

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B22D 23/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710065832.1

[45] 授权公告日 2009年7月8日

[11] 授权公告号 CN 100509213C

[22] 申请日 2007.4.24

[21] 申请号 200710065832.1

[73] 专利权人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253号

[72] 发明人 蒋业华 周荣 李祖来 卢德宏
周荣锋 黎振华 张玉勤

[56] 参考文献

CN1817507A 2006.3.14

CN1498705A 2004.5.26

铸渗法制备钢铁基表面耐磨复合材料. 李祖来, 蒋业华, 周荣. 铸造设备研究, 第3期. 2003

审查员 冯燕

[74] 专利代理机构 昆明正原专利代理有限责任公司

代理人 徐玲菊

权利要求书2页 说明书8页 附图1页

[54] 发明名称

制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法

[57] 摘要

本发明涉及制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法。根据零件结构,对泡沫材料进行切割或用发泡技术直接制备可汽化的模样,将增强颗粒制备成与复合材料所需耐磨表面形状相适应的预制块,固定在需要合金化的泡沫材料模样表面,然后将模型埋入干砂中,振实后在负压状态下浇注金属液,其间通过抽真空形成的负压,将泡沫塑料和涂胶在浇注过程中因汽化而产生的气体抽走,同时借助真空密封技术,提高金属液的充型能力,以利金属液在颗粒间的渗透,从而获得更厚更致密的复合层,使制备的碳化钨颗粒增强金属基表面复合材料具有较高的表面质量和增强体体积分数,较均匀的增强体分布以及优异的抗冲击磨损性能。本发明方法不仅适用于要求不高的复合材料铸

件,还适用于形状复杂、技术要求高的复合材料铸件。

1、一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法，其特征在于包括下列工艺步骤：

A、耐火涂料的制备：将下列质量份的原料进行混合后，即在 1000℃ 下的透气性为 2.120~2.650 cm⁴/g.min，强度为 17.65~19.16 g/mm 的涂料：

石英砂	98.00~104.00	钠质膨润土	3.8~4.2
白乳胶	2.3~2.8	Na ₂ CO ₃	0.10~0.13
羧甲基纤维素	0.48~0.52	十二烷基苯磺酸钠	0.04~0.06
正辛醇	0.02~0.03；		

B、汽化模样的成型：在泡沫塑料板材上划出所需零件模样，其划线尺寸比零件尺寸大 0.5~1.0mm，用电热丝进行切割，切割时的电流控制在 50~100A，电压控制在 8~14V，得汽化模样；

C、预置体的制备及固定：将下列质量比的原料混合成增强颗粒料：

粒度为 40~60 目的碳化钨颗粒	60~80%
粒度为 60~80 目的高碳铬铁颗粒	20~40%
粘结剂	预置体总量的 3~6%；

将混合后的增强颗粒料压制在与复合材料所需耐磨表面形状相适应的预制块，在 40~60℃ 温度下烘干 0.5~1h，再用适量粘结剂将其预置在汽化模样上对应的复合材料需要耐磨的表面，在 40~60℃ 温度下加热硬化 0.5~1h，以形成预置层，其中，碳化钨颗粒作为增强颗粒，高碳铬铁用于调节复合材料中碳化钨颗粒的体积分数；

D、浇注模样的粘结：用适量粘结剂连接所需汽化模样，在 40~60℃ 温度下加热干燥 1~1.5h，之后在汽化模样的表面及预置层表面涂上一层厚度为 1~2mm 的 A 步骤的耐火涂料，在 40~60℃ 温度下加热硬化 2~3h，得浇注模样；

E、造型：将 D 步骤的浇注模样置于对应的钢制模箱中，用粒度为 40~60 目的干石英砂覆盖，在振动频率为 2900~3000 次/分钟，振动时间为 10s~30s 条件下振动砂箱，使之形成所需透气性和紧实度的模箱；

