



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111961988 B

(45) 授权公告日 2021.11.02

(21) 申请号 202010918899.0	C22C 38/44 (2006.01)
(22) 申请日 2020.09.04	C22C 33/06 (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号	G21C 7/06 (2006.01)
申请公布号 CN 111961988 A	G21C 7/10 (2006.01)
(43) 申请公布日 2020.11.20	G21D 8/06 (2006.01)
(73) 专利权人 中天钢铁集团有限公司	(56) 对比文件
地址 213000 江苏省常州市中吴大道1号	CN 103266287 A, 2013.08.28
专利权人 常州中天特钢有限公司	CN 110791708 A, 2020.02.14
(72) 发明人 沈艳 邓向阳 张艳军 林俊	CN 111304517 A, 2020.06.19
万文华	CN 107686871 A, 2018.02.13
(74) 专利代理机构 常州市英诺创信专利代理事	CN 105648344 A, 2016.06.08
务所(普通合伙) 32258	CN 102335715 A, 2012.02.01
代理人 王志慧	审查员 段慧芬
(51) Int. Cl.	
C22C 38/46 (2006.01)	

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种汽车胀断连杆用中碳非调质钢的生产工艺及其锻造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种汽车胀断连杆用中碳非调质钢的生产工艺及其锻造方法。通过成分优化,电炉出钢过程加入专用合成渣,精炼过程采用合理的渣系控制终渣碱度2.5~3.5,控制钢水氧含量11~18ppm,VD真空处理后对钢水钙处理,连铸过程结晶器采用专用保护渣,轧制得圆棒。锻件的制法包括圆棒下料、加热、锻造,控制加热温度1150~1200℃,控制预锻压温度1100~1130℃,控制终锻温度920~960℃;锻造结束后采用强冷和缓冷相结合的冷却方式,最终获得了均匀的珠光体加铁素体组织,获得优良的硫化物形貌,改善了切削性能,同时又能获得高的强度、韧性等综合性能特性,研制成功了一种高强度连杆用非调质钢材料。

1. 一种汽车胀断连杆用中碳非调质钢的锻造方法,其特征在于:

(1) 将圆棒下料后在感应加热炉内选用合适的温度加热,并控制预锻压温度、终锻温度;

(2) 锻造结束后采用强冷与缓冷相结合的冷却方式,待连杆毛坯冷却至常温,进行探伤检测得到合格的连杆毛坯;

步骤(1) 控制加热温度 $1150\sim 1200^{\circ}\text{C}$,控制预锻压温度 $1100\sim 1130^{\circ}\text{C}$,控制终锻温度 $920\sim 960^{\circ}\text{C}$;

步骤(2) 锻造结束后 $5\sim 8$ 分钟内将热的连杆毛坯在输送带上吹风冷却至 $600\pm 10^{\circ}\text{C}$ 进行强冷,然后再将连杆毛坯进行缓冷,缓冷的冷却速率为 $0.03\sim 0.10^{\circ}\text{C}/\text{S}$;

所述圆棒通过如下方法制得:该方法包括电炉冶炼、LF炉精炼、VD真空处理、连铸浇注和轧制工序,具体步骤包括:

1) 电炉冶炼,采用 $65\%\sim 75\%$ 的高炉铁水+ $25\%\sim 35\%$ 的优质废钢;控制电炉终点 $\text{C} 0.05\sim 0.30\%$ 、 $\text{P}\leq 0.013\%$;出钢 $1/3$ 开始依次往钢包中加入硅锰、硅铁合金、低钛铬铁,随后加入渣料及电石进行钢水预脱氧;

2) 上LF精炼先通电化渣,然后用铝粉进行炉渣渣面脱氧,精炼过程根据炉渣情况采用碳化硅来进行渣面脱氧与炉渣流动性调整,控制精炼后期炉渣碱度 CaO/SiO_2 为 $2.5\sim 3.5$,同时喂入铝线来调整铝含量,控制钢水氧含量 $11\sim 18\text{ppm}$;

