

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-290517

(P2005-290517A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

C22C 38/00
B21D 37/01
B21D 37/20
B21J 13/02
C22C 38/26

F 1

C 22 C 38/00
B 21 D 37/01
B 21 D 37/20
B 21 J 13/02
C 22 C 38/26

302 E
Z
L

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願2004-110425 (P2004-110425)

(22) 出願日

平成16年4月2日 (2004.4.2.)

(71) 出願人 000180070

山陽特殊製鋼株式会社
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字 3007

番地

(74) 代理人 100074790

弁理士 椎名 嶋

(72) 発明者 清水 敏介

兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字 3007
番地 山陽特殊製鋼株式会社内F ターム (参考) 4E050 JA01 JB09 JD03 JD05
4E087 CB03 ED04

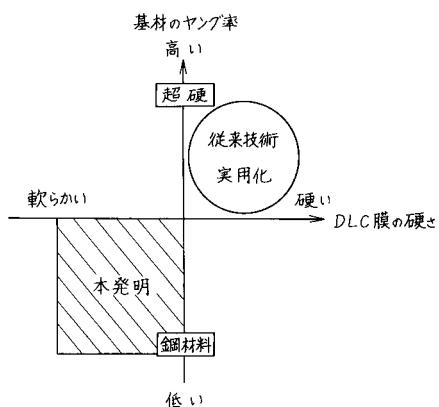
(54) 【発明の名称】表面処理に適した冷間金型用鋼および冷間金型

(57) 【要約】

【課題】 表面処理に適した冷間金型用鋼および冷間金型を提供する。

【解決手段】 質量%で、C : 0.7%超~1.1%、Si : 0.5~1.5%、Mn : 0.1~1.0%、Cr : 5.5~8.5%、S : 0.060%未満、MoおよびWのうちの1種または2種を、Mo+1/2W : 1.5~4.0%、VおよびNbのうちの1種または2種を、V+1/2Nb : 0.4~1.0%含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなり、ミクロ組織中のM₇C₃系炭化物を大きさ : 5~20 μm、面積率 : 5~15%であり、焼入、焼戻によって硬度を 60~65 HRCとしたことを特徴とする表面処理に適した冷間金型用鋼および冷間金型。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量 % で、

C : 0 . 7 % 超 ~ 1 . 1 %,
 Si : 0 . 5 ~ 1 . 5 %,
 Mn : 0 . 1 ~ 1 . 0 %,
 Cr : 5 . 5 ~ 8 . 5 %,
 S : 0 . 0 6 0 % 未満、

Mo および W のうちの 1 種または 2 種を、 Mo + 1 / 2 W : 1 . 5 ~ 4 . 0 % 、 V および Nb のうちの 1 種または 2 種を、 V + 1 / 2 Nb : 0 . 4 ~ 1 . 0 % 含有し、 残部 Fe 10
 および不可避的不純物からなり、 ミクロ組織中の M₇C₃ 系炭化物を大きさ : 5 ~ 20 μm 、 面積率 : 5 ~ 15 % であり、 焼入、 烧成によって硬度を 60 ~ 65 HRC としたことを特徴とする表面処理に適した冷間金型用鋼。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の冷間金型用鋼により作製した工具、 または金型の表面に膜厚 : 0 . 5 ~ 5 μm 、 硬度 : 1000 ~ 3000 HV のダイヤモンドライクカーボン膜を形成させた耐摩耗性、 耐焼付き性に優れたことを特徴とする冷間金型。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の冷間金型用鋼により作製した工具、 またはプレス金型または冷間鍛造用パンチであることを特徴とする冷間金型。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、 冷間塑性加工用の工具、 プレス金型において、 耐焼付性、 耐かじり性および耐摩耗性に適されるダイヤモンドライクカーボン膜の基材として最適な冷間金型用鋼または冷間塑性加工用の工具、 プレス金型および冷間鍛造用のパンチに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、 自動車産業におけるハイテン適用の拡大に代表される被加工材の高強度化、 および冷間塑性加工技術の進歩によるネットシェイプ化や工程集約の流れを受け、 冷間塑性加工用金型への負荷がさらに高まっている。 このような高負荷環境では、 金型や工具と被加工材の潤滑不足による焼付きが問題となり、 各種表面処理による改善がなされてきた。 最近では、 硬質膜自体の潤滑係数が最も低いダイヤモンドライクカーボン膜が注目されている。

