



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104988425 B

(45)授权公告日 2017.03.08

(21)申请号 201510271380.7

(22)申请日 2015.05.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104988425 A

(43)申请公布日 2015.10.21

(73)专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 柳永宁 江涛 孙俊杰 刘宏基

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 王霞

(51)Int.Cl.

C22C 38/58(2006.01)

C22C 38/46(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开平8-209235 A,1996.08.13,说明书
第[0004]、[0009]、[0013]段.

CN 102234702 A,2011.11.09,说明书第
[0025]、[0032]段.

JP 特开平8-176728 A,1996.07.09,全文.

CN 101402133 A,2009.04.08,全文.

章希胜.低合金回火马氏体铸钢及其应用.
《铸造》.1999,第32-34页.

审查员 杨冰

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢及其
制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢,以质量百分比计,该超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的化学成分为:C:0.10%~0.25%,Cr:0.5%~1.5%,Mn:0.5%~2.5%,Si:0.5%~2%,Mo:0.1%~0.5%,V:0.1%~0.5%,Ni:0.1%~0.4%,Cu:0.1%~0.3%,Ca:0.05%~0.1%,P≤0.02%,S:≤0.02%,余量为铁。方法包括:1)按比例先将原料钢、铬铁、硅铁及生铁加热升温至原料熔化成钢水,向钢水中依次加入钼铁、钒铁、电解镍、纯铜及锰铁,保温直至加入的成分均匀化,得到钢液;2)将钢液加热后加入铝脱氧,然后向钢液中加入硅钙线,进行浇铸;3)将浇铸所得的铸件保温后水淬处理,再经回火处理,制得超高强度高韧性低碳马氏体铸钢。该马氏体铸钢综合力学性能优异;该制备方法操作简单,节能环保,适合工业化大规模生产。

1. 一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢,其特征在于,以质量百分比计,该超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的化学成分为:C:0.10%~0.25%,Cr:0.5%~1.5%,Mn:0.5%~2.5%,Si:0.5%~2%,Mo:0.1%~0.5%,V:0.1%~0.5%,Ni:0.1%~0.4%,Cu:0.1%~0.3%,Ca:0.05%~0.1%, $P \leq 0.02\%$, $S \leq 0.02\%$,余量为铁,该超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的抗拉强度为1400~1500MPa,在-40℃的AKv达32J,韧脆转变温度低于-56℃。

2. 一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 按照权利要求1所述的超高强度高韧性低碳马氏体铸钢化学成分的比例取原料钢、铬铁、硅铁、生铁钼铁、钒铁、电解镍、纯铜、锰铁及硅钙线;先将原料钢、铬铁、硅铁及生铁加热升温至原料熔化成钢水,向钢水中依次加入钼铁、钒铁、电解镍、纯铜及锰铁,保温直至加入的成分均匀化,得到钢液;

2) 将钢液加热至1600℃~1650℃,再加入占钢液质量0.10%~0.20%的铝脱氧,然后向钢液中加入硅钙线,在温度不超过1550℃的条件下,进行浇铸;

3) 将浇铸所得的铸件由室温加热至910℃~950℃,保温1~5h后水淬处理,再经200℃~300℃回火处理2~4h,制得超高强度高韧性低碳马氏体铸钢。

3. 根据权利要求2所述的一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的制备方法,其特征在于,步骤2)加入硅钙线的成分为Ca:28%,Si:55%,余量为Fe,且硅钙线要在出钢前均匀地加入钢液中。

4. 根据权利要求2所述的一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的制备方法,其特征在于,步骤1)是将原料钢、铬铁、硅铁及生铁装入中频感应炉中加热升温至原料熔化成钢水。

一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于低碳合金铸钢热处理工艺技术领域,具体涉及一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢及其制备方法。

