



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103436773 A

(43) 申请公布日 2013.12.11

(21) 申请号 201310367339.0

(22) 申请日 2013.08.21

(71) 申请人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 符寒光 智小慧 雷永平 林健

吴中伟

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 张慧

(51) Int. Cl.

C22C 37/06 (2006.01)

C22C 33/08 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种耐磨高铬铸铁制备方法

(57) 摘要

一种耐磨高铬铸铁制备方法,属于金属材料技术领域。采用普通废钢、增碳剂、铬铁、钼铁、铜板、氮化铬铁、硅铁、锰铁、硼铁和金属铝在电炉内熔炼耐磨高铬铸铁,将耐磨高铬铸铁铁水的化学组成及质量分数控制在:3.0~3.5%C, 18~25%Cr, 0.3~0.5%Mn, 0.3~0.5%Si, 0.18~0.25%N, 0.5~0.8%Mo, 0.2~0.4%B, 0.08~0.12%Al, 0.5~1.0%Cu, S<0.05%, P<0.05%, 余量为Fe。铁水出炉和浇注过程中,分别采用孕育剂和悬浮剂处理,得到细小的凝固组织,使耐磨高铬铸铁具有优异的性能。

1. 一种耐磨高铬铸铁制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 采用普通废钢、增碳剂、铬铁、钼铁、铜板、氮化铬铁、硅铁、锰铁、硼铁和金属铝在电炉内熔炼耐磨高铬铸铁,将耐磨高铬铸铁铁水的化学组成及质量分数控制在:3.0~3.5%C, 18~25%Cr, 0.3~0.5%Mn, 0.3~0.5%Si, 0.18~0.25%N, 0.5~0.8%Mo, 0.2~0.4%B, 0.08~0.12%Al, 0.5~1.0%Cu, S<0.05%, P<0.05%, 余量为Fe。当铁水温度升至1530~1560℃时出炉;

(2) 铁水出炉时,加入占铁水质量分数1.5~2.5%的中间铁合金作为孕育剂,随流孕育处理铁水,铁水经静置和扒渣处理后,当温度为1400~1430℃时,直接浇入铸型,铁水浇注过程中,随铁水加入占铁水质量分数0.8~1.5%的铁合金丸作为悬浮剂;

(3) 铸件经清砂和打磨处理后进行淬火和回火处理,淬火加热温度950~1000℃,保温时间2~4h,冷却方式采用风冷,回火温度230~260℃,保温时间8~12h,回火后空冷;

其中所述的铁合金丸为将质量分数为2.5~3.0%C、0.3~0.5%Bi、0.8~1.0%B、0.6~1.0%Mn、1.5~3.0%Si、P<0.05%、S<0.05%、余量Fe的铁合金破碎成粒度为0.5~1.0mm的铁合金丸,中间铁合金为将质量分数为2.0~2.5%C、3~5%Ca、3~5%Ba、2.5~5.0%Ti、12.0~15.0%Si、0.5~1.0%Mn、P<0.04%、S<0.04%、Fe余量的中间铁合金破碎至粒度为2~5mm的小块,然后铁合金丸和中间铁合金经200~250℃烘干3~4h。