(3) VD极限真空处理时间控制 $10\sim 18\text{min}$,在VD真空处理结束后,喂入硅钙线对钢水中硫化物与铝脱氧产物进行钙处理,钙处理结束后再对钢水进行软吹氩,控制软吹时间 $25\sim 45\text{min}$;

4) 连铸浇注,要求钢水过热度控制 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$,结晶器保护渣采用中碳含硫钢专用保护渣,连铸出坯后采用缓冷,要求缓冷进坑温度不低于 500°C ,缓冷时间不少于48小时;

5) 断面连铸坯经加热后轧制,得到目标成分的圆棒;

所述圆棒按重量百分比其成分为: $\text{C} 0.34\sim 0.38\%$ 、 $\text{Si} 0.65\sim 0.75\%$ 、 $\text{Mn} 0.95\sim 1.05\%$ 、 $\text{P}\leq 0.020\%$ 、 $\text{S} 0.030\sim 0.045\%$ 、 $\text{Ni} 0.11\sim 0.14\%$ 、 $\text{Cr} 0.15\sim 0.23\%$ 、 $\text{Al} 0.008\sim 0.020\%$ 、 $\text{V} 0.28\sim 0.32\%$ 、 $\text{Ti}\leq 0.006\%$ 、 $\text{Mo}\leq 0.05\%$ 、 $\text{N} 0.015\sim 0.020\%$,余量是Fe和不可避免的杂质;

步骤1) 渣料由石灰和低钛合成渣组成,其中低钛合成渣的成分设计为: $\text{MgO}\leq 2\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 37\sim 43\%$ 、 $\text{H}_2\text{O}\leq 0.5\%$ 、 $\text{TiO}_2\leq 0.10\%$ 、 $\text{CaO} 42\sim 48\%$ 、 $\text{SiO}_2 8\sim 15\%$;

步骤4) 连铸结晶器保护渣,成分为 $\text{SiO}_2 32\pm 3\%$ 、 $\text{CaO} 24\pm 2.5\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 6.5\pm 1.5\%$ 、 $\text{FeO}\leq 3.0\%$ 、 $\text{MgO} 6.0\pm 1.5\%$ 、 $\text{F}^- 3.5\pm 1.0\%$ 、 $\text{R}_2\text{O} 5.0\pm 1.5\%$ 、 $\text{FC} 12\pm 1.5\%$ 、 $\text{CaO}/\text{SiO}_2 0.75\pm 0.05$ 、熔点 $1260\pm 20^{\circ}\text{C}$ 、 1300°C 下的粘度 $0.66\pm 0.20 \text{ Pa}\cdot\text{S}$,其中 R_2O 为 K_2O 和 Na_2O 。

2. 根据权利要求1所述的汽车胀断连杆用中碳非调质钢的锻造方法,其特征在于:步骤2) 喂入铝线来调整铝含量,控制出LF精炼Al含量 $0.035\sim 0.045\%$,铝一步到位,防止VD真空结束后再用铝。

3. 根据权利要求1所述的汽车胀断连杆用中碳非调质钢的锻造方法,其特征在于:步骤3) 每炉钢喂入 $50\sim 80\text{m}$ 硅钙线对钢水进行钙处理。

一种汽车胀断连杆用中碳非调质钢的生产工艺及其锻造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种汽车胀断连杆及制造方法,尤其涉及一种汽车胀断连杆及其使用的中碳非调质钢的制造方法和其锻件的制造方法。具体的说是一种胀断连杆用中碳非调质钢的成分设计,冶炼工艺及其锻件的控锻控冷工艺。

背景技术

[0002] 连杆是汽车发动机的关键零部件之一,是由连杆体和连杆盖用螺栓连接而成,连杆是把发动机的活塞和曲轴连接起来,它的作用是把活塞的直线往复运动变成曲轴旋转运动。

[0003] 连杆加工主要有平切和胀断两种工艺,传统的连杆平切机械加工工艺复杂,常因加工精度误差而影响发动机的稳定性,胀断连杆技术则较好地解决了此问题,且加工工序少,使连杆的生产成本得到显著降低。

