

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104368816 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 25

---

(21) 申请号 201310353629. X

(22) 申请日 2013. 08. 14

(71) 申请人 东睦新材料集团股份有限公司

地址 315191 浙江省宁波市鄞州工业园区  
(姜山) 景江路 8 号

(72) 发明人 包崇玺 王劲松

(74) 专利代理机构 宁波诚源专利事务所有限公司 33102

代理人 袁忠卫

(51) Int. Cl.

B22F 3/16(2006. 01)

B22F 1/00(2006. 01)

---

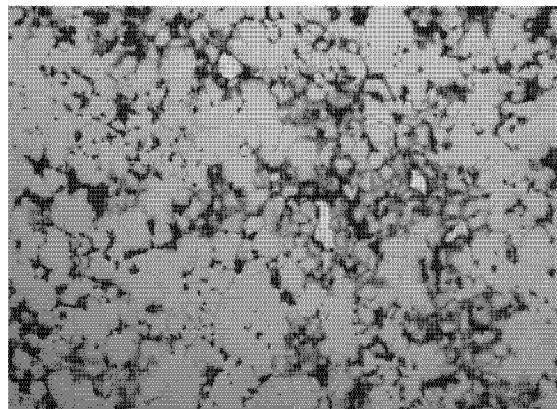
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种铁基粉末冶金零件的制造方法

(57) 摘要

一种铁基粉末冶金零件的制造方法，其特征在于步骤：1) 设计材料组成；2) 混料：其中碳元素采用镀铜石墨粉；3) 成型：将上述已混合粉末进行压制，得到生坯；4) 预烧结：将生坯在非氧化性气氛中进行预烧结，烧结温度 800℃～1090℃，预烧结时间 1～120 分钟；5) 加工：包括复压、机械加工、挤压、表面滚压；6) 烧结：在非氧化性气氛中进行二次烧结，烧结温度大于 1090℃。本发明采用镀铜石墨粉作为碳源，与传统的复压复烧或二次压烧工艺相比，其优势在于：其一，预烧结坯的硬度可以大幅度降低；其二，烧结较 780～850℃预烧的充分，预烧后产品可以进行机械加工，表面滚压等受较大应力的处理。



1. 一种铁基粉末冶金零件的制造方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 设计材料组成:根据需要进行设计,除铁外,还至少包含有铜和碳两种合金元素,碳含量  $0.1 \sim 1.2\text{wt\%}$ ,铜含量  $0.1 \sim 5.0\text{wt\%}$ ;

2) 混料:其中碳元素采用镀铜石墨粉;

3) 成型:将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上,并将上述已混合粉末进行压制,得到生坯;

4) 预烧结:将成型的生坯在非氧化性气氛中进行预烧结,烧结温度  $800^\circ\text{C} \sim 1090^\circ\text{C}$ ,预烧结时间  $1 \sim 120$  分钟;

5) 加工;

6) 烧结:在非氧化性气氛中进行二次烧结,烧结温度大于  $1090^\circ\text{C}$ ,烧结时间  $5 \sim 90$  分钟。

2. 根据权利要求 1 所述的制造方法,其特征在于:所述镀铜石墨粉的化学成分为:碳:铜 =  $20 \sim 60\%$ : $40 \sim 80\%$ ,其中有不超过 2% 的不可避免的杂质,上述百分比为质量百分比。

3. 根据权利要求 2 所述的制造方法,其特征在于:所述镀铜石墨粉的松装密度为  $2.0 \sim 6.0\text{g/cm}^3$ ,所述镀铜石墨粉的粒度为 -100 目到 -5000 目。

4. 根据权利要求 1 所述的制造方法,其特征在于:所述步骤 4) 预烧结的烧结温度为  $950 \sim 1080^\circ\text{C}$ ,时间  $20 \sim 120$  分钟,烧结炉为网带炉、推杆炉、钟罩炉或真空炉。

5. 根据权利要求 1 所述的制造方法,其特征在于:所述步骤 4) 和步骤 6) 的非氧化性气氛为氮基气氛或真空。

6. 根据权利要求 5 所述的制造方法,其特征在于:所述非氧化性气氛为含氢 10vol% 的氮氢气氛。

7. 根据权利要求 1 所述的制造方法,其特征在于:所述加工包括机械加工,挤压成形,整形,复压,表面滚压致密化。

8. 根据权利要求 1 所述的制造方法,其特征在于:所述材料组成还包含有  $0.2 \sim 1.3\text{wt\%}$  的钼或者  $0.1 \sim 5\text{wt\%}$  铬。