2. 按照权利要求1的方法制备得到的一种耐磨高铬铸铁。

一种耐磨高铬铸铁制备方法

技术领域

[0001] 本发明为一种高铬铸铁制备方法,特别涉及一种采用悬浮铸造和随流孕育处理耐磨铸造高铬铸铁方法,属于金属材料技术领域。

背景技术

[0002] 高铬白口铸铁被誉为当代最优良的抗磨料磨损材料,随着生产的发展,按铬含量控制范围,通常采用 Cr15、Cr20、Cr25 三个系列。为满足不同工况要求,除调整含碳量外,还辅以其它合金元素,如镍、钨、钼等,形成多元合金高铬铸铁。为了提高高铬铸铁性能,中国发明专利 CN102220541A 公开了一种含有 SiC 粉体的高铬铸铁、该铸铁的制备方法和用该种铸铁材料制造耐磨铸件的方法,采用的技术方案是:一种含 SiC 粉体的高铬铸铁,其特征在于:所述 SiC 粉体为 99.9%SiC,平均粒度为 20-40 纳米, SiC 粉体占所述高铬铸铁总重量的 3-6%,所述高铬铸铁还包括 3.1-3.9%C, 18-22%Cr, 0.5-1.0%Si, 0.6-1.6%Mo, 0.6-1.2%Mn, 0.1-0.4%Ni, 0.04-0.09%V, 0.011-0.031%S, 0.018-0.030%P。有益效果在于: 1) SiC 粉体大大提高铸件的耐磨性。2) 利用 SiC 粉体来增强高铬铸铁材料,可形成耐高冲击摩擦磨损的高铬铸铁耐磨抛丸器叶片。因此,利用 SiC 纳米粉体既可以改变高铬铸铁晶体生长形貌,改变马氏体的生长形态,大大提高材料的硬度;又可以提高材料高温下的摩擦磨损性能,明显起到抵抗高温摩擦磨损的作用。中国发明专利 CN101012526 还公开了一种稀土多元微合金化高铬铸铁及其用途。它解决了目前国内挤压辊用钢的耐磨性和使用寿命不理想,不能满足生产需要,而进口设备成本过高等问题,具有较高的热硬性、热强度、热疲劳强度、耐磨性和使用寿命明显提高,机械加工性能良好等优点,可满足挤压辊的需要。该铸铁的化学成分按重量份计含有,碳 1.0-3.5 份,铬 8.0-26.0 份,镍 0.5-4.5 份,钼 0.15-2.0 份,铜 0.5-2.0 份,铝 0.05-2.0 份,钒 0.03-0.3 份,稀土 0.005-0.20 份,硅 \leq 0.5 份,锰 \leq 0.7 份,硫 \leq 0.05 份,磷 \leq 0.05 份,余量为铁。中国发明专利 CN102212740A 还公开了含 VN、TiN 粉体高铬铸铁、该铸铁制备方法和耐磨件,采用的技术方案是:一种含 VN、TiN 粉体高铬铸铁,其特征在于:所述 VN、TiN 粉体是纯度为 99.5% 的 VN 和纯度为 99.3% 的 TiN,所述粉体占高铬铸铁重量百分数是 2-4% 的 VN 和 2-4% 的 TiN,所述高铬铸铁还包括 3.1-3.9%C, 18-22%Cr, 0.5-1.0%Si, 0.6-1.6%Mo, 0.6-1.2%Mn, 0.1-0.4%Ni, 0.04-0.09%V, 0.011-0.031%S, 0.018-0.030%P、余量为铁的基体材料。有益效果在于:该发明的有益效果在于:VN 和 TiN 粉体可作为高铬铸铁金属液基体和碳化物凝固的形核核心,大大提高铸件的耐磨性;利用 VN 和 TiN 粉体来增强高铬铸铁材料,可形成耐高冲击摩擦磨损高铬铸铁耐磨抛丸器叶片;VN 和 TiN 粉体采用炉内加入法,一方面加入的纳米颗粒起到了强化作用,另一方面在炉内加入的是氩气,保护了金属液。中国发明专利 CN1769508 还公开了一种过共晶高铬铸铁及其制备方法,过共晶高铬铸铁的主要成分为:C:3.5~4.5%, Mn:1.0~3.0%, Cr:17~30%, Si:0.5~1.5%, Cu:1.0~2.0%, P: \leq 0.06%, S: \leq 0.06%, Ni: \leq 1%,余量为铁。其制备方法是采用二次孕育变质处理的方法细化初生碳化物,包内孕育剂的中间合金含有的 TiN、NbN 等颗粒作为促进初生碳化物形核的基体,增加初生碳化物