[0004] 目前国内开发了一系列胀断连杆用非调质钢,应用较为广泛的为高碳非调质钢C70S6,该钢容易发生脆性裂解,但仍有明显的缺点:屈强比偏低;疲劳性能比调质钢低;脆性的片层状渗碳体的硬度高、含量多,使钢的切削加工性能较差。连杆属于运动件,而运动件的减重更利于汽车轻量化,因此随着汽车轻量化、节能的发展趋势,对胀断连杆材质提出更高的要求,除了保证胀断性能及强度外,要求连杆材料具有更高的屈强比以充分发挥材质的力学性能。而中碳非调质钢降低铁素体相韧性,提高铁素体相硬度及适当脆化原奥氏体晶界,硅和锰元素的铁素体固溶强化作用及钒元素析出强化和组织细化作用,使得材料不仅具有较高的强度水平和屈强比,同时具有远高于传统的胀断连杆用高碳钢C70S6的优异高周疲劳性能,此外中碳非调质钢的断口呈典型脆性解理断裂,胀断前后的变形量小,因此加工精度更高,发动机的性能更稳定,中碳非调质钢(如36MnVS4)较高碳的C70S6材料具有更加优良的切削性能,钻孔工序刀具寿命可提高30%,在攻丝工序刀具寿命提高50%。

[0005] 为提高36MnVS4材料的强度与韧性,需要添加足够的Si、Mn、V等合金强化元素,合金元素的增加会导致材料易出现带状组织,奥氏体稳定性变差,且在轧制与锻造的冷却过程易出现非平衡组织,因此对锻后冷却工艺要求非常高,冷却强度不够,材料强韧性不够,冷却强度太大易出现异常组织,铁素体比例增大,因此如何开发一种高强韧性并能防止异常组织形成的胀断连杆材料成为行业的一大难点,本发明正是为了解决这一行业难点问题。

[0006] 如目前研究较多的非调质钢36MnVS4汽车发动机连杆的冶炼、轧制工艺以及锻造工艺存在较多不足,如“非调质钢36MnVS4汽车发动机连杆胀断缺陷分析,张朝磊等”,研究发现通过胀断加工模拟研究得出36MnVS4连杆较C70S6起裂位置分散,裂纹扩展不稳定,缺口敏感性高,铁素体组织多,容易导致批量生产时胀断工序缺陷增加,其采用毛坯生产工艺得到的非调质钢36MnVS4连杆存在断口不齐、胀不断、断口变形过大等缺陷的,且刀削性能差。而在“36MnVS4材料连杆生产过程中铁素体含量的控制工艺”中,通过对连杆铸件生产工艺温度、冷却条件等限定,但其最终得到的铁素体体积分数大、晶粒大,其铁素体含量仅能

控制在32~35%，难以进一步降低铁素体含量。而在非调质钢36MnVS4中，铁素体含量过多不利于连杆的胀断机加工，如何在保证高强韧性力学性能的同时，还能有效降低铁素体比例，控制获得理想的珠光体+铁素体平衡组织，进一步提高其良好的切削性能。设计一个重量轻、刚度和强度足够、切削加工性能好的连杆对发动机尤为重要。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提出一种汽车胀断连杆，通过成分的优化设计及冶炼、锻造及锻后冷却工艺参数的优化，能够有效的均匀材料组织，获得理想的珠光体+铁素体平衡组织，防止贝氏体和马氏体等异常组织形成，获得优良的硫化物形貌，并控制铁素体比例不超过15%，同时又能获得高的强度、韧性及良好的切削性能等综合性能特性。

[0008] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：

[0009] 一种汽车胀断连杆用中碳非调质钢，该非调质钢按重量百分比其成分为：C 0.34~0.38%、Si 0.65~0.75%、Mn 0.95~1.05%、P≤0.020%、S 0.030~0.045%、Ni 0.11~0.14%、Cr 0.15~0.23%、Al 0.008~0.020%、V 0.28~0.32%、Ti≤0.006%、Mo≤0.05%、N 0.015~0.020%，余量是Fe和不可避免的杂质。

