



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104384283 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201410529046. 2

(22) 申请日 2014. 09. 25

(71) 申请人 中南林业科技大学

地址 410004 湖南省长沙市天心区韶山南路  
498 号

(72) 发明人 张立强

(51) Int. Cl.

*B21D 22/06*(2006. 01)

*B21D 37/16*(2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺

(57) 摘要

一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺, 包括如下步骤: 将 22MnB5 高强度钢板加工成板厚为 1.5-2.0mm 的板料; 将板料放入电阻加热炉中加热加热至 920-970℃, 保温 4-10min; 将板料转移到摩擦系数为 0.20-0.40 的模具上进行热冲压, 板料成形初始温度控制在 750-950℃, 转移时间为 3-8s, 冲压速度为 20-40mm/s, 在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃ 的冷却水, 同时施以强风冷却; 待其在模具中继续冷却, 保压 2-10s 后结束保压。本发明热冲压成形后板料零件强度高且硬度大, 尺寸精度高, 回弹较小, 安全性高, 使用寿命长, 而且最大抗拉强度可达 1500MPa。

1. 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺,其特征是:具体包括如下步骤:

(1) 下料:将 22MnB5 高强度钢板加工成坯料,通过剪板机将坯料裁剪为板料,按照模具尺寸要求钻出定位孔;

(2) 加热保温:将板料放入电阻加热炉中加热至 920-970℃,保温 4-10min,使板料均匀奥氏体化;

(3) 转移冲压成形:将板料转移到摩擦系数为 0.20-0.40 的模具上进行热冲压,在转移过程中高温板料与空气进行热量交换,板料成形初始温度控制在 750-950℃,转移时间为 3-8s,冲压速度为 20-40mm/s,在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃的冷却水,同时施以强风冷却;

(4) 保压定形:热冲压过程结束之后,不取出板料,待其在模具中继续冷却,保压 2-10s 后结束保压。

2. 根据权利要求 1 所述的一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺,其特征是:所述 22MnB5 高强度钢板加工成的板料板厚为 0.9-2.0mm。

3. 根据权利要求 1 所述的一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺,其特征是:所述板料成形初始温度为 750℃,冲压速度为 40mm/s,保压时间为 10s,摩擦系数为 0.20。

## 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于热冲压工艺技术领域,具体涉及一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺。

### 背景技术

[0002] 高强度钢零件在提高汽车抗碰撞等安全性能的同时大幅减轻车重,降低油耗以减少尾气对环境的污染,因而在汽车车身结构件和安全件上具有广泛的应用前景。高强度钢拥有无法比拟的超高强度与硬度,但是其硬化指数与延伸率却比较低,严重影响其在室温情况下的成形性能。高强度钢在室温下成形由于材料流动性差易出现各种缺陷,例如裂纹、起皱、回弹引起的零件尺寸、形状不稳定等,而高强钢在冲压成形后由于强度升高,残余应力增大导致回弹而引起的零件尺寸、形状稳定性差则是高强度钢板成形中最为严重的问题。同时由于其超高强度与硬度的原因使冲压压力大大增加,无疑增加了生产成本。

[0003] 22MnB5 为低碳硼钢,其化学成分组成为: C0.22~0.25、Mn1.20~1.40、Si0.20~0.30、Al0.02~0.05、B0.002~0.0035、Cr0.11~0.20、Ti0.02~0.05、Mo0~0.10、Cu0~0.10、Ni0~0.10、Fe 余量。其中含有极微量的硼元素,可大幅度降低获得马氏体组织的临界冷却速度,是汽车用热冲压件使用较多的一种高强度钢。22MnB5 高强度钢板在碳锰钢的基础上添加微量硼元素,主要作用是提高钢的淬透性,淬透性指钢在高温奥氏体化后在一定的冷却速率情况下发生淬火相变得到马氏体的能力。淬火相变后马氏体组织深度越大,表明该钢种淬透性越高,则组织性能愈加均匀,这也是可淬火硼钢在热冲压成形工艺中的核心问题。

