

(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
2011 年 8 月 25 日(25.08.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/102402 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) C21D 6/00 (2006.01)
B29C 33/38 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/053327
- (22) 国際出願日: 2011 年 2 月 17 日(17.02.2011)
- (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 2010-033322 2010 年 2 月 18 日(18.02.2010) 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): 菅野 隆一朗 (SUGANO Ryuuchiroh) [JP/JP]; 〒6928601 島根県安来市安来町 2 1 0 7 番地 2 日立金属株式会社 安来工場内 Shimane (JP). 中津 英司 (NAKATSU Hideshi) [JP/JP]; 〒6928601 島根県安来

市安来町 2 1 0 7 番地 2 日立金属株式会社
安来工場内 Shimane (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, 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, 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 (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).

[続葉有]

(54) Title: STEEL FOR MOLDS WITH EXCELLENT HOLE PROCESSABILITY AND REDUCED PROCESSING DEFORMATION, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼およびその製造方法

[図1]



50μm

(57) Abstract: Provided is steel for molds that has excellent cuttability, that particularly allows small-diameter holes to be formed therein, and in which deformation due to processing has been reduced. Also provided is a method for producing the steel for molds. The disclosed steel for molds has a composition comprising, in mass%: 0.15-0.30% of C; 1.0% or less of Si; 2.0% or less of Mn; 0.6-1.5% of Ni; greater than 1.0% to 2.0% of Cr; 1.2% or less of Mo or W alone, or Mo+1/2W in combination; 0.03-0.15% of V; 0.1% to less than 0.5% of Cu; 0.05% or less of S; 0.1% or less of Al; 0.06% or less of N; 0.005% or less of O; and Fe and inevitable impurities as the remainder. In said steel, the value found from formula (1), [%Ni]+1.2[%Cu], is from 0.70 to 1.80 in mass%, and the sectional structure includes 50 area% or more of lower bainite. The steel has a hardness of 34 to 45 HRC. The disclosed method for producing the steel for molds involves adjusting said sectional structure and said hardness by quenching and by tempering at 570°C or higher.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

優れた被切削性、特に小径孔加工に対応でき、加工歪の低減も達成した金型用鋼と、その製造方法を提供する。質量%で、C: 0.15~0.30%、Si: 1.0%以下、Mn: 2.0%以下、Ni: 0.6~1.5%、Cr: 1.0超~2.0%、MoとWは単独または複合で $(Mo + 1/2 W)$: 1.2%以下、V: 0.03~0.15%、Cu: 0.1~0.5%未満、S: 0.05%以下を含有し、Alは0.1%以下、Nは0.06%以下、Oは0.005%以下に規制され、残部はFeおよび不可避免の不純物からなる組成の鋼であって、質量%で示される式1: $[\%Ni] + 1.2 [\%Cu]$ の値が0.70~1.80であり、断面組織は下部ベイナイトを50面積%以上とし、硬さが34~45HRCの金型用鋼である。そして、上記の断面組織および硬さは、焼入れと570℃以上の焼戻しによって調整する金型用鋼の製造方法である。

明 細 書

発明の名称：

孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、例えばプラスチックの成形用金型に係り、そのキャビティ部などを構成する入れ子や、入れ子を保持するホルダなどの金型部品に最適な金型用鋼と、その製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、プラスチック等を成形する金型においては、それを構成する金型用鋼には、

