



(10) 授权公告号 CN 114829052 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 21

(21) 申请号 202080087393.8

(22) 申请日 2020.03.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114829052 A

(43) 申请公布日 2022.07.29

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.06.16

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/013575 2020.03.26

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/192131 JA 2021.09.30

(73) 专利权人 OSG株式会社
地址 日本爱知县

(72) 发明人 久田晃也

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

专利代理师 赵曦

(51) Int.Cl.
B23G 7/02 (2006.01)
C23C 8/26 (2006.01)
B21H 3/06 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101171094 A, 2008.04.30
CN 107530763 A, 2018.01.02
CN 109695014 A, 2019.04.30
EP 2327490 A1, 2011.06.01
JP 2008138235 A, 2008.06.19
JP 2011036949 A, 2011.02.24
JP 2014221478 A, 2014.11.27
US 2009320551 A1, 2009.12.31

审查员 陈翠萍

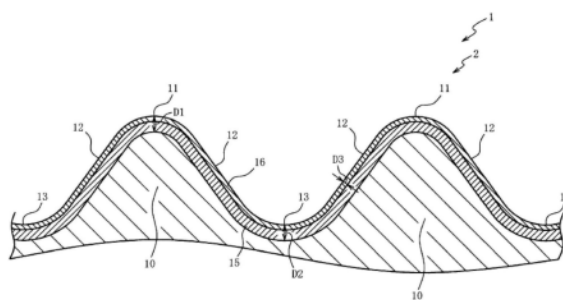
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

滚轧模具及其制造方法

(57) 摘要

提供一种能够提高实施氮化处理后的成型面的耐久性的滚轧模具。一种具有形成有多个加工齿(10)的成型面(2)且由钢制的工具基材构成的滚轧模具(1),向工具基材内扩散氮而成的氮化层(15)设置至距离成型面(2)的深度为20~70 μm 的位置,成型面(2)的表面硬度为1100HV以上,加工齿(10)的牙底(13)的氮化层(15)的深度(D2)相对于加工齿(10)的牙顶(11)的氮化层(15)的深度(D1)的变化率为30%以内。



1. 一种滚轧模具, 其特征在于, 具有形成有多个加工齿的成型面且由钢制的工具基材构成,

向所述工具基材内扩散氮而成的氮化层设置至距离所述成型面的深度为 $20\sim 70\mu\text{m}$ 的位置,

所述成型面的表面硬度为 1100HV 以上,

所述加工齿的牙底的所述深度相对于所述加工齿的牙顶的所述深度的变化率为 30% 以内,

所述成型面的压缩残余应力为 $-1500\sim -1000\text{Mpa}$,

在所述氮化层中距离所述成型面的深度为 $0.5\sim 5\mu\text{m}$ 的部位, 形成有氧化所述工具基材而成的以 Fe_3O_4 为主要成分的氧化覆膜。

2. 根据权利要求1所述的滚轧模具, 其特征在于,

所述氧化覆膜的氧化铁仅由 Fe_3O_4 构成。

3. 一种滚轧模具的制造方法, 其特征在于, 所述滚轧模具具有形成有多个加工齿的成型面且由钢制的工具基材构成, 所述制造方法包括:

氮化工序, 对所述成型面实施气体氮化处理或者自由基氮化处理, 以使所述成型面的表面硬度为 1100HV 以上并且距离所述成型面的深度为 $20\sim 70\mu\text{m}$ 的方式形成氮化层; 以及

喷丸硬化工序, 对所述氮化工序后的所述成型面实施喷丸硬化处理, 对所述成型面赋予压缩残余应力,

还包括氧化工序, 所述氧化工序是在所述喷丸硬化工序之后, 通过使所述工具基材浸渍于 $130\sim 160^\circ\text{C}$ 的碱性水溶液进行氧化的碱黑色处理, 在所述成型面上形成以 Fe_3O_4 为主要成分的氧化覆膜。

4. 根据权利要求3所述的滚轧模具的制造方法, 其特征在于,

所述喷丸硬化工序和所述氧化工序在使所述氧化工序后的所述成型面的压缩残余应力为 $-1500\sim -1000\text{MPa}$ 的条件下进行。

滚轧模具及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种滚轧模具及其制造方法,尤其涉及一种能够提高实施氮化处理后的成型面的耐久性的滚轧模具及其制造方法。

背景技术

[0002] 滚轧模具将形成有多个加工齿的成型面向被加工物推压使被加工物塑性变形,在被加工物上滚轧出与成型面对应的规定形状。为了抑制成型面的磨损或缺损而提高成型面的耐久性,已知有对成型面实施氮化处理形成氮化层的技术。在专利文献1中,使用离子氮化处理作为对滚轧模具的成型面实施的氮化处理。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2008-138235号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的技术问题

[0007] 然而,在对形成有多个加工齿的成型面实施离子氮化处理的情况下,离子易于集中在加工齿的牙顶,且离子难以接触加工齿的牙底。因此,易于使加工齿的牙顶的氮化层变深,易于使加工齿的牙底的氮化层变浅。于是,有可能会使成型面的耐久性由于氮化层的深度的偏差而无法充分地提高。因此,希望进一步提高成型面的耐久性。

