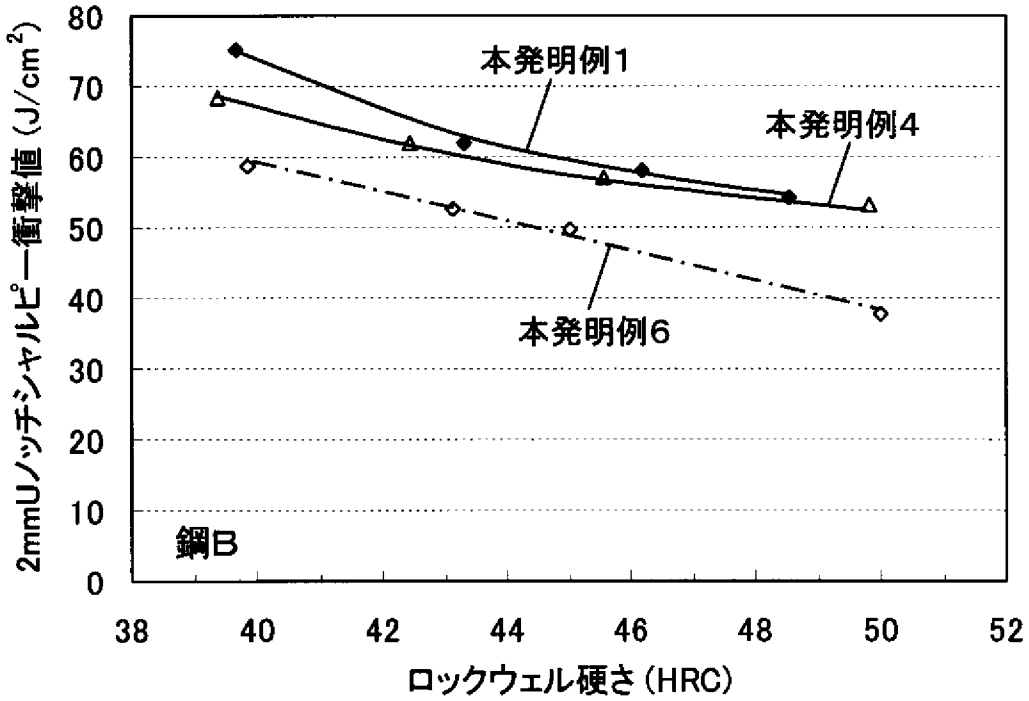
[図4]


温度
焼入温度
粒界析出
半冷90分程度
Ps
Pf
半冷40分程度
530℃
半冷5分程度
Ms
Bs
比較例2
本発明例6
時間(対数)

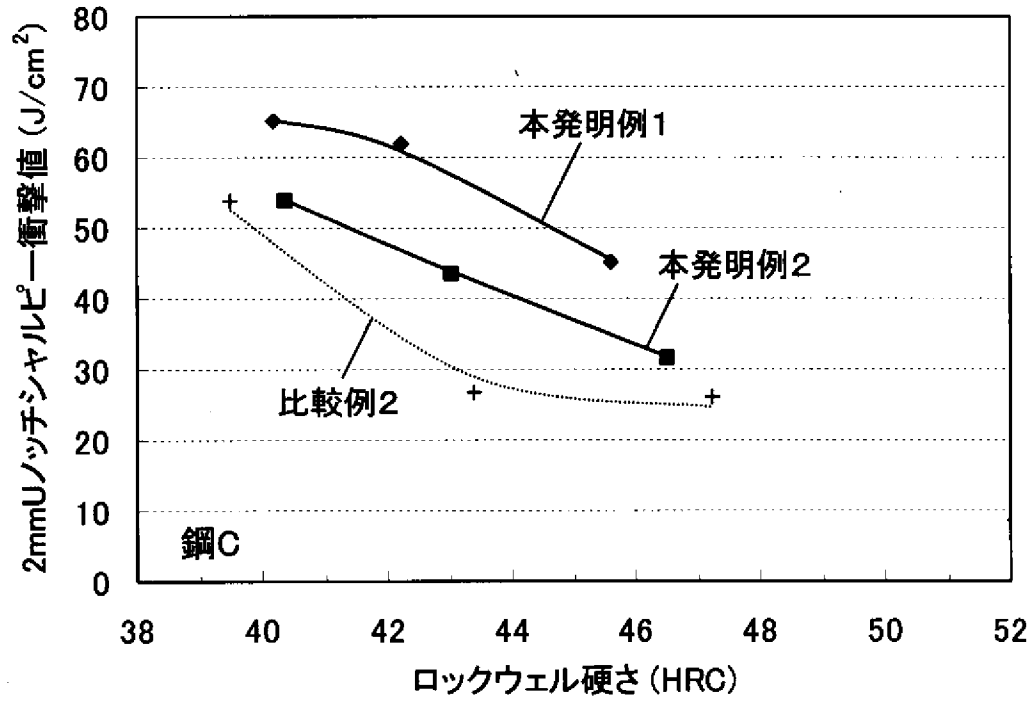
[図5]


2mmUノッチシャルピー衝撃値 (J/cm²)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
38
40
42
44
46
48
50
52
ロックウェル硬さ (HRC)
本発明例5
本発明例1
本発明例3
比較例2
比較例1
本発明例6
本発明例2
鋼A