(1) 鏡面仕上性が良く、ピンホールやその他微細ピットの発生傾向が小さいこと、

(2) シボ加工性が良いこと、

(3) 耐食、耐発錆性が良いこと、

(4) 強度、耐摩耗性、靱性が良いこと、

(5) 被切削性が良いこと、

などが要求される。

[0003] なかでも、優れた被切削性、すなわち切削工具寿命の向上は、近年の金型作製コストの削減要求にとって重要な改善特性である。そこで本願出願人は、上記の被切削性の向上を目的として、Cr、Mo (1/2W)、Cu、およびVの最適調整による析出強化を採用した低C-Mn-Ni-Cr-Mo (W)-V-Cu-Fe系の金型用鋼を開発した(特許文献1参照)。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4269293号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 組織を下部ベイナイト主体に制御した特許文献 1 の金型用鋼は、被切削性に優れるものである。そして、この被切削性の向上には、Ni と Cu の相互調整による調質（焼入れ焼戻し）後のプリハードン組織の下部ベイナイト化が大きく寄与している。
- [0006] ところで、近年は金型の大型化に伴って、これに用いられる鋼材にも断面寸法の非常に大きなものが必要とされている。そして、この金型用鋼の寸法化は、焼入れ時の冷却速度を遅くする一要因となる。そこで、冷却速度の低下は下部ベイナイトの形成を阻害するところ、特許文献 1 の金型用鋼は下部ベイナイト焼入性に優れることから、例えば熱間加工後の直接焼入れといった冷却速度が遅い焼入れであっても、十分量の下部ベイナイトを得ることができる。
- [0007] しかしながら、下部ベイナイト焼入性に優れる特許文献 1 の金型用鋼であっても、上記の冷却速度の低下に係っては、十分な量の下部ベイナイトが均一に形成されないと（偏って形成されると）、金型用鋼の靱性や被切削性を低下させることとなる。各種の切削加工のなかでも、特にドリル等による孔加工は、それが $\phi 5\text{ mm}$ 以下の小径孔加工ともなると、下部ベイナイトが不均一な金型用鋼では加工時に生成される切屑の排出がスムーズに行われず、工具の短寿命化の要因となる。
- [0008] また、金型の大型化に伴っては、金型用鋼への加工面積は広くなり、その型彫り深さも大きくなっていく。よって、加工前の金型用鋼中には、例えば上記の焼入れ時に導入された残留応力が顕著かつ不均一に分布していると、型彫り時にその残留応力が部分的に開放されることで、金型には加工歪が生じることが懸念される。したがって、この加工歪を抑制するには、金型用鋼中の残留応力を低減しておくことが有効となる。
- [0009] そこで本発明の目的は、断面寸法の大きな金型用鋼であっても、下部ベイナイト組織を均一に維持でき、しかも残留応力の低減が可能であることから、優れた被切削性、特に $\phi 5\text{ mm}$ 以下の小径孔加工にも対応し得る孔加工性と、加工歪の低減を達成した金型用鋼を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0010] 最初に、優れた被切削性と韌性を維持するためには、本発明者は、上記した焼入れ時の冷却速度が遅くなっても十分量かつ均一な下部ベイナイト組織が補償できる手法を検討した。そして、上記の焼入れ時には加工歪が懸念される程の残留応力が導入されたとしても、後にはそれを効率よく低減できる手法を検討した。その結果、これらの手法は、特許文献1の金型用鋼が有する成分組成を基にして、それを改良することで共に達成できることを見だし、本発明の金型用鋼に到達した。
- [0011] すなわち本発明は、質量%で、C : 0.15~0.30%、Si : 1.0%以下、Mn : 2.0%以下、Ni : 0.6~1.5%、Cr : 1.0超~2.0%、MoとWは単独または複合で $(Mo + 1/2W)$: 1.2%以下、V : 0.03~0.15%、Cu : 0.1~0.5%未満、S : 0.05%以下を含有し、Alは0.1%以下、Nは0.06%以下、Oは0.005%以下に規制され、残部はFeおよび不可避免の不純物からなる組成の鋼であって、該組成は質量%で示される式1 : $[\%Ni] + 1.2[\%Cu]$ の値が0.70~1.80であり、断面組織は下部ベイナイトを50面積%以上とし、硬さが34~45HRCであることを特徴とする孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼である。
- [0012] さらに本発明の金型用鋼は、上記の質量%による組成が、(1) C : 0.17~0.25%、Cr : 1.2~1.8%、(2) Ni : 0.6~1.2%、Cu : 0.1~0.45%、(3) 式1 : $[\%Ni] + 1.2[\%Cu]$ の値が1.10~1.60、のうちの1つ以上の条件を満たすことが好ましい。
- [0013] また、本発明の金型用鋼は、上記の $(Mo + 1/2W)$ が0.2~1.0%、あるいはさらにSが0.005~0.05%であることが好ましい。そして鋼の組成は、質量%で示される式2 : $60[\%C] + 1.5[\%Si] + [\%Ni] + 6[\%Cr] + 2[\%Mo + 1/2\%W \text{ (単独または複合)}] + 20[\%V] + 0.2[\%Cu]$ の値が16.20~38.10である

ことが好ましい。

- [0014] そして本発明は、上記の組成を有する鋼に、焼入れと570℃以上の焼戻しを行うことで、その断面組織を下部ベイナイト50面積%以上、硬さを34～45HRCに調整することを特徴とする孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼の製造方法である。焼入れは、450℃から400℃までの範囲の冷却速度を3℃/分以上とすることが好ましい。あるいはさらに、その加熱温度を850～1050℃とすることが好ましい。

発明の効果

- [0015] 本発明であれば、成分組成の適切な組合せ、特にC、Cr、Ni、Cuの相互調整によって、その組織と後述する焼戻し特性が最適化されているので、高硬度でかつ優れた靱性と、被切削性および加工歪の抑制能を兼備し、大型の金型にも適用が容易な金型用鋼を提供できる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明鋼の断面組織の一例を示す顕微鏡写真である。
[図2]図1の顕微鏡写真の模式図である。
[図3]実施例で行った本発明鋼および比較鋼のCu量に対するドリル寿命を示した図であり、本発明の効果の一例を説明する図である。

発明を実施するための形態

- [0017] 本発明の特徴は、ベイナイト焼入性に優れた特許文献1の金型用鋼に対して、その構成元素種の再調整、特にC、Cr、Ni、Cu量の関係を見直したことで、組織の下部ベイナイト均一性を向上することができ、しかも該組織が有し得る残留応力の低減にも対応できる最適な成分組成を見いだしたことである。
- [0018] 本発明の金型用鋼は、所定の調質硬さで供給され、その調質状態のままでは型彫加工の後、研磨仕上げを施して使用される、いわゆるプリハードン鋼を想定している。そして、その調質硬さは、焼入れと、一般的には550℃以上の焼戻しによる一連の熱処理で調整されるところ、これには鏡面仕上げ性を得るための高硬度と、一方では高い靱性および被切削性（工具寿命）を得

