(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116871828 A
(43)申请公布日 2023.10.13

(21)申请号 202310922995.6

(22)申请日 2023.07.26

(71)申请人 江苏甬怡紧固件有限公司
地址 222111 江苏省连云港市赣榆区海头镇兴庄村金兴南路6号

(72)发明人 孙利岳 李刚 吴茂双

(74)专利代理机构 北京子焱知识产权代理事务所(普通合伙) 11932
专利代理师 王倩

(51)Int.Cl.
B23P 15/00(2006.01)
B23P 23/06(2006.01)

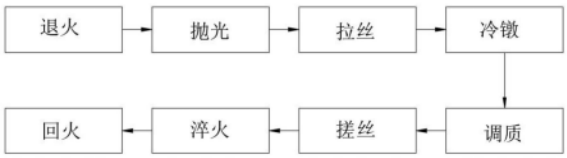
权利要求书3页 说明书15页 附图2页

(54)发明名称

一种紧固件无磷化生产工艺及装置

(57)摘要

本发明属于紧固件生产技术领域,公开了一种紧固件无磷化生产工艺及装置,包括:将坯料依次进行退火、抛光、拉丝和冷镦处理得到半成品,对半成品进行搓丝以在半成品表面形成螺纹,随后进行热处理,得到紧固件;拉丝处理前通过涂抹滚刷在坯料表面涂抹10-30μm厚的拉丝油和/或拉丝膏,冷镦处理前在坯料表面涂抹免磷化成型油。本发明提供的紧固件生产工艺实现了全程无磷化处理,首先,将坯料在退火炉中通过温度控制实现坯料的退火加工,从而解决了坯料成型前的脆性问题,消除坯料中的三次渗碳体组织,退火后的坯料经拉丝至设定的直径,在拉丝过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理,无废水无废酸产生,绿色环保。



CN 116871828 A

1.一种紧固件无磷化生产工艺,包括:将坯料依次进行退火、抛光、拉丝和冷镦处理得到半成品,对半成品进行搓丝以在半成品表面形成螺纹,随后进行热处理,得到所述紧固件;其特征在于,所述紧固件无磷化生产工艺还包括:

在所述拉丝处理前,向坯料表面涂抹拉丝油和/或拉丝膏;在所述冷镦处理前,在坯料表面喷淋免磷化成型油。

2.根据权利要求1所述的紧固件无磷化生产工艺,其特征在于,所述拉丝油和/或拉丝膏的涂抹过程在拉丝单元中进行,所述拉丝单元包括放卷辊和收卷辊,所述坯料在所述放卷辊和所述收卷辊之间传送;

所述放卷辊和所述收卷辊之间沿所述坯料的传输方向依次设置有润滑箱和拉丝机构,所述润滑箱内配置有涂抹滚刷,所述涂抹滚刷用于向所述坯料表面涂抹拉丝油或拉丝膏;

所述坯料表面的涂抹厚度为10-30μm。

3.根据权利要求1所述的紧固件无磷化生产工艺,其特征在于,所述免磷化成型油包括基础油、润滑剂、抗氧化剂、防锈剂、极压剂和消泡剂;

以所述免磷化成型油的质量百分数为100%计,所述免磷化成型油中各组成的质量百分数如下:

所述基础油的质量分数为50-60wt%、所述润滑剂的质量分数为30-40wt%、所述抗氧化剂的质量分数为0.2-1wt%,所述防锈剂的质量分数为0.5-1wt%,所述极压剂的质量分数为7-10wt%,所述消泡剂的质量分数为0.5-1wt%。

4.根据权利要求3所述的紧固件无磷化生产工艺,其特征在于,所述基础油包括矿物基础油;

所述润滑剂包括三羟甲基丙烷脂肪酸酯、棕榈酸异辛脂、季戊四醇脂肪酸酯或脂肪酸中的任意一种或至少两种的组合;

所述抗氧化剂包括硫化烷基酚钙和/或壬基二苯胺;

防锈剂包括高碱值合成磺酸钙;

所述极压剂包括硫化脂肪酸酯和/或硫化烯烃;

所述消泡剂包括聚异丁烯双丁二酰亚胺。

5.根据权利要求1所述的紧固件无磷化生产工艺,其特征在于,所述免磷化成型油的喷淋量为500-600L/min;

所述免磷化成型油的喷淋压力为20-30KPa;

所述免磷化成型油的喷淋时间为30-40s;

所述免磷化成型油的喷淋厚度为20-30μm。

6.根据权利要求1所述的紧固件无磷化生产工艺,其特征在于,所述退火处理包括:

(1)将坯料分层放入退火炉中,向退火炉中通入保护气体以将退火炉内的空气排空,随后向退火炉内通入碳源气体,将退火炉预热至200-250℃;其中,碳源气体可以是甲醇裂解气,碳源气体的通入量为10-15L/h;

(2)以1-2℃/min的升温速率升温至640-650℃,保温60-90min使坯料奥氏体化;随后以1-2℃/min的升温速率继续升温至740-750℃,保温4-5h后完成对坯料的等温球化;

(3)以0.2-0.5℃/min的降温速率降温至700-710℃,保温40-50min;随后以0.1-0.3℃/min的降温速率继续降温至600-650℃,保温60-70min;随后以0.7-0.8℃/min的降温速率再

次降温至500-550℃，保温30-40min；最后向退火炉通入保护气体进行快速降温至50℃以下。

7.一种紧固件无磷化生产装置，其特征在于，所述紧固件无磷化生产装置用于完成权利要求1至6任一项所述的紧固件无磷化生产工艺；

所述紧固件无磷化生产装置包括退火单元、抛光单元、拉丝单元、冷镦单元、搓丝单元和热处理单元。

8.根据权利要求7所述的紧固件无磷化生产装置，其特征在于，所述拉丝单元包括放卷辊和收卷辊，所述坯料的两端分别绕于所述放卷辊和所述收卷辊上，所述放卷辊和所述收卷辊同向旋转，使得坯料在所述放卷辊和所述收卷辊之间传送；

所述放卷辊和所述收卷辊之间的坯料传输路径上设置有第一张紧辊和第二张紧辊，所述坯料由所述放卷辊出发依次绕过所述第一张紧辊和所述第二张紧辊后缠绕于所述收卷辊上；

所述放卷辊和所述第一张紧辊之间的坯料传输路径上设置有第一拉丝机构，所述第一张紧辊和所述第二张紧辊之间的坯料传输路径上设置有第二拉丝机构，所述第二张紧辊和所述收卷辊之间的坯料传输粒径上设置有第三拉丝机构，所述坯料依次穿过所述第一拉丝机构、所述第二拉丝机构和所述第三拉丝机构。

9.根据权利要求8所述的紧固件无磷化生产装置，其特征在于，所述第一拉丝机构包括外壳和位于所述外壳内的两个拉丝辊，所述外壳的两侧壁分别开设进料口和出料口，两个所述拉丝辊分别位于所述坯料传输路径的两侧，两个所述拉丝辊之间留有拉丝空隙，所述拉丝空隙的间距小于所述坯料的直径，所述坯料由所述进料口进入所述外壳，穿过所述拉丝空隙后由所述出料口穿出；

所述第一拉丝机构、所述第二拉丝机构和所述第三拉丝机构的结构相同，所述第一拉丝机构的拉丝空隙的间距＞所述第二拉丝机构的拉丝空隙的间距＞所述第三拉丝机构的拉丝空隙的间距，所述坯料依次穿过所述第一拉丝机构、所述第二拉丝机构和所述第三拉丝机构时被不同间距的拉丝间隙逐级拉伸；

所述外壳的侧壁开设抽风口，所述抽风口外接风机，拉丝过程中产生的大块金属碎屑落入回收腔底部，金属粉末由所述风机抽出外排；

所述放卷辊和所述第一拉丝机构之间的坯料传输路径上设置有润滑箱，所述润滑箱内配置有涂抹滚刷，所述涂抹滚刷用于向所述坯料表面涂抹拉丝油或拉丝膏。

10.根据权利要求7所述的紧固件无磷化生产装置，其特征在于，所述冷镦单元包括冷镦基座和位于所述冷镦基座上方的加压模块，所述冷镦基座的表面向其内部垂直设置有若干相互独立的加工槽，所述坯料放入所述加工槽内，所述加压模块下移，将所述坯料压入所述加工槽内以形成与所述加工槽内形状互补的半成品；

所述冷镦基座的内部还设置有容置腔，所述容置腔位于所述加工槽的下方并与所述加工槽连通，所述容置腔的内部配置有顶出模块，所述顶出模块用于在冷镦成型结束后将所述半成品由所述加工槽的底部顶出脱模；

