



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102554318 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201110375523. 0

C23C 16/44 (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 11. 23

(30) 优先权数据

2010-266350 2010. 11. 30 JP

(71) 申请人 三菱综合材料株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 高冈秀充 长田晃 高岛英彰

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

代理人 陈万青 王珍仙

(51) Int. Cl.

B23B 51/00 (2006. 01)

B23C 5/00 (2006. 01)

B23B 27/14 (2006. 01)

C23C 16/27 (2006. 01)

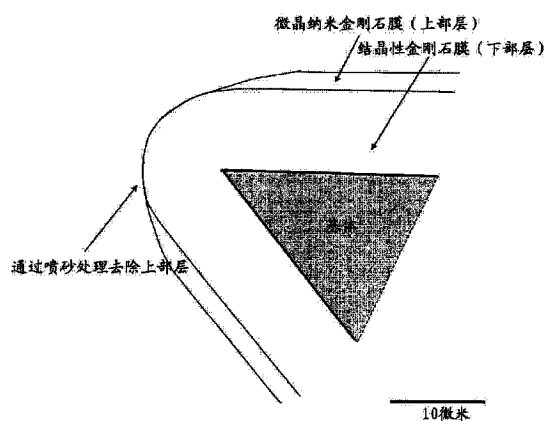
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 3 页

(54) 发明名称

金刚石包覆切削工具

(57) 摘要

本发明提供了一种金刚石包覆切削工具,其在 CFRP 材、含高 Si 的铝合金、石墨等难切削材的钻孔加工及立铣刀加工中发挥优异的耐磨性。本发明的金刚石包覆切削工具,在由碳化钨基硬质合金构成的工具基体表面包覆结晶性金刚石膜作为下部层,包覆微晶纳米金刚石膜作为上部层,只有刀尖棱线部通过湿式喷砂处理等使下部层露出,其中,当测定形成于工具的刀尖棱线部的下部层的压缩残余应力分布时,下部层的露出表面的残余应力值 σ_s 为 1.5 ~ 3GPa,并且将形成于刀尖棱线部的下部层的膜厚的 1/2 位置处的残余应力值设为 $\sigma_{1/2}$ 时, $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值为 0.8 ~ 1.0。



1. 一种金刚石包覆切削工具,其特征在于,该金刚石包覆切削工具在由碳化钨基硬质合金构成的工具基体表面包覆由 $5 \sim 30 \mu\text{m}$ 膜厚的结晶性金刚石膜构成的下部层和由 $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$ 膜厚的微晶纳米金刚石膜构成的上部层,刀尖棱线部去除上部层而露出下部层,

当从下部层截面方向用拉曼光谱对露出于上述刀尖棱线部的下部层的上述结晶性金刚石膜测定该结晶性金刚石膜的膜厚方向的压缩残余应力分布时,上述露出的下部层表面的残余应力值 σ_s 为 $1.5 \sim 3\text{GPa}$,并且将形成于刀尖棱线部的下部层的膜厚的 $1/2$ 位置处的残余应力值设为 $\sigma_{1/2}$ 时, $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值为 $0.8 \sim 1.0$ 。

金刚石包覆切削工具

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在由碳化钨 (WC) 基硬质合金构成的工具基体 (以下, 仅称为工具基体) 的表面包覆金刚石皮膜的立铣刀、钻头、金刚石包覆切削工具, 尤其涉及一种在碳纤维增强复合材料 (CFRP 材)、含高 Si 的铝合金、石墨等难切削材的切削加工中经长期使用而发挥优异的耐磨性的金刚石包覆切削工具 (以下, 称为金刚石包覆工具)。

背景技术

[0002] 以往, 已知有在工具基体的表面包覆金刚石皮膜的金刚石包覆工具, 且已知有为了提高皮膜的强度及韧性而设为高结晶性金刚石和微晶金刚石 (或非晶质金刚石) 的层叠结构来构成金刚石皮膜, 并且以提高皮膜的表面平滑性及工件的精加工面精度为目的设为粒径 $2\mu\text{m}$ 以下的微晶金刚石的多层结构来构成金刚石皮膜。

[0003] 例如, 已知有如专利文献 1 所示, 通过由第 1 层包括粒径 $0.1 \sim 10\mu\text{m}$ 的多晶金刚石层、第 2 层包括粒径 $0.05 \sim 8\mu\text{m}$ 的双晶金刚石层或非晶质金刚石层的层叠结构构成金刚石皮膜来提高强度和韧性的金刚石包覆工具。

[0004] 并且, 已知有如专利文献 2 所示, 通过重复使成为金刚石的结晶成长的起点的核附着于表面的核附着工序和以该核为起点通过 CVD 法使金刚石结晶成长的结晶成长工序, 从而通过由结晶粒径 $2\mu\text{m}$ 以下的微晶金刚石的多层结构构成金刚石皮膜来提高皮膜的表面平滑性且提高工件的精加工面精度的金刚石包覆工具。

