



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104651753 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201410713774. 9

(22) 申请日 2014. 11. 28

(71) 申请人 南京钢铁股份有限公司

地址 210035 江苏省南京市六合区卸甲甸

(72) 发明人 陶涛 包雪鹏 孙龙凤 任元和

(74) 专利代理机构 南京利丰知识产权代理事务

所(特殊普通合伙) 32256

代理人 任立

(51) Int. Cl.

G22C 38/60(2006. 01)

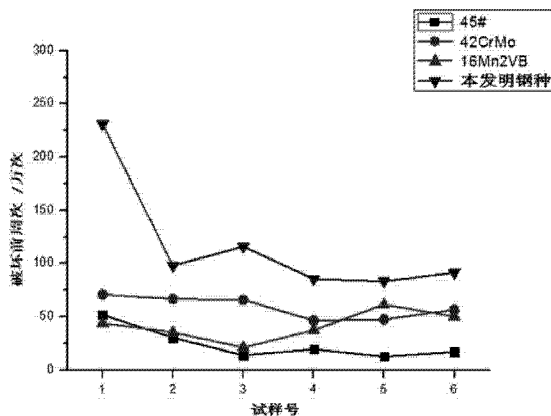
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种重型汽车平衡轴用非调质钢及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种重型汽车平衡轴用非调质钢,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分: C、Si、Mn、P、S、Cr、V、Ni、Cu、Mo、Ti、Al、N、O、H、Sn、Sb、As、Pb 及 Fe;本发明还设计一种重型汽车平衡轴用非调质钢的制备方法,通过冶炼及精炼,合理的加热、控轧及控冷工艺生产,本发明非调质钢性能优良,抗拉强度为 960 ~ 1000MPa,屈服强度为 700 ~ 750MPa,延伸率为 ≥ 15%,断面收缩率 ≥ 40%,20℃ 常温纵向冲击 ≥ 50J,具有良好的强韧性匹配,具有优异的加工性能,锻造工艺适应性强,性能较平稳。



1. 一种重型汽车平衡轴用非调质钢,其特征在於,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.20~0.35%,Si:0.20~0.45%,Mn:1.50~2.30%, $P \leq 0.010\%$, $S \leq 0.080\%$,Cr:0.30~0.70%,V:0.05~0.30%, $Ni \leq 0.30\%$, $Cu \leq 0.20\%$, $Mo \leq 0.20\%$, $Ti \leq 0.035\%$,Al:0.010~0.040%, $N:0.008 \sim 0.020\%$, $O \leq 0.0015\%$, $H \leq 0.00010\%$, $Sn \leq 0.010\%$, $Sb \leq 0.010\%$, $As \leq 0.015\%$, $Pb \leq 0.010\%$,其余为Fe。

2. 根据权利要求1所述的重型汽车平衡轴用非调质钢,其特征在於,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.20%,Si:0.45%,Mn:1.9%, $P:0.010\%$, $S:0.010\%$,Cr:0.70%,V:0.15%, $Ni:0.30\%$, $Cu:0.04\%$, $Mo:0.20\%$, $Ti:0.025\%$,Al:0.040%, $N:0.010\%$, $O:0.0015\%$, $H:0.00005\%$, $Sn:0.010\%$, $Sb:0.005\%$, $As:0.015\%$, $Pb:0.005\%$,其余为Fe。

3. 根据权利要求1所述的重型汽车平衡轴用非调质钢,其特征在於,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.35%,Si:0.20%,Mn:2.30%, $P:0.008\%$, $S:0.040\%$,Cr:0.30%,V:0.05%, $Ni:0.20\%$, $Cu:0.10\%$, $Mo:0.10\%$, $Ti:0.015\%$,Al:0.010%, $N:0.020\%$, $O:0.0008\%$, $H:0.00008\%$, $Sn:0.008\%$, $Sb:0.010\%$, $As:0.010\%$, $Pb:0.008\%$,其余为Fe。