[0008] 本发明是为了响应上述的要求而做出的,其目的在于,提供一种能够提高实施氮化处理后的成型面的耐久性的滚轧模具及其制造方法。

[0009] 用于解决问题的技术方案

[0010] 为了实现该目的,本发明的滚轧模具具有形成有多个加工齿的成型面且由钢制的工具基材构成,向所述工具基材内扩散氮而成的氮化层设置至距离所述成型面的深度为20~70 μm 的位置,所述成型面的表面硬度为1100HV以上,所述加工齿的牙底的所述深度相对于所述加工齿的牙顶的所述深度的变化率((牙顶的氮化层的深度-牙底的氮化层的深度)/牙顶的氮化层的深度 $\times 100$)为30%以内。

[0011] 在本发明的滚轧模具的制造方法为制造具有形成有多个加工齿的成型面且由钢制的工具基材构成的滚轧模具的方法,其包括:氮化工序,对所述成型面实施气体氮化处理或者自由基氮化处理,以使所述成型面的表面硬度为1100HV以上并且距离所述成型面的深度为20~70 μm 的方式形成氮化层;以及喷丸硬化工序,对所述氮化工序后的所述成型面实施喷丸硬化处理,对所述成型面赋予压缩残余应力。

[0012] 发明效果

[0013] 根据技术方案1记载的滚轧模具,由于以使表面硬度为1100HV以上的方式在成型面上形成氮化层,且氮化层距离成型面的深度为20~70 μm ,因此能够确保成型面的耐磨性、强度。而且,在成型面上所形成的加工齿的牙底的氮化层的深度相对于加工齿的牙顶的氮

化层的深度的变化率为30%以内。因此,能够在确保牙底的氮化层的深度的同时防止牙顶的氮化层变得过深。由此,能够在确保牙底的耐磨性的同时确保牙顶附近的加工齿的内部韧性,从而抑制加工齿的缺损。其结果,能够提高实施氮化处理后的成型面的耐久性。

[0014] 通过表面硬度为1100HV以上的氮化层,使成型面变硬,由此,有可能会降低成型面的韧性。但是,由于成型面的压缩残余应力为-1500~-1000MPa,因此能够确保成型面的韧性。由此,能够提高成型面的耐久性。

[0015] 在氮化层中距离成型面的深度为0.5~5 μm 的部位,形成有氧化工具基材而成的以 Fe_3O_4 为主要成分的氧化覆膜。通过该氧化覆膜能够提高成型面的耐熔接性、耐烧结性。

[0016] 根据技术方案4记载的滚轧模具,除了技术方案1记载的滚轧模具实现的效果以外,还实现以下的效果。由于氧化覆膜的氧化铁仅由 Fe_3O_4 构成,因此可知是通过使工具基材浸渍于碱性水溶液进行氧化的碱黑色处理、而不是通过使工具基材在500℃左右的水蒸气气氛中加热使其氧化的水蒸气氧化处理从而形成的氧化覆膜。由于碱黑色处理是在约160℃以下的比较低的温度下加热工具基材的处理,因此,能够使在形成氧化覆膜时,被预先赋予成型面的压缩残余应力难以释放。由此,为了使形成有氧化覆膜的成型面的压缩残余应力为-1500~-1000MPa,能够降低在形成氧化覆膜之前预先对成型面赋予的压缩残余应力。其结果,能够易于制造滚轧模具。

[0017] 技术方案5记载的滚轧模具的制造方法为制造具有形成有多个加工齿的成型面且由钢制的工具基材构成的滚轧模具的方法。在氮化工序中,对成型面实施气体氮化处理或者自由基氮化处理,以使成型面的表面硬度为1100HV以上并且距离成型面的深度为20~70 μm 的方式形成氮化层。通过对形成有多个加工齿的成型面实施气体氮化处理或者自由基氮化处理,能够减小加工齿的牙底的氮化层的深度相对于加工齿的牙顶的氮化层的深度的变化率。由此,能够在确保牙底的氮化层的深度的同时防止牙顶的氮化层变得过深。其结果,能够提高实施氮化处理后的成型面的耐久性。

[0018] 在氮化工序后的喷丸硬化工序中,对成型面实施喷丸硬化处理,对成型面赋予压缩残余应力。由于氮化处理使成型面变硬,成型面的韧性降低,然而通过对成型面赋予压缩残余应力,能够确保成型面的韧性。由此,能够提高成型面的耐久性。

[0019] 在喷丸硬化工序后的氧化工序中,通过使工具基材浸渍于130~160℃的碱性水溶液进行氧化的碱黑色处理,在成型面上形成以 Fe_3O_4 为主要成分的氧化覆膜。通过该氧化覆膜能够提高成型面的耐熔接性、耐烧结性。而且,与通过在500℃左右的水蒸气气氛中加热滚轧模具的水蒸气氧化处理形成氧化覆膜的情况相比,碱黑色处理是在低温下形成的氧化覆膜。由此,使通过喷丸硬化处理赋予的压缩残余应力难以随着形成氧化覆膜时的加热而释放。其结果,能够兼顾提高由氧化覆膜实现的成型面的耐熔接性、耐烧结性和确保由赋予压缩残余应力实现的成型面的韧性,因此能够进一步提高成型面的耐久性。

[0020] 根据技术方案7记载的滚轧模具的制造方法,除了技术方案5记载的滚轧模具的制造方法实现的效果以外,还实现以下的效果。喷丸硬化工序和氧化工序在使氧化工序后的成型面的压缩残余应力为-1500~-1000MPa的条件下进行。由此,能够充分地确保成型面的韧性,从而能够进一步提高成型面的耐久性。