【0003】

例えば、 特開 2001-279466 号公報（特許文献 1 ）に開示されているように、 基材とダイヤモンド状炭素膜の間にスパッタ法で Ta 、 Si などの中間層を介在させることで両者の密着性を向上させる方法が提案されている。 また、 特開 2003-112229 号公報（特許文献 2 ）には、 ステンレス用圧造工具にダイヤモンドライクカーボン膜を被覆することで、 被覆しない場合に比べて工具寿命が 1 . 5 ~ 5 倍に改善されたというものが開示されている。

【0004】

また、 特開 2000-5811 号公報（特許文献 3 ）に開示されているように、 アルミ押出金型のペアリング面を鏡面仕上げした後、 ダイヤモンドライクカーボン膜を形成することで表面性状が良いアルミ形材が得られ、 押出し速度を早めることが出来るだけでなく、 手直し無しで長時間使用出来ることが出来る方法が提案されている。 また、 特開平 11-152560 号公報（特許文献 4 ）に開示されているように、 表面硬さが 300 HV 以上の鋼の表面にダイヤモンドライクカーボン膜を施すことで摩擦係数を小さくした摺動部を有する機械部品が提案されている。 さらには、 月刊トライボロジ No . 127 : p 29 ~ 31 (非特許文献 1) や表面技術 Vol . 52 、 No . 8 : p 548 ~ 552 (非特許文 40

10

20

30

40

50

献2)に開示されているように、アルミニウム打抜き金型、リードフレーム曲げ型、マグネシウム深絞り金型など軟質金型の塑性加工金型に実用化されている。

【0005】

【特許文献1】特開2001-279466号公報

【特許文献2】特開2003-112229号公報

【特許文献3】特開2000-5811号公報

【特許文献4】特開平11-152560号公報

【非特許文献1】月刊トライボロジNo.127:p29~31

【非特許文献2】表面技術Vol.52、No.8:p548~552

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述した特許文献1の開示されている、中間層を介在させるものであるが、中間層成膜における設備面での制限やコスト面での問題があるし、また、対象とするダイヤモンドライクカーボン膜は硬度が4500HV以上の高いものである。また、特許文献2については工具材質については全く言及されていない。また、特許文献3および特許文献4や非特許文献1および非特許文献2にも開示されているように、ダイヤモンドライクカーボン膜は非晶質炭素膜の総称であり、その結晶化の状態を制御することによって、1000~7000HVの幅広い硬質で形成することができる。

【0007】

3000HV以上の非常に硬質なダイヤモンドライクカーボン膜の場合、塑性変形に対する膜自体の割れ感受性が高いため、ヤング率の高い超硬を基材とした方が耐剥離性に対して有利である。従って、ダイヤモンドライクカーボン膜の基材としては、超硬(タンゲステン炭化物)が最適であるとされているが、その難加工性と高コストのためダイヤモンドライクカーボン膜の工具や金型への適用拡大の妨げとなっている。また、超硬を基材とした場合、靭性不足による割れ、欠けの発生や、硬質膜の早期剥離という問題がある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述のような問題を解消するため、発明者らは鋭意研究を重ねた結果、コスト削減と加工性向上、さらに靭性改善による割れ軽減および密着性改善によるダイヤモンドライクカーボン膜の剥離回避を狙い、化学組織とミクロ組織の最適化を図ることで、ダイヤモンドライクカーボン基材として超硬と同等の性能を有する冷間金型用鋼を提供することを目的とするものである。

【0009】

その発明の要旨とするところは、

(1) 質量%で、C:0.7%超~1.1%、Si:0.5~1.5%、Mn:0.1~1.0%、Cr:5.5~8.5%、S:0.060%未満、MoおよびWのうちの1種または2種を、Mo+1/2W:1.5~4.0%、VおよびNbのうちの1種または2種を、V+1/2Nb:0.4~1.0%含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなり、ミクロ組織中のM₇C₃系炭化物を大きさ:5~20μm、面積率:5~15%であり、焼入、焼戻によって硬度を60~65HRCとしたことを特徴とする表面処理に適した冷間金型用鋼。