るための低硬度を両立させる観点から、34～45HRCの範囲であることが好ましい。

[0019] そして、上記の熱処理においては、その焼入れ工程にて、本発明鋼の組織を下部ベイナイトに制御する。つまり、優れた靱性と被切削性の両立を図る上では、特許文献1の金型用鋼でも採用した下部ベイナイトが主体の組織を、本発明でも採用するものである。このとき、全組織に占める下部ベイナイトは、その断面組織にて50面積%以上とする。好ましくは60面積%以上、更に好ましくは70面積%以上である。図1は本発明鋼の断面組織の一例を示す顕微鏡写真であり、図2はその模式図である。図1の場合、その断面組織中に占める下部ベイナイトの面積率は85%である。

[0020] ここで、特許文献1の金型用鋼であっても、その下部ベイナイト焼入性は優れたものであり、例えば空冷による直接焼入れといった冷却速度の遅い焼入れであっても、十分量の下部ベイナイトを得ることは可能である。しかし、金型用鋼の大寸法化に伴っては、焼入れ時の冷却速度が更に遅くなることで、下部ベイナイトが不均一となれば、それが被切削性の低下に繋がることは上記の通りである。そこで本発明では、特許文献1の金型用鋼の成分組成を下述の通り見直すことで、本発明鋼の下部ベイナイト均一性を向上させることができた。

[0021] そして、上記の焼入れでは組織を下部ベイナイトに調整できたとしても、これと同時に鋼材中に不均一な残留応力が導入されれば、それは金型加工時の加工歪の発生に繋がり得る。そこで、この加工歪の抑制には、鋼材中の残留応力を低減しておくことが効果的であるところ、それは焼入れ時に導入される残留応力自体を低減するのではなくて、その導入された後の残留応力を有効的に除去できる手法を検討した。つまりこれが、焼入れ後に実施する焼戻し工程の利用であって、この際の加熱・保持中に残留応力を低減または除去できれば、金型用鋼の大寸法化に伴う加工歪の発生を抑えることができる。

[0022] しかし、金型の使用硬さを維持するためには、その金型用鋼に適用されて

いる一般的な焼戻し温度が550℃の辺りから設定されていることに対し、上記の残留応力を除去するのに有効な加熱・保持温度は低くても570℃、そして顕著な該除去効果を発揮するためには580℃以上、更には600℃にも及ぶ高温域である。つまり、残留応力を除去するための焼戻し温度の単純な昇温化は、一方では金型用鋼の軟化に繋がる。したがって本発明は、優れた下部ベイナイト均一性に合せて、低くても570℃、好ましくは580℃以上の加熱でも34～45HRCの硬さを再現性よく維持できる焼戻し軟化抵抗性にも優れた（高温での焼戻し処理を可能とした）金型用鋼を目指した。そして、特許文献1の金型用鋼の成分組成を下述の通り見直すことで、この達成に至った。以下、本発明鋼の成分限定の理由について述べる。

[0023] ・C：0.15～0.30%

Cは、焼入れ組織を被切削性の良好な下部ベイナイト組織に保ち（低すぎるとフェライトの析出を招く）、かつ焼戻しにおいてはCr、Mo（W）、V炭化物の析出による強化をもたらすために必要な基本的添加元素である。そして、本発明の特徴である焼戻し軟化抵抗を付与するためにこそ必要な元素である。よってCは0.15質量%以上とすることが重要である。多すぎると基地をマルテンサイト組織化し、かつ過度の炭化物を形成して被切削性を低下させるので、0.30質量%（以下、単に%と表記）以下とする。好ましくは、0.17%以上および／または0.25%以下とする。

[0024] ・Si：1.0%以下

Siは、金型使用時の雰囲気に対する耐食性を高める元素であるが、多すぎるとフェライトの生成をまねくので1.0%以下とする。また、Siを低減すると機械的特性の異方性が軽減され、また縞状偏析が低減されて、優れた鏡面加工性が得られるため、好ましくは0.6%以下とする。なお、上記の耐食性を付与するにおいては0.1%以上、さらには0.2%以上の添加を行うことが好ましい。

[0025] ・Mn：2.0%以下

Mnは、下部ベイナイト焼入性を高め、またフェライトの生成を抑制して

、適度の焼入れ焼戻し硬さを付与する元素である。しかし多すぎると、下部ベイナイト組織を維持するための熱処理管理が厳しくなり、マルテンサイト変態化を促進させる。また基地の粘さを上げて被切削性を低下させるので2.0%以下とする。なお、上記の焼入性を付与するにおいては1.0%以上、さらには1.2%以上の添加を行うことが好ましい。

[0026] ・Ni : 0.6 ~ 1.5 %

Niは、本発明鋼の下部ベイナイト焼入性を高め、またフェライトの生成を抑制する元素である。そして、後述するCuとの適切な添加量の調整により、組織を下部ベイナイトに制御する重要な元素であって、これは本発明鋼に優れた被切削性を付与する。しかし多すぎると、下部ベイナイト組織を過度に微細化させ、マルテンサイト変態化を促進し、基地の粘さを上げて被切削性を低下させる。よってNiは0.6 ~ 1.5%とする。好ましくは1.2%以下とする。