附图说明

[0021] 图1的(a)是一实施方式的滚轧模具的俯视图,(b)是滚轧模具的侧视图。

[0022] 图2是图1的(a)的II-II线的滚轧模具的剖视图。

具体实施方式

[0023] 以下,参照附图来说明优选的实施方式。图1的(a)是滚轧模具1的俯视图。图1的(b)是滚轧模具1的侧视图。图2是图1的(a)的II-II线的滚轧模具1的剖视图。此外,在图1的(a)和图1的(b)中,为了易于理解,示意地图示出多个加工齿10。另外,在图2中,为了易于理解,夸张地图示出氮化层15、氧化覆膜16的深度D1、D2、D3。

[0024] 滚轧模具1是用于使圆柱状的被加工物的外周面塑性变形而滚轧花键或齿轮的工具,是滚轧平模。滚轧模具1由合金工具钢或者高速工具钢等钢制的工具基材构成,且形成大致长方体状。尤其优选通过冷模钢制的工具基材形成滚轧模具1。

[0025] 在滚轧模具1的上面(图1(b)纸面上侧)设置有成型面2。在该成型面2上,沿着左右方向(图1(b)纸面左右方向)连续形成有多个加工齿10。通过一边向被加工物推压形成有该加工齿10的成型面2一边使其沿着左右方向在成型面2上滚动,由此,在被加工物上滚轧与成型面2对应的规定形状。多个加工齿10以在左右方向(滚轧方向)上不具有扭转的方式形成。即,多个加工齿10以大致90°的导程角刻设。

[0026] 如图2所示,加工齿10为从滚轧模具1向上方突出的突起,在侧视观察下形成为大致梯形形状。加工齿10沿着与滚轧方向和上下方向(加工齿10的高度方向)正交的宽度方向(图1(a)纸面上下方向)延伸。

[0027] 加工齿10具有作为上方的顶端部分的牙顶11和从牙顶11的滚轧方向的两侧下降倾斜的一对齿侧面12。多个加工齿10之间的部分为牙底13。牙底13分别与相邻的加工齿10的齿侧面12连接。该多个牙顶11、齿侧面12、牙底13连续形成的表面部分为成型面2。

[0028] 此外,在用于对被加工物滚轧花键、齿轮的滚轧模具1中,将加工齿10称为“齿”、将牙顶11称为“齿的顶部”、将齿侧面12称为“齿面”、将牙底13称为“齿底”。另外,本发明也可以应用于对被加工物滚轧螺纹牙的滚轧模具,在该情况下,将加工齿10称为“螺纹牙”,将牙顶11称为“牙的顶”,将齿侧面12称为“齿侧面”,将牙底13称为“牙底”。

[0029] 在滚轧模具1上形成有距离成型面2规定的深度的氮化层15。而且,在氮化层15的成型面2侧的一部分上形成有氧化覆膜16。另外,对成型面2实施喷丸硬化处理,使成型面2的压缩残余应力变大。

[0030] 氮化层15是通过对成型面2实施后述的氮化处理,使氮在滚轧模具1的工具基材内扩散的部位。通过氮在工具基材内侵入扩散,能够在确保远离成型面2的部位(氮未侵入的部位)的韧性的同时使成型面2的附近(氮化层15)变硬。由此,能够提高成型面2的耐磨性并且能够抑制成型面2的缺损。

[0031] 在以遍及整个成型面2的方式,形成使成型面2的表面硬度(维氏硬度)为1100HV以上、距离成型面2的深度为20~70 μ m的位置的氮化层15的情况下,能够充分地确保成型面2的耐磨性或强度。在氮化层15的深度不足20 μ m的情况下,无法充分地得到成型面2的耐磨性。当氮化层15的深度超过70 μ m时,成型面2附近的工具基材内部的韧性降低,成型面2的强度降低。

[0032] 另外,优选成型面2的表面硬度为1400HV以下。这是由于在滚轧模具1的工具基材为合金工具钢或者高速工具钢的情况下,尤其,在工具基材为冷模钢的情况下,难以使成型面2的表面硬度比1400HV硬。通过使成型面2的表面硬度为1400HV以下,能够易于制造滚轧模具1。

[0033] 此外,成型面2的表面硬度根据由JIS Z 2244(ISO 6507-1以及ISO6507-4)规定的试验方法(使用维氏硬度试验机)进行测定。另外,氮化层15的深度依据JIS G 0562进行测定。具体而言,首先,以与成型面2垂直的方式切割滚轧模具1。在对该切割面进行研磨后,通过硝酸醇溶液等使切割面腐蚀,对氮化层15进行着色。然后,通过显微镜观察并测定着色成与内部的工具基材不同颜色的氮化层15的深度。

[0034] 在氮化处理中,由于氮易于向顶端部分侵入扩散,因此牙顶11的氮化层15容易比牙底13的氮化层15变得更深。在本实施方式中,以使牙底13的氮化层15的深度D2相对于牙顶11的氮化层15的深度D1的变化率 $((D1-D2)/D1 \times 100)$ 为30%以内的方式进行调整。此外,牙顶11的氮化层15的深度D1在牙顶11中的加工齿10排列的方向的中央位置进行测定。牙底13的氮化层15的深度D2在牙底13中的加工齿10排列的方向的中央位置进行测定。

[0035] 由于深度D2相对于深度D1的变化率为30%以内,因此能够在为了确保牙底13的耐磨性而确保牙底13的氮化层15的深度D2的同时,防止牙顶11的氮化层15变得过深。其结果,能够在确保牙底13的耐磨性的同时,确保牙顶11附近的加工齿10的内部的韧性,从而能够抑制牙顶11附近的加工齿10的缺损。据此,能够使实施氮化处理而形成有氮化层15的成型面2的耐久性均匀化,从而能够提高成型面2的耐久性。