的形核数量。稀土、镁和钾等富集在初生碳化物的表面,使其细化、团球化。随流孕育剂的作用是大大加快合金的凝固,使初生碳化物来不及长大,从而达到细化初生碳化物的目的。用过共晶高铬铸铁制造的渣浆泵过流件,生产工艺简便、成本低,铸造性好,具有优良的耐磨性和高的使用寿命。中国发明专利 CN101173340 还公开了一种铸态高碳高铬铸铁及其制备方法,高碳高铬铸铁化学组成成分是(重量%):4.5-5.5C,22.5-30.8Cr,3.0-5.0V,0.7-1.2Mn,0.2-0.5Nb,0.5-1.0Ti,0.08-0.20Mg,0.05-0.20Na,0.05-0.20RE, Si < 1.0,其余为 Fe 和不可避免的微量杂质,且 $5.0 \leq \text{Cr/C} \leq 5.6$ 。该发明铸态高碳高铬铸铁可电炉生产,铸铁出炉温度 1440-1480℃,出炉时用钒铁颗粒孕育,并用稀土镁合金和钠盐进行复合变质处理,铁水浇铸温度为 1350-1380℃。该发明高碳高铬铸铁在 200-280℃ 下进行去应力退火处理后可直接使用,不需要高温热处理,能耗低,生产周期短,且铸造性能好,还具有高硬度和优异的耐磨性。中国发明专利 CN101580913 还公开了高铬铸铁复合孕育剂及其制备方法和应用涉及含铬的铸铁合金,该高铬铸铁复合孕育剂是一种纳米晶的稀土硅铁+硼铁的高铬铸铁复合孕育剂,由 Fe-Ce-Si-Ca 中间合金和 Fe-B 中间合金组成,其重量比为 Fe-Ce-Si-Ca 中间合金:Fe-B 中间合金 = 1:0.07 ~ 0.13,该孕育剂的纳米晶晶粒小于 100nm,是由商购稀土硅铁+商购硼铁为原料进行熔体快淬处理而得到的薄片状孕育剂,用它对工程机械用高铬铸铁耐磨件的高铬铸铁合金组织进行晶粒和组织细化处理,处理方法是金属熔融铸造法,克服了现有高铬铸铁合金铸造技术的铸造缺陷,基体晶粒和渗碳体相得以显著细化,从而明显地提高了高铬铸铁合金的综合力学性能。中国发明专利 CN101503013 还公开了一种高铬铸铁复合耐磨材料由基层、过渡层、耐磨层构成,所述基层为低碳钢;过渡层为铜合金;耐磨层为高铬铸铁,其生产工艺为:依次将截面积相同、厚度不同的基层、过渡层、耐磨层叠置于保护气氛炉中加热至 1100 ~ 1300℃,保温,控制冷却至 100℃ 出炉;然后将所得物料加热至 800 ~ 1050℃,淬火后低温回火。该发明生产工艺简单,结构设计合理,通过高硬层、过渡层、高韧层的不同层厚组合及相应的高温扩散、热处理工艺处理,实现耐磨材料高硬度、良好的耐磨性及韧性的有机结合,可广泛使用于矿山、水泥、制砖、电力、冶金等行业,适用于各种恶劣工况条件下的耐磨要求。中国发明专利 CN101892417A 还公开了一种铸态使用的过共晶高铬铸铁,该铸态使用的过共晶高铬铸铁的化学组成成分以重量百分比计算为:C:3.5 ~ 4.5%,Mn:1.0 ~ 3.0%,Cr:16.0 ~ 28.0%,Si:0.5 ~ 1.5%,Ti:2.1 ~ 3.0%,P:≤ 0.06%,S:≤ 0.06%,余量为铁。该铸态使用的过共晶高铬铸铁出炉温度 1500 ~ 1650℃,浇注温度 1350 ~ 1400℃,贵金属的含量少,在铸态直接使用,能耗低,生产周期短,且铸造性能好,还具有较高硬度和优良的耐磨性。但是目前所开发成功的各种高铬耐磨铸铁普遍存在脆性大,贵重金属元素加入量多,生产成本高等不足。

发明内容

[0003] 本发明的目的是在高铬铸铁冶炼后期和浇注过程中,加入孕育剂和悬浮剂,达到改善高铬铸铁组织,提高其性能的目的。

[0004] 本发明的目的可以通过以下工艺步骤来实现:

[0005] (1) 采用普通废钢、增碳剂、铬铁、钼铁、铜板、氮化铬铁、硅铁、锰铁、硼铁和金属铝在电炉内熔炼耐磨高铬铸铁,将耐磨高铬铸铁铁水的化学组成及质量分数控制在:3.0 ~

3.5%C, 18 ~ 25%Cr, 0.3 ~ 0.5%Mn, 0.3 ~ 0.5%Si, 0.18 ~ 0.25%N, 0.5 ~ 0.8%Mo, 0.2 ~ 0.4%B, 0.08 ~ 0.12%Al, 0.5 ~ 1.0%Cu, S<0.05%, P<0.05%, 余量为 Fe。当铁水温度升至 1530 ~ 1560℃时出炉；

[0006] (2)铁水出炉时,加入占铁水质量分数 1.5 ~ 2.5%的中间铁合金作为孕育剂,随流孕育处理铁水,铁水经静置和扒渣处理后,当温度为 1400 ~ 1430℃时,直接浇入铸型,铁水浇注过程中,随铁水加入占铁水质量分数 0.8 ~ 1.5%的铁合金丸作为悬浮剂；