4. 根据权利要求1所述的重型汽车平衡轴用非调质钢,其特征在於,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.24%,Si:0.32%,Mn:1.50%, $P:0.005\%$, $S:0.080\%$,Cr:0.50%,V:0.30%, $Ni:0.15\%$, $Cu:0.20\%$, $Mo:0.08\%$, $Ti:0.035\%$,Al:0.025%, $N:0.008\%$, $O:0.0010\%$, $H:0.00010\%$, $Sn:0.009\%$, $Sb:0.008\%$, $As:0.008\%$, $Pb:0.010\%$,其余为Fe。

5. 根据权利要求1-4中任一权利要求所述重型汽车平衡轴用非调质钢的制备方法,其特征在於:该制备方法的流程为配料→电炉冶炼→LF精炼→VD真空处理→连铸,具体操作步骤如下:

(1) 按上述组分进行配料并将配料送至电炉进行冶炼,冶炼后采用LF精炼炉进行精炼,精炼时采用喂铝线1.5~2.2kg/t,精炼后采用VD进行真空处理;

VD进行真空处理前,控制Al的含量在0.015%~0.030%,Mn控制在1.850~2.000%、Cr控制在0.400~0.550%,真空处理时真空度小于1毫巴,保持时间大于15分钟,在真空处理时调整N含量大于100ppm,所有成份合格后静搅时间大于5分钟;

(2) 采用连铸全程保护浇注得到钢坯,连铸控制中包温度在1520~1535℃,保持过热度为20~25℃,恒拉速度在0.55~0.60m/min;

(3) 将钢坯进行轧制,送至加热炉加热温度为1180~1250℃,加热5.0~5.5h,开轧温度为1100~1150℃,粗轧终轧温度控制在1020℃以下,精轧终轧温度控制在930℃以下,将轧制过后的钢坯下冷床快速冷却至689~697℃,然后将钢坯入坑缓冷,入坑温度为656~670℃,保温24~25h,出坑温度170~181℃,最后空冷至室温;

(4) 对轧制冷却后的钢坯进行机械加工,矫直、拨皮得到半成品,并对半成品进行超声波探伤检测,剔除有缺陷的半成品,将合格的半成品依次进行包装、标识、称重,最终入库为成品。

6. 根据权利要求5所述的重型汽车平衡轴用非调质钢的制备方法,其特征在於:在步骤(1)中电炉冶炼时严格控制P含量在0.010%以下,钢水的出钢温度 $\geq 1610^\circ\text{C}$ 。

一种重型汽车平衡轴用非调质钢及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种非调质钢及其制造方法,具体涉及一种用于重型汽车上平衡轴非调质钢及其制造方法,属于汽车制造领域。

背景技术

[0002] 平衡轴总成是用于双后桥系列重型车上的平衡悬架装置上的主要零部件,平衡轴支架上承担大梁,作为支撑点,轴壳通过轴承安装在平衡轴支架上,可绕平衡轴支架转动,板簧通过螺栓安装在轴壳上,其两端通过橡胶支座嫁接在两个桥壳的一端,板簧和桥壳之间没有硬性的固定,可做微小的纵向滑动。平衡轴的作用就是能使轮胎轻松的翘起,有大幅度的动作,而不影响其它三边轮胎,更好的吸收震动。

[0003] 目前国内商用车厂家平衡轴材质普遍采用 42CrMo,平衡轴横截面大,采用 42CrMo 调质处理,淬火后只能表层获得马氏体组织,回火后只有表层得到强韧性较好的回火组织,组织沿横截面分布不均匀,力学性能和硬度沿横截面变化大。而采用非调质钢锻件横截面上力学性能基本均匀分布,锻后空冷,免去锻造毛坯的热处理(调质处理),工艺简单,省去淬火和回火热处理的加热能源(据统计每吨锻件调质热处理要消耗电能约 1000kWh),节省热处理费用,减少生产过程中的能源消耗和环境污染。