[0036] 当通过成型面2的表面硬度为1100HV以上的氮化层15使成型面2变硬时,成型面2的韧性有可能会降低。但是,在本实施方式中,通过后述的喷丸硬化处理向成型面2施加压缩残余应力。该压缩残余应力通过利用了X射线衍射装置的X射线应力测定法进行测定。

[0037] 优选成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa。该值的绝对值越大,则表示成型面2的压缩残余应力越大。由于该范围的压缩残余应力被赋予成型面2,因此即使形成使成型面2的表面硬度为1100HV以上的氮化层15,也能够确保成型面2的韧性。其结果,能够抑制成型面2随着成型面2的韧性的降低而易于缺损,从而能够提高成型面2的耐久性。

[0038] 氧化覆膜16是通过后述的碱黑色处理氧化工具基材的成型面2附近而形成的部位。氧化覆膜16是氧化工具基材中的铁而成的以 Fe_3O_4 (四氧化三铁)为主要成分的黑色的覆膜。此外,氧化覆膜16的氧化铁仅由 Fe_3O_4 构成,不包含 Fe_2O_3 (氧化铁)。氧化覆膜16形成至距成型面2的深度D3为0.5~5 μm 的部位。氧化覆膜16的深度D3通过以与成型面2垂直的方式切割滚轧模具1,在对该切割面进行研磨后,通过显微镜观察并测定黑色部分的深度。

[0039] 通过在成型面2上形成这样的氧化覆膜16,能够提高成型面2的耐熔接性、耐烧结性。在该深度D3不足0.5 μm 的情况下,无法充分地得到成型面2的耐熔接性、耐烧结性。当深度D3超过5 μm 时,仅仅氧化覆膜16的形成花费时间,而不会对成型面2的耐熔接性、耐烧结性产生影响。通过使氧化覆膜16的深度D3为0.5~5 μm 的范围,能够在充分地确保成型面2的耐熔接性、耐烧结性的同时缩短氧化覆膜16的形成花费的时间。

[0040] 接着,说明滚轧模具1的制造方法(表面处理方法)。首先,准备由具有形成有多个加工齿10的成型面2的钢制的工具基材构成的滚轧模具1的中间体。对该中间体(工具基材)的成型面2实施氮化处理形成氮化层15(氮化工序)。接下来,对实施了氮化处理的成型面2

实施喷丸硬化处理(喷丸硬化工序)。最后,通过实施使成型面2氧化的氧化处理形成氧化覆膜16(氧化工序),制成滚轧模具1。

[0041] 氮化处理是将工具基材(中间体)曝露于含氮的气氛中并对其加热,由此使氮向工具基材的表层部侵入扩散并进行硬化的公知的处理。在本实施方式中,优选使用气体氮化处理或者自由基氮化处理。

[0042] 气体氮化处理是通过将工具基材在约500~550℃的氨气气流中进行加热,使氨气分解时的氮向成型面2侵入扩散,由此形成的氮化层15。氮化层15的深度根据氨气浓度和处理时间而变化。在本实施方式中,在使氮化层15的深度为20~70μm的条件下进行气体氮化处理。

[0043] 当氨气浓度高时,易于在氮化层15的表面上形成多孔状的脆的氮化合物层,从而成型面2的耐久性降低。另外,即使对较厚地形成有该脆的氮化合物层的成型面2实施喷丸硬化处理,也有时仅仅去除氮化合物层的一部分,而无法充分地对成型面2赋予压缩残余应力。因此,优选以喷丸硬化处理前且气体氮化处理后的氮化合物层的厚度为1.5μm以下的方式设定已知的气体氮化处理的条件。

[0044] 自由基氮化处理是例如在反应炉内的真空中将工具基材加热为400~550℃左右,将氨与氢气的混合气体导入反应炉内,使成型面2产生等离子体。通过由该等离子体产生的NH自由基,使氮向成型面2侵入扩散,由此形成氮化层15。与气体氮化处理同样地,在使氮化层15的深度为20~70μm的条件下进行自由基氮化处理。在自由基氮化处理中,由于难以形成氮化合物层,因此能够在短时间内形成所希望的厚度的氮化层15。此外,相比自由基氮化处理,气体氮化处理的处理设备能够更简单。

[0045] 此外,在氮化处理中,具有在氮以及氢气的混合气体气氛的真空炉中通过辉光放电产生离子,使该离子与成型面2碰撞,由此形成氮化层15的离子氮化处理。在该离子氮化处理中,离子容易碰撞的牙顶11的氮化层15的深度D1容易变深,离子难以碰撞的牙底13的氮化层15的深度D2容易变浅。

[0046] 相对于此,在气体氮化处理以及自由基氮化处理中,能够降低牙底13的氮化层15的深度D2相对于牙顶11的氮化层15的深度D1的变化率。尤其,若该变化率为30%以内,即,通过在使变化率为30%以内的条件下进行气体氮化处理以及自由基氮化处理,如上所述,能够使成型面2的耐久性均质化,从而能够提高成型面2的耐久性。

[0047] 喷丸硬化处理是将多个微小钢球等投射材料以规定的投射压力向成型面2投射的处理。通过由投射材料碰撞的部分的成型面2凹陷,对成型面2赋予压缩残余应力。以使刚进行喷丸硬化处理之后的成型面2的压缩残余应力为-1550~-1050MPa左右的方式设定处理条件。