所述顶出模块包括顶出电机以及与所述顶出电机传动连接的安装板，所述安装板上设置有若干顶出杆，所述顶出杆与所述安装板垂直连接，所述顶出杆的位置与所述加工槽的位置对应；在冷镦成型过程中，所述顶出杆的顶端与所述加工槽的底面平齐，所述顶出杆的

顶端支撑所述半成品的底面;冷镦成型结束后,所述顶出电机带动所述安装板上移,所述顶出杆的至少部分伸入所述加工槽内,以顶出所述加工槽内的半成品。

一种紧固件无磷化生产工艺及装置

技术领域

[0001] 本发明属于紧固件生产技术领域,涉及一种紧固件无磷化生产工艺及装置。

背景技术

[0002] 由于冷成型润滑需要,坯料工件改制时需经磷化处理,表面磷化膜对紧固件的热处理是一大危害,热处理前不将磷化膜去除,热处理时表面的磷化膜会烧结在表面,在紧固件表面生成五氧化二磷,给后期表面处理带来困难,甚至磷会渗入钢表层组织中形成磷化聚集层。因白色磷化物聚集层硬度极高,极容易产生微小的裂纹,简称“磷脆”,磷脆会严重影响到紧固件产品的疲劳寿命。使得高强度紧固件的质量受到严重影响,因此热处理前检测紧固件表面的磷层是否去除干净,成为保证紧固件品质和降低紧固件使用风险至关重要的一步。

[0003] 现有的紧固件除磷方法,通过碱性清洗液、脱脂剂等洗涤剂对紧固件进行喷淋清洗,以达到除磷、除油目的,然而简单的喷淋受到喷洒角度、喷洒力度、紧固件形状、紧固件堆放姿态等因素影响,难以保证在一定时间内,彻底对紧固完成除磷洗涤,造成清洗效率低下;此外,洗涤剂用量和喷淋时间也难以把控。特别是紧固的螺纹缝隙处,作为紧固连接的受力部位,如果没有将螺纹缝隙处的磷化物去除,将严重影响紧固件质量。

[0004] 为此,亟需设计一种无磷化紧固件的生产工艺,避免因除磷不彻底导致对紧固件品质和质量的影响。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的在于提供一种紧固件无磷化生产工艺及装置,实现了全程无磷化处理,在拉丝过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理,无废水无废酸产生,绿色环保,也可以有效提高生产效率。

[0006] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 第一方面,本发明提供了一种紧固件无磷化生产工艺,将坯料依次进行退火、抛光、拉丝和冷镦处理得到半成品,对半成品进行搓丝以在半成品表面形成螺纹,随后进行热处理,得到所述紧固件;

[0008] 所述紧固件无磷化生产工艺还包括:在所述拉丝处理前,向坯料表面涂抹拉丝油和/或拉丝膏;在所述冷镦处理前,在坯料表面喷淋免磷化成型油。

[0009] 本发明提供的紧固件生产工艺实现了全程无磷化处理,首先,将坯料在退火炉中通过温度控制实现坯料的退火加工,从而解决了坯料成型前的脆性问题,消除坯料中的三次渗碳体组织,退火后的坯料经拉丝至设定的直径,在拉丝过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理,无废水无废酸产生,绿色环保,也可以有效提高生产效率,皮膜润滑厚度控制在10-30μm,使得坯料的硬度控制在HRB92以下,有效防止后续冷镦过程中坯料开裂,在冷镦时模具下压2/3高度时坯料也能保持不开裂,使坯料具备冷镦成型的硬度条件。

[0010] 在紧固件的冷成形过程中,通常需要进行磷化及涂覆润滑剂,通过磷化在坯料表

面形成磷酸盐层，磷酸盐层可以充当润滑剂的载体，并且在坯料与工具之间发挥屏障作用，从而使得坯料成形达到高品质水平，表面质量优异，辅助工具的使用寿命长，压制性能适中。但在退火处理过程中，坯料表面残留的磷酸盐也会导致磷扩散到边缘区域，导致坯料更容易出现应力腐蚀开裂和增加失效的可能，特别对于高拉伸紧固件，如12.9级及更高级的紧固件。此外，后续的热处理过程中也会受到磷酸盐压制底纹的影响，更容易出现开裂和晶间腐蚀。

[0011] 因此为了避免这些问题，本发明通过调整退火工艺参数、成型油组分及涂覆方式，实现了紧固件全程无磷化生产工艺，首先，将坯料在退火炉中进行退火处理，通过温度控制实现坯料的退火加工，消除坯料中的三次渗碳体组织，从而解决了坯料成型前的脆性问题。通过调整退火的工艺参数以控制半成品的硬度在HRB92以下，即便不进行磷化处理，也可以有效防止冷镦过程中坯料开裂，在冷镦时模具下压2/3高度时坯料也能保持不开裂，使坯料具备冷镦成型的硬度条件。

[0012] 退火后的坯料经拉丝至设定的直径，在拉丝过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理，无废水无废酸产生，绿色环保，可以有效提供生产效率。通过调整免磷化成型油的成分配比和涂覆方式，从而改变拉丝过程和冷镦过程中坯料表面的润滑油膜厚度，将润滑油膜厚度控制在10-30μm，以替代磷酸盐层发挥坯料和工具之间的屏蔽作用，保证坯料和工具之间的接触润滑效果。

[0013] 综上，本发明通过调整坯料硬度和坯料表面油膜厚度，可以直接省去紧固件生产工艺中的磷化步骤，以彻底规避热处理前的除磷操作，从而极大地缩短了生产时间，提高了生产效率，在拉丝过程和冷镦过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理，无废水无废酸产生，符合绿色环保的生产理念。

[0014] 需要说明的是，本发明提供的生产工艺中采用的拉丝油和拉丝膏均为市售商品，其组分为现有技术，本发明对此不作具体要求和特殊限定。

[0015] 作为本发明一种优选的技术方案，所述拉丝油和/或拉丝膏的涂抹过程在拉丝单元中进行，所述拉丝单元包括放卷辊和收卷辊，所述坯料在所述放卷辊和所述收卷辊之间传送。

[0016] 所述放卷辊和所述收卷辊之间沿所述坯料的传输方向依次设置有润滑箱和拉丝机构，所述润滑箱内配置有涂抹滚刷，所述涂抹滚刷用于向所述坯料表面涂抹拉丝油或拉丝膏。

[0017] 所述坯料表面的涂抹厚度为10-30μm，例如可以是10μm、12μm、14μm、16μm、18μm、20μm、22μm、24μm、26μm、28μm或30μm，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

[0018] 作为本发明一种优选的技术方案，所述免磷化成型油包括基础油、润滑剂、抗氧化剂、防锈剂、极压剂和消泡剂。

[0019] 以所述免磷化成型油的质量百分数为100％计，各组成的质量百分数如下：

[0020] 所述基础油的质量分数为50-60wt％，例如可以是50wt％、51wt％、52wt％、53wt％、54wt％、55wt％、56wt％、57wt％、58wt％、59wt％或60wt％；所述润滑剂的质量分数为30-40wt％，例如可以是30wt％、31wt％、32wt％、33wt％、34wt％、35wt％、36wt％、37wt％、38wt％、39wt％或40wt％；所述抗氧化剂的质量分数为0.2-1wt％，例如可以是

0.2wt%、0.3wt%、0.4wt%、0.5wt%、0.6wt%、0.7wt%、0.8wt%、0.9wt%或1wt%;所述防锈剂的质量分数为0.5-1wt%,例如可以是0.5wt%、0.55wt%、0.6wt%、0.65wt%、0.7wt%、0.75wt%、0.8wt%、0.85wt%、0.9wt%、0.95wt%或1wt%;所述极压剂的质量分数为7-10wt%,例如可以是7.0wt%、7.5wt%、8.0wt%、8.5wt%、9.0wt%、9.5wt%或10.0wt%;所述消泡剂的质量分数为0.5-1wt%,例如可以是0.5wt%、0.55wt%、0.6wt%、0.65wt%、0.7wt%、0.75wt%、0.8wt%、0.85wt%、0.9wt%、0.95wt%或1wt%,但并不仅限于所列举的数值,该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