[0007] (3)铸件经清砂和打磨处理后进行淬火和回火处理,淬火加热温度 950 ~ 1000℃,保温时间 2 ~ 4h,冷却方式采用风冷,回火温度 230 ~ 260℃,保温时间 8 ~ 12h,回火后空冷。

[0008] 其中所述的铁合金丸为将质量分数为 2.5 ~ 3.0%C、0.3 ~ 0.5%Bi、0.8 ~ 1.0%B、0.6 ~ 1.0%Mn、1.5 ~ 3.0%Si、P<0.05%、S<0.05%、余量 Fe 的铁合金破碎成粒度为 0.5 ~ 1.0mm 的铁合金丸,中间铁合金为将质量分数为 2.0 ~ 2.5%C、3 ~ 5%Ca、3 ~ 5%Ba、2.5 ~ 5.0%Ti、12.0 ~ 15.0%Si、0.5 ~ 1.0%Mn、P<0.04%、S<0.04%、Fe 余量的中间铁合金破碎至粒度为 2 ~ 5mm 的小块,然后铁合金丸和中间铁合金经 200 ~ 250℃烘干 3 ~ 4h 后,分别用于悬浮铸造和孕育处理。

[0009] 本发明在铁水出炉时,加入占铁水质量分数 1.5 ~ 2.5%的中间铁合金作为孕育剂,随流孕育处理铁水,且中间铁合金的化学组成及质量分数是:2.0 ~ 2.5%C, 3 ~ 5%Ca, 3 ~ 5%Ba, 2.5 ~ 5.0%Ti, 12.0 ~ 15.0%Si, 0.5 ~ 1.0%Mn, P<0.04%, S<0.04%, Fe 余量。孕育剂加入铁水后,能增加凝固核心,细化高铬铸铁显微组织。此外,孕育剂的加入可以减少铁水中夹杂物数量,并改善夹杂物形态和分布,有利于提高高铬铸铁力学性能,特别是促进高铬铸铁强韧性的提高。

[0010] 此外,本发明在浇注过程中,加入占铁水质量分数 0.8 ~ 1.5%的铁合金丸作为悬浮剂,铁合金丸的化学组成及质量分数是:2.5 ~ 3.0%C, 0.3 ~ 0.5%Bi, 0.8 ~ 1.0%B, 0.6 ~ 1.0%Mn, 1.5 ~ 3.0%Si, P<0.05%, S<0.05%, 余量 Fe。悬浮剂加入铁水后,可以进一步细化凝固组织,改善高铬铸铁力学性能和耐磨性。图 1 是耐磨铸造高铬铸铁悬浮处理工艺示意图。

[0011] 本发明效果：

[0012] 1) 本发明耐磨高铬铸铁中不含镍、钒、铌等昂贵合金元素,具有较低的生产成本。

[0013] 2) 本发明耐磨高铬铸铁因采用孕育处理和悬浮浇注,凝固组织细小,力学性能好,其中宏观硬度达到 63 ~ 65HRC,抗弯强度达到 1850 ~ 1960MPa,冲击韧性达到 10J/cm² 以上。

[0014] 3) 本发明耐磨高铬铸铁显微组织中,含有体积分数 35 ~ 40%的高硬度 M₇C₃ 型碳化物,具有优异的耐磨性,在相同磨损(ML-10 销盘磨损试验)条件下,本发明耐磨高铬铸铁的耐磨性比 Cr15Mo3 高铬铸铁提高 30% 以上。两者生产成本相当。

附图说明

[0015] 图 1 耐磨铸造高铬铸铁悬浮处理工艺示意图；

[0016] 1—浇口杯,2—加料斗,3—集液包,4—直浇道,5—型腔。

具体实施方式

[0017] 以下结合附图和发明人给出的实施例对本发明作进一步详述,但本发明并不限于以下实施例。耐磨铸造高铬铸铁悬浮处理工艺示意图见图 1,型腔 5 上设有相通的直浇道 4,直浇道 4 上设有相通的集液包 3,集液包 3 直接与加料斗 2 连接,同时集液包 3 还与浇口杯连接。

[0018] 实施例 1:

[0019] 本发明耐磨铸造高铬铸铁用 250 公斤中频感应电炉熔炼,其制造工艺步骤是:

[0020] (1)将质量分数为 2.53%C, 0.48%Bi, 0.81%B, 0.65%Mn, 1.51%Si, 0.039%P, 0.033%S, 余量 Fe 的铁合金破碎成粒度为 0.5 ~ 1.0mm 的铁合金丸,将质量分数为 2.01%C, 3.12%Ca, 4.85%Ba, 2.62%Ti, 12.07%Si, 0.51%Mn, 0.036%P, 0.021%S, Fe 余量的中间铁合金破碎至粒度为 2 ~ 5mm 的小块,铁合金丸和中间铁合金经 200℃烘干 4h 后,分别用于悬浮铸造和孕育处理。

[0021] (2)采用普通废钢、增碳剂、铬铁、钼铁、铜板、氮化铬铁、硅铁、锰铁、硼铁和金属铝在电炉内熔炼耐磨高铬铸铁,将耐磨高铬铸铁铁水的化学组成及质量分数控制在:3.03%C, 18.17%Cr, 0.49%Mn, 0.32%Si, 0.19%N, 0.77%Mo, 0.39%B, 0.09%Al, 0.50%Cu, 0.038%S, 0.044%P, 余量为 Fe。当铁水温度升至 1532℃时出炉。

[0022] (3)铁水出炉时,加入占铁水质量分数 1.5% 的中间铁合金作为孕育剂,随流孕育处理铁水,铁水经静置和扒渣处理后,当温度为 1405℃时,直接从浇口杯 1 中浇入铸型。铁水浇注过程中,从加料斗 2 中加入占铁水质量分数 1.5% 的铁合金丸作为悬浮剂,铁水和悬浮剂在集液包 3 中反应,然后经直浇道 4 注入型腔 5。

[0023] (4)铸件经清砂和打磨处理后进行淬火和回火处理,淬火加热温度 950℃,保温时间 4h,冷却方式采用风冷,回火温度 260℃,保温时间 8h,回火后空冷。

[0024] 耐磨高铬铸铁性能见表 1。

[0025] 实施例 2:

[0026] 本发明耐磨铸造高铬铸铁用 250 公斤中频感应电炉熔炼,其制造工艺步骤是:

[0027] (1)分别将质量分数为 2.99%C, 0.33%Bi, 0.98%B, 0.97%Mn, 2.90%Si, 0.036%P, 0.038%S, 余量 Fe 的铁合金破碎至粒度 0.5 ~ 1.0mm 的铁合金丸,将质量分数为 2.48%C, 4.92%Ca, 3.01%Ba, 4.80%Ti, 14.99%Si, 0.98%Mn, 0.033%P, 0.017%S, Fe 余量的中间铁合金破碎至粒度为 2 ~ 5mm 的小块,铁合金丸和中间铁合金经 250℃烘干 3h 后,分别用于悬浮铸造和孕育处理。

[0028] (2)采用普通废钢、增碳剂、铬铁、钼铁、铜板、氮化铬铁、硅铁、锰铁、硼铁和金属铝在电炉内熔炼耐磨高铬铸铁,将耐磨高铬铸铁铁水的化学组成及质量分数控制在:3.49%C, 24.88%Cr, 0.31%Mn, 0.48%Si, 0.25%N, 0.51%Mo, 0.22%B, 0.11%Al, 0.97%Cu, 0.040%S, 0.043%P, 余量为 Fe。当铁水温度升至 1559℃时出炉。

[0029] (3)铁水出炉时,加入占铁水质量分数 2.5% 的中间铁合金作为孕育剂,随流孕育处理铁水,铁水经静置和扒渣处理后,当温度为 1428℃时,直接从浇口杯 1 中浇入铸型。铁水浇注过程中,从加料斗 2 中加入占铁水质量分数 0.8% 的铁合金丸作为悬浮剂,铁水和悬浮剂在集液包 3 中反应,然后经直浇道 4 注入型腔 5。

[0030] (4)铸件经清砂和打磨处理后进行淬火和回火处理,淬火加热温度 980℃,保温时间 3h,冷却方式采用风冷,回火温度 240℃,保温时间 10h,回火后空冷。耐磨高铬铸铁性能