[0048] 氧化处理是使实施了氮化处理以及喷丸硬化处理的工具基材浸渍于130~160℃的碱性水溶液进行氧化的碱黑色处理(染黑)。通过该处理,在成型面2上形成氧化工具基材中的铁而成的以 Fe_3O_4 为主要成分的氧化覆膜16。以使氧化覆膜16的深度D3为0.5~5μm的方式设定碱黑色处理的处理条件。

[0049] 用于碱黑色处理的碱性水溶液是已知的溶液,例如是高浓度的氢氧化钠溶液与少量的氧化剂的混合溶液。作为添加的氧化剂,可以使用亚硝酸钠、氰化钠、磷酸钠、氧化铅、硫代硫酸钠等。

[0050] 在氧化处理中,除了碱黑色处理以外,具有在500℃左右的水蒸气气氛中加热工具基材形成氧化覆膜16的水蒸气氧化处理。但是,在该水蒸气氧化处理中,由于成型面2成为高温,因此易于释放喷丸硬化处理的压缩残余应力。相对于此,在碱黑色处理中,由于成型面2仅被加热至130~160℃左右,因此能够使喷丸硬化处理的压缩残余应力难以释放。其结果,能够兼顾提高由氧化覆膜16实现的成型面2的耐熔接性、耐烧结性和确保由赋予压缩残余应力实现的成型面2的韧性,因此能够进一步提高成型面2的耐久性。

[0051] 此外,喷丸硬化处理以及氧化处理在使氧化处理后的成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa的条件下进行。在不足30分钟进行将成型面2加热至130~160℃左右的碱黑色处理,使氧化覆膜16为5μm以下的情况下,在碱黑色处理时被释放的压缩残余应力成为约50MPa以下。通过以使喷丸硬化处理之后的成型面2的压缩残余应力成为-1550~-1050MPa左右的方式设定喷丸硬化处理的处理条件,由此能够使氧化处理后的成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa。

[0052] 在喷丸硬化处理后进行氮化处理,在该情况下,压缩残余应力会由于氮化处理时的加热而释放。另外,在氧化处理后进行喷丸硬化处理,在该情况下,氧化覆膜16有时会由于投射材料的碰撞而去除。据此,需要按照氮化处理、喷丸硬化处理、氧化处理的顺序对工具基材实施各处理。

[0053] 另外,即使不确认滚轧模具1的制造方法,通过确认各处理后的滚轧模具1,如下所述,也可知其制造方法。首先,如果使成型面2的表面硬度为1100HV以上的氮化层15的深度为20~70μm,牙底13的氮化层15的深度D2相对于牙顶11的氮化层15的深度D1的变化率为30%以内,则可知对工具基材的成型面2实施气体氮化处理或者自由基氮化处理制成滚轧模具1。

[0054] 尤其,在由合金工具钢或者高速工具钢制的工具基材构成的滚轧模具1中,只要成型面2的表面硬度为1100HV以上,则即使不进行切割滚轧模具1确认氮化层15,也可知实施了氮化处理制成滚轧模具1。这是由于在合金工具钢或者高速工具钢制的工具基材中,在未实施氮化处理的条件下成型面2的表面硬度不会成为1100HV以上。

[0055] 只要由合金工具钢或者高速工具钢制的工具基材构成的滚轧模具1具有上述的氮化层15并且成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa,则可知在气体氮化处理或者自由基氮化处理后实施喷丸硬化处理制成了滚轧模具1。这是由于喷丸硬化处理的压缩残余应力不会由于氮化处理时的加热而释放。还由于在合金工具钢或者高速工具钢制的工具基材中,在仅实施氮化处理而未实施喷丸硬化处理的情况下,成型面2的压缩残余应力不会成为-1500~-1000MPa。

[0056] 而且,在由合金工具钢或者高速工具钢制的工具基材构成的滚轧模具1的成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa并且形成有深度D3为0.5~5μm的氧化覆膜16的情况下,可知在喷丸硬化处理后实施碱黑色处理制成了滚轧模具1。这是由于喷丸硬化处理的压缩残余应力几乎不会由于氧化处理(碱黑色处理)时的加热而释放。

[0057] 另外,在通过水蒸气氧化处理形成氧化覆膜16的情况下,该氧化覆膜16的氧化铁包含 Fe_3O_4 和 Fe_2O_3 两者。另一方面,在通过碱黑色处理形成氧化覆膜16的情况下,氧化覆膜16的氧化铁仅由 Fe_3O_4 构成。因此,通过使用了X射线衍射装置的XRD测定对氧化覆膜16的成分进行测定的结果可知,在氧化覆膜16仅由 Fe_3O_4 构成的情况下,通过碱黑色处理形成了氧

化覆膜16。如上所述,与水蒸气氧化处理相比,在碱黑色处理中,当形成氧化覆膜16时,能够使预先赋予成型面2的压缩残余应力难以释放。只要通过碱黑色处理形成氧化覆膜16,则为了使形成有氧化覆膜16的成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa,能够降低在形成氧化覆膜16之前预先对成型面2赋予的压缩残余应力。其结果,能够易于制造滚轧模具1。

[0058] 接下来,说明使用上述的滚轧模具进行的耐久试验。该耐久试验是在使用对滚轧模具的成型面2实施的表面处理不同的一对第一样品~第四样品进行滚轧加工的情况下,测定能够连续加工的螺纹的总数(以下称为“耐久寿命数”)的试验。具体而言,耐久寿命数是在每1000个使用螺旋量规检查由滚轧加工形成的螺纹时,该螺纹达到规格外之前的个数。另外,滚轧加工是以使一对各样品中的一方固定,另一方移动的方式进行的加工。