[0021] 作为本发明一种优选的技术方案,所述基础油包括矿物基础油。

[0022] 所述润滑剂包括三羟甲基丙烷脂肪酸酯、棕榈酸异辛脂、季戊四醇脂肪酸酯、脂肪酸或油酸十二十四醇酯中的任意一种或至少两种的组合。

[0023] 所述抗氧化剂包括硫化烷基酚钙和/或壬基二苯胺。

[0024] 防锈剂包括高碱值合成磺酸钙。

[0025] 所述极压剂包括硫化脂肪酸酯和/或硫化烯烃。

[0026] 所述消泡剂包括聚异丁烯双丁二酰亚胺。

[0027] 本发明提供的免磷化成型油采用合适配比的基础油、润滑剂、抗氧化剂、防锈剂、极压剂和消泡剂,是的制备得到的成型油具有极佳的润滑性能和极压性能。本发明通过采用硫系极压剂能有效提高加工件的精度和光洁度,实现提高磨具寿命的功能,使该冷镦成型油的使用过程中,实现其耐高温的性质特点,确保其在高温环境中依然能够保证自身充分的润滑效果。此外,特别选择高碱值合成磺酸钙作为防锈剂,与硫系极压剂协同作用,获得更为优良的极压性能和润滑性能,在满足高极压性的同时,具有极强快速渗透作用,可以第一时间达到接触表面,起到保护屏障作用。本发明提供的免磷化成型油的通用型强,配方绿色环保,原料易得,成品产率高,能够适应大规模的生产加工环境。

[0028] 作为本发明一种优选的技术方案,所述免磷化成型油的喷淋量为500-600L/min,例如可以是500L/min、510L/min、520L/min、530L/min、540L/min、550L/min、560L/min、570L/min、580L/min、590L/min或600L/min,但并不仅限于所列举的数值,该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

[0029] 所述免磷化成型油的喷淋压力为20-30KPa,例如可以是20KPa、21KPa、22KPa、23KPa、24KPa、25KPa、26KPa、27KPa、28KPa、29KPa或30KPa,但并不仅限于所列举的数值,该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

[0030] 所述免磷化成型油的喷淋时间为30-40s,例如可以是30s、31s、32s、33s、34s、35s、36s、37s、38s、39s或40s,但并不仅限于所列举的数值,该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

[0031] 所述免磷化成型油的喷淋厚度为20-30μm,例如可以是20μm、21μm、22μm、23μm、24μm、25μm、26μm、27μm、28μm、29μm或30μm,但并不仅限于所列举的数值,该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

[0032] 作为本发明一种优选的技术方案,所述退火处理包括:

[0033] (1)将坯料分层放入退火炉中,向退火炉中通入保护气体以将退火炉内的空气排空,随后向退火炉内通入碳源气体,将退火炉预热至200-250℃,例如可以是200℃、205℃、210℃、211℃、215℃、220℃、225℃、230℃、235℃、240℃、245℃或250℃;其中,碳源气体可

以是甲醇裂解气，碳源气体的通入量为10-15L/h，例如可以是10L/h、10.5L/h、11L/h、11.5L/h、12L/h、12.5L/h、13L/h、13.5L/h、14L/h、14.5L/h或15L/h；

[0034] (2)以1-2℃/min的升温速率升温至640-650℃，其中，升温速率可以是1.0℃/min、1.1℃/min、1.2℃/min、1.3℃/min、1.4℃/min、1.5℃/min、1.6℃/min、1.7℃/min、1.8℃/min、1.9℃/min或2.0℃/min，例如可以升温至640℃、641℃、642℃、643℃、644℃、645℃、646℃、647℃、648℃、649℃、650℃；保温60-90min使坯料奥氏体化，例如可以保温60min、62min、64min、66min、68min、70min、72min、74min、76min、78min、80min、82min、84min、86min、88min或90min；

[0035] 随后以1-2℃/min的升温速率继续升温至740-750℃，其中，升温速率可以是1.0℃/min、1.1℃/min、1.2℃/min、1.3℃/min、1.4℃/min、1.5℃/min、1.6℃/min、1.7℃/min、1.8℃/min、1.9℃/min或2.0℃/min，例如可以升温至740℃、741℃、742℃、743℃、744℃、745℃、746℃、747℃、748℃、749℃或750℃；保温4-5h后完成对坯料的等温球化，例如保温时间可以是4.0h、4.1h、4.2h、4.3h、4.4h、4.5h、4.6h、4.7h、4.8h、4.9h或5.0h；

[0036] (3)以0.2-0.5℃/min的降温速率降温至700-710℃，其中，降温速率可以是0.2℃/min、0.25℃/min、0.3℃/min、0.35℃/min、0.4℃/min、0.45℃/min或0.5℃/min，例如可以降温至700℃、701℃、702℃、703℃、704℃、705℃、706℃、707℃、708℃、709℃或710℃；保温40-50min，例如可以是40min、41min、42min、43min、44min、45min、46min、47min、48min、49min或50min；

[0037] 随后以0.1-0.3℃/min的降温速率继续降温至600-650℃，其中，降温速率可以是0.1℃/min、0.12℃/min、0.14℃/min、0.16℃/min、0.18℃/min、0.2℃/min、0.22℃/min、0.24℃/min、0.26℃/min、0.28℃/min或0.3℃/min，例如可以降温至600℃、605℃、610℃、615℃、620℃、625℃、630℃、635℃、640℃、645℃或650℃；保温60-70min，例如可以是60min、61min、62min、63min、64min、65min、66min、67min、68min、69min或70min；

[0038] 随后以0.7-0.8℃/min的降温速率再次降温至500-550℃，其中，降温速率可以是0.7℃/min、0.71℃/min、0.72℃/min、0.73℃/min、0.74℃/min、0.75℃/min、0.76℃/min、0.77℃/min、0.78℃/min、0.79℃/min或0.8℃/min，例如可以降温至500℃、505℃、510℃、515℃、520℃、525℃、530℃、535℃、540℃、545℃或550℃；保温30-40min，例如可以是30min、31min、32min、33min、34min、35min、36min、37min、38min、39min或40min；

[0039] 最后向退火炉通入保护气体进行快速降温至50℃以下，例如可以是5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃、40℃、45℃或50℃，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用，然后将坯料取出后自然冷却至常温。

[0040] 本发明提供的退火处理过程中，首先以1-2℃/min的升温速率升温至640-650℃，保温60-90min后使坯料奥氏体化，本发明特别限定了奥氏体化的退火温度为640-650℃，当退火温度低于640℃时，坯料内的碳元素含量分布不均匀，在奥氏体中形成富碳区和贫碳区，富碳区内提供了碳化物粒子长大形成所需的碳元素，有利于粒状碳化物粒子的形成，导致坯料中存在大量未溶解的碳化物粒子。随着奥氏体化的退火温度的升高，坯料内的碳原子扩散，奥氏体内的碳元素得以均匀分布，富碳区无法提供更多的碳元素作为碳化物粒子的形核核心，因此核心数会有所下降使残余碳化物粒子的数量明显减少。

[0041] 此外，本发明特别限定了奥氏体化的保温时间为60-90min，在此保温时间范围内，

残余碳化物粒子的数量明显增加,分布也更加均匀。当保温时间低于60min,易形成不均匀的球化组织;当保温时间高于90min,碳化物粒子的数量急剧减少,同时一些原有的核心会在吸收和沉淀碳原子,进而出现聚集长大的趋势,使得局部形成片状珠光体。

[0042] 本发明通过对退火温度控制,从而解决了坯料成型前的脆性问题,消除坯料中的三次渗碳体组织,退火后的坯料经拉丝至设定的直径,在拉丝过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理,无废水无废酸产生,绿色环保,也可以有效提高生产效率,皮膜润滑厚度控制在10-30μm,使得坯料的硬度控制在HRB92以下。

[0043] 在一些优选的实例中,按重量百分数为100wt%计,所述坯料包括如下质量分数的各组分:碳元素占0.25-0.35wt%,硅元素占0.05-0.15wt%,锰元素占1.6-1.8wt%,镍元素占3-4wt%,钛元素占0.09-1wt%,钒元素占0.10-0.13wt%,其余为铁和杂质。

[0044] 本发明特别限定了坯料中所含的化学组分和各元素配比,碳元素可以显著提高钢的淬透性和强度,但随着碳元素含量的提高,会导致紧固件的塑性及冲击韧性显著下降。为了保证紧固件的强度、塑性、韧性和耐磨性等要求,本发明特别限定了碳元素的含量为0.25-0.35wt%。

[0045] 硅元素是坯料中的脱氧元素,可以固溶强化形式提高紧固件的强度,本发明特别限定了硅元素的含量为0.05-0.15wt%,当硅含量低于0.05wt%时,脱氧效果变差,当硅元素的含量高于0.15wt%时,会导致紧固件的脆性增加,塑韧性降低。

[0046] 锰元素和镍元素以固溶形式存在于坯料中,可以显著提高紧固件的淬透性及耐磨性,可以显著改善紧固件的疲劳性能,通过固溶强化作用以弥补钢中因碳元素含量的降低而引起的强度损失。但锰元素和镍元素的含量过高易造成紧固件的晶粒粗大,不利于提高紧固件的塑性和韧性,因此本发明特别限定了锰元素的含量为1.6-1.8wt%,镍元素的含量为3-4wt%。