F、真空实型铸渗：在真空度为 0.02~0.06MPa 的负压下，将基材金属液浇入模箱，通过真空产生的吸力和金属液对碳化钨颗粒的润湿，使金属液被吸进包含碳化钨颗粒的预置体中，待模箱冷却后，即得碳化钨颗粒增强金属基复合材料。

2、根据权利要求 1 所述的一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法，其特征在于所述 B 步骤的汽化模样的成型，还可用下列方法：根据所需零件结构制作对应的模具，按模具体积的 1/8~1/12 的量，在模具中加入泡沫珠粒，用现有技术中的发泡方法直接制备汽化模样。

3、根据权利要求 1 所述的一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法，其特征在于所述 C 步骤、D 步骤使用的粘结剂是市购的质量百分比浓度为 5~8% 的聚乙烯醇水溶液或白乳胶。

4、根据权利要求 1 所述的一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法，其特征在于所述 E 步骤的砂箱振动，其振动方向为一维水平振动。

5、根据权利要求 1 所述的一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法，其特征在于所述 F 步骤的真空实型铸渗中，金属基材选择灰口铸铁，灰口铸铁的成分质量比 (wt.%) 为：C: 3.1~3.3%，Si: 1.5~1.8%，Mn: 0.3~0.5%， $P \leq 0.06\%$ ， $S \leq 0.06\%$ ，余量为 Fe；采用现有的中频感应炉进行熔炼，孕育温度为 1580~1590℃，浇注温度为 1490~1500℃。

6、根据权利要求 1 所述的一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法，其特征在于所述 F 步骤的真空实型铸渗中，金属基材选择低铬铸铁，低铬铸铁的成分质量比 (wt.%) 为：C: 2.4~2.6%，Si: 0.7~1.0%，Mn: 0.2~0.4%，Cr: 3.8~4.2%， $P \leq 0.06\%$ ， $S \leq 0.06\%$ ，余量为 Fe；采用现有的中频感应炉进行熔炼，孕育温度为 1580~1590℃，浇注温度为 1490~1500℃。

制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法

技术领域

本发明涉及一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法，尤其涉及一种抗冲击磨损的碳化钨颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗（V-EPC）制备方法，属于耐磨抗磨材料制备技术领域。

背景技术

现代工业的发展对材料的耐磨性能要求越来越高，冶金、矿山、建材、电力、化工、煤炭和农业等部门分别要用到矿山机械、工程机械、农业机械和各种破碎粉磨机械，这些机械设备的易损件要受到砂石、矿石、土壤等各种物料和研磨体的磨损，每年要消耗大量金属。根据不完全统计，能源的 1/3~1/2 消耗于摩擦与磨损。对材料来说，约 80%的零件失效是由磨损引起的，其中因磨料磨损而失效的约占 50%，据统计我国用于磨料磨损工况的耐磨钢铁件，每年要消耗 200 多万吨。由此，开发研制出一种能在磨损工况下，具有较长使用寿命的新材质显得极为重要。

铸渗工艺是将合金粉末或陶瓷颗粒等预先固定在型壁的特定位置上，然后通过浇注使铸件表面具有特殊的组织和性能，该工艺是一种表面处理与成型相结合的工艺。该方法简单易行，无需专门的处理设备，表面处理层具有一定厚度，生产周期短，零件不变形，具有其它工艺方法无法比拟的优点，是提高铸件表面耐磨、耐蚀、耐高温等性能的有效途径。自此法出现以后，得到了不断的发展，尤其是在二十世纪九十年代以后，铸渗法制备表面复合材料受到人们的青睐。

目前，利用铸渗方法制备表面复合材料的方法主要有以下几种：（1）普通铸渗方法，该方法均需要加入有机或无机的粘结剂和熔剂，而在液态高温的金属作用下，粘结剂或熔剂极易汽化或渣化，因而易产生气孔和夹渣（杂），导致材料性能的降低。（2）离心铸渗方法，即利用离心作用使强

