



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111041355 B

(45) 授权公告日 2020.11.03

(21) 申请号 201911229021.X	C22C 38/26 (2006.01)
(22) 申请日 2019.12.04	C22C 38/32 (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号	C22C 38/34 (2006.01)
申请公布号 CN 111041355 A	C22C 38/38 (2006.01)
(43) 申请公布日 2020.04.21	C22C 33/02 (2006.01)
(73) 专利权人 北京理工大学	C21D 6/00 (2006.01)
地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号	(56) 对比文件
(72) 发明人 王迎春 李壮 程兴旺 梁嘉昕 李树奎	CN 106811646 A, 2017.06.09
(74) 专利代理机构 北京理工大学专利中心 11120	CN 108779528 A, 2018.11.09
代理人 张洁 周蜜	Ashok Kumar Srivastava. In Situ Synthesis, Microstructure, and Properties of TiC and (Ti,W)C-Reinforced Fe-Mn-Al Austenitic Steel Matrix Composites. 《JMEPEG》. 2012,
(51) Int. Cl.	RADHAKANTA RANA et al. Overview of Lightweight Ferrous Materials: Strategies and Promises. 《JOM》. 2014,
C22C 38/02 (2006.01)	审查员 张传鑫
C22C 38/04 (2006.01)	
C22C 38/06 (2006.01)	

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种添加TiC的低密度高强度钢及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种添加TiC的低密度高强度钢及其制备方法,属于金属材料技术领域。所述钢由基体和TiC组成,以所述钢的质量分数为100%计,基体的质量分数为88.4-96.3%,TiC的质量分数为3.7-11.6%,以所述基体的总质量为100%计,所述基体化学成分质量百分比为:C 0.5-1.2%,Mn 15-30%,Al 5-10%,Cr≤5%,Nb≤0.1%,Si≤2%,B≤0.6%,其余为Fe及不可避免的杂质。原料粉体混合经球磨、热压烧结和热处理后得到所述钢。本发明所述方法不仅实现添加的TiC均匀分布,且有效提升了钢的弹性模量,并一定程度提高了钢的强度,同时降低了钢的密度。

CN 111041355 B

1. 一种添加TiC的低密度高强度钢,其特征在于:所述钢由基体和TiC组成,以所述钢的质量分数为100%计,基体的质量分数为88.4-96.3%,TiC的质量分数为3.7-11.6%,其中,以所述基体的总质量为100%计,所述基体化学成分质量百分比为:C 0.5-1.2%,Mn 15-30%,Al 5-10%,Cr \leq 5%,Nb \leq 0.1%,Si \leq 2%,B \leq 0.6%,其余为Fe及不可避免的杂质;

所述钢通过以下方法制备得到,所述方法步骤如下:

(1) 配料:按照所述钢的组成及质量分数,称量基体中各所需元素的单质粉末原料和TiC粉末,混合后得到混合粉料;

(2) 球磨混料:对所述混合粉料进行真空球磨,充分均匀混合,得到复合粉体;

(3) 热压烧结:惰性气体保护下,对所述复合粉体进行热压烧结,设置压力为30-60MPa,先升温至850-950 $^{\circ}$ C,保温1-5小时,随后升温至1250-1400 $^{\circ}$ C,保温1-4小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭;

(4) 热处理:首先,将所述钢锭进行固溶处理:在温度为950-1200 $^{\circ}$ C下,保温1-3小时,在常温水中冷却至室温,得到固溶处理后的钢锭;其次,对固溶处理后的钢锭进行时效处理:在温度为450-650 $^{\circ}$ C下,保温2-24小时,在空气中冷却至室温,得到一种高弹性模量低密度高强度钢。

2. 如权利要求1所述的一种添加TiC的低密度高强度钢,其特征在于:所述TiC的粒径为0.01-1.0 μ m。

3. 如权利要求1所述的一种添加TiC的低密度高强度钢,其特征在于:所述TiC的粒径为0.01-0.5 μ m。

4. 如权利要求1所述一种添加TiC的低密度高强度钢,其特征在于:步骤(2)中,球料比为3:1-5:1,转速为200-500rpm,球磨时间为4-16小时。

一种添加TiC的低密度高强度钢及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种添加TiC的低密度高强度钢及其制备方法。属于金属材料技术领域。