## 一种铁基粉末冶金零件的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及粉末冶金领域，尤其是一种铁基粉末冶金零件的制造方法。

### 背景技术

[0002] 粉末冶金是生产高强度和形状复杂的齿轮有效的工艺。目前，通过使用高性能的粉末、成型、烧结和特殊的后加工，粉末冶金工艺已经可以生产出密度超过  $7.4\text{g/cm}^3$  的零件。复压复烧技术可以大幅提升产品的密度。采用普通的雾化铁粉经成形和烧结，铁基粉末冶金零件的密度只能达到  $7.1\text{g/cm}^3$  左右。要想进一步提高粉末冶金零件的密度，可以采用成形 - 预烧结 - 复压 - 二次烧结的复压复烧工艺。预烧结有两个作用。其一，对成形时已经加工硬化的粉末进行退火，降低铁粉颗粒的屈服强度，利于二次压制时提高密度。其二，脱出产品中的有机润滑剂。有机润滑剂由于密度较低，在产品中占据较大的空间，成形时这些润滑剂难以压缩，密度的提高受到限制。而预烧时 95% 以上的润滑剂都能够脱出，复压时润滑剂占据的位置就可以压缩，利于提高密度。

[0003] 碳是铁基粉末冶金材料的重要合金元素。一般的零件都不可避免地含有 0.3% 以上的碳。在铁基粉末冶金中，碳基本以石墨的形态在混料时加入。由铁粉与石墨粉的混合粉制成的结构零件，其材料的强度同样随着含碳量增加而增高。由铁粉与石墨粉的混合粉成形的压坯，在烧结时，石墨中的碳扩散到铁中，形成奥氏体（碳在高温形态铁中的固溶体）压坯烧结后冷却到室温时，奥氏体发生相变，化合碳含量为 0.80% 时，形成珠光体（铁素体与渗碳体的共晶混合物）；化合碳含量低于 0.80%（即亚共析钢）时，形成铁素体与珠光体的混合物；化合碳含量高于 0.80%（即过共析钢）时，形成珠光体与渗碳体的混合物。

[0004] 为了避免或减缓碳的扩散，保留更多的铁素体，一般预烧结温度通常为 780 ~ 850°C 左右，随着预烧结温度的提升，碳的扩散增加，珠光体等组织比例显著增加。随着珠光体含量增加，复压的压力增加，同时模具损耗也增加。

[0005] 但是，由于预烧结温度太低，烧结坯的强度不高，在封闭模腔中进行复压一般没有大的问题，但现在产品的要求越来越高，例如要求产品的密度大于  $7.4\text{g/cm}^3$ ，齿轮（链轮）齿面表面致密化。例如高碳产品的表面致密化时难以进行，采用预烧结的方式，由于强度不足，在滚压时整个齿部完全脱落，难以实现致密化。

[0006] 因此，为了得到硬度较低有较高延伸率的材料，一般仅加入少量的石墨作为合金元素（碳低于 0.3%），产品主要通过渗碳热处理来进行增碳，由于产品密度提高，渗碳时间太长，强度难以达到要求。

### 发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是提供一种在预烧结后具有较高的烧结强度，同时具有较低硬度的铁基粉末冶金零件的制造方法。

[0008] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为：一种铁基粉末冶金零件的制造方法，其特征在于包括以下步骤：

- [0009] 1) 设计材料组成 : 根据需要进行设计, 除铁外, 还至少包含有铜和碳两种合金元素, 碳含量  $0.1 \sim 1.2\text{wt\%}$ , 铜含量  $0.1 \sim 5.0\text{wt\%}$ ;
- [0010] 2) 混料 : 其中碳元素采用镀铜石墨粉;
- [0011] 3) 成型 : 将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上, 并将上述已混合粉末进行压制, 得到生坯;
- [0012] 4) 预烧结 : 将成型的生坯在非氧化性气氛中进行预烧结, 烧结温度  $800^\circ\text{C} \sim 1090^\circ\text{C}$ , 预烧结时间  $1 \sim 120$  分钟;
- [0013] 5) 加工;
- [0014] 6) 烧结 : 在非氧化性气氛中进行二次烧结, 烧结温度大于  $1090^\circ\text{C}$ , 烧结时间  $5 \sim 90$  分钟。
- [0015] 作为优选, 所述镀铜石墨粉的化学成分为 : 碳 : 铜 =  $20 \sim 60\%$  :  $40 \sim 80\%$ , 其中有不超过 2% 的不可避免的杂质, 上述百分比为质量百分比。
- [0016] 作为优选, 所述镀铜石墨粉的松装密度为  $2.0 \sim 6.0\text{g/cm}^3$ , 所述镀铜石墨粉的粒度为 -100 目到 -5000 目。
- [0017] 优选, 所述步骤 4) 预烧结的烧结温度为  $950 \sim 1080^\circ\text{C}$ , 时间  $20 \sim 120$  分钟, 烧结炉为网带炉、推杆炉、钟罩炉或真空炉。
- [0018] 优选, 所述步骤 4) 和步骤 6) 的非氧化性气氛为氨基气氛或真空。
- [0019] 优选, 所述非氧化性气氛为含氢  $10\text{vol\%}$  的氮氢气氛。
- [0020] 最后, 所述加工还包括机械加工之前的复压、和机械加工之后的挤压、表面滚压。
- [0021] 所述材料组成还包含有  $0.2 \sim 1.3\text{wt\%}$  的钼或者  $0.1 \sim 5\text{wt\%}$  铬。
- [0022] 与现有技术相比, 本发明的优点在于 : 采用镀铜石墨粉作为碳源, 与传统的复压复烧或二次压烧工艺相比, 其优势在于 : 其一, 预烧结坯的硬度可以大幅度降低; 其二, 烧结较  $780 \sim 850^\circ\text{C}$  预烧的充分; 另外产品可以进行机械加工, 表面滚压等受较大应力的加工处理。