【0010】

(2) 前記(1)に記載の冷間金型用鋼により作製した工具または金型の表面に膜厚:0.5~5μm、硬度:1000~3000HVのダイヤモンドライクカーボン膜を形成させた耐摩耗性、耐焼付き性に優れたことを特徴とする冷間金型。

(3) 前記(2)に記載の冷間金型用鋼により作製した工具または金型がプレス金型または冷間鍛造用パンチであることを特徴とする冷間金型である。

【発明の効果】

【0011】

10

20

30

40

50

以上述べたように、本発明により冷間塑性加工用途でダイヤモンドライクカーボン膜を適用する金型や工具における基材を、高コストかつ切削加工が困難な超硬から、本発明の金型用鋼にすることで、高負荷環境下で耐摩耗性と耐焼付き性に優れた工具、プレス金型、パンチを低成本で提供することができる優れた効果を奏するものである。

【0012】

以下、本発明について詳細に説明する。

冷間塑性加工中の高面圧環境下において、ダイヤモンドライクカーボン膜直下で粗大炭化物やその凝集部が存在すると、その部分で応力が集中し、ダイヤモンドライクカーボン膜にクラックが生じ、早期剥離の原因となる。そこで、一次炭化物を大きさや面積率を最適化することで、高面圧をなるべく均一に分散させ、マトリックスの局所的な塑性変形を緩和することで、ダイヤモンドライクカーボン膜のクラック発生を抑制する。さらに、超硬に比べて硬度やヤング率の低い工具鋼を基材とした場合に、高面圧環境下では弾性および塑性変形は避けられないものであり、むしろダイヤモンドライクカーボン膜の追従できる範囲の基材強度を確保することで、ダイヤモンドライクカーボン膜と基材との密着性を改善でき、そのためには基材の剛性に応じてダイヤモンドライクカーボン膜の選択が重要であり、低硬度で、薄めの膜が適していることを見出した。

【0013】

図1は、基材とダイヤモンドライクカーボン膜の関係を示す図である。この図に示すように、縦軸に基材のヤング率を、横軸にダイヤモンドライクカーボン膜の硬さを示した場合に、従来技術として実用化されている範囲は、基材のヤング率が高い超硬で、かつダイヤモンドライクカーボン膜の硬い部分に当たる右上部分に相当する領域である。また、基材のヤング率が高く、かつダイヤモンドライクカーボン膜の軟らかい部分に当たる左上部分に相当する領域では、超硬採用のコストに見合うダイヤモンドライクカーボン膜の寿命が得られない。また、基材のヤング率が低く、かつダイヤモンドライクカーボン膜の硬い部分に当たる右下部分に相当する領域では、硬度差が大きく、基材の変形に膜が追従することができず亀裂が発生し剥離に至る。ただ、中間層適用として一部実用化はされている。さらに、基材のヤング率が低く、かつダイヤモンドライクカーボン膜の軟らかい部分に当たる左下部分に相当する領域が本発明に該当する部分である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明に係る成分組成の限定理由について説明する。

C : 0 . 7 % 超 ~ 1 . 1 %

Cは、十分な焼入性を確保するための元素であり、析出硬化で高硬度を得るために、0 . 7 % 超必要であるが、1 . 1 % を超えると焼入時の残留オーステナイト量が増加し、硬度が低下する。

Si : 0 . 5 ~ 1 . 5 %

Siは、製鋼での脱酸効果、焼入性確保、およびダイヤモンドライクカーボン膜の密着性向上のために、0 . 5 % 以上必要である。しかし、焼戻し時の二次硬化促進のために、1 . 5 %までとした。

【0015】

Mn : 0 . 1 ~ 1 . 0 %

Mnは、焼入性のために添加する。しかし、0 . 1 % 未満ではその効果が不十分である。また、1 . 0 % を超える添加は加工性を低下させることから、その範囲を0 . 1 ~ 1 . 0 %とした。

Cr : 5 . 5 ~ 8 . 5 %

Crは、焼入性のために添加する。しかし、5 . 5 % 未満ではその効果が不十分である。また、過剰に添加すると一次炭化物の粗大化、凝集部が形成されやすくなるためダイヤモンドライクカーボン膜の密着性を劣化させる。従って、上限を8 . 5 %とした。

