

证书号第2402430号



发明专利证书

发明名称：一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法

发明人：全大明；顾剑锋

专利号：ZL 2015 1 0115006.8

专利申请日：2015年03月16日

专利权人：上海交通大学

授权公告日：2017年03月01日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年03月16日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨





(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104694711 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201510115006.8

审查员 黄秀娇

(22)申请日 2015.03.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104694711 A

(43)申请公布日 2015.06.10

(73)专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72)发明人 全大明 顾剑锋

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 林君如

(51)Int.Cl.

G21D 1/18(2006.01)

G21D 11/00(2006.01)

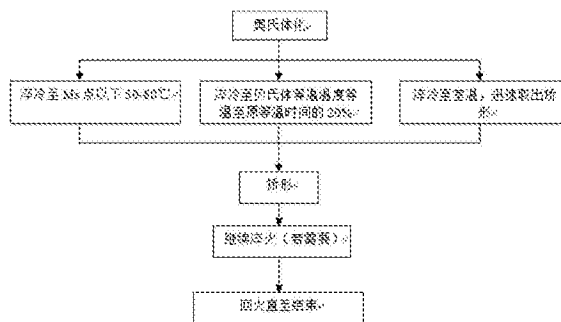
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法,包括奥氏体化工序、淬火工序、相变塑性下的矫形工序以及回火工序,另外,在相变塑性下的矫形工序及回火工序之间,还可以根据需求加入继续淬火工序。与现有技术相比,本发明有效解决了热处理后工件矫形需要的载荷大、时间长等问题,降低了热处理变形控制成本;此外,本发明可应用于热处理变形大且难以控制,或者热处理后难以矫形的高强度钢板、复杂形状零部件和大型薄壁结构件等场合,针对不同材料可应用不同的相变塑性矫形工艺。



1. 一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法,其特征在于,采用以下步骤:

步骤一、奥氏体化工序:将工件均匀加热至奥氏体化温度,根据材料成分进行保温,使其充分奥氏体化;

步骤二、淬火工序:将工件置于淬火液中,或进行喷雾进行急速冷却,冷却至一定温度;

步骤三、相变塑性下的矫形工序:对工件进行压力矫形,被矫形工件此时正发生相变,由于相变塑性和部分未转变奥氏体的存在,施加载荷远低于该温度下材料的屈服强度,工件发生矫形所需的塑性变形;

步骤四、回火工序:将工件置于回火炉中,控制温度为300-650℃进行中温或高温回火热处理,回火结束后即可得到尺寸公差合格的工件;

步骤二处理工具钢、弹簧钢或高强度合金钢时,将工件淬冷至 M_s 点以下50-80℃时将工件取出,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂;

步骤二处理贝氏体钢时,需要进行下贝氏体等温淬火,淬冷至贝氏体等温温度等温,等温时间为原等温时间的20-40%,随后将工件取出,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂;

步骤二处理普通碳素钢、结构钢,淬冷至室温后,迅速将工件转移至矫形设备处,利用马氏体自回火相变塑性进行矫形,淬火结束到矫形开始之间的停留时间不超过10-15分钟,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂;

步骤三施加的载荷为材料屈服强度的20%-50%。

2. 根据权利要求1所述的一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法,其特征在于,步骤一处理低合金钢时的保温时间为10-60min,处理高合金钢时的保温时间为30-120min。

3. 根据权利要求1或2所述的一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法,其特征在于,在步骤三与步骤四之间,还可加入继续淬火工序,在完成步骤三后,工件若温度尚未达到淬火终了温度,对其进一步进行冷却处理。

4. 根据权利要求3所述的一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法,其特征在于,处理贝氏体钢时,在完成步骤三后,将工件返回炉内,在贝氏体等温温度下继续等温,直至相变结束。

一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属材料加工工艺,尤其是涉及一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法。

背景技术

[0002] 金属制品的机械零部件通常可通过热处理来提升力学性能。而在热处理过程中,由于存在材料不均匀性、加热和冷却不均匀性、残余应力等因素,被处理零部件通常会产生不同程度的弯曲和翘曲等现象,称之为热处理变形。发生热处理变形的金属零部件如果超过了一定范围,通常需要通过矫形使其尺寸达到设计要求。热处理变形零部件的矫形原理是在外力作用下使材料发生少量塑性变形,并将该部分变形永久保留下来的加工工艺。