背景技术

[0002] 钢铁一直是国家经济建设、社会发展的重要支柱。随着我国经济的高速发展,钢铁的需求量连年激增,产量也随之剧增。从1996年我国的粗钢产量突破1亿吨,跃居世界第一,至2012年我国大陆粗钢产量7.16亿吨,占全球钢产量的46.3%,几年时间我国钢铁产量翻了几番,为我国公路、铁路交通、城市建设、国防建设等提供了强大助力。然而不可避免的是,钢铁产量的增加也带来了严重的资源、能耗和环境问题。特别是在当前国家可持续发展战略部署下,节能减排、保护环境、治理雾霾,已成为全国人民关注的焦点之一。虽然我国是一个钢铁大国,但还并非钢铁强国,普通钢材产能过剩,而有些高性能钢材却还依赖进口。因此,研发生产高性能的钢种将是缓解我国钢铁产能过剩、减轻环境污染并有效提高我国钢铁硬实力的重要途径之一。

[0003] 目前钢铁市场上应用的铸钢按组织主要可分为三类:(1)调质处理得到的低强度的珠光体-铁素体铸钢;(2)空冷或等温处理得到的贝氏体铸钢;(3)高强度的淬火-低温回火的马氏体铸钢。然而,上述三种铸钢普遍存在着强度与韧性、焊接性的矛盾。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢及其制备方法,该马氏体铸钢综合力学性能优异,具有极好的强韧性配合,良好的塑性和焊接性,较高的硬度及低的缺口敏感性;该制备方法操作简单,节能环保,适合工业化大规模生产。

[0005] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢,以质量百分比计,该超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的化学成分为:C:0.10%~0.25%,Cr:0.5%~1.5%,Mn:0.5%~2.5%,Si:0.5%~2%,Mo:0.1%~0.5%,V:0.1%~0.5%,Ni:0.1%~0.4%,Cu:0.1%~0.3%,Ca:0.05%~0.1%,P≤0.02%,S:≤0.02%,余量为铁。

[0007] 该超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的抗拉强度为1400~1500MPa,在-40℃的AKv达32J,韧脆转变温度低于-56℃。

[0008] 一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的制备方法,包括以下步骤:

[0009] 1)按照权利要求1所述的超高强度高韧性低碳马氏体铸钢化学成分的比例取原料钢、铬铁、硅铁、生铁钼铁、钒铁、电解镍、纯铜、锰铁及硅钙线;先将原料钢、铬铁、硅铁及生铁加热升温至原料熔化成钢水,向钢水中依次加入钼铁、钒铁、电解镍、纯铜及锰铁,保温直至加入的成分均匀化,得到钢液;

[0010] 2)将钢液加热至1600℃~1650℃,再加入占钢液质量0.10%~0.20%的铝脱氧,然后向钢液中加入硅钙线,在温度不超过1550℃的条件下,进行浇铸;

[0011] 3)将浇铸所得的铸件由室温加热至910℃~950℃,保温1~5h后水淬处理,再经200℃~300℃回火处理2~4h,制得超高强度高韧性低碳马氏体铸钢。

[0012] 步骤2)加入硅钙线的成分为Ca:28%,Si:55%,余量为Fe,且硅钙线要在出钢前均匀地加入钢液中。

[0013] 步骤1)是将原料钢、铬铁、硅铁及生铁装入中频感应炉中加热升温至原料熔化成钢水。

[0014] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0015] 1、本发明的超高强度高韧性低碳马氏体铸钢综合力学性能优异,与一般铸钢相比,本发明的低碳马氏体铸钢具有极好的强韧性配合,其抗拉强度可达到1400~1500MPa的超高强度,并且具有极好的强韧性配合,良好的塑性,较高的硬度,低的缺口敏感性,高淬透性及残余应力小等特点。

[0016] 2、超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的低温冲击韧性良好,在-40℃时AK_v可达32J,并且其韧脆转变温度低于-56℃,在低碳铸钢领域已经达到并超过目前世界上的先进水平。

[0017] 3、本发明的低碳马氏体铸钢由于具有较低的碳当量,焊接前后组织内应力小,焊接裂纹倾向小,因而焊接性能良好。

[0018] 4、本发明的低碳马氏体铸钢热处理工艺简单、制造容易、节能效果良好,生产效率高。在浇铸后不需另外进行锻造或轧制,而只需要进行简单的淬火加回火就可以得到性能优异的低碳马氏体组织,能够节约大量能源。