[0010] 一种汽车胀断连杆用中碳非调质钢的生产工艺，该生产工艺包括电炉冶炼、LF炉精炼、VD真空处理、连铸浇注和轧制工序，其工艺流程包括为：

[0011] (1) 电炉冶炼，金属料配比时提高铁水比：采用65%~75%的高炉铁水+25%~35%的优质废钢（要求废钢中Cu、Mo≤0.05%）；控制电炉终点：C 0.05~0.30%、P≤0.013%；出钢1/3开始依次往钢包中加入硅锰、硅铁合金、低钛铬铁（Ti≤0.03%）；随后加入渣料：400千克石灰/炉+400千克/炉低钛合成渣（按质量百分比计，MgO≤2%、Al₂O₃37~43%、H₂O≤0.5%、TiO₂≤0.10%、CaO42~48%、SiO₂8~15%）及电石80~100千克/炉进行钢水的预脱氧；

[0012] (2) 上LF精炼先通电5分钟化渣后用铝粉80~100千克/炉进行炉渣渣面脱氧，然后加入钒氮合金来调整V含量及N含量，整个精炼过程根据炉渣情况采用碳化硅来进行渣面脱氧与炉渣流动性调整，碳化硅使用量60~120千克/炉，控制精炼后期炉渣碱度2.5~3.5（CaO/SiO₂），精炼后期采用硫铁来调整硫含量，并喂入铝线来调整铝含量，控制出LF精炼Al含量0.035~0.045%，做到前期用铝一步到位，防止VD真空结束后再用铝，导致产生的铝脱氧产物来不及上浮而污染钢水，控制钢水氧含量11~18ppm，以保证钢水中有适量氧化物；

[0013] (3) VD极限真空处理时间控制10~18min，在VD真空处理结束后，每炉钢喂入50~80m硅钙线对钢水中硫化物进行钙处理，既能提高材料切削性能，又可以防止三氧化二铝等夹杂物污染钢水，钙处理结束后再对钢水进行软吹氩，以促进钢水中夹杂物的上浮，控制软吹时间25~45min；

[0014] (4) 连铸浇注，要求钢水过热度控制15~30℃，由于该钢中含有S、Cr、Ni等裂纹敏感性元素，为保证铸坯表面质量结晶器保护渣采用中碳含硫钢专用保护渣，其理化性能指标设计为：SiO₂32±3%、CaO 24±2.5%、Al₂O₃ 6.5±1.5%、FeO≤3.0%、MgO 6.0±1.5%、F-3.5±1.0%、R₂O（K₂O+Na₂O 5.0±1.5%、FC 12±1.5%；CaO/SiO₂ 0.75±0.05、熔点：1260±20℃、粘度（Pa·S/1300℃）0.66±0.20，专用保护渣的熔点比普通的高150℃，粘度（Pa·S/1300℃）比普通保护渣高0.05。同样为防止铸坯表面产生裂纹，连铸出坯后进行缓

冷,要求缓冷进坑温度不低于500℃,缓冷时间不少于48小时;

[0015] (5) 220*260断面连铸坯经加热后轧制,得到60mm规格圆棒。

[0016] 本发明所述的利用上述汽车胀断连杆用中碳非调质钢制造锻件的方法,包括下料、加热、锻造(包括制坯、预锻、终锻、切边、冲孔、整形)、冷却、抛丸探伤,具体步骤如下:

[0017] (1) 加热:60mm规格圆棒下料后采用感应加热方式,设计加热温度1150~1200℃;

[0018] (2) 锻造:加热后进行锻造,控制预锻压温度1100~1130℃,控制终锻温度920~960℃,锻造成连杆毛坯;

[0019] (3) 冷却:锻造结束后5~8分钟内将热的连杆毛坯在输送带上吹风冷却至600±10℃,以获得细片状珠光体并抑制先共析铁素体的析出,控制铁素体比例≤15%,再将连杆毛坯从风冷输送带移入沙箱进行缓冷,冷却速率为0.03-0.10℃/S,得到连杆坯。