【0016】

Mo + 1 / 2W : 1 . 5 ~ 4 . 0 %

10

20

30

40

50

Mo、Wは、焼入性、二次硬化に寄与する析出炭化物を得るために1.5%以上必要であるが、4.0%を超える過剰添加ではダイヤモンドライクカーボン膜の密着性を劣化させる。従って、上限を4.0%とした。

V + 1 / 2 Nb : 0.4 ~ 1.0%

V、Nbは、焼成時に微細かつ硬質な析出炭化物を得るために、0.4%以上必要であるが、1.0%を超える過剰添加するとダイヤモンドライクカーボン膜の密着性を低下させる。従って、上限を1.0%とした。

【0017】

S : 0.060%未満

Sは、金型の切削性を改善するために添加する。しかし、過剰添加では熱間加工性の悪化や機械的特性を劣化させるため、0.060%未満とした。10

また、高面圧をなるべく均一に分散させ、マトリックスの局所的な塑性変形を緩和することで、ダイヤモンドライクカーボン膜のクラック発生を抑制できる。そのため光学顕微鏡において観察できる1μm以上のM₇C₃系炭化物の総個数のうち、90%に当たる炭化物の大きさを5~20μm、面積率を5~15%とする。そして、高面圧環境下では基材に工具鋼は弾性もしくは塑性変形を余儀なくされるが、ダイヤモンドライクカーボン膜で追従できうる基材強度を得るために、基材を焼入焼成によって60~65HRCを確保する必要がある。さらに、超硬に比べヤング率の低い工具鋼を基材として密着性向上を図るために、ダイヤモンドライクカーボン膜自体の剛性も低くする必要がある。すなわち、ダイヤモンドライクカーボン膜は1000~3000HV、膜厚を0.5~5μmとした。20

【実施例】

【0018】

以下、本発明について実施例によって具体的に説明する。

表1に示す鋼種A~Fを、それぞれ1t真空溶解炉にて出鋼し、鍛造、圧延によって30の丸棒を製造した。これらを熱処理して、表2に示す硬さを得た後、ミクロ組織観察による炭化物サイズと面積率の測定を行い、様々な硬さのダイヤモンドライクカーボン膜をコーティングした。これらのダイヤモンドライクカーボン膜の形成にはPVD法（物理蒸着法）を用いた。この方法では、60Pa以下にまで減圧したチャンバー内でメタン、アセチレン、ベンゼンを導入して、アノード電圧100~500V、カソード電圧10~100mAで基板温度150~300で成膜した。30

【0019】

【表1】

表 1

| No | 化 学 成 分 (m a s s %) | | | | | | | 備 考 |
|----|------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-------|------------------|
| | C | S i | Mn | C r | Mo+1/2W | V +1/2Nb | S | |
| A | 0.79 | 0.98 | 0.87 | 8.3 | 1.8 | 0.9 | 0.047 | 本 發 明 例 |
| B | 1.06 | 1.26 | 0.73 | 6.5 | 3.4 | 0.5 | 0.029 | |
| C | 0.91 | 0.66 | 0.51 | 7.9 | 2.5 | 0.8 | — | |
| D | 0.64 | 0.56 | 0.55 | <u>4.1</u> | <u>1.2</u> | <u>1.2</u> | — | 比 較 例 |
| E | <u>1.52</u> | <u>0.39</u> | 0.43 | <u>12.3</u> | <u>4.3</u> | <u>0.2</u> | — | |
| F | 0.88 | 1.02 | <u>1.48</u> | 6.2 | <u>5.4</u> | <u>2.2</u> | 0.078 | |