[0047] 本发明采用的坯料中还加入了一定量的钛和钒两种微合金元素,从而获得TiC和VC两种增强相,同时可以达到细化晶粒的目的。

[0048] 在一些优选的实例中,本发明提供的热处理过程具体包括如下步骤:

[0049] (1)高温淬火:将半成品升温至900-1000℃,保温20-30min后快速放入150-160℃的淬火介质中降温。所述半成品在所述淬火介质内的停留时间为20-30min;

[0050] (2)二次回火:将降温后的半成品加热至620-630℃,保温60-80min;随后继续降温至570-580℃二次回火,最后随炉冷却至室温。

[0051] 本发明采用的热处理过程包括高温淬火处理和二次回火处理,奥氏体化加热时细小弥散分布的增强相颗粒可起到钉扎晶界的作用,能有效阻碍晶粒长大;平衡状态的细小珠光体和铁素体组织在淬火加热时能提高奥氏体形核率并使其形核均匀,从而达到晶粒细化和组织均匀化的效果,最终获得组织均匀和晶粒细化的高强度紧固件。

[0052] 在淬火过程中,铁素体开始析出并向周围的奥氏体组织排碳,当停留时间短于20min,此时排碳过程无法充分进行,导致碳元素无法充分扩散,因此奥氏体的含碳量较低且碳分布不均匀,导致奥氏体组织状态不稳定,在受力或者机械加工后会转变为马氏体,使得制备得到的紧固件的机械性能较高,但强度、塑性和冲击韧度较低。当停留时间处于20-30min范围内时,此时析出较多的铁素体,排碳过程得以充分进行,碳元素充分扩散至奥氏体周围使得奥氏体处于富碳环境中,奥氏体组织由于富碳而稳定存在,不会轻易转变为马

氏体，因此最终制备得到的紧固件的强度、塑性和冲击韧度均较高。但当停留时间长于30min，稳定的奥氏体将会分解析出碳化物粒子和铁素体，奥氏体组织的占比降低，导致制备得到的紧固件的强度和塑韧性降低。

[0053] 在淬火结束后，对紧固件进行二次回火处理，通过回火处理可以有效消除半成品内因淬火导致的内部残余应力，并改变半成品内的微观组织形貌。具体而言，在一次回火处理过程中，马氏体中的过饱和碳元素发生扩散和偏聚，碳化物粒子弥散析出可以有效降低马氏体的晶格畸变能，从而降低了淬火马氏体的内应力，改善了材料的冲击韧性；但仅采用一次回火处理，使得紧固件在使用时，其磨损表面发生了塑性变形，部分区域出现了较大面积的剥落，同时还存在材料堆积问题；为此，本发明在一次回火的基础上进行了二次回火，可以进一步降低组织的残余内应力，缓解了马氏体的晶格畸变能，阻碍了裂纹的形成和扩展，进一步提高了紧固件的冲击韧性，同时，经二次回火处理后会产生大量的高密度位错，由于碳原子在高密度位错处可以阻碍位错运动，使紧固件的屈服强度增加；此外，紧固件的耐磨性能也有所提高，获得了高强韧性和高耐磨性的综合性能的提升。

[0054] 本发明特别限定了二次回火的温度为570-580℃，当回火温度低于570℃时，由于消除了淬火产生的残余应力，马氏体中的过饱和碳元素出现偏聚但无碳化物粒子的析出，降低了紧固件的抗拉强度，随着回火温度的提高，贝氏体和铁素体中开始析出细小弥散的碳化物粒子，碳化物粒子能有效地钉扎于高密度位错处，使得紧固件的抗拉强度和屈服强度同时增加。但继续提高回火温度直至超过580℃时，由于碳化物粒子的析出量不断增加使得碳化物粒子发生聚集长大，降低了紧固件的固溶强化和弥散强化效果，使得紧固件的抗拉强度和屈服强度有所下降。

[0055] 在一些优选的实例中，本发明提供的紧固件无磷化生产工艺还包括：在冷镦处理结束后，对半成品进行调质处理得到所述半成品。所述调质处理包括：

[0056] 将坯料升温至1000-1100℃，保温60-80min；随后以2-3℃/min的降温速率降温至600-700℃，保温40-50min；最后以3-5℃/min的降温速率降温至400-500℃，保温80-90min后随炉冷却至室温。

[0057] 示例性地，本发明提供了一种紧固件无磷化生产工艺，具体包括如下步骤：

[0058] (1)退火炉预热：将坯料分层放入退火炉中，以9-10L/h的流量向退火炉中通入保护气体以将退火炉内的空气排空，随后以10-15L/h的流量向退火炉内通入碳源气体，将退火炉预热至200-250℃；

[0059] 其中，坯料的化学组分包括：碳元素占0.25-0.35wt％，硅元素占0.05-0.15wt％，锰元素占1.6-1.8wt％，镍元素占3-4wt％，钛元素占0.09-1wt％，钒元素占0.10-0.13wt％，其余为铁和杂质；

[0060] (2)退火处理：以1-2℃/min的升温速率升温至640-650℃，保温60-90min使坯料奥氏体化；随后以1-2℃/min的升温速率继续升温至740-750℃，保温4-5h后完成对坯料的等温球化；

[0061] (3)梯度降温：以0.2-0.5℃/min的降温速率降温至700-710℃，保温40-50min；随后以0.1-0.3℃/min的降温速率继续降温至600-650℃，保温60-70min；随后以0.7-0.8℃/min的降温速率再次降温至500-550℃，保温30-40min；最后以15-20L/h的流量向退火炉通入保护气体进行快速降温至50℃以下，然后将坯料取出后自然冷却至常温，完成退火处理；

[0062] (4)抛光拉丝:在抛光单元内对退火后的坯料进行抛光,随后送入拉丝单元进行拉丝,拉丝处理前,通过涂抹滚刷在坯料表面涂抹10-30μm厚的拉丝膏和/或拉丝膏;

[0063] (5)冷镦成型:将坯料送入冷镦单元200内进行冷镦成型,冷镦成型前在坯料表面喷淋免磷化成型油,以形成厚度为20-30μm的油膜,免磷化成型油的喷淋量为500-600L/min,喷淋压力为20-30KPa,喷淋时间为30-40s;

[0064] 以免磷化成型油的质量百分数为100%计,免磷化成型油中各组成的质量百分数如下:50-60wt%的矿物基础油、30-40wt%的润滑剂、0.2-1wt%的抗氧化剂、0.5-1wt%的防锈剂、7-10wt%的极压剂以及0.5-1wt%的消泡剂;

[0065] (6)调质处理:将坯料升温至1000-1100℃,保温60-80min;随后以2-3℃/min的降温速率降温至600-700℃,保温40-50min;最后以3-5℃/min的降温速率降温至400-500℃,保温80-90min后随炉冷却至室温,完成调质处理;

[0066] (7)搓丝处理:在搓丝单元内对调质处理后的半成品进行搓丝,使得半成品表面形成螺纹;

[0067] (8)淬火处理:将半成品升温至900-1000℃,保温20-30min后快速放入150-160℃的淬火介质中停留时间为20-30min,完成淬火处理;

[0068] (9)回火处理:将降温后的半成品加热至620-630℃,保温60-80min;随后继续降温至570-580℃进行二次回火,保温60-80min,最后随炉冷却至室温,完成回火处理,得到紧固件。

[0069] 第二方面,本发明提供了一种紧固件无磷化生产装置,所述紧固件无磷化生产装置用于完成第一方面所述的紧固件无磷化生产工艺;

[0070] 所述紧固件无磷化生产装置包括退火单元、抛光单元、拉丝单元、冷镦单元、搓丝单元和热处理单元。

[0071] 作为本发明一种优选的技术方案,所述拉丝单元包括放卷辊和收卷辊,所述坯料的两端分别绕于所述放卷辊和所述收卷辊上,所述放卷辊和所述收卷辊同向旋转,使得坯料在所述放卷辊和所述收卷辊之间传送。

[0072] 所述放卷辊和所述收卷辊之间的坯料传输路径上设置有第一张紧辊和第二张紧辊,所述坯料由所述放卷辊出发依次绕过所述第一张紧辊和所述第二张紧辊后缠绕于所述收卷辊上。

[0073] 所述放卷辊和所述第一张紧辊之间的坯料传输路径上设置有第一拉丝机构,所述第一张紧辊和所述第二张紧辊之间的坯料传输路径上设置有第二拉丝机构,所述第二张紧辊和所述收卷辊之间的坯料传输粒径上设置有第三拉丝机构,所述坯料依次穿过所述第一拉丝机构、所述第二拉丝机构和所述第三拉丝机构。