[0059] 在该耐久试验中使用的各样品是移动侧的长度(图1(a)左右方向尺寸)为140mm、固定侧的长度为125mm、厚度(图1(b)上下方向尺寸)为40mm、高度(宽度、图1(a)上下方向)为32mm、公称尺寸为M8×1.25、钢种为SKD11的滚轧平模。另外,实施滚轧加工的被加工物为20HRC(洛氏硬度)的SUS。在耐久试验中,每分钟加工60个被加工物。

[0060] 在第一样品中,对成型面2按照气体氮化处理、喷丸硬化处理、碱黑色处理的顺序进行实施。在第二样品中,对成型面2按照离子氮化处理、喷丸硬化处理、水蒸气氧化处理的顺序进行实施。在第三样品中,对成型面2按照气体氮化处理、喷丸硬化处理的顺序进行实施。在第四样品中,对成型面2按照离子氮化处理、喷丸硬化处理的顺序进行实施。

[0061] 第二样品以及第四样品的离子氮化处理的条件为氮与氢气的混合比(容积比)为约3:7,加热温度为500℃,加热时间为三小时。该处理条件使离子氮化处理后的成型面2的表面硬度为约1200HV。第一样品以及第三样品的气体氮化处理的条件以使气体氮化处理后的成型面2的表面硬度为约1200HV、使气体氮化处理后的氮化合物层的厚度与第二样品以及第四样品的离子氮化处理后的氮化合物层的厚度相等的方式进行设定。

[0062] 各样品的喷丸硬化处理如下进行:将各样品以同心的方式安装于旋转台,使其以2500mm/分钟的旋转速度旋转,从位于各样品的周围且以呈等角度间隔地与成型面2相距150mm的方式配置的三个喷嘴喷射投射材料。从各喷嘴通过0.5MPa压力的空气喷射粒度为#300且钢制的投射材料。

[0063] 在碱黑色处理中,首先,对第一样品进行脱脂、水洗,在盐酸15%且pH(氢离子指数)2~3的酸洗槽中洗涤第一样品20~30秒。然后,进行水洗,使第一样品浸渍于 $138\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的碱性水溶液20~25分钟。然后,对第一样品进行水洗,将第一样品放入水置换防锈油槽中进行防锈。碱性水溶液的成分在该加热条件下,使第一样品的氧化覆膜16的深度D3为约2.0 μm 。对第二样品进行的水蒸气氧化处理以使第二样品的氧化覆膜16的深度D3为约1.0 μm 的方式进行。

[0064] 在表1中示出各样品的表面处理、成型面2的压缩残余应力(MPa)、成型面2的表面硬度(HV0.3(试验力2.942N的维氏硬度))。在表2中示出各样品的牙顶11的氮化层15的深度D1(μm)、牙底13的氮化层15的深度D2(μm)、牙顶11的氧化覆膜的深度D3(μm)、耐久寿命数。

[0065] [表1]

[0066]	样品	表面处理	压缩残余应力 (MPa)	表面硬度 (HV0.3)
	1	气体氮化处理→喷丸硬化处理 →碱黑色处理	约-1150	约 1200
	2	离子氮化处理→喷丸硬化处理 →水蒸气氧化处理	约-500	约 1200
	3	气体氮化处理→喷丸硬化处理	约-1200	约 1200
	4	离子氮化处理→喷丸硬化处理	约-1200	约 1200

[0067] [表2]

[0068]	样品	牙顶的氮化层深度 (μm)	牙底的氮化层深度 (μm)	氧化覆膜深度 (μm)	耐久寿命数
	1	40	35	2.0	180000
	2	50	25	1.0	81000
	3	40	35		103000
	4	50	25		101000

[0069] 如表1、2所示,在实施了气体氮化处理的样品1、3中,牙顶11和牙底13的氮化层15的深度的差小至 $5\mu\text{m}$ 左右。在实施了离子氮化处理的样品2、4中,牙顶11和牙底13的氮化层15的深度的差大至 $25\mu\text{m}$ 左右。在样品3中,耐久寿命数为103000,大于样品4的耐久寿命数101000。由此,通过样品3、4的比较可知,牙顶11和牙底13的氮化层15的深度的差较小的一方能够增加滚轧模具的耐久寿命数。由此可知,通过利用气体氮化处理形成氮化层15,能够提高滚轧模具的成型面2的耐久性。

[0070] 根据样品2、4的比较,通过在喷丸硬化处理后实施水蒸气氧化处理,使成型面2的压缩残余应力从约-1200成为约-500的一半以下。而且,相对于样品4的耐久寿命数101000,样品2的耐久寿命数成为81000,可知通过水蒸气氧化处理,耐久寿命数降低。

[0071] 根据样品1、3的比较,即使在喷丸硬化处理后实施碱黑色处理,成型面2的压缩残余应力从约-1200成为约-1150几乎没有变化。而且,相对于样品3的耐久寿命数103000,样品1的耐久寿命数成为180000,可知通过形成氧化覆膜16,耐久寿命数增加。由此,可知通过在喷丸硬化处理后实施碱黑色处理形成氧化覆膜16,能够更提高滚轧模具的成型面2的耐久性。

[0072] 接下来,相对于样品1、2将公称尺寸变更为No.4-40UNC(统一标准粗牙螺纹)用的样品5、6。在表3中示出该样品1、2、5、6的牙顶11的氮化层15的深度D1、牙底13的氮化层15的深度D2、深度D2相对于深度D1的变化率 $((D1-D2)/D1 \times 100)$ (%)。此外,虽然没有记载详细