## 附图说明

- [0023] 图 1 为镀铜石墨粉的照片;
- [0024] 图 2 为实施例 1 预烧结后的金相组织;
- [0025] 图 3 为实施例 1 烧结后的金相组织;
- [0026] 图 4 为实施例 2 预烧结后的金相组织;
- [0027] 图 5 为实施例 2 烧结后的金相组织;
- [0028] 图 6 为实施例 3 预烧结后的金相组织;
- [0029] 图 7 为实施例 3 烧结后的金相组织;
- [0030] 图 8 为实施例 4 预烧结后的金相组织;
- [0031] 图 9 为实施例 4 烧结后的金相组织;
- [0032] 图 10 为实施例 5 预烧结后的金相组织;
- [0033] 图 11 为实施例 5 烧结后的金相组织;
- [0034] 图 12 为零件表面的孔隙图鉴图;
- [0035] 图 13 为零件表面的孔隙图鉴图。

## 具体实施方式

[0036] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0037] 实施例 1

[0038] 1) 设计材料组成 :材料为 MFIF FC0200, 碳为 0.3%, 铜为 1.6%, 2% 以下的不可避免的其他成分, 余为铁, 质量百分百。

[0039] 2) 混料, 其中石墨采用含石墨为 50% 铜为 50% 的镀铜石墨粉, 比例为 0.6%, 雾化纯铁粉为 97.7%, 电解铜粉 :1.3%, 润滑剂 0.4%; 质量百分百。

[0040] 3) 成型 :将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上, 并将上述已混合粉末进行压制, 得到生坯;

[0041] 4) 预烧结 :将成型生坯在含氢 10vol% 的氮氢气氛中进行预烧结, 烧结温度 1050℃, 预烧结时间 30 钟;

[0042] 5) 烧结 :烧结温度 1120℃, 烧结时间 45 分钟, 气氛为含氢 10vol% 的氮氢气氛;

[0043] 预烧结后硬度为 HRB25 ~ 32, 珠光体含量为 0%, 见图 2。烧结后珠光体含量为 20%, 硬度为 HRB38 ~ 42, 金相组织见图 3。

[0044] 实施例 2

[0045] 1) 设计材料组成 :材料为 MFIF FC0205, 碳为 0.6%, 铜为 1.6%, 2% 以下的不可避免的其他成分, 余为铁, 质量百分百。

[0046] 2) 混料, 其中石墨采用含石墨为 50% 铜为 50% 的镀铜石墨粉, 比例为 1.2%, 雾化铁粉为 97.4%, 电解铜粉 :1.0%, 润滑剂 0.4%; 质量百分百。

[0047] 3) 成型 :将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上, 并将上述已混合粉末进行压制, 得到生坯;

[0048] 4) 预烧结 :将成型生坯在含氢 10vol% 的氮氢气氛中进行预烧结, 烧结温度 1040℃, 预烧结时间 30 钟;

[0049] 5) 烧结 :烧结温度大于 1120℃, 烧结时间 60 分钟, 气氛为含氢 10vol% 的氮氢气氛;

[0050] 预烧结后硬度为 HRB43 ~ 50, 珠光体含量为 35%, 金相组织见图 4。烧结后珠光体含量为 75%, 硬度为 HRB55 ~ 61, 金相组织见图 5。

[0051] 实施例 3

[0052] 1) 设计材料组成 :碳为 0.6%, 铜为 1.6%, 钼为 0.35%, 2% 以下的不可避免的其他成分, 余为铁, 质量百分百。

[0053] 2) 混料, 其中石墨采用含石墨为 50% 铜为 50% 的镀铜石墨粉, 比例为 1.2%, 含钼 0.85% 的铁钼合金粉为 40%, 雾化铁粉为 57.4%, 电解铜粉 :1.0%, 润滑剂 0.4%; 质量百分百。

[0054] 3) 成型 :将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上, 并将上述已混合粉末进行压制, 得到生坯;

[0055] 4) 预烧结 :将成型生坯在含氢 10vol% 的氮氢气氛中进行预烧结, 烧结温度 1060℃, 预烧结时间 30 钟;