[0005] 并且, 虽然不是金刚石包覆工具, 但是如专利文献 3 所示, 已知有例如蒸镀形成 TiCN、TiN、(Ti, Al)N、(Al, Cr)N 和 (Al, Cr)CN 等的硬质被膜的包覆工具, 其通过在硬质被膜内形成如从被膜表面至被膜的中间点为止压缩应力连续减少而在中间点显示极小点、从中间点至被膜底面为止压缩应力连续增加的压缩应力分布来改善韧性、耐崩刃性和耐磨性。

[0006] 专利文献 1: 日本专利公开平 4-236779 号公报

[0007] 专利文献 2: 日本专利公开 2002-79406 号公报

[0008] 专利文献 3: 日本专利公开 2006-62074 号公报

[0009] 上述以往的金刚石包覆工具中, 由层叠结构构成金刚石, 因此在 Si 含量较少的 Al 合金等的连续切削或断续切削中显示优异的强度、韧性和精加工面精度等, 但是当使用于比强度、比刚性高于金属材料的 CFRP 或熔融性较高的含高 Si 的 Al 合金、石墨等难切削材的切削加工时, 由于金刚石膜表面的耐磨性不充分, 因此现状为在比较短时间内达到使用寿命。

[0010] 因此, 本发明人等为了开发即使使用于 CFRP、含高 Si 的 Al 合金和石墨等难切削材的切削中也发挥优异的耐磨性的金刚石包覆工具而深入研究的结果, 发现了如下情况: 在包覆由结晶性金刚石膜构成的下部层和由微晶纳米金刚石膜构成的上部层的金刚石包覆切削工具中, 例如通过湿式喷砂处理去除刀尖棱线部的上部层, 使下部层露出于刀尖棱线部, 通过在刀尖棱线部的下部层形成将该露出的下部层的表面中的压缩残余应力 σ_s 设为 $1.5 \sim 3\text{GPa}$ 、且将形成于刀尖棱线部的下部层的膜厚的 $1/2$ 位置处的残余应力值设为 $\sigma_{1/2}$

时 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值成为 $0.8 \sim 1.0$ 这样的膜厚方向的压缩残余应力分布来格外提高金刚石膜的耐磨性,并且作为其结果使金刚石包覆切削工具的工具寿命大幅度长寿化。

发明内容

[0011] 该发明是基于上述见解完成的,其特征如下:

[0012] 一种金刚石包覆切削工具,其特征在于,其在由碳化钨基硬质合金构成的工具基体表面包覆由 $5 \sim 30 \mu\text{m}$ 膜厚的结晶性金刚石膜构成的下部层和由 $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$ 膜厚的微晶纳米金刚石膜构成的上部层,刀尖棱线部去除上部层而露出下部层,

[0013] 当从下部层截面方向用拉曼光谱对露出于上述刀尖棱线部的下部层的上述结晶性金刚石膜测定其膜厚方向的压缩残余应力分布时,上述露出的下部层的表面的残余应力值 σ_s 为 $1.5 \sim 3\text{GPa}$,并且将形成于刀尖棱线部的下部层的膜厚的 $1/2$ 位置处的残余应力值设为 $\sigma_{1/2}$ 时, $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值为 $0.8 \sim 1.0$ 。

[0014] 以下,对本发明进行详细说明。

[0015] 该发明中,将由结晶性金刚石膜构成的下部层的膜厚规定为 $5 \sim 30 \mu\text{m}$,下部层的膜厚小于 $5 \mu\text{m}$ 时,经长期使用而无法发挥优异的耐磨性,另一方面,若下部层的膜厚超过 $30 \mu\text{m}$,则晶粒容易粗大化,例如即使在其上包覆微晶纳米金刚石膜,也会导致表面粗糙度下降,耐缺损性下降,从这种理由考虑,本发明中将下部层的膜厚规定为 $5 \sim 30 \mu\text{m}$ 。

[0016] 并且,对由微晶纳米金刚石膜构成的上部层(其中,关于刀尖棱线部由于去除上部层,因此刀尖棱线部中不存在上部层)的膜厚规定为 $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$,上部层的膜厚小于 $0.2 \mu\text{m}$ 时,尤其无法保持前刀面的表面平滑性,容易产生熔敷、崩刀,另一方面,若上部层的膜厚超过 $3 \mu\text{m}$,则耐磨性下降,因此上部层的膜厚规定为 $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$ 。

[0017] 在本发明中,去除刀尖棱线部的上部层,使下部层露出于刀尖棱线部。并且,使如下叙述的压缩残余应力分布形成于该露出的刀尖棱线部的下部层中。

[0018] 即,当从下部层截面方向用拉曼光谱对构成刀尖棱线部的下部层的结晶性金刚石膜测定其膜厚方向的压缩残余应力分布时,上述露出的下部层的表面的残余应力值 σ_s 为 $1.5 \sim 3\text{GPa}$,并且将形成于刀尖棱线部的下部层的膜厚的 $1/2$ 位置处的残余应力值设为 $\sigma_{1/2}$ 时形成 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值为 $0.8 \sim 1.0$ 这样的压缩残余应力分布。