[0074] 作为本发明一种优选的技术方案,所述第一拉丝机构包括外壳和位于所述外壳内的两个拉丝辊,所述外壳的两侧壁分别开设进料口和出料口,两个所述拉丝辊分别位于所述坯料传输路径的两侧,两个所述拉丝辊之间留有拉丝空隙,所述拉丝空隙的间距小于所述坯料的直径,所述坯料由所述进料口进入所述外壳,穿过所述拉丝空隙后由所述出料口穿出。

[0075] 所述第一拉丝机构、所述第二拉丝机构和所述第三拉丝机构的结构相同,所述第一拉丝机构的拉丝空隙的间距>所述第二拉丝机构的拉丝空隙的间距>所述第三拉丝机

构的拉丝空隙的间距，所述坯料依次穿过所述第一拉丝机构、所述第二拉丝机构和所述第三拉丝机构时被不同间距的拉丝间隙逐级拉伸。

[0076] 所述外壳的侧壁开设抽风口，所述抽风口外接风机，拉丝过程中产生的大块金属碎屑落入回收腔底部，金属粉末由所述风机抽出外排。

[0077] 所述放卷辊和所述第一拉丝机构之间的坯料传输路径上设置有润滑箱，所述润滑箱内配置有涂抹滚刷，所述涂抹滚刷用于向所述坯料表面涂抹拉丝油或拉丝膏。

[0078] 作为本发明一种优选的技术方案，所述冷镦单元包括冷镦基座和位于所述冷镦基座上方的加压模块，所述冷镦基座的表面向其内部垂直设置有若干相互独立的加工槽，所述坯料放入所述加工槽内，所述加压模块下移，将所述坯料压入所述加工槽内以形成与所述加工槽内形状互补的半成品。

[0079] 所述冷镦基座的内部还设置有容置腔，所述容置腔位于所述加工槽的下方并与所述加工槽连通，所述容置腔的内部配置有顶出模块，所述顶出模块用于在冷镦成型结束后将所述半成品由所述加工槽的底部顶出脱模。

[0080] 所述顶出模块包括顶出电机以及与所述顶出电机传动连接的安装板，所述安装板上设置有若干顶出杆，所述顶出杆与所述安装板垂直连接，所述顶出杆的位置与所述加工槽的位置对应；在冷镦成型过程中，所述顶出杆的顶端与所述加工槽的底面平齐，所述顶出杆的顶端支撑所述半成品的底面；冷镦成型结束后，所述顶出电机带动所述安装板上移，所述顶出杆的至少部分伸入所述加工槽内，以顶出所述加工槽内的半成品。

[0081] 在一些优选的实例中，本发明提供的搓丝单元包括对接的传送模块和搓丝模块，所述搓丝模块包括相对设置的第一搓丝装置和第二搓丝装置，所述第一搓丝装置和所述第二搓丝装置之间形成搓丝间隙，所述传送模块的出料端正对所述搓丝间隙；所述第一搓丝装置外接驱动电机，所述驱动电机带动所述第一搓丝装置相对所述第二搓丝装置在竖直方向上移动，所述第一搓丝装置和所述第二搓丝装置的相对一侧面分别为第一搓丝面和第二搓丝面。

[0082] 所述传送模块将所述半成品横向送入所述搓丝间隙内，随着所述第一搓丝装置和所述第二搓丝装置在竖直方向上相对移动，带动所述半成品旋转，在所述第一搓丝面和所述第二搓丝面的作用下使得半成品表面形成螺纹。

[0083] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0084] (1)本发明通过调整退火工艺参数、成型油组分及涂覆方式，实现了紧固件全程无磷化生产工艺，首先，将坯料在退火炉中进行退火处理，通过温度控制实现坯料的退火加工，消除坯料中的三次渗碳体组织，从而解决了坯料成型前的脆性问题。通过调整退火的工艺参数以控制半成品的硬度在HRB92以下，即便不进行磷化处理，也可以有效防止冷镦过程中坯料开裂，在冷镦时模具下压2/3高度时坯料也能保持不开裂，使坯料具备冷镦成型的硬度条件。

[0085] (2)退火后的坯料经拉丝至设定的直径，在拉丝过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理，无废水无废酸产生，绿色环保，可以有效提供生产效率。通过调整免磷化成型油的成分配比和涂覆方式，从而改变拉丝过程和冷镦过程中坯料表面的润滑油膜厚度，将润滑油膜厚度控制在10-30μm，以替代磷酸盐层发挥坯料和工具之间的屏蔽作用，保证坯料和工具之间的接触润滑效果。

[0086] (3)本发明通过调整坯料硬度和坯料表面油膜厚度,可以直接省去紧固件生产工艺中的磷化步骤,以彻底规避热处理前的除磷操作,从而极大地缩短了生产时间,提高了生产效率,在拉丝过程和冷镦过程中不需要传统的酸性磷化液进行磷皂化处理,无废水无废酸产生,符合绿色环保的生产理念。

附图说明

[0087] 图1为本发明实施例1-11提供的紧固件无磷化生产工艺的流程图;

[0088] 图2为本发明一个具体实施方式提供的拉丝单元的结构示意图;

[0089] 图3为本发明一个具体实施方式提供的冷镦单元的结构示意图;

[0090] 图4为本发明一个具体实施方式提供的搓丝单元的结构示意图;

[0091] 其中,100-拉丝单元;110-放卷辊;120-收卷辊;130-润滑箱;140-第一张紧辊;150-第二张紧辊;160-第一拉丝机构;161-外壳;162-拉丝辊;163-风机;170-第二拉丝机构;180-第三拉丝机构;200-冷镦单元;210-加压模块;220-冷镦基座;230-加工槽;240-容置腔;250-顶出模块;251-顶出电机;252-安装板;253-顶出杆;300-搓丝单元;310-传送模块;320-第一搓丝装置;330-第二搓丝装置;340-第一搓丝面;350-第二搓丝面;360-驱动电机。

具体实施方式

[0092] 下面结合具体实施例及其附图,对本发明技术方案进行详细说明。在此记载的实施例为本发明的特定的具体实施方式,用于说明本发明的构思;这些说明均是解释性和示例性的,不应理解为对本发明实施方式及本发明保护范围的限制。除在此记载的实施例外,本领域技术人员还能够基于本申请权利要求书及其说明书所公开的内容采用显而易见的其它技术方案,这些技术方案包括采用对在此记载的实施例的做出任何显而易见的替换和修改的技术方案。

[0093] 本说明书的附图为示意图,辅助说明本发明的构思,示意性地表示各部分的形状及其相互关系。应当理解的是,为了便于清楚地表现出本发明实施例的各部件的结构,各附图之间并未按照相同的比例绘制,相同的参考标记用于表示附图中相同的部分。下面通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0094] 需要理解的是,在本发明的描述中,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”等的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0095] 在一个具体实施方式中,本发明提供了一种紧固件无磷化生产装置,所述紧固件无磷化生产装置,其包括退火单元、抛光单元、拉丝单元100、冷镦单元200、搓丝单元300和热处理单元。

[0096] 在图2的实施例中，拉丝单元100包括放卷辊110和收卷辊120，坯料的两端分别绕于放卷辊110和收卷辊120上，放卷辊110和收卷辊120同向旋转，使得坯料在放卷辊110和收卷辊120之间传送。

[0097] 放卷辊110和收卷辊120之间的坯料传输路径上设置有第一张紧辊140和第二张紧辊150，坯料由放卷辊110出发依次绕过第一张紧辊140和第二张紧辊150后缠绕于收卷辊120上。

[0098] 放卷辊110和第一张紧辊140之间的坯料传输路径上设置有第一拉丝机构160，第一张紧辊140和第二张紧辊150之间的坯料传输路径上设置有第二拉丝机构170，第二张紧辊150和收卷辊120之间的坯料传输粒径上设置有第三拉丝机构180，坯料依次穿过第一拉丝机构160、第二拉丝机构170和第三拉丝机构180。

[0099] 在图2的实施例中，第一拉丝机构160包括外壳161和位于外壳161内的两个拉丝辊162，外壳161的两侧壁分别开设进料口和出料口，两个拉丝辊162分别位于坯料传输路径的两侧，两个拉丝辊162之间留有拉丝空隙，拉丝空隙的间距小于坯料的直径，坯料由进料口进入外壳161，穿过拉丝空隙后由出料口穿出。

[0100] 第一拉丝机构160、第二拉丝机构170和第三拉丝机构180的结构相同，第一拉丝机构160的拉丝空隙的间距＞第二拉丝机构170的拉丝空隙的间距＞第三拉丝机构180的拉丝空隙的间距，坯料依次穿过第一拉丝机构160、第二拉丝机构170和第三拉丝机构180时被不同间距的拉丝间隙逐级拉伸。