[0056] 5) 烧结 :烧结温度大于 1120℃, 烧结时间 25 分钟, 气氛为含氢 10vol% 的氮氢气氛;

[0057] 预烧结后硬度为 HRB41 ~ 50, 上贝氏体 25%, 铁素体 75%, 金相组织见图 6。烧结后硬度为 HRB65 ~ 68, 上贝氏体 50%, 珠光体 25%, 铁素体 25%, 金相组织见图 7。

[0058] 实施例 4

[0059] 1) 设计材料组成 : 碳为 0.25%, 铜为 0.2%, 铬为 1.5%, 2% 以下的不可避免的其他成分, 余为铁, 质量百分比。

[0060] 2) 混料, 其中石墨采用含石墨为 50% 铜为 50% 的镀铜石墨粉, 比例为 0.5%, 含铬 1.5% 铁铬合金粉为 99.1%, 润滑剂 0.4%; 质量百分比。

[0061] 3) 成型 : 将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上, 并将上述已混合粉末进行压制, 得到生坯;

[0062] 4) 预烧结 : 将成型生坯在含氢 10vol% 的氮氢气氛中进行预烧结, 烧结温度 1060℃, 预烧结时间 30 钟;

[0063] 5) 烧结 : 烧结温度大于 1120℃, 烧结时间 60 分钟, 气氛为含氢 10vol% 的氮氢气氛;

[0064] 预烧结后硬度为 HRB18 ~ 20, 金相组织见图 8。烧结后硬度为 HRB53, 金相组织见图 9。

[0065] 实施例 5

[0066] 1) 设计材料组成 : 碳为 0.65%, 铜为 0.65%, 铬为 1.5%, 2% 以下的不可避免的其他成分, 余为铁, 质量百分比。

[0067] 2) 混料, 其中石墨采用含石墨为 50% 铜为 50% 的镀铜石墨粉, 比例为 1.3%, 含铬 1.5% 铁铬合金粉为 98.3%, 润滑剂 0.4%; 质量百分比。

[0068] 3) 成型 : 将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上, 并将上述已混合粉末进行压制, 得到生坯;

[0069] 4) 预烧结 : 将成型生坯在含氢 10vol% 的氮氢气氛中进行预烧结, 烧结温度 1060℃, 预烧结时间 30 钟;

[0070] 5) 表面滚压 : 将零件放在表面滚压机上进行滚压。

[0071] 6) 烧结 : 烧结温度大于 1120℃, 烧结时间 45 分钟, 气氛为含氢 10vol% 的氮氢气氛;

[0072] 7) 金相检测 : 预烧结后硬度为 HRB70, 金相组织见图 10; 烧结后硬度为 HRB82, 金相组织见图 11。

[0073] 零件表面的孔隙图鉴图 12;

[0074] 实施例 6

[0075] 1) 设计材料组成 : 碳为 0.65%, 铜为 0.65%, 铬为 1.5%, 2% 以下的不可避免的其他成分, 余为铁, 质量百分比。

[0076] 2) 混料, 其中石墨采用石墨粉, 比例为 0.65%, 铜为电解铜粉, 比例为 0.65%, 含铬 1.5% 铁铬合金粉为 98.3%, 润滑剂 0.4%; 质量百分比。

[0077] 3) 成型 : 将设计好的模具安装到粉末冶金成型压机上, 并将上述已混合粉末进行压制, 得到生坯;

[0078] 4) 预烧结 : 将成型生坯在含氢 10vol% 的氮氢气氛中进行预烧结, 烧结温度 1060℃, 预烧结时间 30 钟;

- [0079] 5) 表面滚压 : 将零件放在表面滚压机上进行滚压。
- [0080] 6) 烧结 : 烧结温度大于 1120℃, 烧结时间 45 分钟, 气氛为含氢 10vol% 的氮氢气氛 ;
- [0081] 7) 金相检测 : 零件表面的孔隙图鉴图 13。
- [0082] 由图 12 和图 13 对比可以看出, 采用铜包覆石墨粉, 在滚压后, 可以有效减少孔隙的数量, 同时表面致密层的厚度更深。