[0004] 国内应用最成功的 F+P 型非调质钢的抗拉强度低于 1000MPa,并且韧性偏低,很难满足汽车轻量化对钢材强韧性的更高要求。且目前国内商用车厂家重型汽车平衡轴上还没有非调质钢应用的先例。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是,针对以上现有技术存在的缺点,提出一种重型汽车平衡轴用非调质钢的制造方法,该方法通过合理的成分设计、控制轧制、控制冷却工艺获得性能优异的重型汽车平衡轴用非调质钢,工序少且操作简单,制备出来的非调质钢具有良好的强韧性,优异的疲劳性能,使用寿命更高。

[0006] 本发明解决以上技术问题的技术方案是:

一种重型汽车平衡轴用非调质钢,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.20~0.35%,Si:0.20~0.45%,Mn:1.50~2.30%, $P \leq 0.010\%$, $S \leq 0.080\%$,Cr:0.30~0.70%,V:0.05~0.30%, $Ni \leq 0.30\%$, $Cu \leq 0.20\%$, $Mo \leq 0.20\%$, $Ti \leq 0.035\%$,Al:0.010~0.040%, $N:0.008 \sim 0.020\%$, $O \leq 0.0015\%$, $H \leq 0.00010\%$, $Sn \leq 0.010\%$, $Sb \leq 0.010\%$, $As \leq 0.015\%$, $Pb \leq 0.010\%$,其余为 Fe。

[0007] 本发明进一步限定的技术方案是:

前述重型汽车平衡轴用非调质钢中,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.20%,Si:0.45%,Mn:1.9%, $P:0.010\%$, $S:0.010\%$,Cr:0.70%,V:0.15%, $Ni:0.30\%$, $Cu:0.04\%$, $Mo:0.20\%$, $Ti:0.025\%$,Al:0.040%, $N:0.010\%$, $O:0.0015\%$, $H:0.00005\%$, $Sn:0.010\%$, $Sb:0.005\%$, $As:0.015\%$, $Pb:0.005\%$,其余为 Fe。

[0008] 前述重型汽车平衡轴用非调质钢中,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分: C :0.35%, Si :0.20%, Mn :2.30%, P :0.008%, S :0.040%, Cr :0.30%, V :0.05%, Ni :0.20%, Cu :0.10%, Mo :0.10%, Ti :0.015%, Al_T :0.010%, N :0.020%, O :0.0008%, H :0.00008%, Sn :0.008%, Sb :0.010%, As :0.010%, Pb :0.008%, 其余为 Fe。

[0009] 前述重型汽车平衡轴用非调质钢中,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分: C :0.24%, Si :0.32%, Mn :1.50%, P :0.005%, S :0.080%, Cr :0.50%, V :0.30%, Ni :0.15%, Cu :0.20%, Mo :0.08%, Ti :0.035%, Al_T :0.025%, N :0.008%, O :0.0010%, H :0.00010%, Sn :0.009%, Sb :0.008%, As :0.008%, Pb :0.010%, 其余为 Fe。

[0010] 本发明还设计了一种重型汽车平衡轴用非调质钢的制备方法,该制备方法的流程为配料→电炉冶炼→LF 精炼→VD 真空处理→连铸,具体操作步骤如下:

(1) 按上述组分进行配料并将配料送至电炉进行冶炼,冶炼后采用 LF 精炼炉进行精炼,精炼时采用喂铝线 1.5~2.2kg/t, LF 精炼后采用 VD 进行真空处理;

VD 进行真空处理前,控制 Al_T 的含量在 0.015%~0.030%, Mn 控制在 1.85~2.00%、Cr 控制在 0.40~0.55%,真空处理时真空度小于 1 毫巴,保持时间大于 15 分钟,在真空处理时调整 N 含量大于 100ppm,所有成份合格后静搅时间大于 5 分钟;

(2) 采用连铸全程保护浇注得到钢坯,连铸控制中包温度在 1520~1535℃,保持过热度为 20~25℃,恒拉速度在 0.55~0.60m/min;