[0027] ・Cr : 1.0 超 ~ 2.0 %

Crは、焼戻し処理時に微細炭化物を析出、凝集させ、本発明鋼の強度を形成するために添加される。また本発明鋼の耐食性を高めて、研磨加工時あるいは金型保管時の発錆を抑制する。さらに窒化処理を行う場合には、窒化層の硬さを高める効果を有する。よって1.0%を超えて添加する。しかし多すぎると、下部ベイナイト組織を微細化させる作用から、マルテンサイト変態化を促進し、基地の粘さを上げて被切削性を低下させる。そして、本発明の特徴である焼戻し軟化抵抗を小さくすることから、2.0%以下とすることが重要である。好ましくは1.2%以上および／または1.8%以下である。

[0028] ・MoとWは単独または複合で $(Mo + 1/2 W) : 1.2\%$ 以下

Moおよび／またはWは、焼戻し処理時に微細炭化物を析出、凝集させて、本発明鋼の強度を向上する。そして、本発明の特徴とする鋼材中の残留応力の低減と、さらには金型に窒化処理を施して使用する場合も考慮すれば、焼入れ焼戻しにおける軟化抵抗を大きくするための有用元素である。さらに

MoやWは、その一部が金型表面の酸化皮膜中に一部固溶することで、金型使用中の、例えばプラスチックから発生する腐食性ガスに対しての耐食性を向上する作用効果もある。しかし、多すぎると被切削性の低下を招くので、 $(Mo + 1/2W)$ で1.2%以下とした。そして、好ましくは0.2%以上および/または1.0%以下である。さらに好ましくは0.3%以上および/または0.9%以下である。

[0029] ・V : 0.03 ~ 0.15 %

Vは、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て、靱性の向上に寄与する。また、硬質の炭化物を微細に形成して、耐摩耗性を向上させる効果がある。このためには少なくとも0.03%以上を必要とするが、多すぎると被切削性の低下を招くので0.15%以下とした。好ましくは0.05%以上および/または0.12%以下である。

[0030] ・Cu : 0.1 ~ 0.5 %未満

Cuは、特許文献1の金型用鋼に同様、本発明鋼の焼戻し処理においてもFe-Cu固溶体を析出または凝集させる。そして、上述したNiとの適切な添加量の調整により、組織を下部ベイナイトに制御する。これら固溶体の析出または凝固と、下部ベイナイトへの組織制御とが相まって、本発明鋼には優れた被切削性が付与される。またCuは、優れた耐食性をもたらす効果もある。しかし多すぎると、熱間加工性を低下させることに加えて、組織のマルテンサイト変態化にも働いて、かえって被切削性を低下させる。

[0031] そして特筆すべきは、本発明の課題とする下部ベイナイトの不均一性には、このCuの含有量が大きく関わっていることである。すなわち、焼入れによるベイナイト変態の過程では、その時の冷却速度が遅くなると、比較的高温で上部ベイナイトへの変態が生じるため、この上部ベイナイトに変態した領域と未変態オーステナイトの界面にはCuが析出する。これにより、Cu析出物の周辺では、さらに上部ベイナイトへの変態が進行するため、均一な下部ベイナイトを得ることが困難になる。そして、このCuの析出は、鋼中のCu含有量が多くなるほど促進されるので、これが下部ベイナイトの不均

一化を助長している。そこで、この知見に基づいてCuの含有量を見直したところ、後述のNiとの関係式を調整することで、Cuは0.5%未満としても、組織を下部ベイナイトに制御できることを見いだした。よって本発明鋼のCuは0.1~0.5%未満である。好ましくは0.25%以上および/または0.45%以下である。

[0032] ・S : 0.05%以下

Sは、非金属介在物のMnSとして組織中に存在させることで、被切削性の向上に大きな効果がある。しかし、多量のMnSの存在は、機械的特性、特に靱性の異方性を助長するなど、金型自体の性能を低下させる要因ともなる。よって、優れた靱性および被切削性と硬さを有し、かつ優れた研磨仕上性をも達成する本発明鋼のSは、0.05%以下に限定する必要がある。なお、被切削性の向上のためには、0.005%以上、更には0.01%以上の含有が好ましい。

[0033] ・Al : 0.1%以下

Alは、通常、溶製時の脱酸元素として用いられるが、調質後の状態にある本発明鋼においては、その鋼中に存在するAl₂O₃が鏡面加工性を低下させるので、0.1%以下に規制する必要がある。好ましくは0.05%以下である。そして、より好ましくは0.01%以下、そして更に好ましくは0.005%以下である。

[0034] ・N : 0.06%以下

Nは、鋼中に窒化物を形成する元素である。窒化物は過多に形成されると、金型の靱性や被削性、磨き性を著しく劣化する。したがって、鋼中のNを低く規制することは好ましく、本発明では0.06%以下に規定する。好ましくは0.02%以下、更に好ましくは0.015%以下である。

[0035] ・O : 0.005%以下

O（酸素）は、鋼中に酸化物を形成する元素であり、冷間塑性加工性や磨き性を著しく劣化させる要因となる。特に本発明においては、上記のAl₂O₃の形成を抑えることが重要であるから、Oの上限は0.005%とする