[0019] 在此,对通过拉曼光谱法测定金刚石膜的残余应力的方法进行简单说明。拉曼光谱装置使用波数分辨率为 0.1cm^{-1} 左右的装置。作为标准样品使用天然金刚石,对 1333cm^{-1} 附近的 sp^3 结构起因的峰值,若将根据天然金刚石的拉曼光谱带的位移量设为 Δv ,则所计算的应力由以下计算式得到。

[0020] $\sigma (\text{GPa}) = 1.08 \times \Delta v \quad (1)$

[0021] 本申请中通过计算式(1)计算残余应力。

[0022] 由于露出的下部层的表面的压缩残余应力值 σ_s 小于 1.5GPa 时,耐磨性不充分,因此在比较短时间内达到使用寿命,另一方面,当压缩残余应力值 σ_s 超过 3GPa 时,残余应力较高,因此显示容易产生剥离或破坏等损伤的倾向,因此将下部层的表面的压缩残余应力值 σ_s 规定为 $1.5 \sim 3\text{GPa}$ 。

[0023] 并且,即使下部层的表面的压缩残余应力值 σ_s 在上述范围内,将形成于刀尖棱线部的下部层的膜厚的 $1/2$ 位置处的残余应力值设为 $\sigma_{1/2}$ 时,如果 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值小于 0.8 ,

则无法得到耐磨性提高的效果,另一方面,当 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值超过 1.0 时,发现在膜与基体的界面附近产生剥离的举动,结果缩短工具寿命,因此 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值规定为 0.8 ~ 1.0。

[0024] 即,当形成 σ_s 值及 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 值在上述数值范围内的压缩残余应力分布时,进一步提高刀尖棱线部的耐磨性,可谋求金刚石包覆工具的工具寿命的长寿命化。

[0025] 如下叙述形成上述压缩残余应力分布的本发明的金刚石包覆切削工具的制造方法的一例。

[0026] (a) 首先,对由所期望组成的 WC 基硬质合金构成的工具基体的表面附近进行酸处理并进行 Co 的蚀刻,去除最表面的 Co 之后,将此浸渍于使 5 ~ 100nm 平均粒径的金刚石颗粒分散的异丙醇(以下,IPA)溶液中并赋予超声波进行金刚石晶种的附着处理。

[0027] (b) 接着,将进行金刚石晶种的附着处理的工具基体装入热丝 CVD 装置内,例如在下述(i)条件下成膜 5 ~ 30 μm 膜厚的结晶性金刚石膜作为下部层,并且,例如在下述(ii)条件下成膜 0.2 ~ 3 μm 膜厚的微晶纳米金刚石膜作为上部层。

[0028] (i) 结晶性金刚石膜的成膜条件

[0029] 灯丝温度 2300°C、

[0030] 基板温度 800°C、

[0031] 反应压力 2kPa、

[0032] 反应气体 CH_4 :1.5vol%, H_2 :残余;

[0033] (ii) 微晶纳米金刚石膜的成膜条件

[0034] 灯丝温度 2200°C、

[0035] 基板温度 700°C、

[0036] 反应压力 4kPa、

[0037] 反应气体 CH_4 :5vol%, H_2 :残余,

[0038] (c) 接着,朝向刀尖棱线部实施湿式喷砂处理(吐出压力:1.2MPa,介质:平均粒径 40 μm 的氧化铝),去除包覆于刀尖棱线部的上部层,使下部层露出。

[0039] 通过上述(a)~(c)工序,能够制作刀尖棱线部的下部层具有本发明中规定的压缩残余应力分布的本发明的金刚石包覆工具。

[0040] 图 1 中表示本发明的金刚石包覆工具的膜结构的概要示意图。

[0041] 并且,图 2 中表示形成于本发明的金刚石包覆工具的刀尖棱线部的下部层的压缩残余应力分布的一例。

[0042] 金刚石包覆工具的金刚石膜上通常产生因与工具基体的热胀差而引起的压缩残余应力,而且,其残余应力值在金刚石皮膜与工具基体的界面处最大,朝向膜的表面逐渐缓和。因此,金刚石膜的表面有耐磨性相对下降的倾向,但是本发明中能够通过去除刀尖棱线部的由微晶纳米金刚石膜构成的上部层并使由结晶性金刚石膜构成的下部层露出来使形成于刀尖棱线部的金刚石膜表面具有更大的压缩残余应力,作为其结果能够提高刀尖棱线部的耐磨性。

[0043] 并且,当通过实施湿式喷砂处理来去除刀尖棱线部的微晶纳米金刚石膜(上部层)时,能够在露出下部层时进一步提高下部层表面的压缩残余应力,并且还能够同时进行前刀面的微晶纳米金刚石膜(上部层)的表面平滑化,因此能够改善切屑排出性、耐熔敷性,并能够进一步谋求工具寿命的长寿命化。