化相均匀地分布于型壁，从而得到表面梯度复合材料，但该工艺仅仅适用于环状零件的生产，因而其应用范围受到较大的限制。(3) V法铸渗工艺，它与传统的铸渗工艺相比，用V法铸渗工艺制得的铸件表面光洁度好，尺寸精度高，工艺操作简便，适用范围广，生产成本低。但是，该工艺只适用于制备形状简单的铸件，同时存在下芯困难等缺点。(4) 实型铸渗工艺(EPC)，该工艺充分利用了干砂流动性好的特点，不用砂芯就可以方便获得铸件内腔，造型后不必起模，不合箱，无分型面，该工艺简化了造型及砂处理工艺和设备，制得的铸件具有表面质量好，尺寸精度高等优点。但是由于在金属液充填模样的过程中，会因EPS模样汽化而产生大量的气体，这些气体一旦得不到及时的排除，将会导致铸件中出现诸如皱皮、集碳、渣状气孔、粘砂、冷隔、夹渣和表面结皮等缺陷。

发明内容

针对普通铸渗工艺、离心铸渗工艺、V法铸渗工艺和实型铸渗工艺所存在的，铸件表面质量差，尺寸精度低，易出现气孔或夹杂等缺陷，无法生产结构复杂的零部件等缺点，本发明提供一种制备颗粒增强金属基表面复合材料的真空实型铸渗方法。

本发明提供的方法是这样的：先用聚苯乙烯泡沫材料制备成可汽化的零件模样，利用对应的模具将增强颗粒制备成预制块后，固定在需要合金化的泡沫材料模样表面，然后将模型埋入干砂中，振实后在负压状态下浇注金属液，其间通过抽真空形成的负压，将泡沫塑料和涂胶在浇注过程中因汽化而产生的气体抽走，同时借助真空密封技术，提高金属液的充型能力，以利金属液在颗粒间的渗透，从而获得更厚更致密的复合层。

本发明的具体技术方案是：一种制备颗粒增强铁基表面复合材料的真空实型铸渗方法，其特征在于包括下列工艺步骤：

A、耐火涂料的制备：将下列质量份的原料进行混合后，即得在1000℃下的透气性为 $2.120\sim 2.650\text{ cm}^4/\text{g}\cdot\text{min}$ ，强度为 $17.65\sim 19.16\text{ g/mm}$ 的涂料：

石英砂	98.00~104.00	钠质膨润土	3.8~4.2
白乳胶	2.3~2.8	Na_2CO_3	0.10~0.13

羧甲基纤维素 0.48~0.52 十二烷基苯磺酸钠 0.04~0.06
正辛醇 0.02~0.03;

B、汽化模样（EPS）的成型：在泡沫塑料板材上划出所需零件模样，其划线尺寸比零件尺寸大 0.5~1.0mm，用电热丝进行切割，切割时的电流控制在 50~100A，电压控制在 8~14V，得模样；

C、预置体的制备及固定：将下列质量比的原料混合成增强颗粒料：

粒度为 40~60 目的碳化钨颗粒 60~80%，
粒度为 60~80 目的高碳铬铁颗粒 20~40%
粘结剂 预置体总量的 3~6%

将混合后的增强颗粒料压制在与复合材料所需耐磨表面形状相适应的预制块，在 40~60℃温度下烘干 0.5~1h，再用适量粘结剂将其预置在汽化模样上对应的复合材料需要耐磨的表面，在 40~60℃温度下加热硬化 0.5~1h，以形成预置层，其中，碳化钨颗粒作为增强颗粒，高碳铬铁用于调节复合材料中碳化钨颗粒的体积分数；

D、浇注模样的粘结：用适量粘结剂连接所需模样，在 40~60℃温度下加热干燥 1~1.5h，之后在模样的表面及预置层表面涂上一层厚度为 1~2mm 的 A 步骤的耐火涂料，在 40~60℃温度下加热硬化 2~3h，得浇注模样；

E、造型：将 D 步骤的浇注模样置于对应的钢制模箱中，用粒度为 40~60 目的干石英砂覆盖，在振动频率为 2900~3000 次/分钟，振动时间为 10s~30s 条件下振动砂箱，使之形成所需透气性和紧实度的模箱；