[0019] 5、本发明的低碳马氏体铸钢成本低廉,对设备要求低,生产开发方便。其主要添加元素为普通的硅、锰等,故其成本不高。考虑特殊要求如耐腐蚀、耐磨性、高淬透性等,只需适当加入一些铬、镍、钼、钒、铜等合金元素。一般钢厂在不增加设备的前提下即可组织生产,基本上不存在冶炼、浇注、热处理等方面的困难。

附图说明

[0020] 图1为本发明超高强度高韧性低碳马氏体铸钢在浇铸后的金相组织图;

[0021] 图2为本发明超高强度高韧性低碳马氏体铸钢在920℃保温3个小时淬火后的金相组织图;

[0022] 图3为本发明超高强度高韧性马氏体铸钢在-56℃进行夏比冲击实验的试样断口扫描电镜图。

具体实施方式

[0023] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0024] 本发明公开的一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢,按质量百分比计量化学成分为:C:0.10%~0.25%,Cr:0.5%~1.5%,Mn:0.5%~2.5%,Si:0.5%~2%,Mo:0.1%~0.5%,V:0.1%~0.5%,Ni:0.1%~0.4%,Cu:0.1%~0.3%,Ca:0.05%~0.1%,P、S:≤0.02%,余量为铁。

[0025] 该超高强度高韧性低碳马氏体铸钢主要金相组织为低碳回火马氏体组织。

[0026] 本发明公开的一种超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的制备方法,制造工艺步骤

为：

[0027] (1)先将原料钢、铬铁、硅铁、生铁按一定比例装入中频感应炉中，然后升温至原料熔化成钢水；

[0028] (2)向钢水中依次加入一定比例的钼铁、钒铁、电解镍、纯铜及锰铁使其合金元素含量与上述超高强度高韧性低碳马氏体铸钢成分比例相同，将钢液保温直至其成分均匀化；

[0029] (3)将温度升至1600℃~1650℃，加入占钢水重量0.10%~0.20%的铝脱氧，出炉前向钢液中喂入硅钙线，而后出炉，浇铸温度应不超过1550℃；

[0030] (4)3.将铸件填装入热处理炉，随炉加热到910℃~950℃(Ac3以上)保温1~5小时，完全奥氏体化后出炉水淬，随后进行低温(≤300℃)回火4个小时。

[0031] 本发明公开的超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的性能如下表1所示：

[0032] 表1本发明的超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的性能

[0033]

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	断面收缩率/%	Akv(-40℃)/J	断裂韧性/MPa·m ^{1/2}	布氏硬度/HBW	FATT/℃
≥1190	≥1400	≥13	≥40	≥32	≥100	≥390	≤56

[0034] 性能对比：表2为中国专利介绍的几种性能较好的铸钢。

[0035] 表2中国专利中几种铸钢的性能

[0036]

专利申请号	名称	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	断面收缩率/%	室温冲击/J
200610017797.1	一种超高强度高韧	>800	-	≥15	≥50	Akv(-20℃)

[0037]

	性可焊接 铸钢					≥ 55
200910273459.8	铁路车辆 的车钩用 高强度铸 钢及其制 造方法	-	≥ 800	≥ 10	≥ 24	Ak(-20°C) ≥ 20
201210550734.8	一种铁道 货车车钩 用低碳马 氏体铸钢 材料	≥ 1000	≥ 1200	≥ 12	≥ 30	Akv(-20°C) ≥ 27
201210499290.X	低合金高 强度铸钢 及其冶炼、 热处理方 法	≥ 790	≥ 830	≥ 12	-	Akv(-40°C) ≥ 27
201310381178.0	一种低碳 当量高强 韧性铸钢	≥ 615	≥ 725	≥ 23	≥ 63	Akv(-40°C) ≥ 51

[0038] 由表2可见,已有的中低碳铸钢抗拉强度达到1200MPa的较少,并且塑性、韧性较低。

[0039] 实施例1

[0040] 对按重量百分比的化学成分为:C:0.19%,Cr:1.0%,Mn:1.5%,Si:0.8%,Mo:0.2%,V:0.1%,Ni:0.2%,Cu:0.3%,P \leq 0.02%,S: \leq 0.02%,Ca:0.08%,余量为铁的原料进行冶炼、铸造,然后将所得的铸件加热到940℃保温4小时后快速出炉淬火,随后在220℃进行回火4小时即可。