[0044] 朝向刀尖棱线部（即，相对于前刀面大致 45 度的喷射角度）以平均粒径 $40\mu\text{m}$ 的氧化铝、吐出压力 1.2MPa 实施湿式喷砂处理，进行去除约 $1\mu\text{m}$ 的上部层时，对刀尖棱线部的下部层表面赋予大致 1200MPa 的压缩残余应力，并且与此同时前刀面表面平滑化至表面粗糙度 R_a 为 $0.05\mu\text{m}$ （湿式喷砂处理前的前刀面表面粗糙度 R_a 为 $0.3\mu\text{m}$ ）。

[0045] 该发明的金刚石包覆工具包覆结晶性金刚石膜作为下部层，包覆微晶纳米金刚石膜作为上部层，只有刀尖棱线部通过湿式喷砂处理等露出下部层，并且在刀尖棱线部的下部层形成在刀尖棱线部形成的下部层的露出表面的残余应力值 σ_s 为 $1.5 \sim 3\text{GPa}$ 且该 σ_s 与形成于刀尖棱线部的下部层的膜厚的 $1/2$ 位置处的残余应力值 $\sigma_{1/2}$ 的比值 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 为 $0.8 \sim 1.0$ 这样的压缩残余应力分布，从而在比强度、比刚性高于金属材料的 CFRP 或熔融性较高的含高 Si 的 Al 合金、石墨等难切削材的切削加工中使用，金刚石皮膜发挥更加优异的耐磨性，并可以谋求工具的长寿命化。

附图说明

[0046] 图 1 表示本发明的金刚石包覆工具的膜结构的概要示意图。

[0047] 图 2 表示形成于本发明的金刚石包覆工具的刀尖棱线部的下部层的压缩残余应力分布的一例。

[0048] 图 3 表示形成于比较例的金刚石包覆工具的刀尖棱线部的下部层的压缩残余应力分布的一例。

具体实施方式

[0049] 接着，根据实施例对该发明的金刚石包覆工具进行具体说明。

[0050] 另外，以下对金刚石包覆钻头进行说明，但是并不对钻头进行任何限定。

[0051] [实施例]

[0052] 首先，准备表 1 所示的均具有 $1 \sim 3\mu\text{m}$ 范围内的预定平均粒径的原料粉末，配制配合成同样表 1 所示的配合组成的混合粉末，将此用球磨机湿式混合 72 小时，干燥之后，由 100MPa 的压力冲压成型，形成直径为 10mm 、 8mm 的圆棒压坯，烧结这些圆棒压坯来制造烧结体，另外，利用磨削加工将槽形成部的外径加工成 8mm 、 6mm 的尺寸，此时，相对于外周边缘部及切削刃边缘部进行使用粒度 #600 的 SiC 磨粒的气体喷砂处理及使用粒度 #1200 的金刚石砂轮的 $30\mu\text{m}$ 以上的精加工磨削加工处理，制造出外径 8mm 的工具基体 1 ~ 5 及外径 6mm 的工具基体 6 ~ 10。

[0053] (a) 接着，在上述工具基体 1 ~ 10 上，用以 $1 : 1 : 1$ 比例混合硫酸、过氧化氢及水的溶液实施室温下蚀刻 30 秒的酸处理，接着用使平均粒径为 $30 \sim 60\text{nm}$ 的金刚石颗粒分散的 IPA 溶液进行超声波清洗，从而进行了从工具基体 1 ~ 10 的表面的 Co 成分的去除及金刚石晶种的附着处理。

[0054] (b) 接着，将进行金刚石晶种的附着处理的工具基体装入热丝 CVD 装置内，在表 2 所示的条件下，首先将结晶性金刚石膜（下部层）成膜为预定膜厚，接着，同样在表 2 所示的条件下，将微晶纳米金刚石膜（上部层）成膜为预定膜厚。

[0055] (c) 之后，在表 3 所示的条件下，朝向刀尖棱线部以预定的压力从喷砂枪喷吹氧化铝悬浮液来实施湿式喷砂，从刀尖棱线部去除上述成膜的微晶纳米金刚石膜（上部层）。

[0056] 根据上述 (a) ~ (c) 工序制作出具有图 1 所示的膜结构的本发明的金刚石包覆工具 1 ~ 10 (以下,称为本发明 1 ~ 10)。

[0057] 并且,关于上述本发明 1 ~ 10,使用拉曼光谱装置对刀尖棱线部的下部层测定 sp^3 峰值的位移量,从其数值计算出刀尖棱线部的下部层表面的残余应力值 σ_s 及刀尖棱线部的下部层的膜厚的 1/2 位置处的残余应力值 $\sigma_{1/2}$ 。

[0058] 另外,上述 σ_s 、 $\sigma_{1/2}$ 使用根据 5 点测定的平均值。

[0059] 表 4 示出本发明 1 ~ 10 中下部层的膜厚、上部层的膜厚、前刀面的表面粗糙度 Ra 及上述 σ_s 、 $\sigma_{1/2}$ 及 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 的值。