注) アンダーラインは本発明範囲外の条件

【0020】

【表2】

表 2

| No | 鋼種 | 基材の特性 | | | DLC膜の特性* | | | 密着性 | 備考 |
|----|----|-----------|------------|--------|----------|----------|------|------|------|
| | | 基材硬さ(HRC) | 炭化物サイズ(μm) | 面積率(%) | 膜厚(μm) | 膜の硬さ(HV) | 摩擦係数 | | |
| 1 | A | 62.1 | 13 | 9 | 3.1 | 1800 | 0.2 | 49.6 | 本発明例 |
| 2 | | 60.5 | 13 | 8 | 1.7 | 2200 | 0.1 | 41.8 | |
| 3 | B | 64.5 | 18 | 13 | 2.3 | 2600 | 0.1 | 52.6 | 本発明例 |
| 4 | | 62.2 | 16 | 12 | 4.3 | 1400 | 0.2 | 46.2 | |
| 5 | C | 63.8 | 14 | 12 | 0.9 | 2800 | 0.2 | 44.9 | 本発明例 |
| 6 | | 61.7 | 15 | 11 | 3.8 | 2000 | 0.1 | 42.1 | |
| 7 | A | 60.1 | 13 | 9 | 8.2 | 2800 | 0.2 | 32.3 | 比較例 |
| 8 | | 59.1 | 14 | 11 | 0.8 | 6400 | 0.1 | 26.9 | |
| 9 | B | 59.2 | 22 | 15 | 4.5 | 5200 | 0.2 | 29.4 | 比較例 |
| 10 | | 63.5 | 15 | 14 | 0.2 | 1700 | 0.1 | 33.4 | |
| 11 | C | 55.8 | 14 | 12 | 0.9 | 2900 | 0.2 | 28.9 | 比較例 |
| 12 | | 62.1 | 15 | 11 | 3.3 | 4800 | 0.1 | 35.2 | |
| 13 | D | 60.2 | 5 | 4 | 4.7 | 3600 | 0.2 | 31.9 | 比較例 |
| 14 | | 57.8 | 4 | 4 | 7.2 | 1600 | 0.2 | 22.8 | |
| 15 | E | 63.6 | 27 | 18 | 0.3 | 2200 | 0.1 | 27.8 | 比較例 |
| 16 | | 61.5 | 32 | 21 | 3.8 | 3200 | 0.2 | 29.3 | |
| 17 | F | 65.8 | 18 | 14 | 6.4 | 2500 | 0.2 | 33.1 | 比較例 |
| 18 | | 63.2 | 23 | 17 | 2.9 | 1400 | 0.1 | 35.3 | |

注1) アンダーラインは本発明外

注2) DLCはダイヤモンドライターカーボンと言う

【0021】

40

また、これらのダイヤモンドライカーボン膜の密着性を評価するためスクラッチ試験を行い、その臨界荷重を測定した。スクラッチ試験は試験片表面のダイヤモンドライカーボン膜に圧子を押し付け、荷重を増加させながら引っ掻き、膜の割れが生じる臨界荷重を測定する試験である。本発明例では40N以上の臨界荷重が得られ、比較例よりも大幅に密着性が改善されていることがわかる。また、実機テストとして、表3に示すように、コールドピルガーマンドレル、冷間圧延鋼板(SPFC)の曲げ型および打抜きパンチによる実機評価を行った。

【0022】

コールドピルガーによる加工法は、素管の中にテーパー付きのマンドレルを挿入して外側から特殊孔型をもったロールダイスで冷間圧延を行うものである。この実機テストでは

50

S U J 2 の母管の減面率 7 8 % で圧延し、マンドレル表面のダイヤモンドライクカーボン膜剥離による疵転写が確認された圧延本数で型寿命を評価した。その結果、本発明例では比較例に比べて、2 ~ 3 倍に型寿命が改善された。さらに、表 2 に示した基材とダイヤモンドライクカーボン膜の組合せの 4 発明例について曲げ型と打抜きパンチを作製し、厚さ 1 . 3 mm の S P F C を被加工材として 5 0 0 t プレス機により加工を行い、表面のダイヤモンドライクカーボン膜が剥離に至るまでの型寿命を評価した。その結果、絞りと打抜きのいずれの実機テストにおいても本発明例では比較例に比べて大幅に型寿命が改善された。

【 0 0 2 3 】

【 表 3 】

10

表 3

| No | ピルガーマンドレル 圧延本数 (本) | S P F C 曲げ型型 寿命 (ショット) | S P F C 打抜きパンチ 型寿命 (ショット) | 備 考 |
|----|-----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 | 1428 | 1462 | 25631 | 本 發 明 例 |
| 3 | 1832 | 2296 | 36752 | |
| 9 | 423 | 328 | 7261 | |
| 12 | 742 | 569 | 11651 | 比 較 例 |
| 17 | 892 | 721 | 1398 | |

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【 図 1 】基材とダイヤモンドライクカーボン膜の関係を示す図である。

【図1】