[0003] 通常的矫形方法均基于稳定组织的塑性变形。该方法主要是对经热处理后(通常相变已经结束)的零部件,加力产生塑性变形来进行矫形。然而该方法在模具钢、工具钢等高强度钢材的矫形中,需要施加极大的矫直压力,对矫直机和轧辊要求较高。文献《不锈钢薄板激光加热矫形技术的研究》(夏寒剑. 研究生硕士论文. 2007)和文献《火焰加热矫形方法的研究和应用》(李伟. 金属热加工. 2011, 9, 28-19)分别报道了两种局部加热,利用热应力进行矫形的方法。但应用该方法难以控制和预测最终的形状尺寸,工艺制定较为困难。文献《钛及钛合金板材真空蠕变矫形炉研制及其应用》(任连保, 张文政, 唐首斌. 钛工业进展. 2010, 27(5): 28-31)报道了应用蠕变进行矫形的方法。该方法应用蠕变变形理论,在真空条件下对钛合金板材长时间加载等温,达到了矫形目的。然而该工艺耗时较长,为防止氧化长时间等温蠕变需在真空气氛中进行,对设备投资较大。

[0004] 相变塑性是钢在发生相变时呈现的一种特殊的力学行为,与经典的塑性变形不同。经典的塑性变形需要外加载荷超过材料的屈服强度时才能产生不可逆的塑性变形,而相变塑性在应力低于屈服强度就可发生。相变塑性有三个基本特征:一是伴随相变发生而发生;二是应力水平低时也能产生,甚至低于弱项的屈服极限;三是随着外加应力的增大而增大。

[0005] 相变塑性有如下解释:

[0006] 1) 由于塑性变形而引起的局部应力集中,将由于相变而得到松弛,因而防止裂纹形成,故提高了材料的韧性和塑性;

[0007] 2) 外加载荷超过材料的屈服强度而发生塑性变形的本质是材料内部发生了晶格的相对错位。在弹性阶段,外加应力没有超过晶格之间的作用力,因此出现可恢复性的弹性变形;而在塑性变形阶段,外加应力超过了晶格之间的作用力,即发生晶格畸变,产生位错等缺陷,并出现晶格的滑移和孪晶从而导致了不可逆的塑性变形。而在相变过程中,材料的晶格处于亚稳状态,此时晶格间作用力并不稳定,因此材料内部会出现在较小外力作用下即产生位错缺陷,导致外加应力在不超过材料本征屈服强度的情况下即产生塑性变形。

[0008] 相变塑性现象早在上世纪60年代就在实验过程中发现,也已应用于热加工工艺中。中国专利申请“利用相变超塑性对金属材料机械零件进行矫形的方法”(专利公布号:CN

101935744A)提供了一种利用回火相变超塑性对金属零件进行矫形的方法,对回火过程中的零件利用工装进行固定,使其发生由于相变塑性导致的低应力塑性变形而矫形。然而金属经淬火后,材料硬度和强度已经提高,因此在回火过程中所需施加的外力也较高。且该方法需要专门设计的要求较高的工装夹具,应用范围较为局限,不适用于高强度板带材和型材等的矫形。

发明内容

[0009] 本发明的目的就是为了解决热处理后的工件矫形中出现的矫形力大、时间长等问题而提供一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法。

[0010] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0011] 一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法,采用以下步骤:

[0012] 步骤一、奥氏体化工序:将工件均匀加热至奥氏体化温度,根据材料成分保温一定时间,低合金钢保温时间为10-60min,高合金钢为30-120min,使其充分奥氏体化;

[0013] 步骤二、淬火工序:将工件置于淬火液中,或进行喷雾进行急速冷却,冷却至一定温度;

[0014] 步骤三、相变塑性下的矫形工序:对工件进行压力矫形,被矫形工件此时正发生相变,由于相变塑性和部分未转变奥氏体的存在,施加载荷远低于该温度下材料的屈服强度,工件发生矫形所需的塑性变形;

[0015] 步骤四、回火工序:将工件置于回火炉中,控制温度为300-650℃,一般是中温或高温回火热处理,回火结束后即可得到尺寸公差合格的工件。

[0016] 步骤二处理工具钢、弹簧钢或高强度合金钢时,将工件淬冷至 M_s 点以下50-80℃时将工件取出,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂。

[0017] 步骤二处理贝氏体钢时,需要进行下贝氏体等温淬火,淬冷至贝氏体等温温度等温,等温时间为原等温时间的20-40%,随后将工件取出,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂。