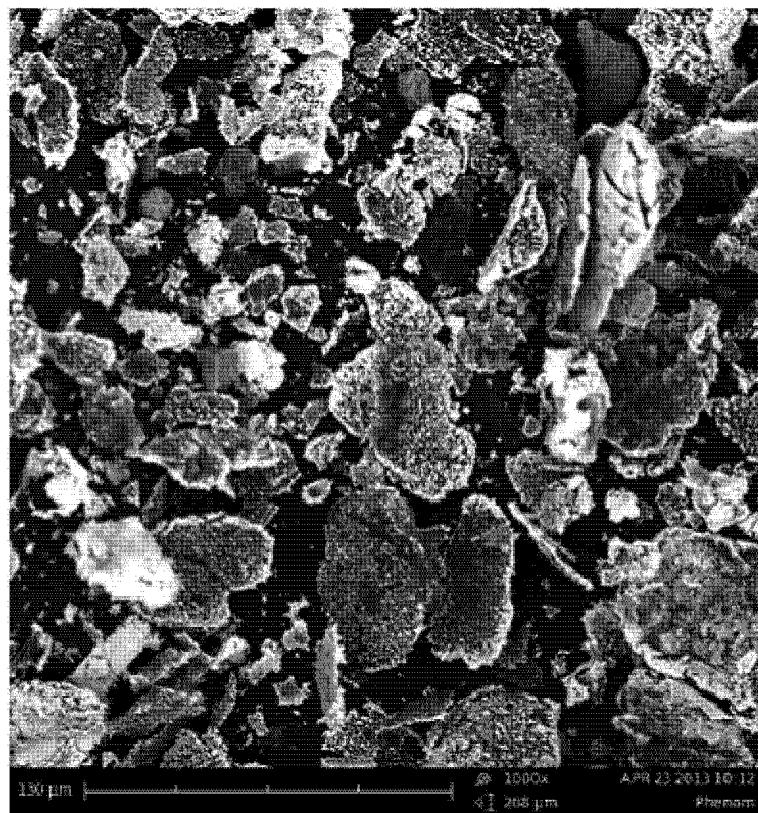


图 1

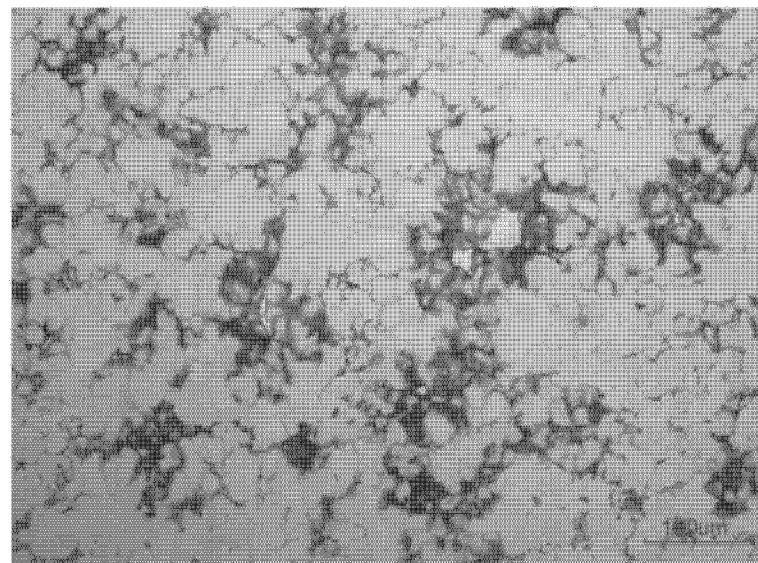


图 2

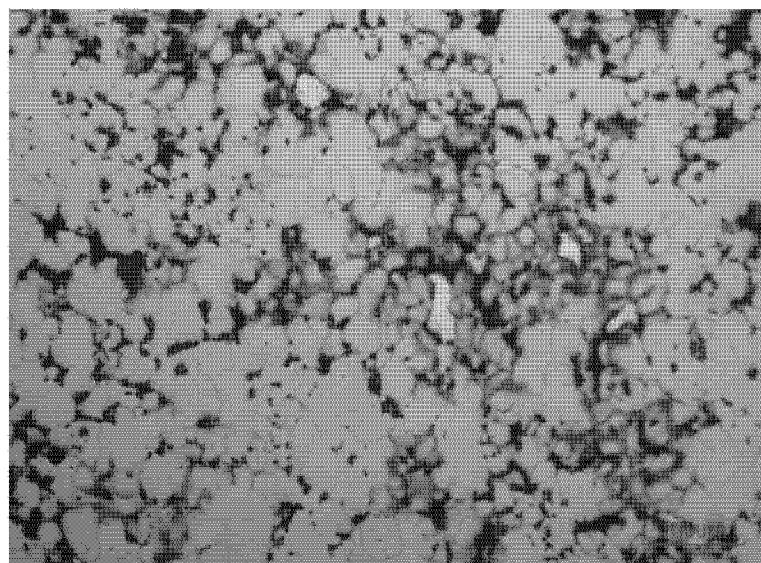


图 3