的值,但可以确认样品5的耐久寿命数比样品6的耐久寿命数多。

[0073] [表3]

	气体氮化处理→喷丸硬化处理 →碱黑色处理		离子氮化处理→喷丸硬化处理 →水蒸气氧化处理	
	样品1 M8×1.25	样品5 No. 4-40UNC	样品2 M8×1.25	样品6 No. 4-40UNC
牙顶	40 μm	30 μm	50 μm	22 μm
牙底	35 μm	23 μm	25 μm	11 μm
变化率	12.5%	23.3%	50.0%	50.0%

[0075] 如表3所示,在对成型面2实施离子氮化处理的样品2、6中,深度D2相对于深度D1的变化率成为50%左右。由此可知,在对成型面2实施离子氮化处理的情况下,与加工齿10的大小(滚轧加工的螺纹的大小)无关,牙顶11的氮化层15的深度D1与牙底13的氮化层15的深度D2显著不同。

[0076] 相对于此,在对成型面2实施气体氮化处理的情况下,对于深度D2相对于深度D1的变化率而言,样品1为12.5%,样品5为23.3%。即,在对成型面2实施气体氮化处理的情况下,可知加工齿10越小则其变化率越大。即使考虑成规格的其他螺纹用的加工齿10的大小,在对成型面2实施气体氮化处理的情况下,也能推测出深度D2相对于深度D1的变化率为30%以内。由此,由于变化率为30%以内的样品1、5的耐久寿命数比其变化率超过30%的样品2、6的耐久寿命数多,因此可知只要变化率为30%以内,则能够提高滚轧模具的成型面2的耐久性。

[0077] 以上,根据实施方式进行了说明,但本发明不受上述方式的任何限定,能够容易地推测出在不脱离本发明的主旨的范围内能够进行各种改良变形。例如,可以适当变更加工齿10的形状或尺寸。

[0078] 另外,上述方式中的氮化处理、喷丸硬化处理、氧化处理的处理条件是适于滚轧模具1的工具基材为合金工具钢或者高速工具钢,尤其为冷模钢的情况的条件。为了得到上述方式所示的所希望的特性,可以根据工具基材的种类等适当变更各处理条件。

[0079] 在上述方式中,说明了滚轧模具1为滚轧平模的情况,但并不限于此。本发明也可以应用于滚轧圆模。另外,本发明也可以应用于扇状的扇形模具。另外,并不限于在被加工物的外周面上滚轧花键或齿轮的滚轧模具1,本发明也可以应用于在被加工物的外周面上滚轧螺纹牙的滚轧模具。即,也可以将加工齿10的导程角从90°开始进行变更。

[0080] 在上述方式中,说明了具有规定的氮化层15以及氧化覆膜16、成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa的滚轧模具1,但并不一定限于此。也可以不一定对成型面2实施形成深度D3为0.5~5μm的氧化覆膜16的氧化处理。另外,也可以不一定对成型面2实施使成型面2的压缩残余应力为-1500~-1000MPa的喷丸硬化处理。由此,能够简化滚轧模具1的制造工序并且能够削减滚轧模具1的产品成本。