[0041] 所得材料主要金相组织为低碳回火马氏体组织,具有优异的强度和塑韧性配合,磨损性能和焊接性能良好。屈服强度为1195MPa,抗拉强度为1425MPa,延伸率为14%,断面收缩率为42%,低温冲击功Ak_v(-40℃)为36J,布氏硬度为400HBW,断裂韧性K_{1c}为110MPa·m^{1/2},低温韧脆转变温度(FATT)为-60℃。

[0042] 实施例2

[0043] 对按重量百分比的化学成分为:C:0.17%,Cr:1.1%,Mn:1.2%,Si:1.8%,Mo:0.2%,V:0.1%,Ni:0.4%,Cu:0.2%,P \leq 0.02%,S: \leq 0.02%,Ca:0.09%,余量为铁的原料进行冶炼、铸造,然后将所得的铸件加热到920℃保温3小时后快速出炉淬火,随后在200℃进行回火4小时即可。

[0044] 参见图1为制得的超高强度高韧性低碳马氏体铸钢在浇铸后的金相组织图,从图中可以看出浇铸后的组织为珠光体和铁素体;参见图2,为制得的超高强度高韧性低碳马氏体铸钢的金相组织图,从图中可以看出其组织全部为板条马氏体;参见图3,为制得的超高

强度高韧性马氏体铸钢在-56℃进行夏比冲击实验的试样断口扫描电镜图,从图中可以看出冲击断口上全部为韧窝,即在-56℃冲击时仍为韧性断裂。

[0045] 所得材料主要金相组织为低碳回火马氏体组织,具有优异的强度和塑韧性配合,磨损性能和焊接性能良好。屈服强度为1193MPa,抗拉强度为1415MPa,延伸率为13%,断面收缩率为41%,低温冲击功 $A_{kv}(-40^{\circ}\text{C})$ 为35J,布氏硬度为395HBW,断裂韧性 K_{Ic} 为 $115\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$,低温韧脆转变温度(FATT)为-61℃。

[0046] 实施例3

[0047] 对按重量百分比的化学成分为:C:0.20%,Cr:1.0%,Mn:1.1%,Si:1.5%,Mo:0.2%,V:0.2%,Ni:0.3%,Cu:0.2%, $P\leq 0.02\%$, $S\leq 0.02\%$,Ca:0.07%,余量为铁的原料进行冶炼、铸造,然后将所得的铸件加热到950℃保温1小时后快速出炉淬火,随后在300℃进行回火2小时即可。

[0048] 所得材料主要金相组织为低碳回火马氏体组织,具有优异的强度和塑韧性配合,磨损性能和焊接性能良好。屈服强度为1200MPa,抗拉强度为1435MPa,延伸率为13%,断面收缩率为40%,低温冲击功 $A_{kv}(-40^{\circ}\text{C})$ 为33J,布氏硬度为405HBW,断裂韧性 K_{Ic} 为 $105\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$,低温韧脆转变温度(FATT)为-60℃。

[0049] 实施例4

[0050] 对按重量百分比的化学成分为:C:0.22%,Cr:0.8%,Mn:1.0%,Si:1.2%,Mo:0.1%,V:0.2%,Ni:0.2%,Cu:0.3%, $P\leq 0.02\%$, $S\leq 0.02\%$,Ca:0.1%,余量为铁的原料进行冶炼、铸造,然后将所得的铸件加热到910℃保温5小时后快速出炉淬火,随后在200℃进行回火4小时即可。

[0051] 所得材料主要金相组织为低碳回火马氏体组织,具有优异的强度和塑韧性配合,磨损性能和焊接性能良好。屈服强度为1210MPa,抗拉强度为1440MPa,延伸率为13%,断面收缩率为40%,低温冲击功 $A_{kv}(-40^{\circ}\text{C})$ 为34J,布氏硬度为410HBW,断裂韧性 K_{Ic} 为 $102\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$,低温韧脆转变温度(FATT)为-58℃。