见表 1。

[0031] 实施例 3：

[0032] 本发明耐磨铸造高铬铸铁用 250 公斤中频感应电炉熔炼，其制造工艺步骤是：

[0033] (1) 分别将质量分数为 2.82%C, 0.43%Bi, 0.91%B, 0.73%Mn, 2.36%Si, 0.041%P, 0.035%S, 余量 Fe 的铁合金破碎至粒度 0.5 ~ 1.0mm 的铁合金丸，将质量分数为 2.33%C, 4.14%Ca, 3.78%Ba, 3.95%Ti, 14.02%Si, 0.83%Mn, 0.038%P, 0.022%S, Fe 余量的中间铁合金破碎至粒度为 2 ~ 5mm 的小块，铁合金丸和中间铁合金经 230℃ 烘干 4h 后，分别用于悬浮铸造和孕育处理。

[0034] (2) 采用普通废钢、增碳剂、铬铁、钼铁、铜板、氮化铬铁、硅铁、锰铁、硼铁和金属铝在电炉内熔炼耐磨高铬铸铁，将耐磨高铬铸铁铁水的化学组成及质量分数控制在：3.30%C, 23.05%Cr, 0.42%Mn, 0.39%Si, 0.21%N, 0.65%Mo, 0.28%B, 0.09%Al, 0.74%Cu, 0.037%S, 0.040%P, 余量为 Fe。当铁水温度升至 1546℃ 时出炉。

[0035] (3) 铁水出炉时，加入占铁水质量分数 2.0% 的中间铁合金作为孕育剂，随流孕育处理铁水，铁水经静置和扒渣处理后，当温度为 1415℃ 时，直接从浇口杯 1 中浇入铸型。铁水浇注过程中，从加料斗 2 中加入占铁水质量分数 1.2% 的铁合金丸作为悬浮剂，铁水和悬浮剂在集液包 3 中反应，然后经直浇道 4 注入型腔 5。

[0036] (4) 铸件经清砂和打磨处理后进行淬火和回火处理，淬火加热温度 1000℃，保温时间 2h，冷却方式采用风冷，回火温度 230℃，保温时间 12h，回火后空冷。耐磨高铬铸铁性能见表 1。

[0037] 表 1 耐磨高铬铸铁性能

[0038]

| 力学性能 | 宏观硬度 /HRC | 抗弯强度 /MPa | 冲击韧性 /J. cm ⁻² |
|-------|-----------|-----------|---------------------------|
| 实施例 1 | 63.4 | 1935 | 10.9 |
| 实施例 2 | 64.0 | 1905 | 10.5 |
| 实施例 3 | 64.5 | 1870 | 10.6 |

[0039] 本发明耐磨高铬铸铁因采用孕育处理和悬浮浇注，凝固组织细小，力学性能好，其中宏观硬度达到 63 ~ 65HRC，抗弯强度达到 1850 ~ 1960MPa，冲击韧性达到 10J/cm² 以上。本发明耐磨高铬铸铁显微组织中，含有体积分数 35 ~ 40% 的高硬度 M₇C₃ 型碳化物，具有优异的耐磨性，在相同磨损条件下 (ML-10 两体销盘磨损试验，磨损时用 120 号石英水砂纸与试样对磨，磨损试样尺寸 $\Phi 6\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，磨程 10.409m，载荷为 7.84N)，本发明耐磨高铬铸铁的耐磨性比 Cr15Mo3 高铬铸铁提高 30% 以上，两者生产成本相当。本发明耐磨高铬铸铁在耐磨领域有良好的推广应用前景。

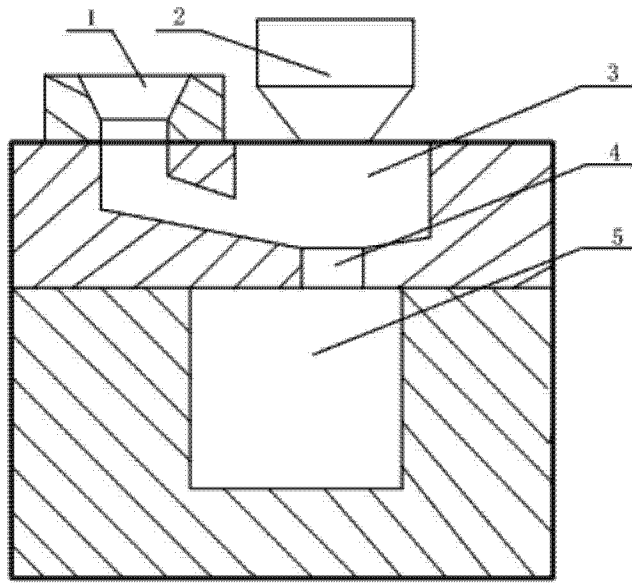


图 1