[0060] 图 2 表示本发明例 1 的刀尖棱线部的下部层的压缩残余应力分布图表。

[0061] 为了比较,制作出以所述 (a)、(b) 的工序对上述工具基体 1 ~ 7 形成预定膜厚的结晶性金刚石膜 (下部层) 和微晶纳米金刚石膜 (上部层) 之后,在表 3 所示的各种条件下实施湿式喷砂处理,从刀尖棱线部去除微晶纳米金刚石膜 (上部层) 的一部分或全部,在刀尖棱线部的结晶性金刚石膜 (下部层) 形成各种压缩残余应力分布的比较例的金刚石包覆工具 1 ~ 7 (以下,称为比较例 1 ~ 7)。

[0062] 另外,制作出以所述 (a) 工序对上述工具基体 8 ~ 10 进行 Co 成分的去除及金刚石晶种的附着处理之后,以所述 (b) 工序在表 2 所示的条件下形成预定膜厚的结晶性金刚石膜 (下部层) 和微晶纳米金刚石膜 (上部层) 的参考例的金刚石包覆工具 8 ~ 10 (以下,称为参考例 8 ~ 10)。(即,在参考例 8 ~ 10 中不进行刀尖棱线部的上部层的去除。)

[0063] 并且,关于上述比较例 1 ~ 7、参考例 8 ~ 10,与本发明 1 ~ 10 相同地使用拉曼光谱装置对刀尖棱线部的下部层测定 sp^3 峰值的位移量,从其数值计算出刀尖棱线部的下部层表面的残余应力值 σ_s 及刀尖棱线部的下部层的膜厚的 1/2 位置处的残余应力值 $\sigma_{1/2}$ 。

[0064] 另外,上述 σ_s 、 $\sigma_{1/2}$ 使用通过 5 点测定得到的平均值。

[0065] 表 5 示出比较例 1 ~ 7、参考例 8 ~ 10 中下部层的膜厚、上部层的膜厚、前刀面的表面粗糙度 Ra 及上述 σ_s 、 $\sigma_{1/2}$ 及 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 的值。

[0066] 图 3 表示比较例 1 的刀尖棱线部的下部层的压缩残余应力分布图表。

[0067] [表 1]

[0068]

类别	工具基体记号	配合组成 (质量%)							
		Co	TaC	NbC	Cr ₃ C ₂	VC	(Ti, W)C	(Ta, Nb)C	WC
工具基体	1	4.2	-	1	1	-	-	-	残余部分
	2	5	-	-	-	-	-	1	残余部分
	3	5.2	4	-	-	-	10	-	残余部分
	4	5.8	-	-	1	1	-	-	残余部分
	5	6	-	-	1	-	-	-	残余部分
	6	6.5	-	-	0.5	-	-	-	残余部分
	7	8	-	-	1	1	-	-	残余部分
	8	9.5	-	-	-	-	-	-	残余部分
	9	10	-	-	-	-	15	4	残余部分
	10	11.5	-	-	1.5	-	-	-	残余部分

[0069] [表 2]

[0070]

类别	工具基体 记号	成膜 条件 记号	成膜条件							
			结晶性金刚石膜（下部层）的成膜				微晶纳米金刚石膜（上部层）的成膜			
			气氛（甲 烷容量 %）	工具基 体 温度 （℃）	反应压力 （kPa）	时间 （分 钟）	气氛（甲 烷容量 %）	工具基 体 温度 （℃）	反应压力 （kPa）	时间 （分 钟）
A	1	1	1.5	800	1.5	600	5.0	670	3.5	90
B	2	2	1.5	800	2.0	600	5.0	670	3.8	120
C	3	3	1.5	800	0.7	1600	5.0	670	4.5	120
D	4	4	1.5	800	0.9	1200	5.0	670	4.0	20
E	5	5	1.0	850	1.2	1500	6.0	720	4.2	30
F	6	6	1.0	850	2.0	1200	6.0	720	4.0	150
G	7	7	1.0	850	0.8	2400	6.0	720	3.6	120
H	8	8	1.0	820	1.0	3600	6.0	700	3.8	40
I	9	9	2.0	820	1.2	2500	4.5	700	3.5	360
J	10	10	2.0	820	1.5	2400	4.5	700	4.0	250

[0071] [表 3]

[0072]

类别	湿式 喷砂 处理 类别	湿式喷砂处理条件				
		氧化铝的 平均粒径 （μm）	钻头的 转速 （rpm）	喷射角度 （相对钻头轴 的角度）	喷射压力 （MPa）	处理时间 （秒）
A	A	40	120	45	1.0	30
B	B	40	120	45	1.2	20
C	C	40	180	45	1.5	20
D	D	40	180	45	1.8	15
E	a	40	120	20	0.8	10
F	b	40	180	45	3.0	20
G	c	40	180	45	3.5	20

[0073] [表 4]

[0074]