。好ましくは0.003%以下である。なお、磨き性の向上にとっては、更に低く、例えば0.001%以下にまで規制管理することも望ましい条件ではあるが、A1203の低減を狙う本発明においては既に低量管理のされたA1に加えて、O量そのものの低量管理までは特に厳しく求めない。よって、0.001%を超えることは十分に許容されるものでもある。

[0036] ・式1： $[\%Ni] + 1.2 [\%Cu]$ の値が0.70～1.80

そして、本発明鋼においては、下部ベイナイトの不均一を低減するためにCuの含有量を低めたとしても、質量%による次式1： $[\%Ni] + 1.2 [\%Cu]$ の値を0.70～1.80に確保すれば、十分量の下部ベイナイト組織自体の実現と、被切削性および靱性と硬さを高いレベルで兼備させることができる。つまり、式1の値が0.70未満ではフェライトや上部ベイナイトが生成しやすい。そして同値が1.80より大きいと、過度に微細化された下部ベイナイトやマルテンサイトが生成しやすい。好ましくは1.10以上および／または1.60以下である。

[0037] ここで、上部ベイナイトの生成をより確実に抑えて、組織中の下部ベイナイトの面積率を50%以上とするためには、上記の式1による値を0.70以上に管理した上で、更に焼入れ時における450℃から400℃までの冷却範囲を3℃/分以上の冷却速度とすることが好ましい。本発明の金型用鋼は、Cu量を低めたことで、特許文献1の金型用鋼より上部ベイナイトが生成されやすい成分組成となっている。一方で、その成分組成は、等温変態線図において450～400℃の範囲にベイナイトノーズが位置した焼入れ特性を有している。そこで、本発明の金型用鋼の焼入れ時には、上記の温度範囲は速い冷却速度で通過させることで、Cu量が0.1%の金型用鋼でも上部ベイナイトの生成を抑制することができる。そして、この焼入れによって、60面積%以上、更には70面積%以上の下部ベイナイト量を達成することも、より容易となる。なお、焼入れ時の加熱温度は、十分なオーステナイト化が達成できる850～1050℃とすることが好ましい。

[0038] ・式2： $60 [\%C] + 1.5 [\%Si] + [\%Ni] + 6 [\%Cr] + 2$

$[\%Mo + 1/2\%W \text{ (単独または複合)}] + 20 [\%V] + 0.2 [\%Cu]$ の値が 16.20 ~ 38.10

また、本発明鋼の場合、特許文献 1 でも導入した次式 $2 : 60 [\%C] + 1.5 [\%Si] + [\%Ni] + 6 [\%Cr] + 2 [\%Mo + 1/2\%W \text{ (単独または複合)}] + 20 [\%V] + 0.2 [\%Cu]$ の値は、16.20 ~ 38.10 の範囲が許容される。しかしながら、高硬度かつ優れた靱性と被切削性を達成するためには、21.00 以上および／または 28.70 以下の範囲を満たすことが好ましい。23.00 以上および／または 28.00 以下の範囲がより好ましい。

[0039] 本発明においては、上述の作用効果を損なわない範囲として、更なる靱性改善元素や被切削性改善元素の添加が可能である。例えば、靱性改善元素としては、

Nb : 0.5%以下（好ましくは 0.01%以上および／または 0.1%以下）、

Ti : 0.15%以下（好ましくは 0.01%以上）、

Zr : 0.15%以下（好ましくは 0.01%以上）、

Ta : 0.15%以下（好ましくは 0.01%以上）のうちの、いずれか 1 種以上を添加することができる。被切削性改善元素としては、

Zr : 0.2%以下（好ましくは 0.003%以上）、

Ca : 0.01%以下（好ましくは 0.0005%以上）、

Pb : 0.2%以下（好ましくは 0.03%以上）、

Se : 0.2%以下（好ましくは 0.03%以上）、

Te : 0.15%以下（好ましくは 0.01%以上）、

Bi : 0.2%以下（好ましくは 0.01%以上）、

In : 0.5%以下（好ましくは 0.005%以上）、

Ce : 0.1%以下（好ましくは 0.01%以上）のうちの、いずれか 1 種以上を添加することができる。更には、Y、La、Nd、Sm およびその他の REM（希土類）元素を、全体で 0.3%以下（好ましくは 0.000

５％以上）含有させることもできる。

[0040] 本発明の金型用鋼は、調質時の焼戻し温度を５７０℃以上の高温にしても３４～４５ＨＲＣの硬さを維持できる、加工歪の抑制に優れたものである。ただし、３４ＨＲＣ以上の硬さをより確実に維持する上では、上記の焼戻し温度は６５０℃以下とすることが好ましい。

実施例

[0041] 表１に本発明鋼および比較鋼の化学成分を示す。なお、比較鋼である試料Ｎｏ．１１～１５は特許文献１の金型用鋼である。試料Ｎｏ．１０は、本発明鋼の試料Ｎｏ．３と同じ成分組成の金型用鋼である。

[0042]

[表1]