背景技术

[0002] 随着全球气候变暖,能源短缺等问题日益突出,减少温室气体排放,提高能源利用率已成为了汽车工业追求的重要发展目标,而减轻车身重量则是实现这一目标的有效途径。通过使用高强度钢,可在保证使用性能的条件下减少车身所需钢板的厚度,减少了钢材用量,从而降低了车身重量。此外,采用低密度高强度钢材是另一种有效的减重方法。降低钢材的密度主要通过添加轻质合金元素Al来实现,辅以优化的成分和工艺可同时保证钢的高强度性能。这一途径较普通高强度钢可更进一步提高汽车减重效果。汽车自重每减少10%,油耗可降低6-8%,可有效的节约资源。

[0003] 现阶段,低密度高强度钢的成分设计主要采用Fe-Mn-Al-C系成分,相关研究主要涉及不同的热处理及变形工艺对其力学性能和变形机制的影响。目前该成分体系低密度钢的抗拉强度可达800-1300MP,密度普遍低于 $7\text{g}/\text{cm}^3$,具有良好的应用前景。但是,Al元素的添加在降低密度的同时也显著降低了钢的弹性模量,Al含量为8wt.%时,低密度钢的弹性模量较传统钢材降低约20%。弹性模量是表征材料刚度的指标。刚度较低意味着需要增厚车身钢板以减少相应的不利影响,显然,这与减重的目的是矛盾的。因此,亟需一种在具备低密度高强度的同时,也具有较高弹性模量的Fe-Mn-Al-C系钢。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的之一在于提供一种添加TiC的低密度高强度钢,该钢兼具低密度和高强度性能,同时其弹性模量较普通高Al含量的低密度钢有明显提升(提升幅度约为8-29%)。本发明的目的之二在于提供一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法通过热压烧结得到的钢锭无需进行其他操作即可直接进行热处理进而得到所述钢。

[0005] 为实现本发明的目的,现提供以下技术方案:

[0006] 一种添加TiC的低密度高强度钢,所述钢由基体和TiC增强相组成,以所述钢的质量分数为100%计,基体的质量分数为88.4-96.3%,TiC增强相的质量分数为3.7-11.6%,其中,以所述基体的总质量为100%计,所述基体化学成分质量百分比为:C 0.5-1.2wt%, Mn 15-30wt%, Al 5-10wt%, Cr \leq 5wt%, Nb \leq 0.1wt%, Si \leq 2wt%, B \leq 0.6wt%,其余为Fe及不可避免的杂质。

[0007] 优选的,所述TiC的粒径为0.01-1.0 μm 。

[0008] 优选的,所述TiC的粒径为0.01-0.5 μm 。

[0009] 一种本发明所述添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下:

[0010] (1) 配料:按照本发明所述钢的组成及质量分数,称量基体中各所需元素的单质粉末原料和TiC粉末,混合后得到混合粉料;

[0011] (2) 球磨混料:对所述混合粉料进行真空球磨,充分均匀混合,得到复合粉体;

[0012] (3) 热压烧结:惰性气体保护下,对所述复合粉体进行热压烧结,设置压力为30-60MPa,过高的压力易在烧结过程中,导致先熔化的低熔点元素Al由于流动性发生聚集或是被挤出模具;先升温至850-950℃,保温1-5小时,使Al粉与其他粉体形成化合物,以避免复合粉末中低熔点的Al以单质状态保持至高温时液化,不利于Al元素均匀分布,甚至流出模具,随后升温至1250-1400℃,保温1-4小时进行致密化烧结,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭;

[0013] (4) 热处理:首先,将所述钢锭进行固溶处理:在温度为950-1200℃下,保温1-3小时,在常温水中冷却至室温,得到固溶处理后的钢锭;其次,对固溶处理后的钢锭进行时效处理:在温度为450-650℃下,保温2-24小时,在空气中冷却至室温,得到一种高弹性模量低密度高强度钢。