[0101] 外壳161的侧壁开设抽风口，抽风口外接风机163，拉丝过程中产生的大块金属碎屑落入回收腔底部，金属粉末由风机163抽出外排。

[0102] 放卷辊110和第一拉丝机构160之间的坯料传输路径上设置有润滑箱130，润滑箱130内配置有涂抹滚刷，涂抹滚刷用于向坯料表面涂抹拉丝油或拉丝膏。

[0103] 在图3所示的实施例中，冷镦单元200包括冷镦基座220和位于冷镦基座220上方的加压模块210，冷镦基座220的表面向其内部垂直设置有若干相互独立的加工槽230，坯料放入加工槽230内，加压模块210下移，将坯料压入加工槽230内以形成与加工槽230内形状互补的半成品。

[0104] 冷镦基座220的内部还设置有容置腔240，容置腔240位于加工槽230的下方并与加工槽230连通，容置腔240的内部配置有顶出模块250，顶出模块250用于在冷镦成型结束后将半成品由加工槽230的底部顶出脱模。

[0105] 顶出模块250包括顶出电机251以及与顶出电机251传动连接的安装板252，安装板252上设置有若干顶出杆253，顶出杆253与安装板252垂直连接，顶出杆253的位置与加工槽230的位置对应；在冷镦成型过程中，顶出杆253的顶端与加工槽230的底面平齐，顶出杆253的顶端支撑半成品的底面；冷镦成型结束后，顶出电机251带动安装板252上移，顶出杆253的至少部分伸入加工槽230内，以顶出加工槽230内的半成品。

[0106] 在图4所示的实施例中，搓丝单元300包括对接的传送模块310和搓丝模块，搓丝模块包括相对设置的第一搓丝装置320和第二搓丝装置330，第一搓丝装置320和第二搓丝装置330之间形成搓丝间隙，传送模块310的出料端正对搓丝间隙；第一搓丝装置320外接驱动电机360，驱动电机360带动第一搓丝装置320相对第二搓丝装置330在竖直方向上移动，第一搓丝装置320和第二搓丝装置330的相对一侧面分别为第一搓丝面340和第二搓丝面350。

[0107] 传送模块310将半成品横向送入搓丝间隙内，随着第一搓丝装置320和第二搓丝装置330在竖直方向上相对移动，带动半成品旋转，在第一搓丝面340和第二搓丝面350的作用下使得半成品表面形成螺纹。

[0108] 实施例1

[0109] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，如图1所示，具体包括如下步骤：

[0110] (1)退火炉预热：将坯料分层放入退火炉中，以9L/h的流量向退火炉中通入氮气以将退火炉内的空气排空，随后以10L/h的流量向退火炉内通入碳源气体，将退火炉预热至200℃；

[0111] 其中，坯料的化学组分包括：碳元素占0.25wt％，硅元素占0.1wt％，锰元素占1.65wt％，镍元素占3wt％，钛元素占0.09wt％，钒元素占0.1wt％，其余为铁和杂质；

[0112] (2)退火处理：以1℃/min的升温速率升温至640℃，保温90min使坯料奥氏体化；随后以1℃/min的升温速率继续升温至740℃，保温5h后完成对坯料的等温球化；

[0113] (3)梯度降温：以0.2℃/min的降温速率降温至700℃，保温50min；随后以0.1℃/min的降温速率继续降温至600℃，保温70min；随后以0.7℃/min的降温速率再次降温至500℃，保温40min；最后以15L/h的流量向退火炉通入氮气进行快速降温至50℃以下，然后将坯料取出后自然冷却至常温，完成退火处理；

[0114] (4)抛光拉丝：在抛光单元内对退火后的坯料进行抛光，随后送入拉丝单元100进行拉丝，拉丝处理前通过涂抹滚刷在坯料表面涂抹10μm厚的拉丝油；

[0115] (5)冷镦成型：将坯料送入冷镦单元200内进行冷镦成型，冷镦成型前在坯料表面喷淋免磷化成型油，以形成厚度为20μm的油膜，免磷化成型油的喷淋量为500L/min，喷淋压力为20KPa，喷淋时间为30s；

[0116] 以免磷化成型油的质量百分数为100％计，免磷化成型油中各组成的质量百分数如下：50wt％的矿物基础油、40wt％的三羟甲基丙烷脂肪酸酯、1wt％的硫化烷基酚钙抗氧化剂、0.5wt％的高碱值合成磺酸钙、8wt％的硫化脂肪酸酯以及0.5wt％的聚异丁烯双丁二酰亚胺；

[0117] (6)调质处理：将半成品升温至1000℃，保温80min；随后以2℃/min的降温速率降温至600℃，保温50min；随后以3℃/min的降温速率降温至400℃，保温90min后随炉冷却至室温，完成调质处理；

[0118] (7)搓丝处理：在搓丝单元300内对调质处理后的半成品进行搓丝，使得半成品表面形成螺纹；

[0119] (8)淬火处理：将半成品升温至900℃，保温30min后快速放入150℃的淬火油中停留时间为20min，完成淬火处理；

[0120] (9)回火处理：将降温后的半成品加热至620℃，保温80min；随后继续降温至570℃进行二次回火，保温80min，最后随炉冷却至室温，完成回火处理，得到紧固件。

[0121] 实施例2

[0122] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，如图1所示，具体包括如下步骤：

[0123] (1)退火炉预热：将坯料分层放入退火炉中，以9.2L/h的流量向退火炉中通入氮气以将退火炉内的空气排空，随后以11L/h的流量向退火炉内通入碳源气体，将退火炉预热至210℃；

[0124] 其中，坯料的化学组分包括：碳元素占0.28wt％，硅元素占0.05wt％，锰元素占1.8wt％，镍元素占3.2wt％，钛元素占0.092wt％，钒元素占0.11wt％，其余为铁和杂质；

[0125] (2)退火处理：以1.2℃/min的升温速率升温至643℃，保温80min使坯料奥氏体化；随后以1.2℃/min的升温速率继续升温至742℃，保温4.8h后完成对坯料的等温球化；

[0126] (3)梯度降温：以0.3℃/min的降温速率降温至702℃，保温48min；随后以0.15℃/min的降温速率继续降温至620℃，保温66min；随后以0.72℃/min的降温速率再次降温至520℃，保温38min；最后以16L/h的流量向退火炉通入氮气进行快速降温至50℃以下，然后将坯料取出后自然冷却至常温，完成退火处理；

[0127] (4)抛光拉丝：在抛光单元内对退火后的坯料进行抛光，随后送入拉丝单元100进行拉丝，拉丝处理前通过涂抹滚刷在坯料表面涂抹15μm厚的拉丝油；

[0128] (5)冷镦成型：将坯料送入冷镦单元200内进行冷镦成型，冷镦成型前在坯料表面喷淋免磷化成型油，以形成厚度为22μm的油膜，免磷化成型油的喷淋量为520L/min，喷淋压力为22KPa，喷淋时间为34s；

[0129] 以免磷化成型油的质量百分数为100％计，免磷化成型油中各组成的质量百分数如下：53wt％的矿物基础油、36wt％的棕榈酸异辛脂、0.2wt％的硫化烷基酚钙、0.5wt％的高碱值合成磺酸钙、9.8wt％的硫化脂肪酸酯以及0.5wt％的聚异丁烯双丁二酰亚胺；

[0130] (6)调质处理：将半成品升温至1020℃，保温75min；随后以2.3℃/min的降温速率降温至630℃，保温48min；随后以3.5℃/min的降温速率降温至420℃，保温88min后随炉冷却至室温，完成调质处理；

[0131] (7)搓丝处理：在搓丝单元300内对调质处理后的半成品进行搓丝，使得半成品表面形成螺纹；

[0132] (8)淬火处理：将半成品升温至920℃，保温27min后快速放入153℃的淬火油中停留时间为23min，完成淬火处理；

[0133] (9)回火处理：将降温后的半成品加热至622℃，保温75min；随后继续降温至573℃进行二次回火，保温75min，最后随炉冷却至室温，完成回火处理，得到紧固件。

[0134] 实施例3

[0135] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，如图1所示，具体包括如下步骤：

[0136] (1)退火炉预热：将坯料分层放入退火炉中，以9.5L/h的流量向退火炉中通入氮气以将退火炉内的空气排空，随后以13L/h的流量向退火炉内通入碳源气体，将退火炉预热至220℃；

[0137] 其中，坯料的化学组分包括：碳元素占0.3wt％，硅元素占0.08wt％，锰元素占1.7wt％，镍元素占3.5wt％，钛元素占0.095wt％，钒元素占0.12wt％，其余为铁和杂质；