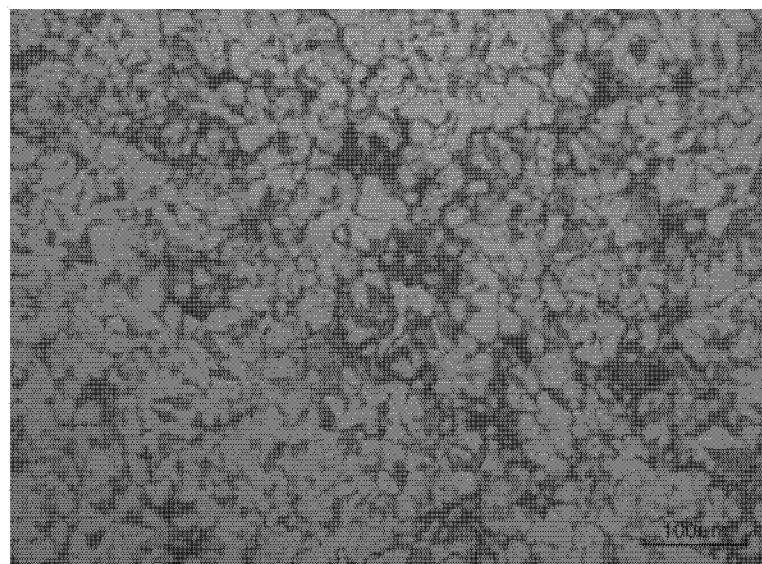


图 4

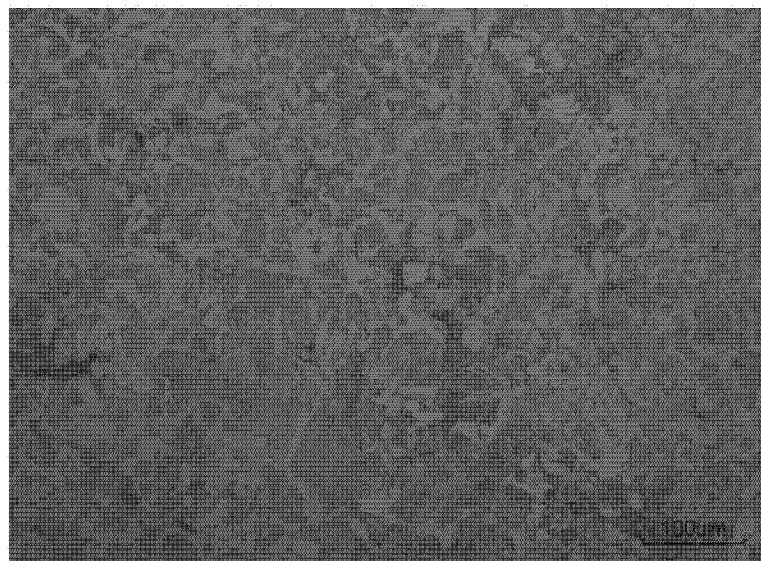


图 5

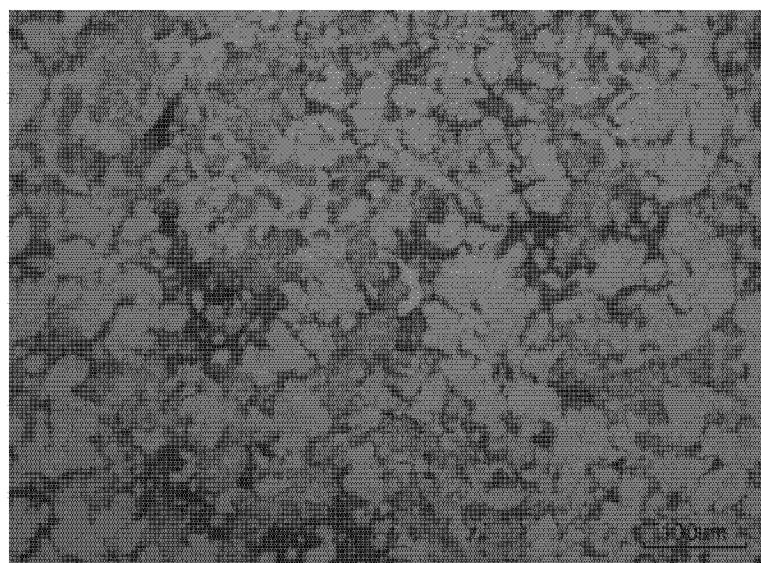


图 6

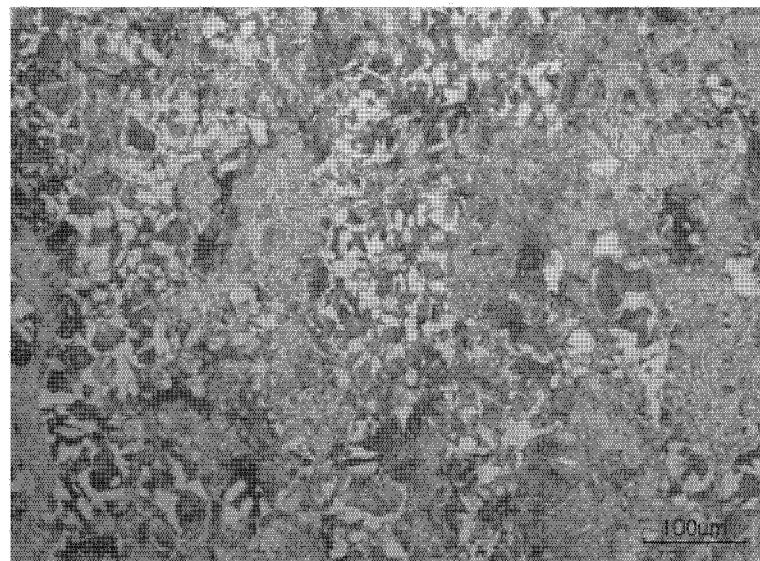