[0018] 步骤二处理普通碳素钢、结构钢等低合金钢,淬冷至室温后,迅速将工件转移至矫形设备处,利用马氏体自回火相变塑性进行矫形,淬火结束到矫形开始之间的停留时间不超过10-15分钟,,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂。

[0019] 在步骤三与步骤四之间,还可加入继续淬火工序,在完成步骤三后,工件若温度尚未达到淬火终了温度,对其进一步进行冷却处理。其中,在处理贝氏体钢时,在完成步骤三后,将工件返回炉内,在贝氏体等温温度下继续等温,直至相变结束。

[0020] 步骤三施加的载荷一般为材料屈服强度的20%-50%。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0022] 1、相变塑性是一种不可逆的塑性变形,伴随相变过程而产生,此时的塑性变形应力并不要求达到屈服极限,本发明利用该原理,有效解决了热处理后的工件矫形中出现的矫形力大、时间长等问题,降低了热处理后变形控制成本。经该方法矫形的工件,内应力低,组织硬度合格且能够达到所需的尺寸要求。

[0023] 2、由于相变塑性普遍存在于各类材料的相变过程中,因此本发明可应用于高强度钢、复杂形状零部件和大型薄壁结构件等热处理变形难以控制的材料,针对不同材料可应用不同的相变塑性矫形工艺。

附图说明

[0024] 图1为本发明的工艺流程图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0026] 一种基于相变塑性的热处理变形的控制方法,其工艺如图1所示,采用以下步骤:

[0027] 步骤一、奥氏体化工序:将工件均匀加热至奥氏体化温度,根据材料成分保温一定时间,低合金钢保温时间为10-60min,高合金钢为30-120min,使其充分奥氏体化;

[0028] 步骤二、淬火工序:将工件置于淬火液中,或进行喷雾进行急速冷却,冷却至一定温度,具体来说:

[0029] 处理工具钢、弹簧钢或高强度合金钢时,将工件淬冷至 M_s 点以下 $50-80^{\circ}\text{C}$ 时将工件取出,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂。

[0030] 处理贝氏体钢时,需要进行下贝氏体等温淬火,淬冷至贝氏体等温温度等温,等温时间为原等温时间的20-40%,随后将工件取出,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂。

[0031] 处理普通碳素钢、结构钢等低合金钢,淬冷至室温后,迅速将工件转移至矫形设备处,利用马氏体自回火相变塑性进行矫形,淬火结束到矫形开始之间的停留时间不超过10-15分钟,淬火液的选取根据不同零部件而不同,在冷速较大的前提下保证淬火过程中零部件不会变形开裂。

[0032] 步骤三、相变塑性下的矫形工序:对工件进行压力矫形,被矫形工件此时正发生相变,由于相变塑性和部分未转变奥氏体的存在,施加的载荷一般为材料屈服强度的20%-50%,由于该载荷远低于该温度下材料的屈服强度,工件发生矫形所需的塑性变形;

[0033] 步骤四、回火工序:将工件置于回火炉中,控制温度为 $300-650^{\circ}\text{C}$,中温或高温回火热处理,回火结束后即可得到尺寸公差合格的工件。

[0034] 需要说明的是,根据实际需要,在步骤三与步骤四之间,还可加入继续淬火工序,在完成步骤三后,工件若温度尚未达到淬火终了温度,对其进一步进行冷却处理。其中,在处理贝氏体钢时,在完成步骤三后,将工件返回炉内,在贝氏体等温温度下继续等温,直至相变结束。

[0035] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0036] 实施例1

[0037] 20MnTiB高强度钢板($9000 \times 1500 \times 5$)经淬火+高温回火屈服强度可达960MPa。要求该钢板经热处理矫形后平面度公差为4mm。