(3) 将钢坯进行轧制,送至加热炉加热温度为 1180~1250℃,加热 5.0~5.5h,开轧温度为 1100~1150℃,粗轧终轧温度控制在 1020℃以下,精轧终轧温度控制在 930℃以下,将轧制过后的钢坯下冷床快速冷却至 689~697℃,然后将钢坯入坑缓冷,入坑温度为 656~670℃,保温 24~25h,出坑温度 170~181℃,最后空冷至室温;

(4) 对轧制冷却后的钢坯进行机械加工,矫直、拨皮得到半成品,并对半成品进行超声波探伤检测,剔除有缺陷的半成品,将合格的半成品依次进行包装、标识、称重,最终入库为成品。

[0011] 本发明进一步限定的技术方案是:

前述重型汽车平衡轴用非调质钢的制备方法中,在步骤(1)中电炉冶炼时严格控制 P 含量在 0.010% 以下,钢水的出钢温度 $\geq 1610^{\circ}\text{C}$ 。

[0012] 本发明的有益效果是:

化学成分是影响连铸坯内部质量与高强韧性非调质钢的关键因素之一,本发明为了使所述钢获得优异的综合性能,对所述钢的化学成分进行了限制,原因在于:

C :C 是非调质钢中最有效的强化元素之一,同时又是最廉价的化学元素,通过间隙固溶提高钢的强度,当碳含量过低时强度低,疲劳性能不易保证;含量过高时,韧性将变差,为进一步提高该非调质钢的韧性,本发明碳含量控制在 0.20 ~ 0.35%。

[0013] Si :Si 能显著强化铁素体,具有较强的固溶强化效果。Si 又能增加非调质钢中铁素体的体积分数,有利于提高韧性,但 Si 含量过高,将降低钢的韧性和其它工艺性能。本发明硅含量控制在 0.20 ~ 0.45%。

[0014] Mn :Mn 促进珠光体含量的提高、置换固溶强化和细化晶粒尺寸。在 V 微合金化非调质钢中,Mn 可增强 V 的析出强化程度。Mn 也是各钢种中固定 S 的重要合金元素。本发明锰含量控制在 1.50 ~ 2.30%。

[0015] Cr:Cr 是中等碳化物形成元素,一部分通过置换铁形成合金渗碳体,提高钢的稳定性,一部分溶入铁素体,产生固溶强化,提高铁素体的强度和硬度。本发明中,铬含量控制在 0.30 ~ 0.70%

V:V 和氮具有极强的亲和力,所以钒在钢中的有利作用主要是以其氮化物(VN)形式存在于基体和晶界上,起到沉淀强化和阻止晶粒长大的作用。本发明钒成分控制在 0.05~0.30%。

[0016] Al:铝是一种重要的脱氧元素,钢水中加入微量的铝,可以有效减少钢中的夹杂物含量,并细化晶粒。在日本常用 Al 来固化 N 形成 AlN 抑制晶粒异常长大。但过多的铝,会促进连铸坯产生表面裂纹降低板坯质量。全铝含量应控制在 0.010 ~ 0.040%。

[0017] S:中低碳含硫钢通过冶炼控制、控制轧制,可以得到弥散分布的硫化物,控制得当可以作为第二相粒子细化组织,同时也可改善圆钢的切削加工性能。本发明硫含量控制在 0.030~ 0.080%。

[0018] 钢中 O 含量过高,会严重损害所述非调质钢的疲劳性能,因此氧含量控制在 0.0015% 以下。其它一些不可避免的杂质元素如 H、Sn、Sb、As 及 Pb 分别控制为: $H \leq 0.00010\%$, $Sn \leq 0.010\%$, $Sb \leq 0.010\%$, $As \leq 0.015\%$, $Pb \leq 0.010\%$ 。