試料 No.	mass%(但しN、Oはppm)														備考		
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Cu	Al	[N]	[O]	Fe	※ ¹ 式1	※ ² 式2
1	0.195	0.25	1.47	0.007	0.0170	1.00	1.59	<0.01	0.69	0.09	0.39	0.002	9	16	Bal.	1.468	25.873
2	0.158	0.25	1.46	0.008	0.0175	1.02	1.60	<0.01	0.70	0.09	0.40	0.002	9	13	Bal.	1.500	23.755
3	0.171	0.25	1.46	0.008	0.0157	0.99	1.77	<0.01	0.49	0.09	0.29	0.001	13	44	Bal.	1.338	25.083
4	0.206	0.23	1.50	0.007	0.0170	1.00	1.59	<0.01	0.69	0.09	0.10	0.001	9	13	Bal.	1.120	26.445
5	0.210	0.27	1.48	0.005	0.0148	0.81	1.59	<0.01	0.71	0.09	0.20	0.002	8	20	Bal.	1.050	26.615
6	0.200	0.25	1.45	0.005	0.0158	1.01	1.50	<0.01	0.70	0.09	0.45	0.002	10	50	Bal.	1.550	25.675
7	0.173	0.31	1.48	0.005	0.0151	1.31	1.80	<0.01	0.71	0.09	0.40	0.002	8	20	Bal.	1.790	26.255
8	0.268	0.26	1.28	0.005	0.0162	0.81	1.50	<0.01	0.61	0.09	0.39	0.002	8	14	Bal.	1.278	29.378
9	0.178	0.32	1.48	0.005	0.0149	1.37	1.42	<0.01	0.81	0.09	0.45	0.002	9	39	Bal.	1.910	24.560
10	0.171	0.25	1.46	0.008	0.0157	0.99	1.77	<0.01	0.49	0.09	0.29	0.001	13	44	Bal.	1.338	25.083
11	0.178	0.26	1.51	0.008	0.0132	1.02	1.75	<0.01	0.50	0.09	1.41	0.001	8	28	Bal.	2.712	25.672
12	0.201	0.25	1.46	0.007	0.0133	1.00	1.60	<0.01	0.68	0.09	0.78	0.002	9	15	Bal.	1.936	26.351
13	0.162	0.25	1.53	0.007	0.0168	1.00	1.77	<0.01	0.50	0.09	0.73	0.001	12	43	Bal.	1.876	24.661
14	0.204	0.29	1.51	0.006	0.0164	0.71	1.61	<0.01	0.81	0.08	0.60	0.002	8	30	Bal.	1.430	26.385
15	0.200	0.41	1.28	0.004	0.0094	1.00	1.59	<0.01	0.80	0.10	0.53	0.002	11	18	Bal.	1.636	26.861

※1:[%Ni]+1.2[%Cu]

※2:60[%C]+1.5[%Si]+[%Ni]+6[%Cr]+2[%Mo+1/2%W(単独または複合)]+20[%V]+0.2[%Cu]

[0043] これらによる試料の作製については、まず真空誘導溶解炉にて10kgずつ溶製した鋼塊に1250℃で5時間の均質化熱処理を施した後、1100

℃で熱間鍛造することで30mm厚さ×60mm幅の鋼材を作製した。次に860℃で焼なまし処理したのち、900℃で焼入れ処理した。焼入れは加圧ガス冷却にて行い、焼入温度（900℃）から焼入温度と室温（20℃）との中間の温度（450℃）までを冷却するのに要する時間を「半冷時間（半冷**分と表す）」と定義した場合、大型サイズの鋼材の中心部のように冷却速度が遅くなる部分に対応するものとして半冷150分程度で冷却した。そして、450～400℃の範囲の冷却速度は、試料No. 10を1℃/分程度とした以外は、全て3℃/分以上に制御した。試料の温度は、その中心近傍に取り付けた熱電対によって、試料の中心温度を測定した。焼戻しは、狙い硬さを37～41HRCとし、550℃から650℃の範囲の適正温度で2時間加熱後、空冷した（このとき、試料No. 10の硬さは37HRCを大きく下回った）。

[0044] そして、調質後の各試料に対しては、以下のドリル加工試験を実施することで、それらの被切削性を評価した。すなわち、JIS-SKH51高速度鋼製のφ1mmドリルにて、切削速度：20m/min、送り速度：31.83mm/min、加工孔深さ：10mmの条件での穿孔加工を実施した。そして、ドリルが折損するまでの孔数を工具寿命として定義し、その値を計測した。

[0045] その後、ドリル加工試験を行った試料の、そのドリル入射面の硬さ測定とミクロ組織観察を行った。ミクロ組織観察は、ドリル入射面を1μm砥粒のバフ研磨により鏡面に仕上げた後、10%硝酸、90%エチルアルコールの混合溶液で腐食した各試料面を、倍率400倍の光学顕微鏡にて観察し、撮影することで、該面に占める下部ベイナイトの面積率を測定した。

[0046] また、靱性の評価は、2mmUノッチ試験片（JIS3号試験片）を用いてのシャルピー衝撃試験を実施して、室温でのシャルピー衝撃値を測定した。以上の結果を、表2に示す。

[0047]

[表2]