类别	工具 基体 记号	成膜 条件 记号	湿式 喷砂 处理 类别	金刚石皮膜						
				下部层				上部层		
				膜厚 (μm)	σS	$\sigma_{1/2}$	$\sigma\text{S}/\sigma_{1/2}$	刀尖棱线部以 外的膜厚 (μm)	刀尖棱线部 的膜厚(μm)	排屑槽部 表面 粗糙度 Ra (μm)
本发明 1	1	1	A	5.0	1.6	1.8	0.89	0.6	0	0.08
本发明 2	2	2	A	7.0	1.85	2.0	0.93	1.0	0	0.07
本发明 3	3	3	B	8.0	1.55	1.7	0.91	1.4	0	0.05
本发明 4	4	4	B	10.0	1.73	1.8	0.96	0.2	0	0.12
本发明 5	5	5	B	12.5	2.05	2.5	0.82	0.45	0	0.10
本发明 6	6	6	C	14.0	2.42	2.7	0.90	2.0	0	0.05
本发明 7	7	7	C	16.0	2.1	2.3	0.91	1.4	0	0.06
本发明 8	8	8	D	18.0	1.7	1.8	0.94	0.5	0	0.14
本发明 9	9	9	D	25.0	1.95	2.1	0.93	3.0	0	0.07
本发明 10	10	10	D	28.0	2.15	2.2	0.98	2.5	0	0.08

[0075] [表 5]

[0076]

类别	工具基体记号	成膜条件记号	湿式喷砂处理类别	金刚石皮膜						
				下部层				上部层		
				膜厚 (μm)	σs	$\sigma_{1/2}$	$\sigma\text{s}/\sigma_{1/2}$	刀尖棱线部以外的膜厚 (μm)	刀尖棱线部的膜厚(μm)	排屑槽部表面粗糙度 Ra (μm)
比较例 1	1	1	a	5.0	1.3	1.7	0.71	0.6	0.2	0.1
比较例 2	2	2	a	7.0	1.2	1.9	0.63	1.0	0.5	0.08
比较例 3	3	3	b	8.0	1.8	1.7	1.06	1.4	0	0.05
比较例 4	4	4	b	10.0	2.0	1.9	1.05	0.2	0	0.04
比较例 5	5	5	c	12.5	2.7	2.6	1.04	0.45	0	0.05
比较例 6	6	6	c	14.0	2.9	2.7	1.07	2.0	0	0.06
比较例 7	7	7	c	16.0	2.5	2.3	1.09	1.4	0	0.05
参考例 8	8	8	-	18.0	1.2	1.7	0.70	0.5	同左	0.3
参考例 9	9	9	-	25.0	1.5	2.0	0.75	3.0	同左	0.35
参考例 10	10	10	-	28.0	1.6	2.1	0.76	2.5	同左	0.38

[0077] 接着,在以下条件 A ~ C 下对上述本发明 1 ~ 10、比较例 1 ~ 7 及参考例 8 ~ 10 进行干式钻孔切削加工试验。

[0078] 在《切削条件 A》

[0079] 工件:10mm 厚度的石墨板、

[0080] 切削速度:200m/min.、

[0081] 进给速度:0.12mm/rev.、

[0082] 孔深度:10mm(贯穿孔)、

[0083] 吹气排屑;

[0084] 《切削条件 B》

[0085] 工件:30mm 厚度的高铝合金 AC9A 板、

[0086] 切削速度:350m/min.、

[0087] 进给速度:0.24mm/rev.、

[0088] 孔深度:20mm、

[0089] 使用切削油剂;

[0090] 《切削条件 C》

[0091] 工件:20mm 厚度的 CFRP 板、

[0092] 切削速度:135m/min.、

[0093] 进给速度:0.07mm/rev.、

[0094] 孔深度 :20mm(贯穿孔)、

[0095] 吹气排屑

[0096] 中的任一钻孔切削加工试验中均测定了直到无法切削为止的钻孔加工个数。

[0097] 这些测定结果示于表 6 中。

[0098] [表 6]

[0099]

类别		钻孔加工个数 (孔)			类别		钻孔加工个数 (孔)		
		切削条件 A	切削条件 B	切削条件 C			切削条件 A	切削条件 B	切削条件 C
本 发 明	1	245	587	243	比 较 例	1	124	324	114
	2	267	591	274		2	119	365	143
	3	283	683	264		3	97	381	123
	4	275	689	258		4	84	325	137
	5	298	732	297		5	126	367	145
	6	314	782	312		6	137	421	135
	7	322	834	328		7	154	417	165
	8	346	811	376	参 考 例	8	128	376	126
	9	386	763	289		9	134	354	98
	10	357	724	293		10	165	321	117

[0100] 从表 4 ~ 6 所示的结果, 该发明的金刚石包覆工具包覆结晶性金刚石膜作为下部层, 包覆微晶纳米金刚石膜作为上部层, 只有刀尖棱线部露出下部层, 并且在刀尖棱线部的下部层形成在刀尖棱线部形成的下部层的露出表面的残余应力值 σ_s 为 1.5 ~ 3GPa 且该 $\sigma_s/\sigma_{1/2}$ 为 0.8 ~ 1.0 这样的压缩残余应力分布, 从而即使在 CFRP、含高 Si 的 Al 合金及石墨等难切削材的切削加工中使用, 金刚石皮膜也发挥更加优异的耐磨性, 并可谋求工具的长寿命化。