[0052] 综上所述,本发明通过多元微合金化技术,即通过改变合金的种类和含量,来解决现有技术中铸钢在提高强度时存在的强度与韧性、焊接性之间的矛盾,从而提供一种热处理工艺简单、综合性能良好的超高强度高韧性可焊耐磨的低碳马氏体铸钢,其应用广泛,可以用于高标准的铁道货车车钩、铁路桥梁、建筑、起重机械、大型结构架各类高强板材及零件、铁路道岔、高强度螺栓等用材;适用于高精度高速铁路列车用车轮及轮毂上等。

[0053] 以上所述仅为本发明的优选实例,对本发明而言仅是说明性的,而非限制性的;本领域普通技术人员理解,在本发明权利要求所限定的精神和范围内可以对其进行许多修改和调整,但都将落入本发明的保护范围。

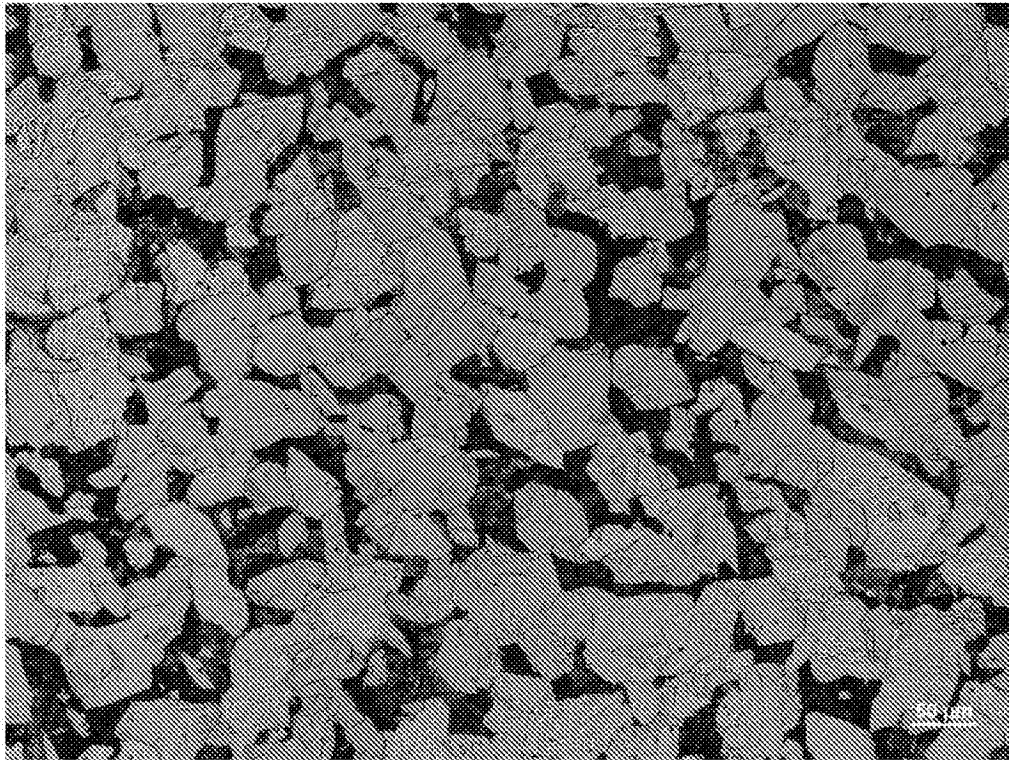


图1

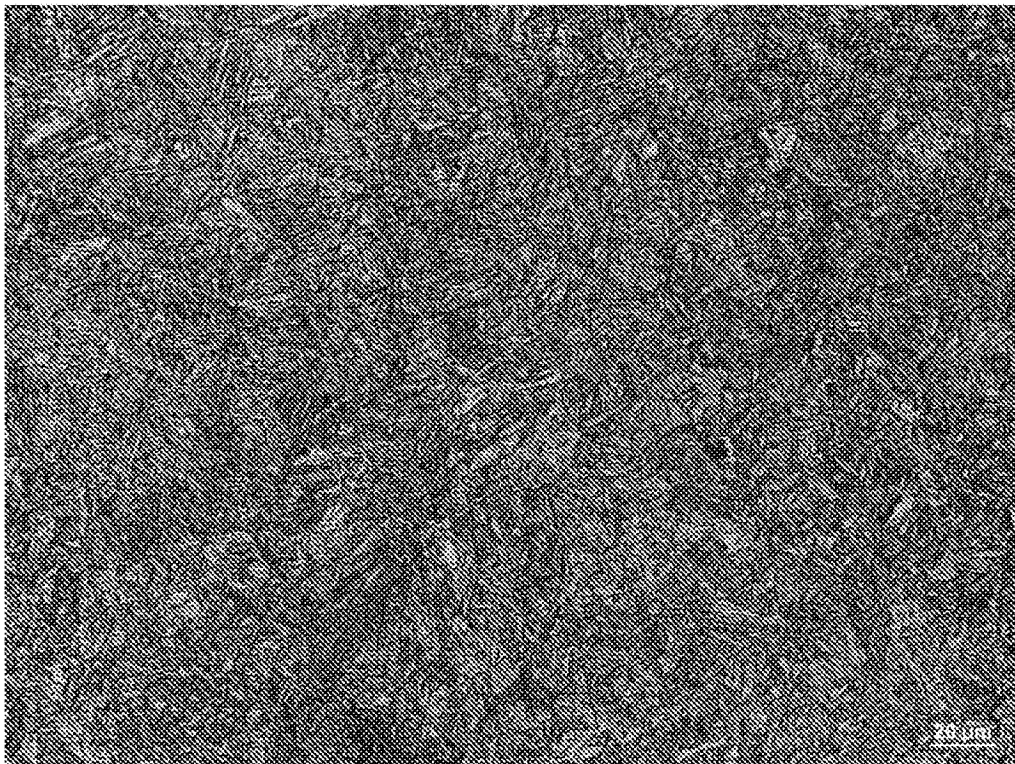


图2

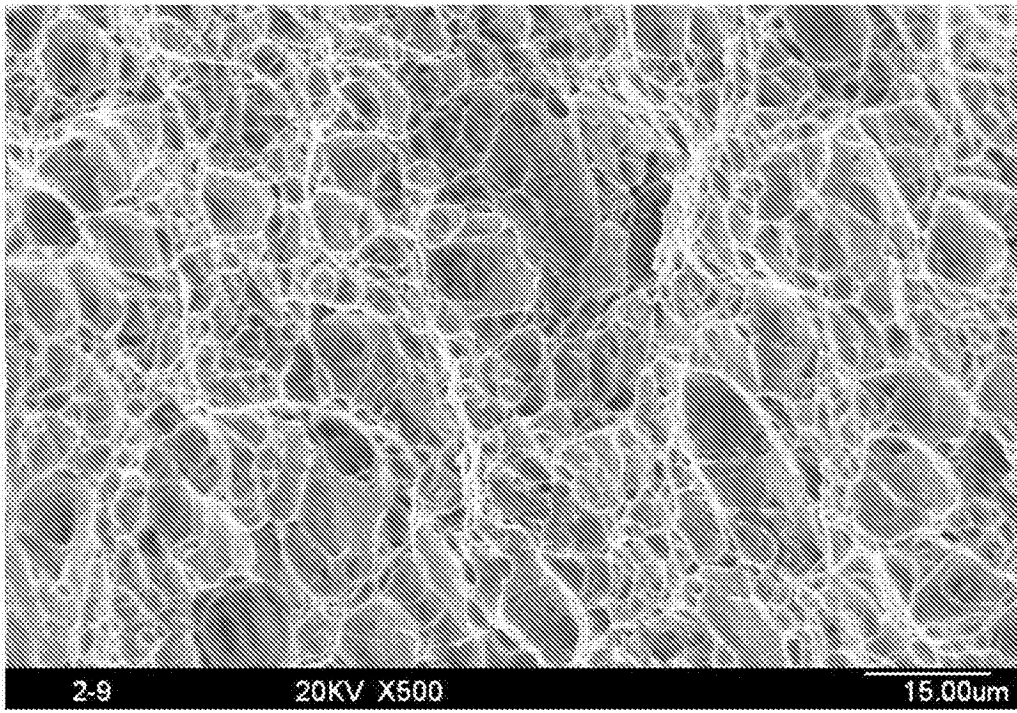


图3