試料 No.	焼戻し 温度 (°C)	硬さ (HRC)	ドリル寿命 (孔数)	下部ベイナイト 面積率(%)※	シャルピー 衝撃値 (J/cm ²)	備考
1	600	37.9	245	80	73.8	本 発 明 鋼
2	580	37.3	248	80	74.8	
3	580	37.0	316	80	65.6	
4	590	38.8	252	85	72.4	
5	615	36.5	247	80	60.4	
6	615	36.5	300	80	53.2	
7	615	36.7	246	80	63.1	
8	620	37.0	266	80	45.9	
9	615	37.0	188	85	72.0	比 較 鋼
10	580	34.6	218	20	83.1	
11	590	38.4	169	85	64.5	
12	600	39.6	169	85	75.2	
13	560	37.3	138	70	64.9	
14	620	36.2	221	80	58.9	
15	630	37.7	219	80	63.6	

※残部は上部ベイナイトである。

[0048] 本発明鋼の成分組成を満たす試料No. 1～8は、570℃以上、具体的には580℃以上の焼戻しによっても所定の高硬度を維持している。特にC量を0.25%を超えて添加した試料No. 8は620℃の焼戻しで37.0HRCの硬さを維持しており、焼戻し軟化抵抗に優れる。そして、試料No. 1～7は優れた靱性を有し、C量の高い試料No. 8であっても十分な靱性を確保しつつ、それらの被切削性（孔加工性）は特許文献1の試料No. 11～15より向上している。

[0049] 式1の値が高い試料No. 9は、組織中の下部ベイナイトが微細化され、靱性には優れるものの、本発明の被切削性は達成されない。そして、試料No. 10は、本発明の成分組成を満たすが、組織が上部ベイナイト主体の金型用鋼である。試料No. 10は他の試料に比べて硬さが低く、シャルピー

衝撃値は高い値となっている。しかし、本発明の被切削性は達成されない。

[0050] 図3は、表2のCu量に対するドリル寿命（孔数）の結果を整理したものである。図3の通り、本発明の成分組成を満たした金型用鋼は、そのドリル寿命が向上している。そして、図3には参考として載せている試料No. 10は、組織が上部ベイナイト主体であるため、低硬度であるにもかかわらず、硬さが37HRC程度の他の試料よりもドリル寿命が短い。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明鋼は、従来のプラスチック成形用プリハードン鋼にはない優れた被切削性を有する。そして、加工歪も少ないことに加えては、その製品への加工における工数の低減、さらには加工に伴う熱応力によっても割れが発生し難いことから、精密加工を求められる製品に適したものとなる。

請求の範囲

- [請求項1] 質量%で、C : 0.15~0.30%、Si : 1.0%以下、Mn : 2.0%以下、Ni : 0.6~1.5%、Cr : 1.0超~2.0%、MoとWは単独または複合で $(Mo + 1/2W)$: 1.2%以下、V : 0.03~0.15%、Cu : 0.1~0.5%未満、S : 0.05%以下を含有し、Alは0.1%以下、Nは0.06%以下、Oは0.005%以下に規制され、残部はFeおよび不可避免の不純物からなる組成の鋼であって、該組成は質量%で示される式1 : $[\%Ni] + 1.2[\%Cu]$ の値が0.70~1.80であり、断面組織は下部ベイナイトを50面積%以上とし、硬さが34~45HRCであることを特徴とする孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼。
- [請求項2] 質量%で、C : 0.17~0.25%、Cr : 1.2~1.8%であることを特徴とする請求項1に記載の孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼。
- [請求項3] 質量%で、Ni : 0.6~1.2%、Cu : 0.1~0.45%であることを特徴とする請求項1または2に記載の孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼。
- [請求項4] 質量%で示される式1 : $[\%Ni] + 1.2[\%Cu]$ の値が1.10~1.60であ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孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼。
- [請求項5] 質量%で、MoとWは単独または複合で $(Mo + 1/2W)$: 0.2~1.0%であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼。
- [請求項6] 質量%で、S : 0.005~0.05%であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼。
- [請求項7] 鋼の組成は、質量%で示される式2 : $60[\%C] + 1.5[\%S]$

$i] + [\%Ni] + 6[\%Cr] + 2[\%Mo + 1/2\%W]$ （単独または複合） $+ 20[\%V] + 0.2[\%Cu]$ の値が $16.20 \sim 38.10$ であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼。

[請求項8] 請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の金型用鋼の製造方法であって、該組成を有する鋼に、焼入れと 570°C 以上の焼戻しを行うことで、断面組織を下部ベイナイト 50 面積%以上、硬さを $34 \sim 45 \text{HRC}$ に調整することを特徴とする孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼の製造方法。

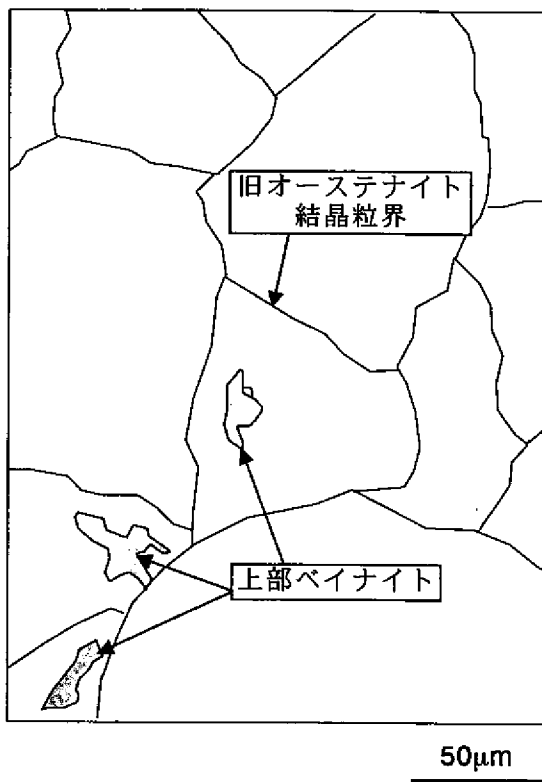
[請求項9] 焼入れは、 450°C から 400°C までの範囲の冷却速度を $3^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上とすることを特徴とする請求項 8 に記載の孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼の製造方法。