F、真空实型铸渗：在真空度为 0.02~0.06MPa 的负压下，将基材金属液浇入模箱，通过真空产生的吸力和金属液对碳化钨颗粒的润湿，使金属液被吸进包含碳化钨颗粒的预置体中，待模箱冷却后，即得碳化钨颗粒增强金属基复合材料。

所述 B 步骤的汽化模样 EPS 的成型，还可用下列方法：根据所需零件结构制作对应的模具，按模具体积的 1/8~1/12 的量，在模具中加入泡沫珠粒，用现有技术中的发泡方法直接制备汽化模样。该方法无需进行切割，

可以进行曲面等复杂表面的复合。

所述 C 步骤、D 步骤使用的粘结剂是市购的质量百分比浓度为 5~8% 的聚乙烯醇水溶液 PVA 或白乳胶。

所述 C 步骤的增强颗粒料压制，其压制时所用压力的大小，以能够满足将混合颗粒料压制成所需形状尺寸为宜。

所述 E 步骤的砂箱振动，其振动方向为一维水平振动。

所述 C 步骤的增强颗粒料压制，通过调节混合物的总量来控制颗粒的紧实度。

所述 F 步骤的真空实型铸渗中，金属基材选择为灰口铸铁或低铬铸铁，灰口铸铁的成分质量比 (wt.%) 为：C: 3.1~3.3%，Si: 1.5~1.8%，Mn: 0.3~0.5%， $P \leq 0.06\%$ ， $S \leq 0.06\%$ ，余量为 Fe；低铬铸铁的成分质量比 (wt.%) 为：C: 2.4~2.6%，Si: 0.7~1.0%，Mn: 0.2~0.4%，Cr: 3.8~4.2%， $P \leq 0.06\%$ ， $S \leq 0.06\%$ ，余量为 Fe；采用现有的中频感应炉进行熔炼，孕育温度为 1580~1590℃，浇注温度为 1490~1500℃。

本发明与其它铸渗方法相比具有下列优点和效果：本发明借助真空密封技术，将泡沫塑料和涂胶在浇注过程中因汽化而产生的气体抽走，提高了金属液的充型能力，以利金属液在颗粒间的渗透，从而获得更厚更致密的复合层，且用本发明的真空实型铸渗法制备的金属基表面复合材料铸件，具有较高的表面质量和尺寸精度，对于要求不高的复合材料铸件可以直接使用，对于形状复杂的、技术要求高的复合材料铸件也能使用，如需要复合环形表面的铸件等，制备的复合材料组织致密，增强体的体积分数高，使复合材料的综合性能得到较大提高。

附图说明

图 1 碳化钨颗粒体积分数为 36% 的灰铸铁基复合层组织；

图 2 碳化钨颗粒体积分数为 27% 的灰铸铁基复合层组织；

图 3 碳化钨颗粒体积分数为 19% 的灰铸铁基复合层组织。

以下结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步描述。

实施例 1

(1) 制备耐火涂料：涂料的成分配比为：石英砂 98 克，钠质膨润土 3.8 克，白乳胶 2.3 克， Na_2CO_3 0.10 克，羧甲基纤维素 0.48 克，十二烷基苯磺酸钠 0.04 克，正辛醇 0.02 克，混合所得的涂料在 1000°C 下的透气性为 $2.120 \text{ cm}^4/\text{g}\cdot\text{min}$ ，强度为 $17.65 \text{ g}/\text{mm}$ 。

(2) 制备汽化模样 (EPS)：在泡沫塑料板材上划出所需零件模样，包括横浇道、直浇道和内浇道模样，其划线尺寸比实际零件尺寸大 0.5mm ，用电热丝进行切割，电热丝采用 800W 的电炉丝，切割时的电流控制在 72A ，电压控制在 11V ，得尺寸为 $80\times 40\times 30\text{mm}$ 的矩形模样，横浇道为 $30\times 25\times 250\text{mm}$ ，直浇道为 $30\times 30\times 140\text{mm}$ ，内浇道为 $15\times 15\times 30\text{mm}$ 。