[0019] 本发明采用电炉冶炼 + 连铸生产重型汽车平衡轴用非调质钢,适应众多国内外钢企生产。生产周期短、节奏快,降低了生产成本,提高了生产效率。

[0020] 本发明公开的非调质钢,可用来替代传统的 Cr、Cr-Mo 调质钢制造截面较大的、对强韧性要求更高的汽车轴类件。该钢采用较高的 Mn 含量,同时添加适量微合金化元素 V、Al,冶炼流程增 N,再辅以控轧控冷工艺手段获得多相组织,提高材料的强韧性。应用结果表明,该钢具有良好的强韧性匹配,锻造过程中,该钢在很宽的冷速范围内得到均匀的粒状贝氏体组织,同时具有优异的疲劳性能,各项指标均达到载重汽车的设计要求。实验数据表明,该钢种与调质钢 45#、40Cr、42CrMo 及传统贝氏体非调质钢 12Mn2VB、16Mn2VB 相比,生产的汽车轴类件疲劳寿命最高。

[0021] 本发明非调质钢性能优良,抗拉强度为 960 ~ 1000MPa,屈服强度为 700 ~ 750MPa,延伸率为 $\geq 15\%$,断面收缩率 $\geq 40\%$,20℃低温纵向冲击 $\geq 50J$,具有良好的强韧性匹配,以及优异的加工性能,锻造工艺适应性强,性能较平稳。

附图说明

[0022] 图 1 为空冷时不同温度锻造后的力学性能。

[0023] 图 2 为一种 7 吨车型不同材料平衡轴疲劳试验对比。

具体实施方式

[0024] 实施例 1

本实施例提供一种重型汽车平衡轴用非调质钢,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.24%,Si:0.33%,Mn:1.96%,P:0.007%,S:0.039%,Cr:0.49%,V:0.12%,Ni:0.03%,Cu:0.04%,Mo:0.01%,Ti:0.012%,Al:0.030%,N:0.014%,O:0.0015%,H:0.00005%,Sn:0.003%,Sb:0.002%,As:0.006%,Pb:0.005%,其余为 Fe。

[0025] 上述重型汽车平衡轴用非调质钢的制备方法,该制备方法的流程为配料→电炉冶

炼→LF精炼→VD真空处理→连铸,具体操作步骤如下:

(1)按上述组分进行配料并将配料送至电炉进行冶炼,严格控制P含量在0.008%,钢水的出钢温度为1610℃,冶炼后采用LF精炼炉进行精炼,精炼时采用喂铝线1.9kg/t,LF精炼后采用VD进行真空处理;

VD进行真空处理前,控制Alt的含量在0.015%-0.030%,Mn控制在1.98%、Cr控制在0.51%,真空处理时真空度0.5毫巴,保持时间大于16分钟,在真空处理时调整N含量122ppm,所有成份合格后静搅时间5分钟;

(2)采用连铸全程保护浇注得到钢坯,连铸控制中包温度在1535℃,保持过热度为25℃,恒拉速度在0.58m/min;

(3)将钢坯进行轧制,送至加热炉加热温度为1180℃,加热5.5h,开轧温度为1132℃,粗轧终轧温度控制在1007℃,精轧终轧温度控制在927℃,将轧制过后的钢坯下冷床快速冷却至697℃,然后将钢坯入坑缓冷,入坑温度为670℃,保温25h,出坑温度181℃,最后空冷至室温;

(4)对轧制冷却后的钢坯进行机械加工,矫直、拨皮得到半成品,并对半成品进行超声波探伤检测,剔除有缺陷的半成品,将合格的半成品依次进行包装、标识、称重,最终入库为成品。

[0026] 本发明制备出的重型汽车平衡轴用非调质钢性能优良,抗拉强度为965MPa,屈服强度为711MPa,伸长率为17.1%,断面收缩率44.51%,20℃低温纵向冲击55J,具有良好的强韧性匹配,具有优异的加工性能,锻造工艺适应性强,性能较平稳。实例热轧态组织为贝氏体+铁素体+珠光体,锻造后组织以贝氏体+铁素体为主。

[0027] 实施例2

本实施例提供一种重型汽车平衡轴用非调质钢,该非调质钢按质量百分比计包括以下成分:C:0.24%,Si:0.32%,Mn:1.95%,P:0.007%,S:0.040%,Cr:0.51%,V:0.10%,Ni:0.04%,Cu:0.04%,Mo:0.01%,Ti:0.015%,Al:0.021%,N:0.015%,O:0.0008%,H:0.00008%,Sn:0.002%,Sb:0.003%,As:0.003%,Pb:0.006%,其余为Fe。