[請求項10] 焼入れは、加熱温度を $850 \sim 1050^{\circ}\text{C}$ とすることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の孔加工性および加工歪の抑制に優れた金型用鋼の製造方法。

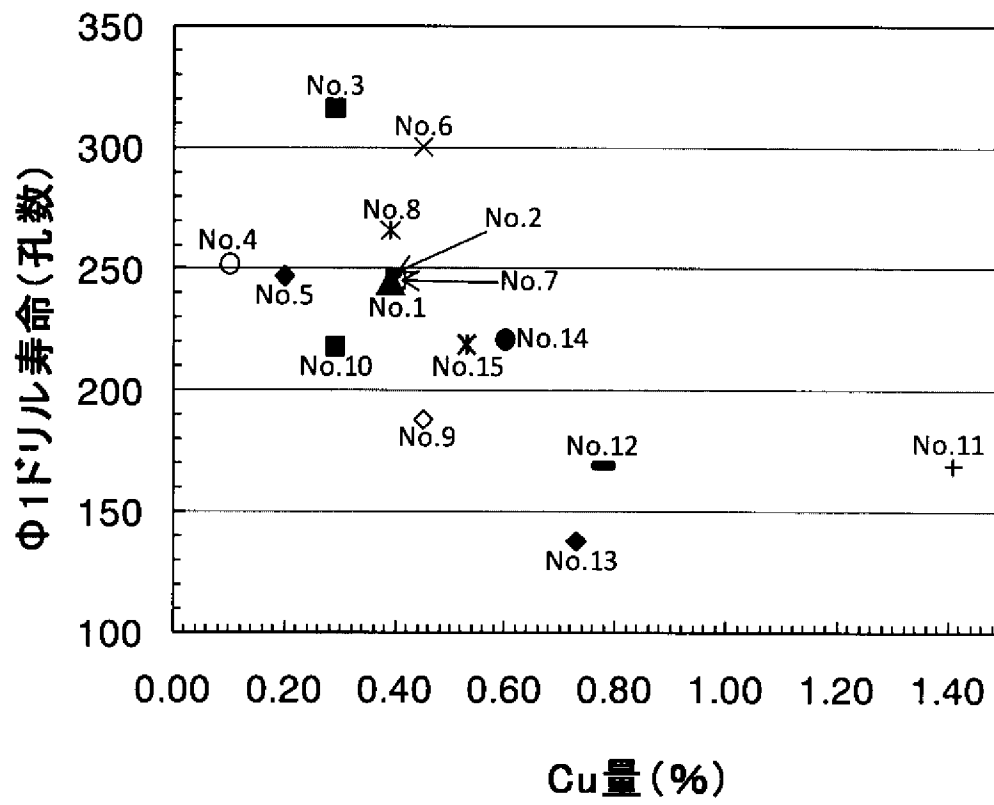
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/053327

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00(2006.01)i, B29C33/38(2006.01)i, C21D6/00(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)

C22C1/00-49/14, B29C33/38, C21D6/00

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 2008-308753 A (The Japan Steel Works, Ltd.), 25 December 2008 (25.12.2008), claims; paragraphs [0019] to [0020]; example 1; tables 1 to 3 (Family: none)	1-10
A	JP 3-115523 A (Kobe Steel, Ltd.), 16 May 1991 (16.05.1991), claims; tables 1, 2 (Family: none)	1-10
A	JP 2009-256797 A (Hitachi Metals, Ltd.), 05 November 2009 (05.11.2009), (Family: none)	1-10

☒ 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
09 May, 2011 (09.05.11)Date of mailing of the international search report
17 May, 2011 (17.05.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/053327

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 2008-56982 A (Daido Steel Co., Ltd.), 13 March 2008 (13.03.2008), (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, B29C33/38(2006.01)i, C21D6/00(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 (I P C))

Int.Cl. C22C1/00-49/14, B29C33/38, C21D6/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 2008-308753 A (株式会社日本製鋼所) 2008. 12. 25, 特許請求の範囲、【0019】 - 【0020】、【実施例1】、 【表1】 - 【表3】 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 3-115523 A (株式会社神戸製鋼所) 1991. 05. 16, 特許請求の範囲、第1表、第2表 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2009-256797 A (日立金属株式会社) 2009. 11. 05, (ファミリーなし)	1 - 1 0

☒ 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

0 9 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

河野 一夫

4 K

9 8 3 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

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 2008-56982 A (大同特殊鋼株式会社) 2008.03.13, (ファミリーなし)	1 - 1 0