[0020] (4) 抛丸探伤:待连杆毛坯冷却至常温后再进行抛丸及磁粉探伤及理化性能指标检测,从而得到合格的连杆毛坯。

[0021] 本发明的有益效果是:采用本发明制造而成的汽车胀断连杆锻件,表面质量好,强度高、塑性好,硫化物形貌好,易切削性能好。本发明做了如下努力工作:

[0022] ①、对成分进行优化设计;

[0023] ②、金属料采用优质废钢与铁水,严格控制残余元素含量,采用低Ti合成渣。

[0024] ③、精炼过程用铝和碳化硅来进行扩散脱氧,并控制炉渣的碱度2.5~3.5,在保证炉渣一定脱氧能力的同时,有足够的流动性,以便吸附去除夹杂物,并控制钢中氧在合适范围,既控制了钢水中夹杂物数量,又有利于形成纺锤体状的硫化物。

[0025] ④、VD真空处理结束后对钢水中硫化物进行钙处理,以减少长条状硫化物数量;连铸过程采用专用保护渣,以防止表面出现裂纹缺陷。

[0026] ⑤、锻造采用合适的加热温度、预锻温度及终锻温度,锻后采用强冷与缓冷相结合的冷却方式,不仅能控制细化珠光体析出,还能获得更多的细珠光体组织,提高产品抗拉强度,并防止马氏体等异常组织出现。得到了强韧性优良的显微组织。

[0027] 通过上述协同努力,成功设计了一种高性能、低重量的胀断连杆材料,材料表面质量良好,马氏体、贝氏体等异常组织得到了有效控制,铁素体比例不超过15%,硫化物形貌优良,切削性能佳,该材料的成功研制有利于汽车轻量化进程的推动。

具体实施方式

[0028] 实施例中所用原料、设备,若无特别说明,均为本领域的常用原料、设备;本发明中所用方法,若无特别说明,均为本领域的常规方法。下述仅为本发明的较好实施方式,并不用以限制本发明。

[0029] 按照本发明钢36MnVS4的化学成分,并采用以下生产工艺步骤:

[0030] 实施例1

[0031] (1) 电炉冶炼

[0032] 采用75t高炉铁水及25t的优质废钢,控制电炉终点:C 0.05~0.30%、P≤0.013%,出钢1/3开始依次往钢包中加入硅锰、硅铁合金、低钛铬铁(Ti≤0.03%),随后加入渣料:400千克石灰+400千克低钛合成渣(MgO≤2%、Al₂O₃37~43%、H₂O≤0.5%、TiO₂≤0.10%、CaO42~48%、SiO₂8~15%)及电石80~100千克进行预脱氧。

[0033] (2) LF精炼

[0034] 精炼前期用铝粉80~100千克/炉进行炉渣渣面脱氧,整个精炼过程用碳化硅60~120千克/炉来脱氧与炉渣流动性调节,控制精炼后期炉渣碱度(CaO/SiO_2) 2.5~3.5,精炼后期喂入铝线来调整铝含量,控制出LF精炼Al含量0.035~0.045%,控制钢水氧含量11~18ppm。

[0035] (3) VD真空处理

[0036] 极限真空处理时间控制10~18min,在VD真空处理结束后,每炉钢喂入50~80m硅钙线对钢水中硫化物进行钙处理,钙处理结束后再对钢水进行软吹氩,控制软吹时间25~45min。

[0037] (4) 连铸浇注

[0038] 控制钢水过热度控制15~30℃,结晶器保护渣采用中碳含硫钢专用保护渣,其理化性能指标设计为: SiO_2 32±3%、 CaO 24±2.5%、 Al_2O_3 6.5±1.5%、 $\text{FeO} \leq 3.0\%$ 、 MgO 6.0±1.5%、 F^- 3.5±1.0%、 R_2O ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) 5.0±1.5%、 FC 12±1.5%; CaO/SiO_2 0.75±0.05、熔点:1260±20℃、粘度(Pa.S/1300℃) 0.66±0.20,连铸出坯后进坑缓冷,要求进坑温度不低于500℃,缓冷时间不少于48小时;