[0014] 优选的,步骤(2)中,球磨时球料比为3:1-5:1,转速为200-500rpm,球磨时间为4-16小时。

[0015] 有益效果

[0016] (1) 本发明所述一种添加TiC的低密度高强度钢,通过在Fe-Mn-Al-C低密度高强度钢基体中添加一定量的TiC颗粒(其弹性模量约为450GPa),一方面有效提高了Fe-Mn-Al-C低密度高强度钢基体的弹性模量,提升幅度约为9-26%。另一方面TiC作为硬质第二相颗粒进一步提高了钢的强度,同时由于TiC的密度仅为4.9g/cm³,明显低于钢(7.8g/cm³),故添加TiC还有利于进一步降低钢的密度。本发明所述钢的密度为6.5-6.8g/cm³,抗拉强度达1000MPa以上,延伸率在10%以上,可满足汽车结构件的性能要求。

[0017] (2) 本发明所述一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,可实现TiC颗粒在所述低密度高强度钢中均匀分布。由于热压烧结为固相烧结,混合均匀后的粉体通过高温合金化直接与相邻粉体键合,能有效保持球磨后均匀分布的状态,避免了采用传统熔炼过程中TiC颗粒由于密度低于钢液从而悬浮在钢液上部,导致分布不均的问题。此外,采用传统熔炼工艺制备所述钢,Ti含量较高时会导致钢锭铸造性能差,甚至铸锭无法成型,故无法实现本发明所述添加的TiC含量范围,进而限制了弹性模量的增强。本发明所述制备方法不仅实现添加的TiC颗粒均匀分布,且有效提升了基体低密度高强度钢的弹性模量,并一定程度提高了钢的强度,同时降低了钢的密度。

[0018] 本发明的成分设计依据如下:

[0019] C:一方面,C是奥氏体形成元素,有利于扩大奥氏体相区,促进奥氏体形成,并固溶于奥氏体中形成固溶强化,提升钢的强度。另一方面,C还会促进形成κ-碳化物((Fe,Mn)₃AlC),形成析出强化,提高钢的强度和硬度。此外,C还利于降低密度。由于需要添加高含量的Al(铁素体形成元素)以降低钢的密度,此时若C含量较低,易导致铁素体形成,降低钢的塑性。随C含量增加,钢的强度和延伸率都可得到提升,但过高的C含量会促进κ-碳化物粗化,且容易导致晶界处形成κ-碳化物,显著降低延伸率。因此,本发明的C含量为0.5-1.2%。

[0020] Mn:Mn是奥氏体稳定元素,高的Mn含量是为了保证基体组织为单相奥氏体。奥氏体组织有利于钢获得良好的加工硬化性能,使钢具有良好的强度和塑性匹配。但Mn含量增加会导致钢的热导率下降和线膨胀系数增加,进而导致工件在快速加热和冷却过程中的开裂倾向增大。因此,本发明的Mn含量为15-30%。

[0021] Al:Al固溶于铁基体中,使得基体点阵扩张,而Al的密度仅为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$,故添加Al可显著降低钢的密度。此外,和C的作用类似,Al也是 κ -碳化物的主要形成元素,能促进其形成和长大,提高析出强化效果。Al含量过低会使得减重效果不明显,且不利于析出强化,但过高的Al含量会导致B₂和DO₃型有序相出现,降低钢的塑性。此外,Al是铁素体形成元素,随其含量增加,不利于基体保持单相奥氏体组织,使钢的塑性降低。所以,本发明的Al含量为5-10%。

[0022] TiC:TiC颗粒具有高的弹性模量(约为450GPa),达传统钢材弹性模量的两倍以上,故添加TiC颗粒可有效提高钢的弹性模量。同时TiC还具有低密度($4.94\text{g}/\text{cm}^3$)的特点,因此作为轻质组分可协同Al元素的一同降低钢的密度。此外,TiC颗粒可有效阻碍晶界迁移和位错运动,所以有助于细化晶粒并具有析出强化作用。本发明中,TiC含量为3.7-11.6wt%。