[0004] 现有热冲压成形技术只考虑成形后的力学性能相比,没有考虑成形后板料的减薄率和最大温差,由于冲压成形的特点,板料在冲压成形过程中某些部位由于受力作用而出现厚度严重减薄,甚至会出现拉裂的缺陷,这种现象在薄壁件的冲压成形中更易出现,减薄率和最大温差这两个指标参数决定着零件成形后尺寸精度,其中最大温差的大小还决定成形后零件的内应力的的大小,即决定零件的安全性和使用寿命。因此,迫切需要提供一种新工艺来提高零件的抗拉强度、安全性和使用寿命。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺,从而解决背景技术中存在的问题。

[0006] 本发明所解决的技术问题采用以下技术方案来实现:

[0007] 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺,具体包括如下步骤:

[0008] (1) 下料:将 22MnB5 高强度钢板加工成坯料,通过剪板机将坯料裁剪为板料,按照模具尺寸要求钻出定位孔;

[0009] (2) 加热保温:将板料放入电阻加热炉中加热至 920-970℃,保温 4-10min,使板料均匀奥氏体化;

[0010] (3) 转移冲压成形:将板料转移到摩擦系数为 0.20-0.40 的模具上进行热冲压,在转移过程中高温板料与空气进行热量交换,板料成形初始温度控制在 750-950℃,转移时间为 3-8s,冲压速度为 20-40mm/s,在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃的冷却水,同时施以强风冷却;

[0011] (4) 保压定形:热冲压过程结束之后,不取出板料,待其在模具中继续冷却,保压 2-10s 后结束保压。

[0012] 所述 22MnB5 高强度钢板加工成的板料板厚为 0.9-2.0mm。

[0013] 优选地,所述板料成形初始温度为 750℃,冲压速度为 40mm/s,保压时间为 10s,摩擦系数为 0.20 时,效果最好,此组优选工艺参数在减小热冲压件保压结束后温差同时减缓厚度减薄情况的同时,能够提高成形零件的机械性能与质量,而且可以提高生产效率,降低生产成本。

[0014] 加热温度和保温时间会影响热冲压成形过程以及成形件质量,所以要选取合适的温度和保温时间。选取奥氏体化温度的依据:一是钢板奥氏体化温度以上,获得完全的奥氏体组织,为后续的淬火获得马氏体提供条件;二是选择在金属会发生强烈氧化反应的温度以下,避免材料氧化造成缺陷;三是考虑后续坯料转移过程的热量损失,为了保证成形开始温度,选定的加热温度为 920-970℃。

[0015] 为了达到冲压淬火后得到更多马氏体组织的目的,必须将坯料加热后进行保温,让残余渗碳体充分溶解,获得均匀的奥氏体组织。同时,由于原始组织对冲压件质量有很大的影响,保温时间过长会引起晶粒长大,会降低冲压件的质量,所以保温时间为 4-10 即可。

[0016] 将板料快速从加热炉中转移到模具上,板料从加热炉中转移到冲压模具的过程中,由于与 20℃的空气接触,板料和空气之间会进行热量交换。为了保证在冲压成形过程中板料具有较好的流动性,同时淬火过程中能获得多的马氏体组织,保证冲压的初始温度在 750-950℃,在转移过程中板料的热量损失十分大,所以要尽可能缩短转移时间,转移时间为 3-8s。

[0017] 模具的摩擦系数选取为 0.20-0.40,因为热冲压过程中,板料处于高温状态,这对于模具材料及质量提出了较高要求。模具不仅需要具有良好的导热能力,而且要保证高强度、高硬度与优良抗疲劳强度,能够在冷热交替环境中抵抗热摩擦,不会出现热裂纹;同时为减小摩擦,模具表面质量需经过严格控制。