[0039] (5) 轧制

[0040] 220*260断面连铸坯经加热炉加热后轧制,得到60mm规格圆棒。

[0041] (6) 连杆毛坯锻造

[0042] 圆棒下料后在1150~1200℃温度下加热,然后进行锻造,控制预锻压温度1100~1130℃,控制终锻温度920~960℃,锻造成连杆毛坯,锻造结束后5~8min内将热的连杆毛坯在输送带上吹风冷却至600±10℃进行强冷,再将连杆毛坯从风冷输送带移入沙箱进行缓冷(冷却速率为0.03-0.10℃/S)。

[0043] 采用以上工艺制备五个批次圆钢并对应加工成五个批次的连杆毛坯,具体不同的条件见表1,其它工艺参数均相同。

[0044] 表1

[0045]

	炉渣碱度	控制钢水氧含量(%)	喂入硅钙线	强冷时间	缓冷速率
实施例1	2.9	0.00153	80m	6min30S	0.04
实施例2	3.0	0.00147	70m	6min35S	0.06
实施例3	3.2	0.00143	60m	7min13S	0.05
实施例4	2.9	0.00156	60m	6min39S	0.08
实施例5	2.7	0.00161	70m	6min11S	0.03

[0046] 对比例1

[0047] 对比例1与实施例1相比,区别在于:电炉出钢过程不加入专用合成渣,使用普通的合成渣(普通合成渣 TiO_2 含量为0.5~1.0%),其它操作同实施例1。

[0048] 对比例2

[0049] 对比例2与实施例1相比,区别在于:结晶器不采用专用保护渣,采用普通保护渣(普通保护的成分 SiO_2 28±3%、 CaO 25±2.5%、 Al_2O_3 8±1.5%、 $\text{FeO} \leq 3.0\%$ 、 MgO 2.0±0.5%、 F^- 3.5±1.0%、 R_2O ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) 7.0±1.5%、 FC 15±1.5%; CaO/SiO_2 0.80±0.05、熔点:1110±20℃、粘度(Pa.S/1300℃) 0.61±0.20,该熔点比专用保护渣的熔点低150℃,粘

度(Pa.S/1300°C)低0.05),其它操作同实施例1。

[0050] 对比例3

[0051] 对比例3与实施例1相比,区别在于:控制氧含量低于11ppm,其它操作同实施例1。

[0052] 对比例4

[0053] 对比例4与实施例1相比,区别在于:不对钢水进行钙处理,其它操作同实施例1。

[0054] 对比例5

[0055] 对比例5与实施例1相比,区别在于:连杆毛坯吹风冷却下线后,不进缓冷箱缓冷,直接堆冷的冷却方式,其它操作同实施例1。

[0056] 对比例6

[0057] 对比例6与实施例1相比,区别在于:锻造结束后12分钟将热的连杆毛坯在输送带上吹风冷却至 $600 \pm 10^\circ\text{C}$,其它操作同实施例1。

[0058] (1) 本发明实施例1-5、对比例1-6化学成份如下表2(wt%):

[0059] 表2

[0060]

项目	牌号	C	Si	Mn	Cr	P	S	Al	Ni	V	O	N	Ti
实施例1	36MnVS4	0.36	0.69	1.00	0.17	0.011	0.039	0.015	0.12	0.30	0.00153	0.0173	0.0033
实施例2	36MnVS4	0.35	0.70	1.01	0.19	0.012	0.039	0.014	0.11	0.30	0.00147	0.0180	0.0029
实施例3	36MnVS4	0.36	0.68	0.99	0.18	0.009	0.040	0.016	0.13	0.29	0.00143	0.0169	0.0028
实施例4	36MnVS4	0.36	0.70	1.00	0.18	0.010	0.038	0.013	0.11	0.29	0.00156	0.0175	0.0034
实施例5	36MnVS4	0.35	0.69	0.98	0.17	0.011	0.041	0.012	0.12	0.30	0.00161	0.0183	0.0031
对比例1	36MnVS4	0.34	0.71	0.97	0.18	0.013	0.038	0.009	0.12	0.31	0.00179	0.0191	0.0071
对比例2	36MnVS4	0.37	0.70	0.98	0.19	0.014	0.040	0.010	0.11	0.29	0.00175	0.0185	0.0042
对比例3	36MnVS4	0.36	0.68	0.99	0.17	0.012	0.036	0.008	0.13	0.31	0.00103	0.0189	0.0045
对比例4	36MnVS4	0.35	0.70	1.00	0.18	0.013	0.042	0.016	0.12	0.30	0.00176	0.0157	0.0039
对比例5	36MnVS4	0.36	0.67	0.99	0.17	0.012	0.037	0.012	0.11	0.29	0.00138	0.0171	0.0036
对比例6	36MnVS4	0.36	0.69	0.99	0.17	0.013	0.038	0.011	0.12	0.29	0.00136	0.0170	0.0038