具体实施方式

[0023] 下面结合实施例对本发明作进一步详细说明。

[0024] 以下实施例中:

[0025] (1) 拉伸试验设备:采用型号为INSTRON5985的电子万能材料试验机(美国英斯特朗);

[0026] (2) 拉伸强度测试标准:GB/T228-2002;抗拉强度、屈服强度和延伸率均由拉伸试验所得的拉伸应力-应变曲线按GB/T228-2002测得。

[0027] (3) 弹性模量测试标准:GB/T22315-2008;按GB/T22315-2008标准中静态法测得。

[0028] (4) 热压烧结设备:采用上海辰荣电炉有限公司生产的真空气氛压力炉R-C-ZKQY-07。根据本发明一种添加TiC的低密度高强度钢的化学成分范围,制备合金块7炉。

[0029] 表1为本发明实施例制得的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比(wt%),以所述基体的总质量为100%计。

[0030] 表1

[0031]

实施例	炉号	C/wt%	Mn/wt%	Al/wt%	Cr/wt%	Nb/wt%	Si/wt%	B/wt%	Fe/wt%
1	1#	0.8	28	8	3	-	0.5	-	余量
2	2#	1.2	26	10	5	0.1	-	0.2	余量
3	3#	0.7	15	9	4	0.1	1.0	0.3	余量
4	4#	0.9	20	6	5	-	1.8	0.4	余量
5	5#	0.8	27	9	3	0.1	0.8	-	余量
6	6#	1.0	27	8	4	-	0.2	0.3	余量
7	7#	0.5	30	5	3	0.1	-	0.1	余量

[0032] 表2为本发明实施例制得的所述钢的基体和掺入基体的TiC颗粒质量百分比(wt%),以所述钢的总质量为100%计。

[0033] 表2

[0034]

实施例	炉号	基体/wt%	TiC/wt%
1	1#	93.9	6.1
2	2#	93.9	6.1
3	3#	93.9	6.1
4	4#	92.4	7.6

5	5 [#]	88.4	11.6
6	6 [#]	96.3	3.7
7	7 [#]	92.4	7.6

[0035] 实施例1

[0036] 一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下:

[0037] (1) 配料:按表1中1[#]炉所对应的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比,称量出各所需元素粉末原料倒入球磨罐。然后在低密度钢基体粉末中掺入TiC颗粒,按表2中1[#]炉所对应的质量百分比配比要求称量出超细TiC粉末(粒径大小为0.01-1.0 μ m),倒入球磨罐,得到混合粉料。

[0038] (2) 球磨混料:按球料比为4:1,将不锈钢球装入球磨罐中,转速设置为200rpm,将球磨罐置于球磨机进行真空球磨16小时,充分混合均匀,得到复合粉体。

[0039] (3) 热压烧结:将所述复合粉体倒入热压模具中,于室温将热压模具装入热压炉中,充入氩气保护进行热压烧结,压制压力为30MPa,首先升温至920 $^{\circ}$ C保温1.5小时,随后升温至1250 $^{\circ}$ C,保温4小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭。

[0040] (4) 热处理:将步骤(3)中所述钢锭加工为拉伸试样毛坯,进行固溶处理:在温度为950 $^{\circ}$ C下,保温3小时,在常温水中冷却;再进行时效处理:在温度为450 $^{\circ}$ C下,保温24小时,在空气中冷却至室温,得到一种添加TiC的低密度高强度钢的拉伸试样毛坯。

[0041] 实施例2

[0042] 一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下:

[0043] (1) 配料:按表1中2[#]炉所对应的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比,称量出各所需元素粉末原料倒入球磨罐。然后在低密度钢基体粉末中掺入TiC颗粒,按表2中2[#]炉所对应的质量百分比配比要求称量出超细TiC粉末(粒径大小为0.01-1.0 μ m),倒入球磨罐,得到混合粉料。

[0044] (2) 球磨混料:按球料比为4:1,将不锈钢球装入球磨罐中,转速设置为400rpm,将球磨罐置于球磨机进行真空球磨10小时,充分混合均匀,得到复合粉体。