(3) 预置体的制备及固定：用粒度为 $40\sim 60$ 目的碳化钨颗粒 80 克，粒度为 $60\sim 80$ 目的高碳铬铁颗粒 20 克，与粘结剂进行混合，粘结剂为聚乙烯醇水溶液 (PVA)，质量百分比浓度为 $6\text{wt}\%$ ，加入量为预置体总量的 $4\text{wt}\%$ ，将碳化钨颗粒与高碳铬铁颗粒以及粘结剂混合均匀，高碳铬铁颗粒成分为 FeCr55C1000 ，将混合后的颗粒压制成与矩形模样相对应的矩形预制块，并通过调节混合物的总量来控制颗粒的紧实度，制得矩形预制块的尺寸为 $80\times 40\times 3\text{mm}$ ，将预制块在 50°C 下加热干燥 0.5h ，硬化后用适量粘结剂将其预置在模样上对应的复合材料需要耐磨的表面，使用的粘结剂为 $6\text{wt}\%$ 聚乙烯醇水溶液 (PVA)，压制压力的大小只需满足将混合颗粒压制成所需要的尺寸即可，在 50°C 下加热干燥 0.5h ，硬化后得预置体；

(4) 浇注模样的粘结：用适量白乳胶粘接步骤 (2) 的模样和浇道，在 50°C 下加热干燥 1h ，形成“簇”，然后在模样的所有表面包括预置在模样上的增强颗粒层，涂一层厚度为 1mm 的由步骤 (1) 所得的耐火涂料，在 50°C 下加热硬化 2h ；

(5) 造型

将步骤 (4) 制好的“簇”置于钢制模箱中，使用粒度为 $40\sim 60$ 目的

干石英砂覆盖，在振动频率为 2960 次/分钟，振动时间为 30s 条件下振动砂箱，使之形成所需透气性和紧实度的模箱，振动台振动方向为一维水平振动；

(6) 基材选择为灰铸铁，其成分质量比 (wt.%) 为：C: 3.2%，Si: 1.6%，Mn: 0.4%， $P \leq 0.06\%$ ， $S \leq 0.06\%$ ，余量为 Fe，采用中频感应炉进行熔炼形成基材金属液，孕育温度为 1580~1590℃，浇注温度为 1490~1500℃；

(7) 真空实型铸渗：在真空度为 0.02MPa 的负压下，将铁液浇入模箱，通过真空度的吸力和铁液对碳化钨颗粒的润湿，使铁液被吸进包含碳化钨颗粒的预置体中，由此，待模箱冷却后，即得碳化钨颗粒增强铁基复合材料。

实施例 2

(1) 制备耐火涂料：涂料的成分配比为：石英砂 104 克，钠质膨润土 4.2 克，白乳胶 2.8 克， Na_2CO_3 0.13 克，羧甲基纤维素 0.52 克，十二烷基苯磺酸钠 0.06 克，正辛醇 0.03 克，混合所得的涂料在 1000℃ 下的透气性为 $2.65 \text{ cm}^4/\text{g}\cdot\text{min}$ ，强度为 19.16 g/mm。

(2) 制备汽化模样 (EPS)：

制作汽化模样的模具，模具尺寸为 $80 \times 40 \times 30 \text{ mm}$ ，加入体积为 12 cm^3 的泡沫珠粒置于模具中，然后利用现有技术中的发泡方法直接制备成 $80 \times 40 \times 30 \text{ mm}$ 的汽化模样，即可。

(3) 预置体的制备及固定：用粒度为 40~60 目的碳化钨颗粒 60 克，粒度为 60~80 目的高碳铬铁颗粒 40 克，与粘结剂进行混合，粘结剂为聚乙烯醇水溶液 (PVA)，质量百分比浓度为 6wt%，加入量为预置体总量的 6 wt%，将碳化钨颗粒与高碳铬铁颗粒以及粘结剂混合均匀，高碳铬铁颗粒成分为 FeCr55C1000，将混合后的颗粒压制成预制块，并通过调节混合物的总量来控制颗粒的紧实度，制得预制块的尺寸为 $80 \times 40 \times 3 \text{ mm}$ ，将预制