[0138] (2)退火处理：以1.5℃/min的升温速率升温至645℃，保温70min使坯料奥氏体化；随后以1.5℃/min的升温速率继续升温至745℃，保温4.5h后完成对坯料的等温球化；

[0139] (3)梯度降温：以0.3℃/min的降温速率降温至705℃，保温45min；随后以0.2℃/min的降温速率继续降温至630℃，保温65min；随后以0.75℃/min的降温速率再次降温至530℃，保温35min；最后以17L/h的流量向退火炉通入氮气进行快速降温至50℃以下，然后将坯料取出后自然冷却至常温，完成退火处理；

[0140] (4)抛光拉丝：在抛光单元内对退火后的坯料进行抛光，随后送入拉丝单元100进

行拉丝，拉丝处理前通过涂抹滚刷在坯料表面涂抹20μm厚的拉丝膏；

[0141] (5)冷镦成型：将坯料送入冷镦单元200内进行冷镦成型，冷镦成型前在坯料表面喷淋免磷化成型油，以形成厚度为26μm的油膜，免磷化成型油的喷淋量为550L/min，喷淋压力为25KPa，喷淋时间为35s；

[0142] 以免磷化成型油的质量百分数为100％计，免磷化成型油中各组成的质量百分数如下：56wt％的矿物基础油、35wt％的季戊四醇脂肪酸酯、0.3wt％的壬基二苯胺、0.5wt％的高碱值合成磺酸钙、7.5wt％的硫化烯烃和0.7wt％的聚异丁烯双丁二酰亚胺；

[0143] (6)调质处理：将半成品升温至1050℃，保温70min；随后以2.5℃/min的降温速率降温至650℃，保温45min；随后以4℃/min的降温速率降温至450℃，保温85min后随炉冷却至室温，完成调质处理；

[0144] (7)搓丝处理：在搓丝单元300内对调质处理后的半成品进行搓丝，使得半成品表面形成螺纹；

[0145] (8)淬火处理：将半成品升温至950℃，保温26min后快速放入155℃的淬火油中停留时间为25min，完成淬火处理；

[0146] (9)回火处理：将降温后的半成品加热至625℃，保温70min；随后继续降温至575℃进行二次回火，保温70min，最后随炉冷却至室温，完成回火处理，得到紧固件。

[0147] 实施例4

[0148] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，如图1所示，具体包括如下步骤：

[0149] (1)退火炉预热：将坯料分层放入退火炉中，以10L/h的流量向退火炉中通入氮气以将退火炉内的空气排空，随后以15L/h的流量向退火炉内通入碳源气体，将退火炉预热至250℃；

[0150] 其中，坯料的化学组分包括：碳元素占0.35wt％，硅元素占0.12wt％，锰元素占1.75wt％，镍元素占3.8wt％，钛元素占0.098wt％，钒元素占0.12wt％，其余为铁和杂质；

[0151] (2)退火处理：以2℃/min的升温速率升温至650℃，保温60min使坯料奥氏体化；随后以2℃/min的升温速率继续升温至750℃，保温4h后完成对坯料的等温球化；

[0152] (3)梯度降温：以0.5℃/min的降温速率降温至710℃，保温40min；随后以0.3℃/min的降温速率继续降温至650℃，保温60min；随后以0.8℃/min的降温速率再次降温至550℃，保温30min；最后以20L/h的流量向退火炉通入氮气进行快速降温至50℃以下，然后将坯料取出后自然冷却至常温，完成退火处理；

[0153] (4)抛光拉丝：在抛光单元内对退火后的坯料进行抛光，随后送入拉丝单元100进行拉丝，拉丝处理前通过涂抹滚刷在坯料表面涂抹30μm厚的拉丝膏；

[0154] (5)冷镦成型：将坯料送入冷镦单元200内进行冷镦成型，冷镦成型前在坯料表面喷淋免磷化成型油，以形成厚度为30μm的油膜，免磷化成型油的喷淋量为600L/min，喷淋压力为30KPa，喷淋时间为40s；

[0155] 以免磷化成型油的质量百分数为100％计，免磷化成型油中各组成的质量百分数如下：60wt％的矿物基础油、30wt％的脂肪酸、1wt％的壬基二苯胺、1wt％的高碱值合成磺酸钙、7wt％的硫化烯烃以及1wt％的聚异丁烯双丁二酰亚胺；

[0156] (6)调质处理：将半成品升温至1100℃，保温60min；随后以3℃/min的降温速率降温至700℃，保温40min；随后以5℃/min的降温速率降温至500℃，保温80min后随炉冷却至

室温，完成调质处理；

[0157] (7)搓丝处理：在搓丝单元300内对调质处理后的半成品进行搓丝，使得半成品表面形成螺纹；

[0158] (8)淬火处理：将半成品升温至1000℃，保温20min后快速放入160℃的淬火油中停留时间为30min，完成淬火处理；

[0159] (9)回火处理：将降温后的半成品加热至630℃，保温60min；随后继续降温至580℃进行二次回火，保温60min，最后随炉冷却至室温，完成回火处理，得到紧固件。

[0160] 实施例5

[0161] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，与实施例1的区别在于，步骤(2)中，奥氏体化的加热温度为630℃，其他工艺参数和操作步骤与实施例1完全相同。

[0162] 实施例6

[0163] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，与实施例1的区别在于，步骤(2)中，奥氏体化的加热温度为660℃，其他工艺参数和操作步骤与实施例1完全相同。

[0164] 实施例7

[0165] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，与实施例1的区别在于，步骤(8)中，淬火的温度为850℃，其他工艺参数和操作步骤与实施例1完全相同。

[0166] 实施例8

[0167] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，与实施例1的区别在于，步骤(8)中，淬火的温度为1050℃，其他工艺参数和操作步骤与实施例1完全相同。

[0168] 实施例9

[0169] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，与实施例1的区别在于，步骤(9)中，二次回火的温度为560℃，其他工艺参数和操作步骤与实施例1完全相同。

[0170] 实施例10

[0171] 本实施例提供了一种紧固件无磷化生产工艺，与实施例1的区别在于，步骤(9)中，二次回火的温度为590℃，其他工艺参数和操作步骤与实施例1完全相同。

[0172] 对实施例1-10制备得到的紧固件的拉伸强度和屈服强度进行测试，测试结果如表1所示。

[0173] 表1

[0174]

	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa
实施例 1	850	722
实施例 2	928	846
实施例 3	940	860
实施例 4	860	785
实施例 5	746	610
实施例 6	680	587
实施例 7	720	625
实施例 8	765	658
实施例 9	610	560

[0175]

实施例 10	590	490

[0176] 由表1数据可以看出,实施例1-4制备得到的紧固件的抗拉强度和屈服强度均优于实施例5-10。

[0177] 由实施例1、实施例5和实施例6的性能测试结果可以看出,实施例5中的奥氏体化的加热温度过低,实施例6中的奥氏体化的加热温度过高,均会导致紧固件的抗拉强度和屈服强度大幅下降。

[0178] 由实施例1、实施例7和实施例8的性能测试结果可以看出,实施例7中的淬火温度过低,实施例8中的淬火温度过高,均会导致紧固件的抗拉强度和屈服强度大幅下降。

[0179] 由实施例1、实施例9和实施例10的性能测试结果可以看出,实施例9中的二次回火的温度过低,实施例10中的二次回火的温度过高,均会导致紧固件的抗拉强度和屈服强度大幅下降。

[0180] 申请人声明,以上所述仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,所属技术领域的技术人员应该明了,任何属于本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,均落在本发明的保护范围和公开范围之内。