[0045] (3) 热压烧结:将所述复合粉体倒入热压模具中,于室温将热压模具装入热压炉中,充入氩气保护进行热压烧结,压制压力为45MPa,首先升温至910 $^{\circ}$ C保温2小时,随后升温至1300 $^{\circ}$ C,保温2小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭。

[0046] (4) 热处理:将步骤(3)中所述钢锭加工为拉伸试样毛坯,进行固溶处理:在温度为1050 $^{\circ}$ C下,保温2小时,在常温水中冷却;再进行时效处理:在温度为600 $^{\circ}$ C下,保温8小时,在空气中冷却至室温,得到一种添加TiC的低密度高强度钢的拉伸试样毛坯。

[0047] 实施例3

[0048] 一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下:

[0049] (1) 配料:按表1中3[#]炉所对应的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比,称量出各所需元素粉末原料倒入球磨罐。然后在低密度钢基体粉末中掺入TiC颗粒,按表2中3[#]炉所对应的质量百分比配比要求称量出超细TiC粉末(粒径大小为0.01-0.5 μ m),倒入球磨罐,得到混合粉料。

[0050] (2) 球磨混料:按球料比为4:1,将不锈钢球装入球磨罐中,转速设置为500rpm,将球磨罐置于球磨机进行真空球磨4小时,充分混合均匀,得到复合粉体。

[0051] (3) 热压烧结:将所述复合粉体倒入热压模具中,于室温将热压模具装入热压炉中,充入氩气保护进行热压烧结,压制压力为55MPa,首先升温至950℃保温2小时,随后升温至1350℃,保温1.5小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭。

[0052] (4) 热处理:将步骤(2)中所述钢锭加工为拉伸试样毛坯,进行固溶处理:在温度为1050℃下,保温2小时,在常温水中冷却;再进行时效处理:在温度为550℃下,保温12小时,在空气中冷却至室温,得到一种添加TiC的低密度高强度钢的拉伸试样毛坯。

[0053] 实施例4

[0054] 一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下

[0055] (1) 配料:按表1中4#炉所对应的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比,称量出各所需元素粉末原料倒入球磨罐。然后在低密度钢基体粉末中掺入TiC颗粒,按表2中4#炉所对应的质量百分比配比要求称量出超细TiC粉末(粒径大小为0.01-0.5μm),倒入球磨罐,得到混合粉料。

[0056] (2) 球磨混料:按球料比为3:1,将不锈钢球球磨罐中,转速设置为400rpm,将球磨罐置于球磨机进行真空球磨8小时,充分混合均匀,得到复合粉体。

[0057] (3) 热压烧结:将所述复合粉体倒入热压模具中,于室温将热压模具装入热压炉中,充入氩气保护进行热压烧结,压制压力为40MPa,首先升温至950℃保温1小时,随后升温至1400℃,保温1小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭。

[0058] (4) 热处理:将步骤(3)中所述钢锭加工为拉伸试样毛坯,进行固溶处理:在温度为1200℃下,保温1小时,在常温水中冷却;再进行时效处理:在温度为500℃下,保温18小时,在空气中冷却至室温,得到一种添加TiC的低密度高强度钢的拉伸试样毛坯。

[0059] 实施例5

[0060] 一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下:

[0061] (1) 配料:按表1中5#炉所对应的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比,称量出各所需元素粉末原料倒入球磨罐。然后在低密度钢基体粉末中掺入TiC颗粒,按表2中5#炉所对应的质量百分比配比要求称量出超细TiC粉末(粒径大小为0.01-0.5μm),倒入球磨罐,得到混合粉料。

[0062] (2) 球磨混料:按球料比为5:1,将不锈钢球装入球磨罐中,转速设置为400rpm,将球磨罐置于球磨机进行真空球磨12小时,充分混合均匀,得到复合粉体。

[0063] (3) 热压烧结:将所述复合粉体倒入热压模具中,于室温将热压模具装入热压炉中,充入氩气保护进行热压烧结,压制压力为60MPa,首先升温至920℃保温3小时,随后升温至1250℃,保温3小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭。