[0018] 因为模具的冷却能力不够,不仅会影响成形件的强度,还会在成形过程中产生因高温引起的模具热裂纹,进而影响零件的尺寸精度。为保证板料在热冲压过程中的冷却速率,热冲压模具设有冷却水管道,管道均设置在靠近模具边缘处,原因是在热冲压过程中,高温板料与模具直接接触,模具吸收热量导致温度升高,显著降低了模具的冷却能力,因此在热冲压过程中模具需要不停通入温度为室温 20℃的冷却水,带走因模具与板料接触吸收的热量。热冲压仅依靠通过对模具冷却很难达到较高冷却速率,因此采用通强风辅助冷却,以此显著提高板料的降温速率。

[0019] 热冲压工艺最主要的优点是可以显著提高冲压件的机械性能与质量精度。热冲压过程中板料的温度变化是对淬火相变的反映,然而在实际热冲压生产过程中,由于零件的形状要求,其不同部位与模具接触的开始时间不同,导致保压结束后零件温度差相差很大,这说明零件各部分平均冷却速率差值较大,淬火程度极不均匀,不利于得到组织性能分布

均匀的冲压件；且温度分布不均使板料内部产生热应力，应力的存在会增大零件的回弹，影响冲压件的尺寸精度，因此通过选择合适的工艺参数来控制保压结束后零件温度差可以达到提高淬火均匀性、得到组织分布较均的冲压件的目的。

[0020] 本发明具有以下有益效果：

[0021] 通过本发明工艺制备的零件可用于汽车 A 柱、B 柱、加强板、结构梁、防撞梁等部件，本发明工艺热冲压过程中高强度钢在同一模具中实现形变与相变，成形过程中表现出了优良成形性能，强度高且硬度大，满足汽车抗碰撞性能的要求，尺寸精度高，回弹较小，安全性高，使用寿命长，而且最大抗拉强度可达 1500MPa。

### 具体实施方式

[0022] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解，下面结合具体实施例，进一步阐述本发明。

[0023] 实施例 1：

[0024] 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺，具体包括如下步骤：

[0025] (1) 下料：将 22MnB5 高强度钢板加工成坯料，板厚 0.9mm，通过剪板机将坯料裁剪为矩形板料，按照模具尺寸要求钻出定位孔；

[0026] (2) 加热保温：将板料放入电阻加热炉中加热至 920℃，保温 4min，使板料均匀奥氏体化；

[0027] (3) 转移冲压成形：将板料转移到摩擦系数为 0.25 的模具上进行热冲压，在转移过程中高温板料与空气进行热量交换，板料成形初始温度控制在 800℃，转移时间为 3s，冲压速度为 20/s，在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃的冷却水，同时施以强风冷却；

[0028] (4) 保压定形：热冲压过程结束之后，不取出板料，待其在模具中继续冷却，保压 2s 后结束保压。

[0029] 实施例 2：

[0030] 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺，具体包括如下步骤：

[0031] (1) 下料：将 22MnB5 高强度钢板加工成坯料，板厚 1.2mm，通过剪板机将坯料裁剪为矩形板料，按照模具尺寸要求钻出定位孔；

[0032] (2) 加热保温：将板料放入电阻加热炉中加热至 930℃，保温 6min，使板料均匀奥氏体化；

[0033] (3) 转移冲压成形：将板料转移到摩擦系数为 0.35 的模具上进行热冲压，在转移过程中高温板料与空气进行热量交换，板料成形初始温度控制在 900℃，转移时间为 4s，冲压速度为 25mm/s，在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃的冷却水，同时施以强风冷却；

[0034] (4) 保压定形：热冲压过程结束之后，不取出板料，待其在模具中继续冷却，保压 4s 后结束保压。

[0035] 实施例 3：

[0036] 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺，具体包括如下步骤：

[0037] (1) 下料：将 22MnB5 高强度钢板加工成坯料，板厚 1.8mm，通过剪板机将坯料裁剪

为矩形板料,按照模具尺寸要求钻出定位孔;