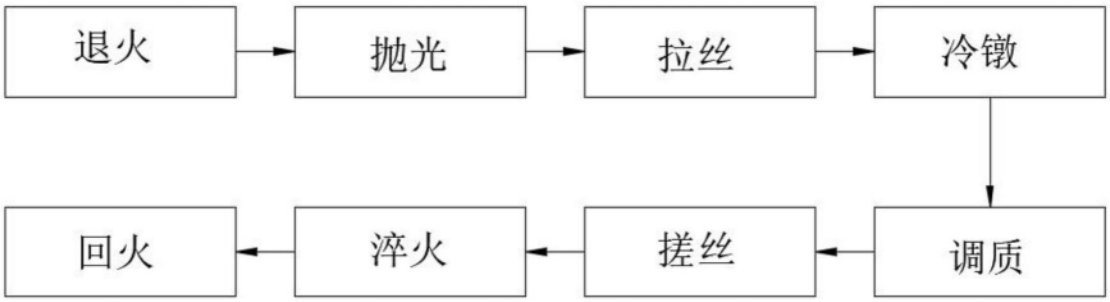

退火
抛光
拉丝
冷镦
调质
搓丝
淬火
回火

图1

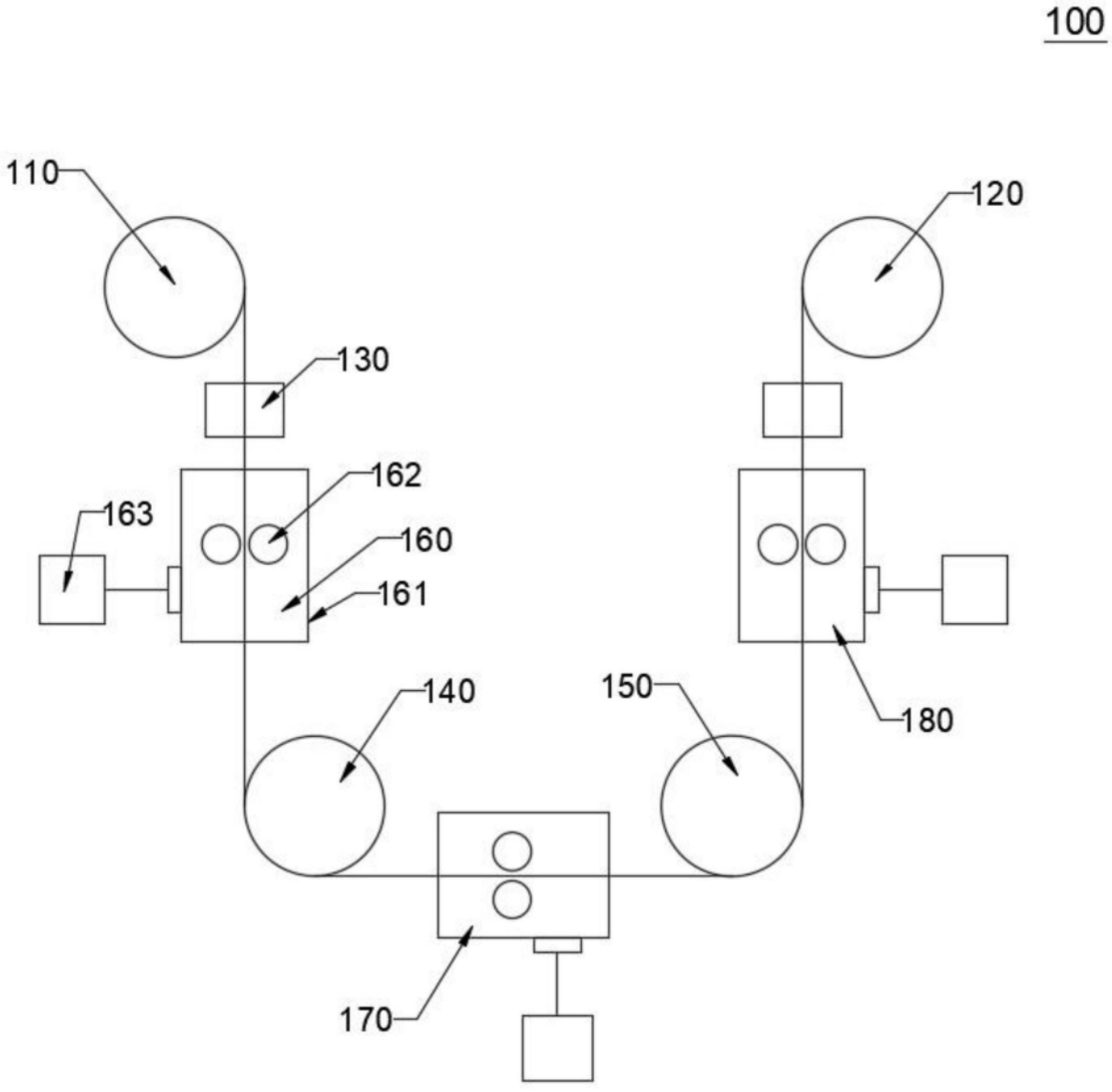

100
110
120
130
162
163
160
161
140
150
180
170

图2

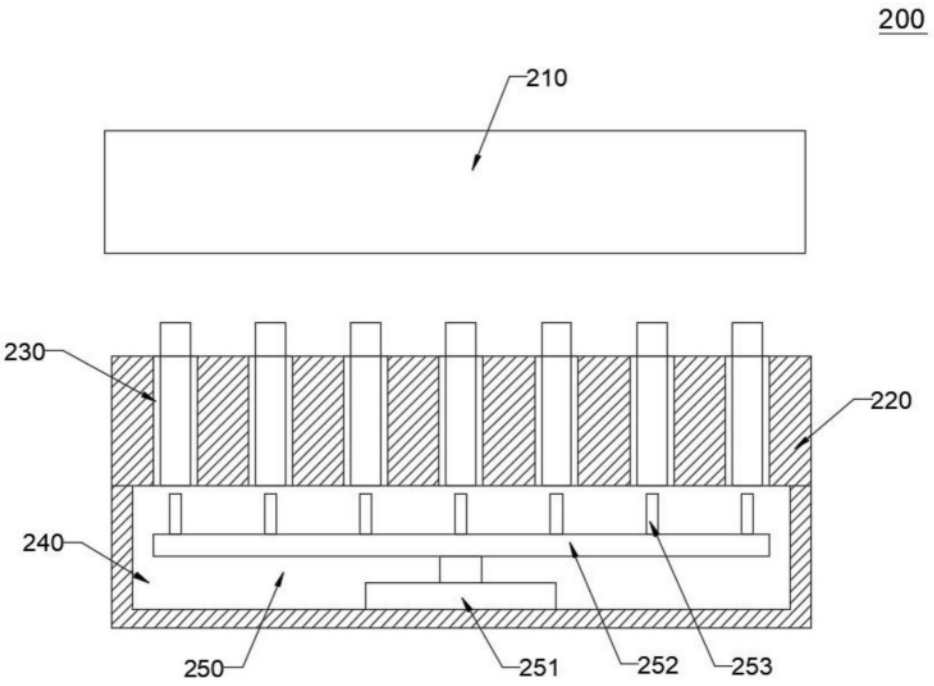


图3

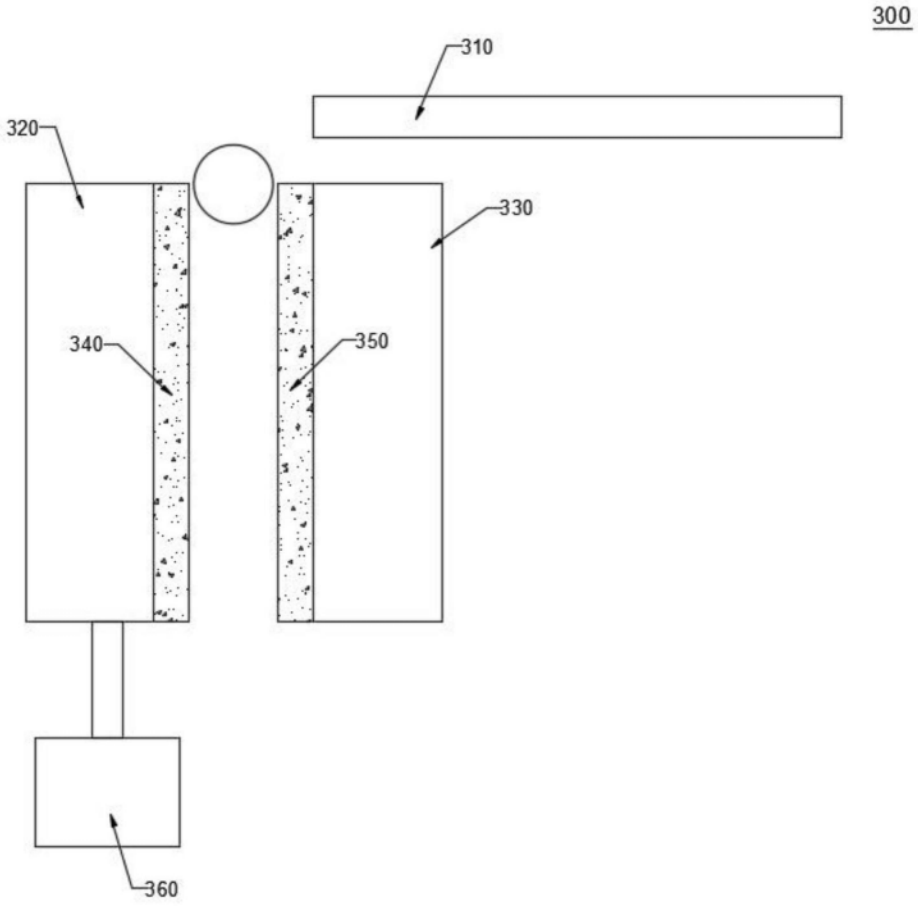


图4