[0064] (4) 热处理:将步骤(3)中所述钢锭加工为拉伸试样毛坯,进行固溶处理:在温度为1100℃下,保温1.5小时,在常温水中冷却;再进行时效处理:在温度为650℃下,保温2小时,在空气中冷却至室温,得到一种添加TiC的低密度高强度钢的拉伸试样毛坯。

[0065] 实施例6

[0066] 一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下:

[0067] (1) 配料:按表1中6#炉所对应的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比,称量出各所需元素粉末原料倒入球磨罐。然后在低密度钢基体粉末中掺入TiC颗粒,按表2中6#炉所对应的质量百分比配比要求称量出超细TiC粉末(粒径大小为0.01-1.0μm),倒入球磨

罐,得到混合粉料。

[0068] (2) 球磨混料:按球料比为5:1,将不锈钢球装入球磨罐中,转速设置为250rpm,将球磨罐置于球磨机进行真空球磨16小时,充分混合均匀,得到复合粉体。

[0069] (3) 热压烧结:将所述复合粉体倒入热压模具中,于室温将热压模具装入热压炉中,充入氩气保护进行热压烧结,压制压力为50MPa,首先升温至930℃保温1小时,随后升温至1330℃,保温1小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭。

[0070] (4) 热处理:将步骤(3)中所述钢锭加工为拉伸试样毛坯,进行固溶处理:在温度为1050℃下,保温2.5小时,在常温水中冷却;再进行时效处理:在温度为500℃下,保温16小时,在空气中冷却至室温,得到一种添加TiC的低密度高强度钢的拉伸试样毛坯。

[0071] 实施例7

[0072] 一种添加TiC的低密度高强度钢的制备方法,所述方法步骤如下:

[0073] (1) 配料:按表1中7#炉所对应的所述高强度钢的基体化学成分质量百分比,称量出各所需元素粉末原料倒入球磨罐。然后在低密度钢基体粉末中掺入TiC颗粒,按表2中7#炉所对应的质量百分比配比要求称量出超细TiC粉末(粒径大小为0.01-0.5 μ m),倒入球磨罐,得到混合粉料。

[0074] (2) 球磨混料:按球料比为5:1,将不锈钢球装入球磨罐中,转速设置为300rpm,将球磨罐置于球磨机进行真空球磨5小时,充分混合均匀,得到复合粉体。

[0075] (3) 热压烧结:将所述复合粉体倒入热压模具中,于室温将热压模具装入热压炉中,充入氩气保护进行热压烧结,压制压力为36MPa,首先升温至850℃保温5小时,随后升温至1300℃,保温2.5小时,保温结束后随炉冷却至室温得到烧结成型的钢锭。

[0076] (4) 热处理:将步骤(3)中所述钢锭加工为拉伸试样毛坯,进行固溶处理:在温度为1100℃下,保温1.5小时,在常温水中冷却;再进行时效处理:在温度为550℃下,保温10小时,在空气中冷却至室温,得到一种添加TiC的低密度高强度钢的拉伸试样毛坯。

[0077] 将实施例1~7中制得的所述拉伸试样毛坯经磨削加工成横截面直径d为5mm,原始标距 L_0 为25mm的标准比例拉伸试样,进行力学性能测试如表3所示,其中E表示弹性模量, σ_b 表示拉伸强度, $\sigma_{0.2}$ 表示屈服强度,A表示延伸率。

[0078] 表3

[0079]

实施例	炉号	E/GPa	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	A/%	密度/(g/cm ³)
1	1#	188	1352	1235	26	6.65
2	2#	178	1447	1322	18	6.56
3	3#	183	1357	1270	19	6.61
4	4#	193	1378	1258	23	6.68
5	5#	203	1415	1300	16	6.49
6	6#	179	1343	1219	31	6.69
7	7#	207	1307	1181	28	6.79

[0080] 综上所述,发明包括但不限于以上实施例,凡是在本发明的精神和原则之下进行的任何等同替换或局部改进,都将视为在本发明的保护范围之内。