[0061] (2) 对硫化物级别、硫化物形貌及刀具的使用寿命对比如下表3:

[0062] 表3

[0063]

项目	牌号	硫化物级别 (级)		纺锤体状硫化物占比 (长/宽 ≤ 3 的硫化物数量占比)	每只刀片加工连杆支数 (同等条件下)
		A 细	A 粗		

[0064]

实施例 1	36MnVS4	2.0	1.0	35.5%	10265
实施例 2	36MnVS4	1.5	1.0	38.3%	10866
实施例 3	36MnVS4	1.5	0.5	37.5%	10473
实施例 4	36MnVS4	2.0	1.0	39.4%	11023
实施例 5	36MnVS4	1.5	0.5	36.1%	10065
对比例 1	36MnVS4	2.5	1.0	32.3%	9875
对比例 2	36MnVS4	2.5	1.0	29.8%	9560
对比例 3	36MnVS4	3.5	1.5	14.3%	6926
对比例 4	36MnVS4	4.0	1.5	16.7%	7109
对比例 5	36MnVS4	2.5	1.0	30.5%	9902
对比例 6	36MnVS4	2.5	1.5	29.6%	9713

[0065] 硫化物级别检测标准为:GB/T 10561钢中非金属夹杂物含量的测定-标准评级图显微检验法,电镜扫描选择多个视场,然后统计每个视场内硫化物的个数,然后在扫描电镜下测定每个硫化物的长宽比。最后统计长/宽不超过3的硫化物数量占比。

[0066] (3) 制作的连杆锻件力学性能指标及使用性能对比情况如下表4:

[0067] 表4非调质连杆力学性能指标

[0068]

项目	牌号	下屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断后伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	硬度 (HBW)	铁素体比例 (%)	组织组成
实施例 1	36MnVS4	853	1070	19.0	47.0	296	8.5	铁素体+珠光体
实施例 2	36MnVS4	834	1050	21.0	50.0	289	9.6	铁素体+珠光体
实施例 3	36MnVS4	842	1062	20.0	48.0	291	8.8	铁素体+珠光体
实施例 4	36MnVS4	850	1068	19.0	48.0	297	9.4	铁素体+珠光体
实施例 5	36MnVS4	837	1055	21.0	49.0	285	7.9	铁素体+珠光体
对比例 1	36MnVS4	830	1020	19.0	45.0	281	11.0	铁素体+珠光体
对比例 2	36MnVS4	827	1017	20.0	48.0	279	12.3	铁素体+珠光体
对比例 3	36MnVS4	805	1002	18.0	42.0	274	14.5	铁素体+珠光体
对比例 4	36MnVS4	810	1011	18.0	41.0	276	13.2	铁素体+珠光体
对比例 5	36MnVS4	820	1150	10.0	19.0	332	10.3	铁素体+珠光体+马氏体
对比例 6	36MnVS4	781	995	20.0	49.0	271	17.3	铁素体+珠光体

[0069] 结果表明:通过对成分的优化设计,采用专用的合成渣及结晶器保护渣,并控制氧含量11~18PPM,同时对钢水进行钙处理,锻造加热采用合理温度,并控制预锻与终锻温度,锻后采用风冷加缓冷相结合的冷却方式,最终实现了汽车胀断连杆用中碳非调质钢36MnVS4及其锻件的成功生产,切削性能得到了大幅度提高,其强度、强屈比、塑韧性指标水平也达到了国际先进水平。