[0081] 符号说明

[0082] 1 滚轧模具

[0083] 2 成型面

[0084] 10 加工齿

- [0085] 11 牙顶
- [0086] 13 牙底
- [0087] 15 氮化层
- [0088] 16 氧化覆膜。

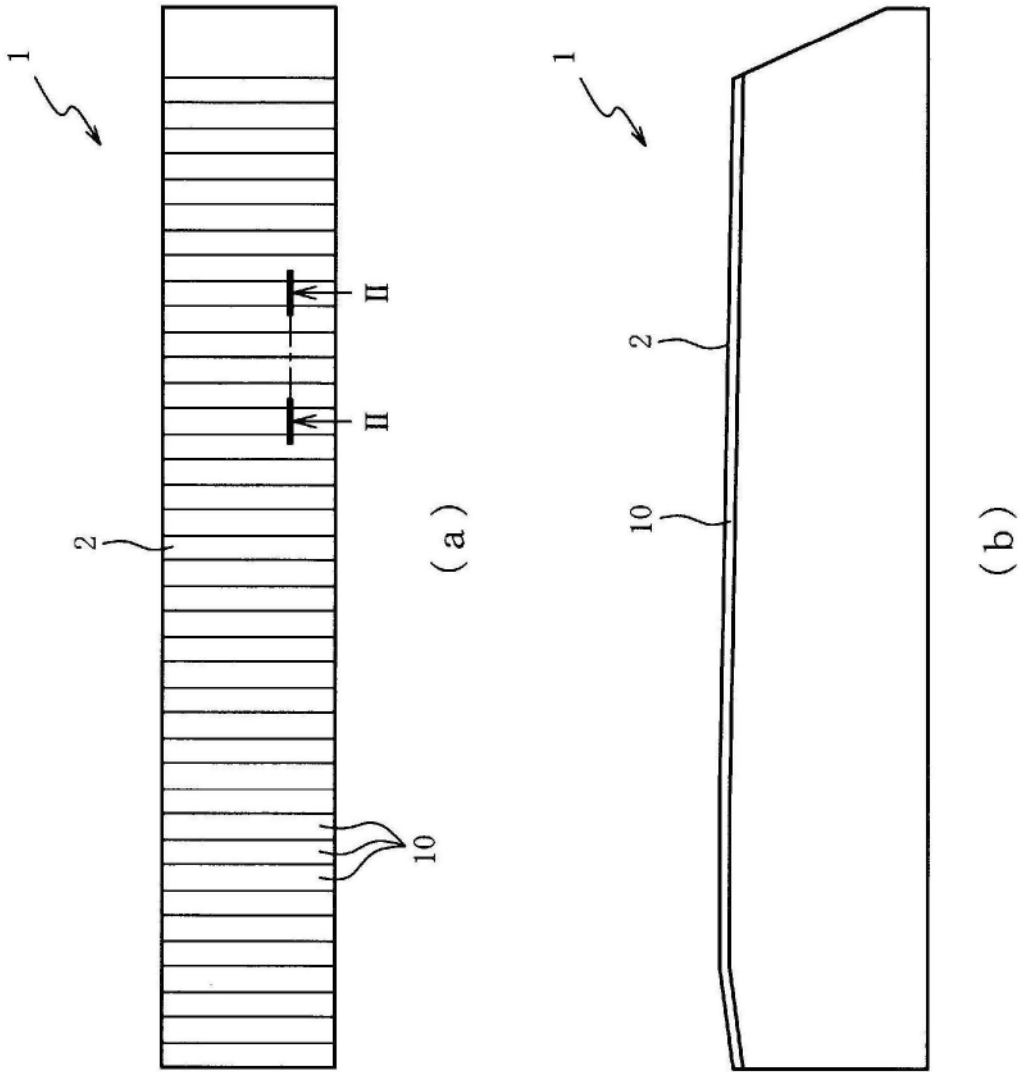


图1

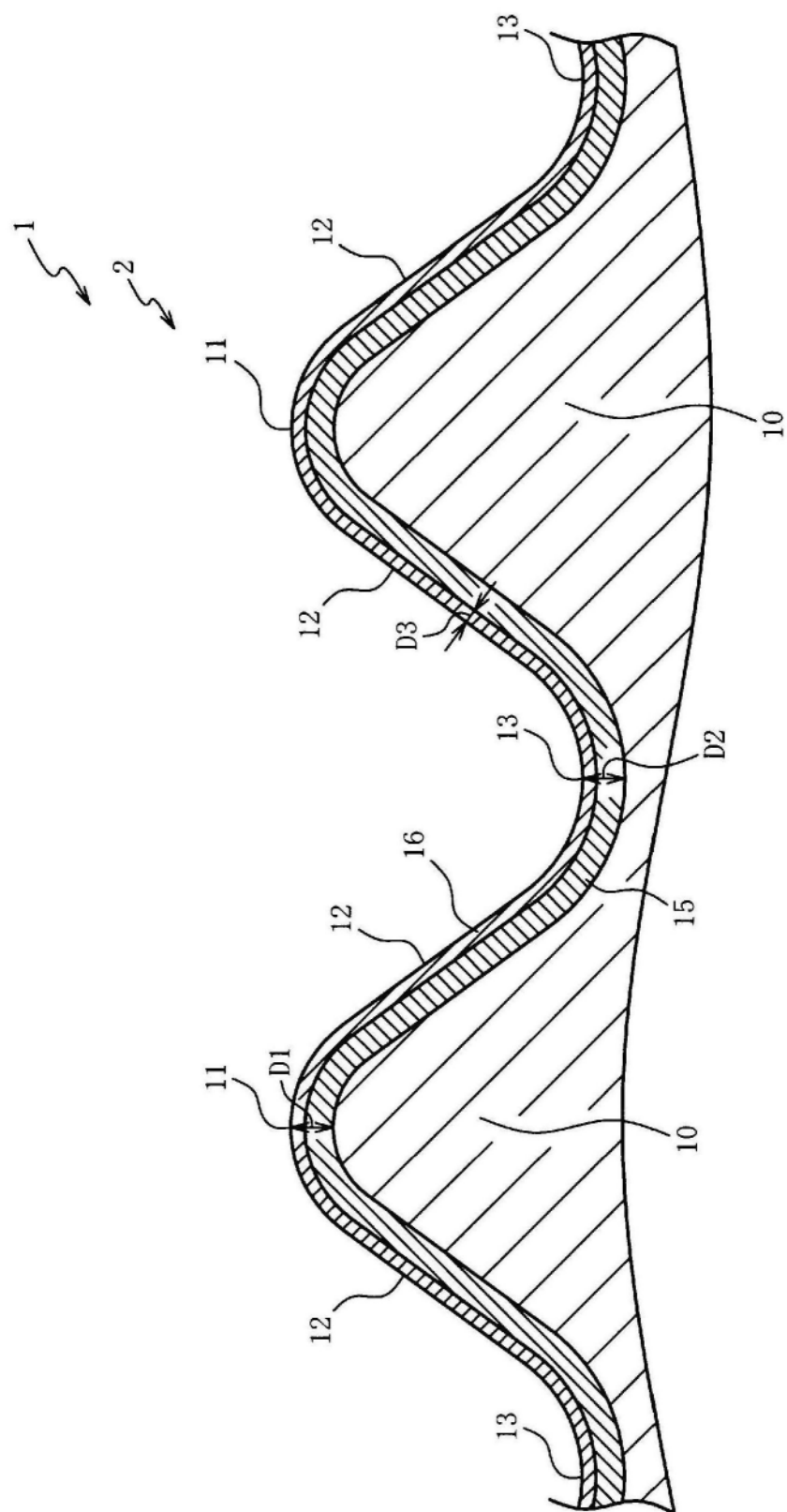


图2