图 7

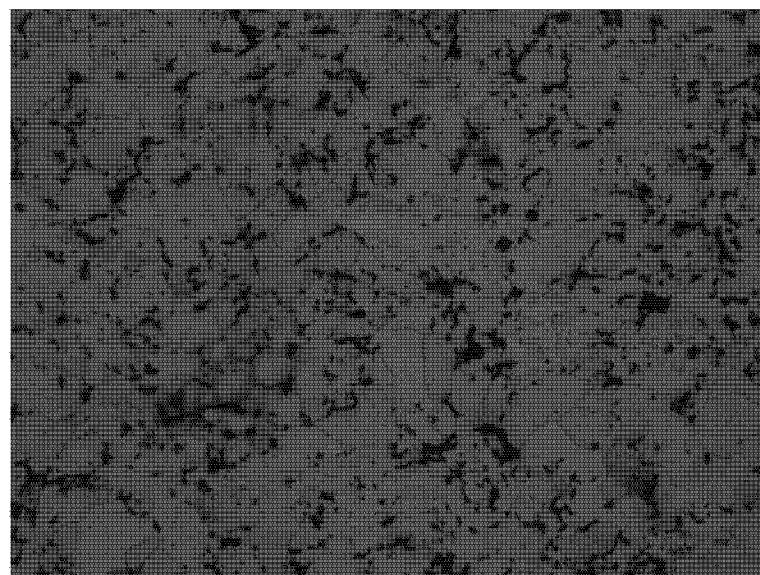


图 8

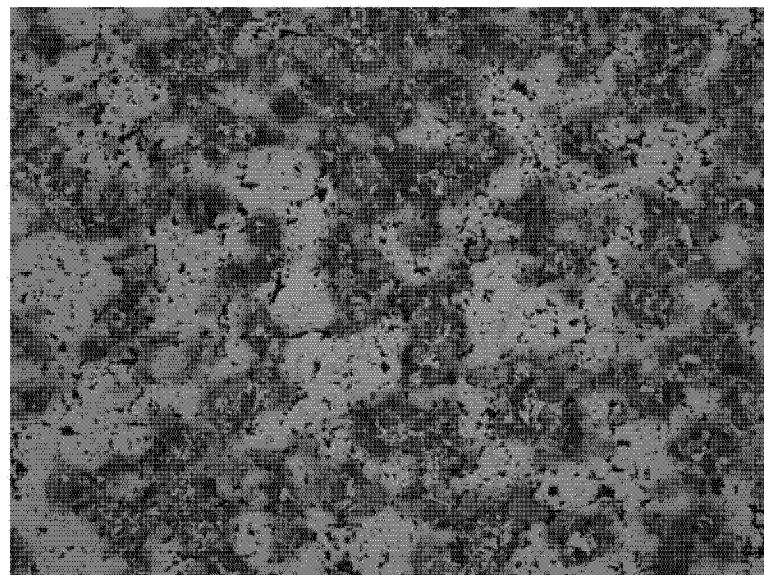


图 9

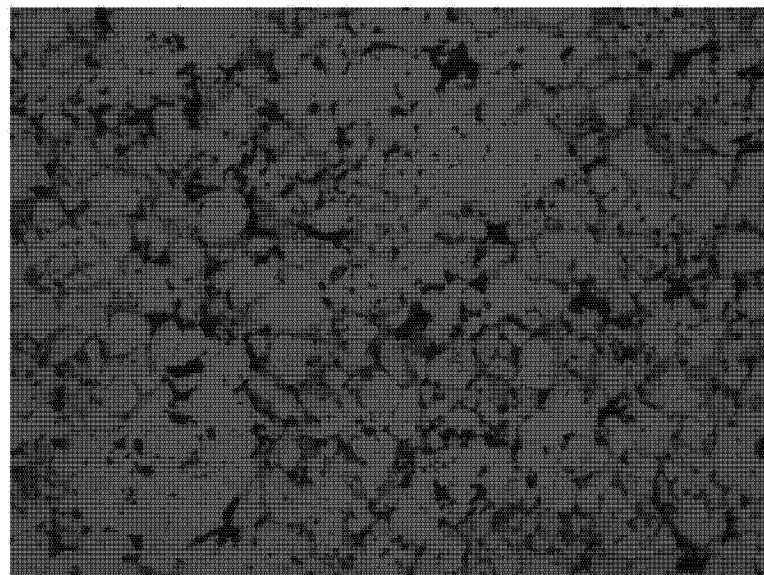