[0101] 相对于此, 比较例 1 ~ 7、参考例 8 ~ 10 中由于金刚石皮膜的耐磨性不充分, 因此可知在短时间内达到使用寿命。

[0102] 产业上的可利用性

[0103] 该发明的金刚石包覆工具在比强度、比刚性高于金属材料的 CFRP 或熔敷性较高的 Al 合金、石墨等难切削材的切削中, 也不会产生金刚石皮膜的剥离而经长期使用发挥优异的耐磨性, 而且不限于钻头, 能够作为刀片、铣削工具、立铣刀及切刀等各种切削工具而广泛利用。

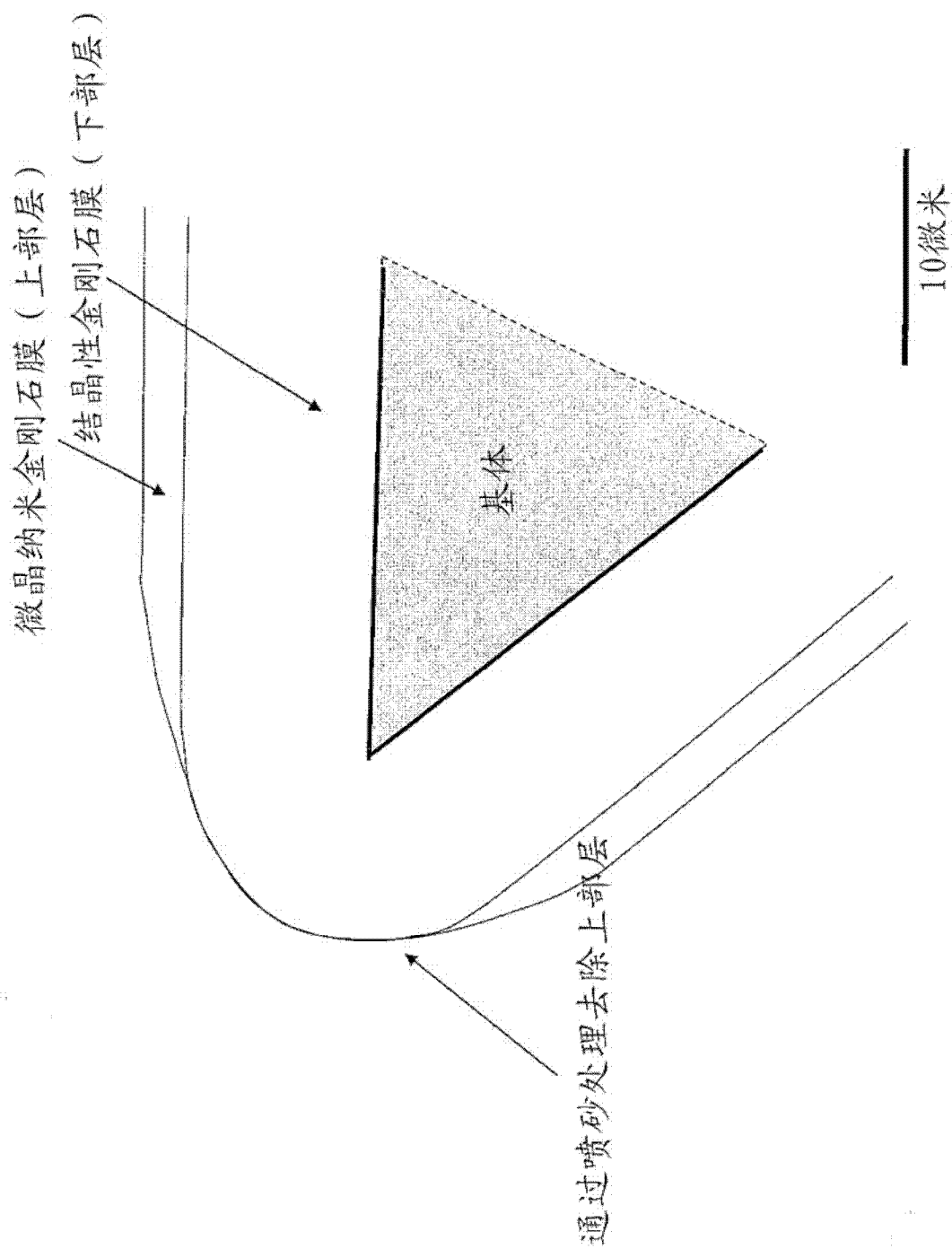


图 1

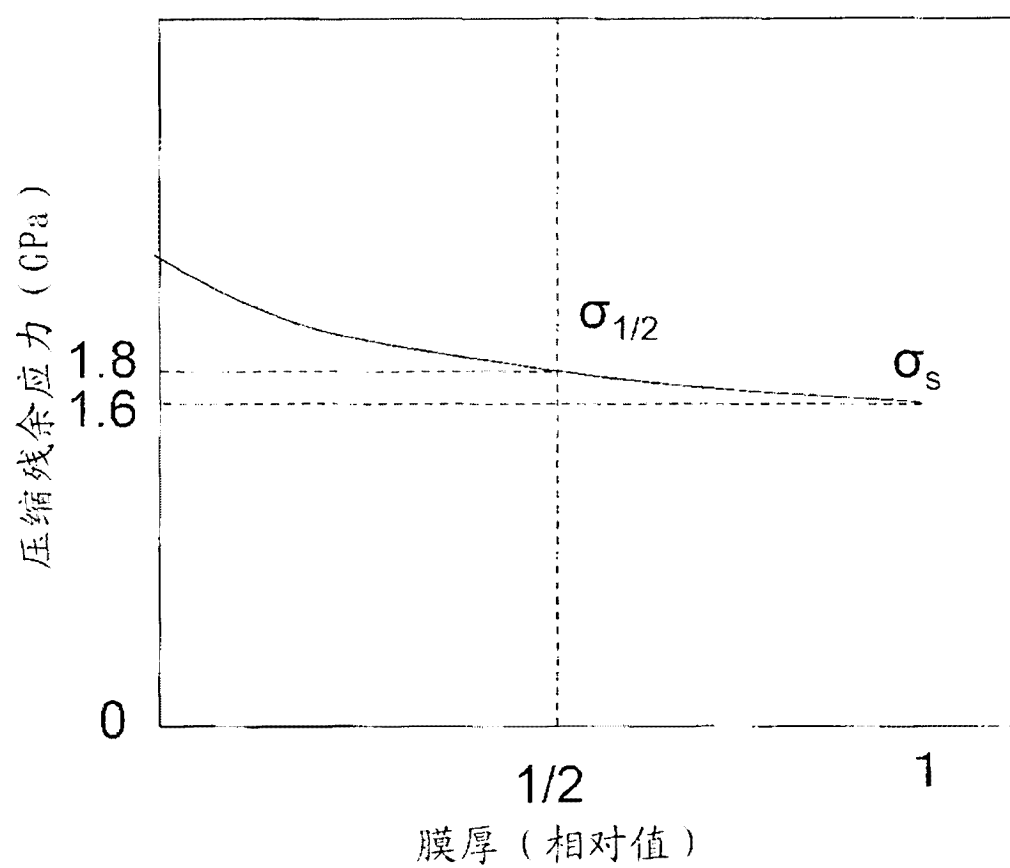


图 2

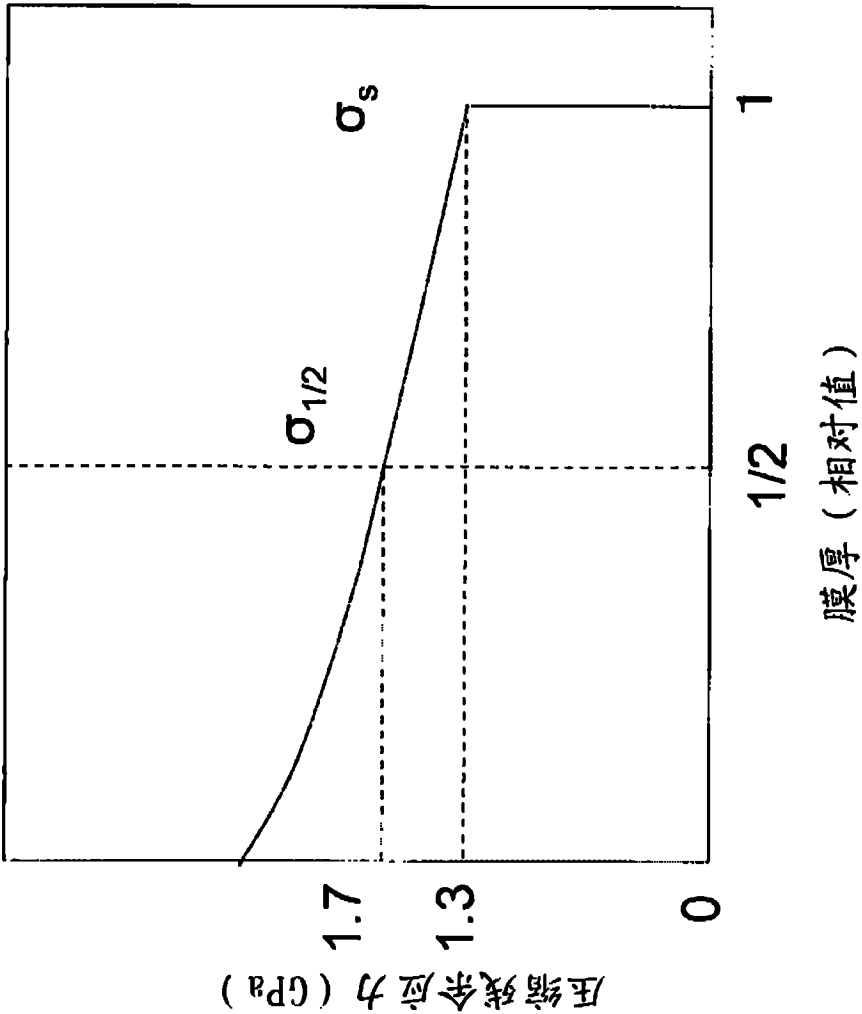


图 3