[0038] (2) 加热保温:将板料放入电阻加热炉中加热至 950℃,保温 5min,使板料均匀奥氏体化;

[0039] (3) 转移冲压成形:将板料转移到摩擦系数为 0.20 的模具上进行热冲压,在转移过程中高温板料与空气进行热量交换,板料成形初始温度控制在 750℃,转移时间为 8s,冲压速度为 40mm/s,在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃的冷却水,同时施以强风冷却;

[0040] (4) 保压定形:热冲压过程结束之后,不取出板料,待其在模具中继续冷却,保压 10s 后结束保压。

[0041] 实施例 4:

[0042] 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺,具体包括如下步骤:

[0043] (1) 下料:将 22MnB5 高强度钢板加工成坯料,板厚 1.5mm,通过剪板机将坯料裁剪为矩形板料,按照模具尺寸要求钻出定位孔;

[0044] (2) 加热保温:将板料放入电阻加热炉中加热至 960℃,保温 8min,使板料均匀奥氏体化;

[0045] (3) 转移冲压成形:将板料转移到摩擦系数为 0.30 的模具上进行热冲压,在转移过程中高温板料与空气进行热量交换,板料成形初始温度控制在 850℃,转移时间为 5s,冲压速度为 30mm/s,在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃的冷却水,同时施以强风冷却;

[0046] (4) 保压定形:热冲压过程结束之后,不取出板料,待其在模具中继续冷却,保压 6s 后结束保压。

[0047] 实施例 5:

[0048] 一种 22MnB5 高强度薄钢板热冲压成形工艺,具体包括如下步骤:

[0049] (1) 下料:将 22MnB5 高强度钢板加工成坯料,板厚 2.0mm,通过剪板机将坯料裁剪为矩形板料,按照模具尺寸要求钻出定位孔;

[0050] (2) 加热保温:将板料放入电阻加热炉中加热至 970℃,保温 10min,使板料均匀奥氏体化;

[0051] (3) 转移冲压成形:将板料转移到摩擦系数为 0.40 的模具上进行热冲压,在转移过程中高温板料与空气进行热量交换,板料成形初始温度控制在 950℃,转移时间为 6s,冲压速度为 35mm/s,在整个热冲压过程中模具不停通入温度为室温 20℃的冷却水,同时施以强风冷却;

[0052] (4) 保压定形:热冲压过程结束之后,不取出板料,待其在模具中继续冷却,保压 8s 后结束保压。

[0053] 通过本发明工艺制备的零件可用于汽车 A 柱、B 柱、加强板、结构梁、防撞梁等部件,本发明工艺热冲压过程中高强度钢在同一模具中实现形变与相变,成形过程中表现出了优良成形性能,强度高且硬度大,满足汽车抗碰撞性能的要求,尺寸精度高,回弹较小,安全性高,使用寿命长,而且最大抗拉强度可达 1500MPa。

[0054] 工艺参数优化组合为板料成形初始温度 750℃,冲压速度 40mm/s,保压时间 10s,摩擦系数 0.20,此组工艺参数减小热冲压件保压结束后温差同时减缓厚度减薄,不仅能够

提高成形零件的机械性能与质量,而且可以提高生产效率,降低生产成本。选用高强度钢 22MnB5,基于汽车结构部件 B 柱典型特征建立 U 形件几何模型,以零件保压结束后最大温差与最大减薄率为实验指标,采用热模拟试验技术、正交实验设计、数值模拟与实验相结合的方法进行验证,如表 1 正交实验方案安排与模拟结果。

[0055] 表 1

[0056]