- [0038] 步骤一、将钢板整体加热至880℃奥氏体化60分钟；
- [0039] 步骤二、20MnTiB马氏体开始转变温度 M_s 为410℃，因此将充分奥氏体的钢板上下表面喷水水幕淬火至350℃，保证上下整体淬火均匀性；
- [0040] 步骤三、将淬火后的钢板经9辊矫直机矫形一道次。矫辊压下量为2mm，计算可得矫形载荷下的应力约为300MPa；
- [0041] 步骤四、矫形后的钢板上下表面喷水幕冷却至250℃以下；
- [0042] 步骤五、将钢板置于回火炉中，回火温度约为350℃等温120分钟，出炉空冷至室温，即可得到平面度公差小于4mm的钢板。
- [0043] 实施例2
- [0044] 材料为30CrMnSiNi2A钢的飞机起落架，经硝盐等温淬火+低温回火屈服强度为1125MPa。要求经热处理后液压矫形尺寸误差不超过5%。
- [0045] 步骤一、将零件整体加热至900℃奥氏体化90分钟；
- [0046] 步骤二、30CrMnSiNi2A钢下贝氏体转变温度为270℃，因此将充分奥氏体的零件在硝盐中等温淬火至270℃并保温20分钟；
- [0047] 步骤三、将零件从硝盐中取出，置于液压矫形机中矫形，保证各尺寸矫形至设计尺寸，可得矫形压力为572MPa，矫形时间控制在15分钟内，保证零件温度不低于210℃；
- [0048] 步骤四、矫形后的零件返回至270℃硝盐中继续等温40分钟，随后取出用热水冷却至室温。
- [0049] 步骤五、将零件置于回火炉中，回火温度为200~300℃等温3小时，出炉空冷至室温，即可得到尺寸合格的零件。
- [0050] 实施例3
- [0051] 45号钢板(尺寸为9000×1500×4)经调质处理后，屈服强度为335MPa。要求该钢板经热处理矫形后平面度公差为4mm。
- [0052] 步骤一、将钢板整体加热至840℃奥氏体化50分钟；
- [0053] 步骤二、将充分奥氏体化的钢板上下表面喷水水幕淬冷至室温，保证上下整体淬火均匀性；
- [0054] 步骤三、将淬火后的钢板迅速移至矫直机矫形一道次，淬火结束到矫形开始，时间不超过15分钟。施加矫形载荷，达到的应力约为230MPa；
- [0055] 步骤四、将矫形后的钢板置于回火炉中，回火温度为600℃等温45分钟，出炉空冷至室温，即可得到平面度公差小于4mm的钢板。

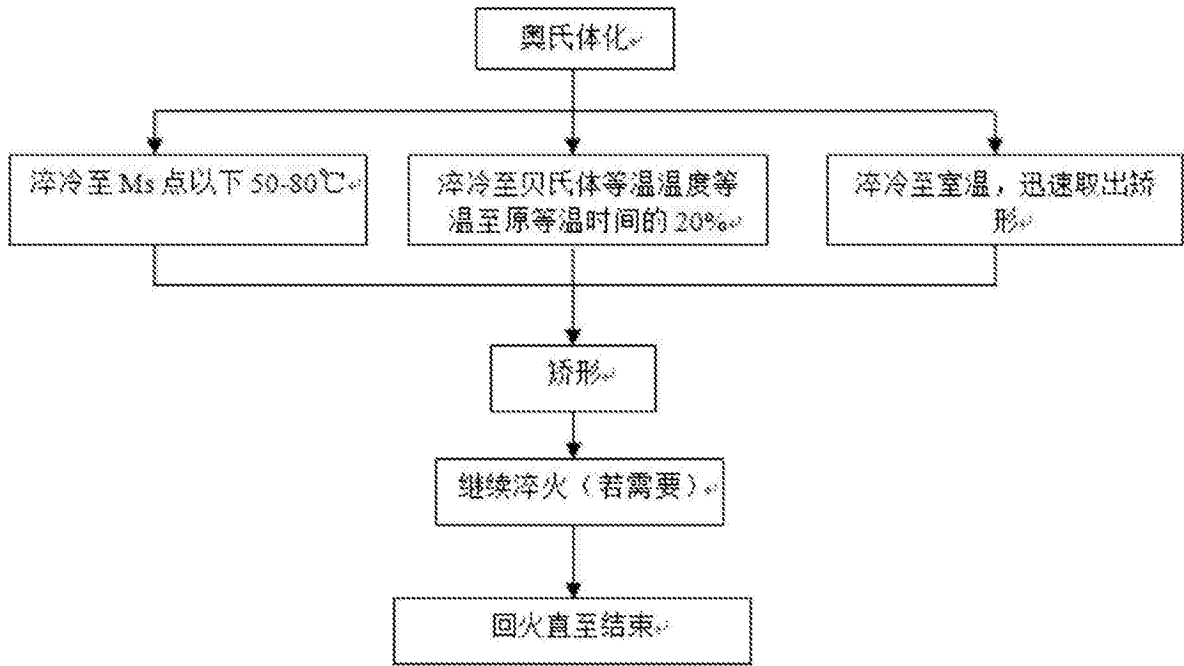


图1