[0028] 其特征在于:该制备方法的流程为配料→电炉冶炼→LF精炼→VD真空处理→连铸,具体操作步骤如下:

(1)按上述组分进行配料并将配料送至电炉进行冶炼,严格控制P含量在0.009%,钢水的出钢温度1650℃,冶炼后采用LF精炼炉进行精炼,精炼时采用喂铝线2.2kg/t,LF精炼后采用VD进行真空处理;

VD进行真空处理前,控制Alt的含量在0.015%-0.030%,Mn控制在2.00%、Cr控制在0.49%,真空处理时真空度0.5毫巴,保持时间17分钟,在真空处理时调整N含量130ppm,所有成份合格后静搅时间5分钟;

(2)采用连铸全程保护浇注得到钢坯,连铸控制中包温度在1520℃,保持过热度为25℃,恒拉速度在0.58m/min;

(3)将钢坯进行轧制,送至加热炉加热温度为1250℃,加热5.0h,开轧温度为1136℃,粗轧终轧温度控制在1011℃,精轧终轧温度控制在923℃,将轧制过后的钢坯下冷床快速冷却至692℃,然后将钢坯入坑缓冷,入坑温度为663℃,保温25h,出坑温度170℃,最后空冷至室温;

(4) 对轧制冷却后的钢坯进行机械加工, 矫直、拨皮得到半成品, 并对半成品进行超声波探伤检测, 剔除有缺陷的半成品, 将合格的半成品依次进行包装、标识、称重, 最终入库为成品。

[0029] 本发明制备出的重型汽车平衡轴用非调质钢性能优良, 抗拉强度为 973MPa, 屈服强度为 746MPa, 伸长率为 15.7%, 断面收缩率 47.64%, 20℃低温纵向冲击 56J, 具有良好的强韧性匹配, 具有优异的加工性能, 锻造工艺适应性强, 性能较平稳。实例热轧态组织为贝氏体 + 铁素体 + 珠光体, 锻造后组织以贝氏体 + 铁素体为主。

[0030] 实施例 3

本实施例提供一种重型汽车平衡轴用非调质钢, 该非调质钢按质量百分比计包括以下成分: C : 0.24%, Si : 0.31%, Mn : 2.00%, P : 0.005%, S : 0.036%, Cr : 0.50%, V : 0.12%, Ni : 0.06%, Cu : 0.03%, Mo : 0.08%, Ti : 0.015%, Al : 0.023%, N : 0.014%, O : 0.0010%, H : 0.00010%, Sn : 0.006%, Sb : 0.002%, As : 0.006%, Pb : 0.005%, 其余为 Fe。

[0031] 其特征在于: 该制备方法的流程为配料 → 电炉冶炼 → LF 精炼 → VD 真空处理 → 连铸, 具体操作步骤如下:

(1) 按上述组分进行配料并将配料送至电炉进行冶炼, 冶炼后采用 LF 精炼炉进行精炼, 严格控制 P 含量在 0.007%, 钢水的出钢温度 1620℃, 精炼时采用喂铝线 1.5kg/t, LF 精炼后采用 VD 进行真空处理;

VD 进行真空处理前, 控制 Al 的含量在 0.015%–0.030%, Mn 控制在 1.96%、Cr 控制在 0.55%, 真空处理时真空度 0.5 毫巴, 保持时间大于 16 分钟, 在真空处理时调整 N 含量大于 120ppm, 所有成份合格后静搅时间 6 分钟;

(2) 采用连铸全程保护浇注得到钢坯, 连铸控制中包温度在 1528℃, 保持过热度为 25℃, 恒拉速度在 0.58m/min;

(3) 将钢坯进行轧制, 送至加热炉加热温度为 1200℃, 加热 5.2h, 开轧温度为 1130℃, 粗轧终轧温度控制在 1009℃, 精轧终轧温度控制在 917℃, 将轧制过后的钢坯下冷床快速冷却至 689℃, 然后将钢坯入坑缓冷, 入坑温度为 656℃, 保温 24h, 出坑温度 173℃, 最后空冷至室温;