块在 50℃ 下加热干燥 1h，硬化后用适量粘结剂将其预置在模样上对应的复合材料需要耐磨的表面，使用的粘结剂为 6wt% 聚乙烯醇水溶液 (PVA)，压制压力的大小只需满足将混合颗粒压制成所需要的尺寸即可，在 50℃ 下加热干燥 1h，硬化后得预置体；

(4) 浇注模样的粘结：用适量白乳胶粘接步骤 (2) 的模样和浇道，在 50℃ 下加热干燥 1.5h，形成“簇”，然后在模样的所有表面包括预置在模样上的增强颗粒层，涂一层厚度为 2mm 的由步骤 (1) 所得的耐火涂料，在 50℃ 下加热硬化 3h；

(5) 造型

将步骤 (4) 制好的“簇”置于钢制模箱中，使用粒度为 40~60 目的干石英砂覆盖，在振动频率为 3000 次/分钟，振动时间为 10s 条件下振动砂箱，使之形成所需透气性和紧实度的模箱，振动台振动方向为一维水平振动；

(6) 基材选择为低铬铸铁，其成分质量比 (wt.%) 为：C: 2.5%，Si: 0.9%，Mn: 0.3%，Cr: 4.0%， $P \leq 0.06\%$ ， $S \leq 0.06\%$ ，余量为 Fe，采用中频感应炉进行熔炼形成基材金属液，孕育温度为 1580~1590℃，浇注温度为 1490~1500℃；

(7) 真空实型铸渗：在真空度为 0.06MPa 的负压下，将铁液浇入模箱，通过真空度的吸力和铁液对碳化钨颗粒的润湿，使铁液被吸进包含碳化钨颗粒的预置体中，由此，待模箱冷却后，即得碳化钨颗粒增强铁基复合材料。

实施结果

(1) 复合材料的表面质量高，复合层均匀，厚度均为 3mm 左右，碳化钨颗粒的分布也比较均匀；

(2) 复合材料的抗冲蚀磨料磨损性能如下表，表中的高铬铸铁作为对比试样，其成分质量比 (wt.%) 为：C: 3.2%；Cr: 15%；Mo: 2.0%；Si: 0.5%；Mn: 0.4%； $P \leq 0.06\%$ ； $S \leq 0.06\%$ ；余量为 Fe。

	碳化钨体积分数 (%)	体积磨损率 ($\text{mm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	相对 耐磨性
实施例 1	36	19.92	2.93
实施例 2	19	23.42	2.49
高铬铸铁		58.43	1

可以看出,采用本发明所制备的碳化钨颗粒增强灰口铸铁基表面复合材料以及碳化钨颗粒增强低铬铸铁基表面复合材料的耐磨性,是高铬铸铁的 2.49~2.93 倍,均具有非常好的耐磨性能。

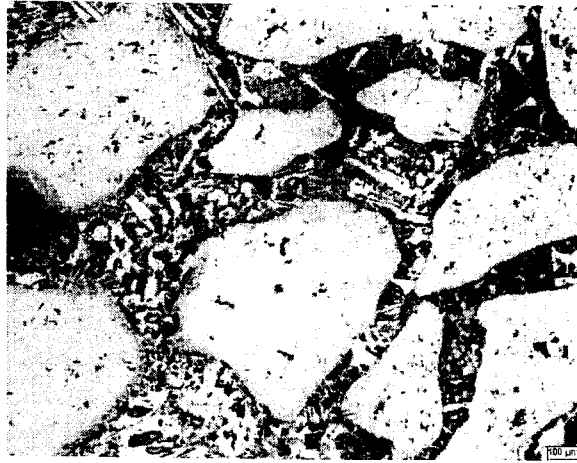


图 1



图 2



图 3