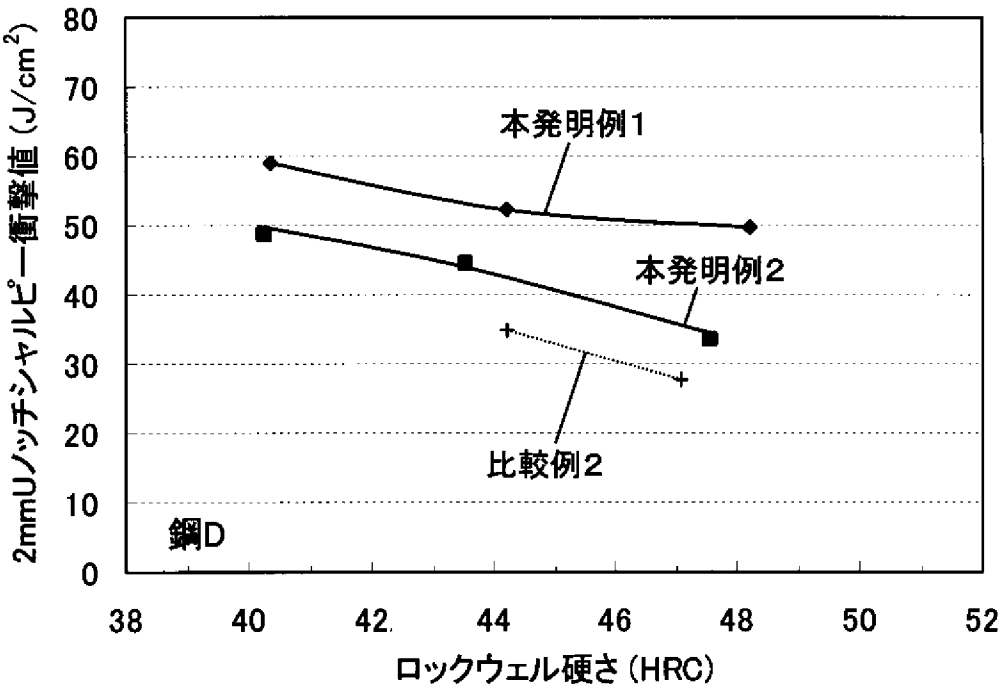
[図6]


2mmUノッチシャルピー衝撃値 (J/cm²)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
38
40
42
44
46
48
50
52
ロックウェル硬さ (HRC)
本発明例1
本発明例4
本発明例6
鋼B

[図7]


2mmUノッチシャルピー衝撃値 (J/cm²)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
本発明例1
本発明例2
比較例2
鋼C
38
40
42
44
46
48
50
52
ロックウェル硬さ (HRC)

[図8]


2mmUノッチシャルピー衝撃値 (J/cm²)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
本発明例1
本発明例2
比較例2
鋼D
38
40
42
44
46
48
50
52
ロックウェル硬さ (HRC)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/071217

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C21D6/00(2006.01)i, *C22C38/00*(2006.01)i, *C22C38/52*(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)
C21D6/00-6/04, C22C38/00-38/60

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 1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

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 2008-95181 A (Hitachi Metals, Ltd.), 24 April 2008 (24.04.2008), claims; paragraphs [0001], [0019] to [0026] & EP 2065483 A1 & WO 2008/032816 A1 & KR 10-2009-0043556 A & CN 101517114 A	1-5
X A	JP 2008-95190 A (Hitachi Metals, Ltd.), 24 April 2008 (24.04.2008), claims; paragraphs [0001], [0027] to [0036] & EP 2065483 A1 & WO 2008/032816 A1 & KR 10-2009-0043556 A & CN 101517114 A	1-4 5
X A	JP 4-308059 A (Hitachi Metals, Ltd.), 30 October 1992 (30.10.1992), claims; paragraphs [0001], [0008], [0010], [0011]; table 1 (Family: none)	1-3 4,5

☒ 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	Date of mailing of the international search report
18 March, 2010 (18.03.10)	30 March, 2010 (30.03.10)
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/JP2009/071217

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-104519 A (Daido Steel Co., Ltd.), 20 April 2006 (20.04.2006), claims; paragraphs [0001], [0037] to [0042] (Family: none)	1-3
A	JP 2007-308784 A (Daido Steel Co., Ltd.), 29 November 2007 (29.11.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０７１２１７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C21D6/00(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/52(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.　C21D6/00-6/04, C22C38/00-38/60

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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
X	JP 2008-95181 A（日立金属株式会社）2008.04.24, 【特許請求の範囲】、【０００１】、【００１９】－【００２６】 & EP 2065483 A1 & WO 2008/032816 A1 & KR 10-2009-0043556 A & CN 101517114 A	1-5
X A	JP 2008-95190 A（日立金属株式会社）2008.04.24, 【特許請求の範囲】、【０００１】、【００２７】－【００３６】 & EP 2065483 A1 & WO 2008/032816 A1 & KR 10-2009-0043556 A & CN 101517114 A	1-4 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
１８．０３．２０１０	３０．０３．２０１０

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　４０３７
佐藤　陽一
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
X A	JP 4-308059 A（日立金属株式会社）1992.10.30, 【特許請求の範囲】、【０００１】、【０００８】、【００１０】、【００１１】、【表１】（ファミリーなし）	1-3 4,5
X	JP 2006-104519 A（大同特殊鋼株式会社）2006.04.20, 【特許請求の範囲】、【０００１】、【００３７】－【００４２】 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2007-308784 A（大同特殊鋼株式会社）2007.11.29, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5