(4) 对轧制冷却后的钢坯进行机械加工, 矫直、拨皮得到半成品, 并对半成品进行超声波探伤检测, 剔除有缺陷的半成品, 将合格的半成品依次进行包装、标识、称重, 最终入库为成品。

[0032] 本发明制备出的重型汽车平衡轴用非调质钢性能优良, 抗拉强度为 991MPa, 屈服强度为 729MPa, 伸长率为 15.6%, 断面收缩率 42.77%, 20℃低温纵向冲击 54J, 具有良好的强韧性匹配, 具有优异的加工性能, 锻造工艺适应性强, 性能较平稳。实例热轧态组织为贝氏体 + 铁素体 + 珠光体, 锻造后组织以贝氏体 + 铁素体为主。

[0033] 该非调质钢空冷情况下, 不同温度锻造后的力学性能总结于图 1。一种 7 吨车型平衡轴采用 45#、42CrMo、16Mn2VB 和本发明非调质钢制造, 其疲劳试验结果见图 2, 可见本发明的抗疲劳性能好。

[0034] 除上述实施例外, 本发明还可以有其他实施方式。凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案, 均落在本发明要求的保护范围。

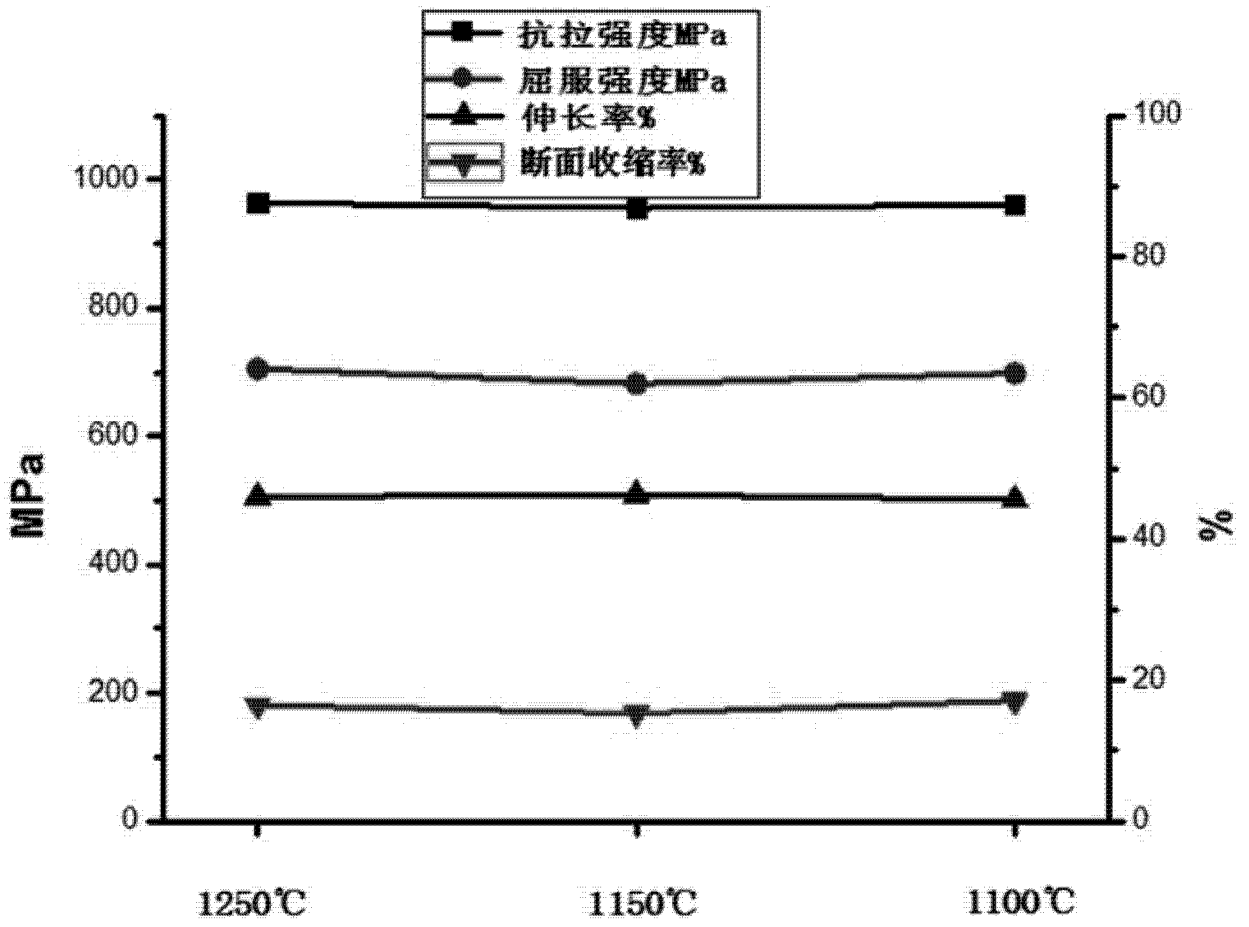


图 1

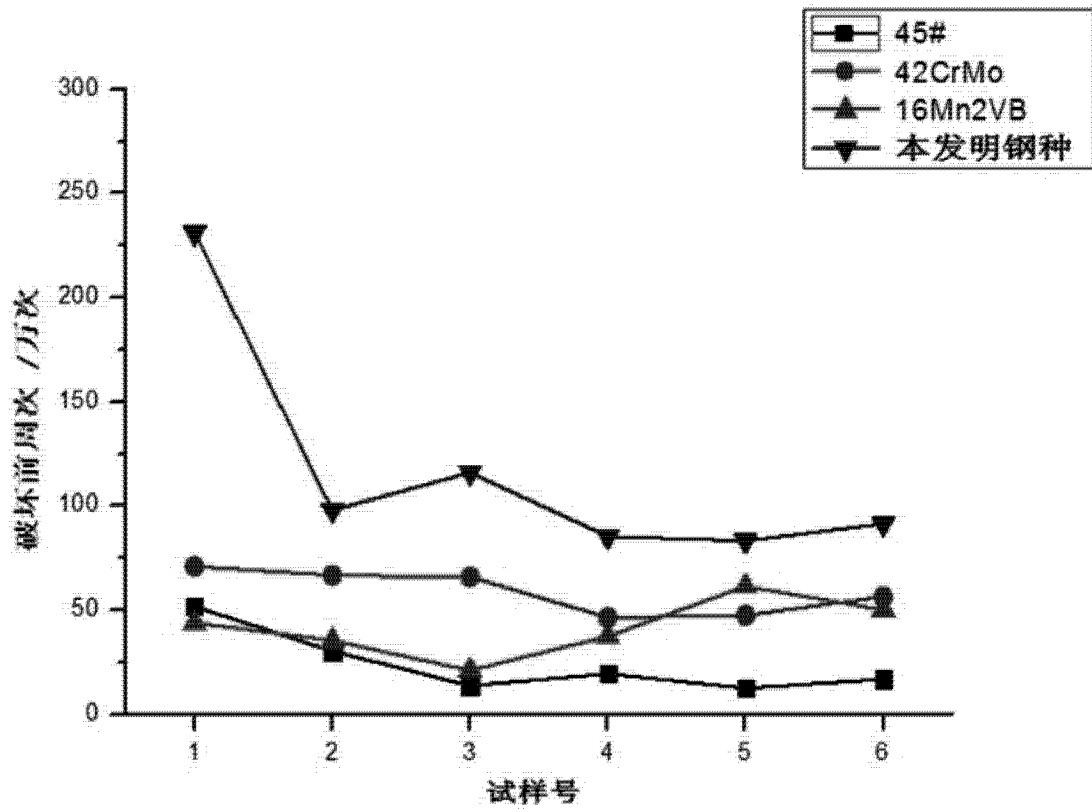


图 2