图 10

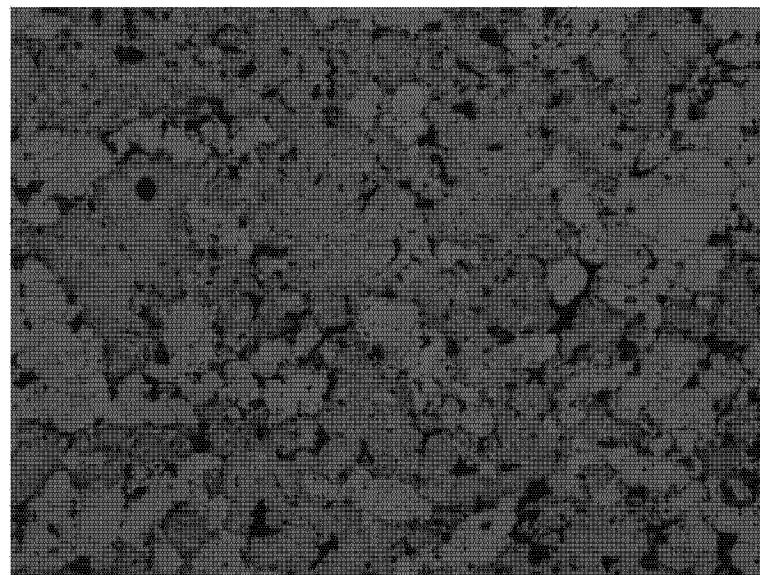


图 11

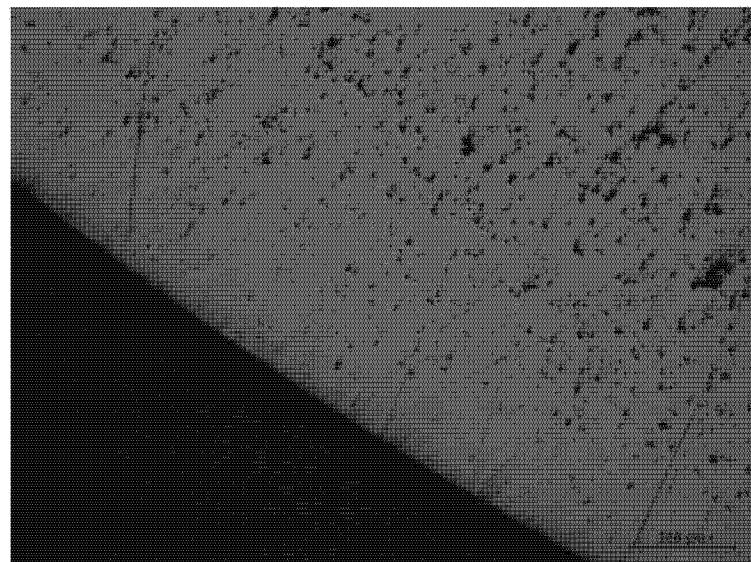


图 12

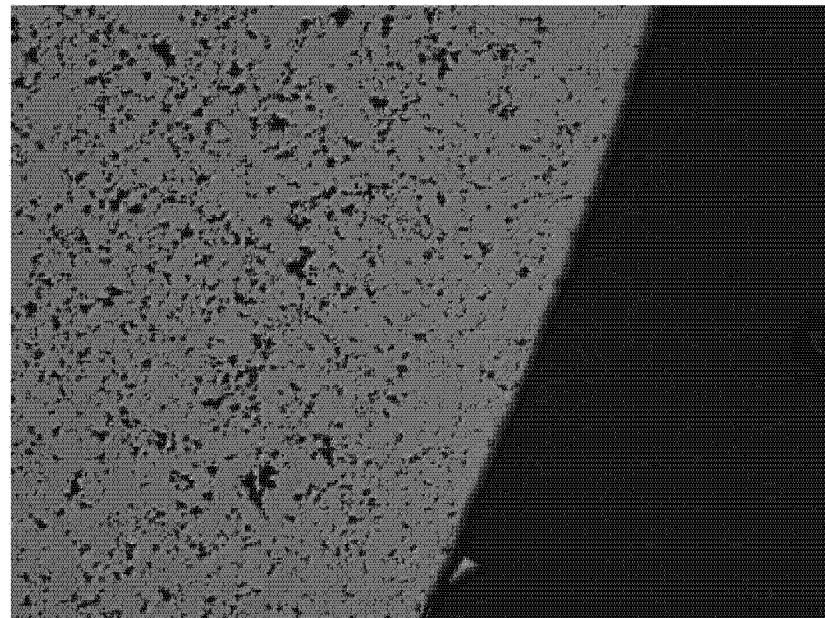


图 13