实验编号	板料成形初始温度 / $^{\circ}\text{C}$	冲压速度 / $\text{mm/s}$	保压时间 / s	摩擦系数	最高温度	最低温度	保压结束后 U 形件最大温差	最大减薄率
1	750	20	2	0.20	384.90	143.18	241.72	4.56
2	750	25	4	0.25	313.42	149.10	164.32	4.82
3	750	30	6	0.30	271.44	132.16	139.28	5.32
4	750	35	8	0.35	245.17	118.56	126.61	6.59
5	750	40	10	0.40	228.24	128.12	100.12	7.16
6	800	20	4	0.30	327.05	119.03	208.02	5.68
7	800	25	6	0.35	285.17	113.77	171.46	6.65
8	800	30	8	0.40	258.74	133.02	125.72	7.25
9	800	35	10	0.20	241.61	101.48	140.13	4.78
10	800	40	2	0.25	422.73	144.65	278.08	5.23
11	850	20	6	0.40	298.38	158.34	140.04	7.29
12	850	25	8	0.20	270.64	150.07	120.57	5.27
13	850	30	10	0.25	252.17	126.74	125.43	5.78
14	850	35	2	0.30	441.85	150.80	291.05	6.53
15	850	40	4	0.35	355.78	164.65	191.13	6.85

[0057]

16	900	20	8	0.25	280.42	128.45	151.97	5.96
17	900	25	10	0.30	263.44	144.67	118.77	6.88
18	900	30	2	0.35	458.99	194.84	264.15	6.99
19	900	35	4	0.40	371.43	126.67	244.76	7.54
20	900	40	6	0.20	317.53	158.53	159.00	5.54
21	950	20	10	0.35	271.60	144.92	126.16	7.08
22	950	25	2	0.40	475.21	179.05	296.16	7.66
23	950	30	4	0.20	383.62	148.14	235.48	5.60
24	950	35	6	0.25	330.80	168.48	162.32	6.48
25	950	40	8	0.30	301.26	167.37	133.89	6.93

[0058] 实验指标保压结束后 U 形件最大温差的热冲压工艺参数优组合为保压时间 10s, 板料成形初始温度 750℃, 冲压速度 40mm/s, 摩擦系数 0.20; 而 U 形件最大减薄率的热冲压工艺参数优组合为摩擦系数 0.20, 板料成形初始温度 750℃, 保压时间 4s, 冲压速度 20mm/s。两者的因素影响主次顺序及优水平选取不一致。具体分析如下:

[0059] (1) 保压时间在实验指标保压结束后 U 形件最大温差中是主要影响因素, 当选择保压 10s 时比保压 4s 情况下得到的保压结束后 U 形件最大温差减小 41.44%, 而保压时间在 U 形件最大减薄率的评价指标中是不显著影响因素, 对最大减薄率的变化影响极小, 因此选取保压时间 10s。

[0060] (2) 对于保压结束后 U 形件最大温差与 U 形件最大减薄率两个实验指标来说, 板料成形初始温度都是次要影响因素, 且两者优选水平均为 750℃, 故选取板料成形初始温度 750℃。

[0061] (3) 摩擦系数在实验指标 U 形件最大减薄率中是主要影响因素, 而摩擦系数在保压结束后 U 形件最大温差的评价指标中是不显著影响因素, 对其的变化影响极小; 综合考虑模具磨损情况与冲压件的表面质量与尺寸精度, 两组数据分析得到的优水平一致, 即选取摩擦系数为 0.20。

[0062] (4) 冲压速度在保压结束后 U 形件最大温差与最大减薄率两个评价指标中都是不显著影响因素, 尤其对最大减薄率的变化影响极小, 在 20 ~ 40mm/s 的冲压速度范围内, U 形件的减薄率都小于 10%, 大约在 6% ~ 7% 的范围内, 远远小于减薄率极限值 30%, 可认为 20 ~ 40mm/s 的冲压速度范围内, 最大减薄率均达到较优水平。同时考虑到生产效率问题选取冲压速度 40mm/s。

[0063] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解, 本发明不受上述实施例的限制, 上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理, 在不脱离本发明精神和范围的前提下, 本发明还会有各种变化和改进, 这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其



等效物界定。