

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 93105874.0

[51]Int.Cl<sup>5</sup>

C22C 38/22

[43]公开日 1994年1月5日

[22]申请日 93.5.28

[71]申请人 青岛四海电力铸造厂

地址 266500山东省青岛市黄岛区崇明岛路18号

[72]发明人 董烈刚 符莉 王寿增 赵杰臣

马智群 吴悦 张士文 毛锡书

张炎生 丁永强

[74]专利代理机构 青岛市专利服务中心

代理人 崔滨生

C21D 1/00 C21D 9/00

B02C 17/22

说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 低合金球磨机耐磨衬板及制造工艺

[57]摘要

本发明提供了一种低合金球磨机耐磨衬板及制造工艺，其特征在于各材料成分（重量%）的含量是：C0.35~0.5%，Cr0.8~1.5%，Si0.6~1.2%，Mo0.3~0.5%，Mn0.6~1.4%，Cu0.5~1%，1<sup>#</sup>RE0.01~0.1%，余量为Fe。本发明的主要特点是同时采用1<sup>#</sup>RE变质处理和提高Cu含量，提高了1<sup>#</sup>RE的变质效果，起到了细化晶粒、净化晶界、提高淬透性和组织及性能均匀性的作用。ak>18（J/cm<sup>2</sup>），HRC46~54，使用寿命提高了两倍。

# 权 利 要 求 书

1、一种低合金球磨机耐磨衬板，其特征在于各材料成份（重量%）的含量是：C 0.35~0.5%、Cr 0.8~1.5%、Si 0.6~1.2%、Mo 0.3~0.5%、Mn 0.6~1.4%、Cu 0.5~1%、1# RE 0.01~0.1%，余量为Fe。

2、一种制造权利要求1所述的低合金球磨机耐磨衬板的制造工艺，其特征在于按权利要求1所给出化学成分范围进行配料→冶炼→在砂型内铸造→退火→淬火→回火→冷却后入库，上述退火工艺步骤如下：铸件入炉（炉温低于500℃）保温1.5~2.5小时，再以 $\leq 80^\circ\text{C}/\text{小时}$ 速度升至600~650℃，保温2~3小时均热后，以 $\leq 100^\circ\text{C}/\text{小时}$ 速度升至890~920℃，保温2~3小时后，随炉冷至300~350℃后空冷；

上述淬火工艺步骤如下：铸件入炉（炉温低于600℃）以 $\leq 70^\circ\text{C}/\text{小时}$ 速度升温至870~890℃，保温2~3小时后，取出油淬；

上述回火工艺步骤如下：铸件入炉（炉温低于200℃），保温0.5~1.5小时后，以 $\leq 50^\circ\text{C}/\text{小时}$ 速度升至240~260℃保温3~5小时后空冷。

## 低合金球磨机耐磨衬板及制造工艺

本发明属于低合金抗磨钢，是用于球磨机耐磨衬板材料。

目前国内外球磨机耐磨衬板，如国内采用 ZGMn 13、美国采用美国国家标准 ANSI/ASTM、A532-82 中提供的一组 II-B、II-C、II-D 和 II-E 合金铸铁，采用这些牌号制成的耐磨衬板主要适用于高硬度的磨料磨损工况，如矿石和砂石等，这些材料在加工过程中产生加工硬化，或者本身具有很高的硬度，达到抗磨损、使用寿命长的目的。而将这种材质的衬板应用在加工中等硬度的磨料（如煤）上则存在着一些缺陷，对于具有加工硬化特性的材料，由于磨料硬度较软，不能产生加工硬化，因而抗磨损性能不能满足要求。对于普通高硬度材料范围内，则因硬度高，无法保持一定的冲击韧性，在工作中容易断裂，比如中国专利公开号 CN10411620A 硬质低合金耐磨材料，其冲击韧性（无缺口）仅在  $4.9 \sim 8.1 \text{ J/cm}^2$ 。

本发明的目的是为了解决上述存在的问题，提供一种适用于加工中等硬度磨料的球磨机耐磨衬板，它可以获得较高的硬度和冲击韧性，以达到提高使用寿命的目的。

为了达到上述目的，本发明的特征在于耐磨衬板材料成份（重量%）的含量范围是：C 0.35~0.5%、Cr 0.8~1.5%、Si 0.6~1.2%、Mo 0.3~0.5%、Mn 0.6~1.4%、Cu 0.5~1%、 $1^{\#} \text{ RE}$  0.01~0.1%，余量为 Fe。

制造耐磨衬板的制造工艺的步骤如下：按照上述所给出的材料含量范围进行配料→冶炼→在砂型内铸造→退火→淬火→回火→成品入库。

上述退火工艺步骤如下：铸件在低于  $500^\circ\text{C}$  入炉保温 1.5~2.5

小时，再以 $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 速度升至 $600\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温2—3小时均热后，以 $\leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 速度升至 $890\sim 920\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温2~3小时后，随炉冷至 $300\sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后空冷。

上述淬火工艺步骤如下：铸件在炉温低于 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时入炉，以 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 速度升温至 $870\sim 890\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温2~3小时后，取出油淬。

上述回火工艺步骤如下：铸件在炉温低于 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围入炉，保温 $0.5\sim 1.5$ 小时后，以 $\leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 速度升至 $240\sim 260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温3~5小时后空冷。

采用上述配比和工艺，为加工中等硬度磨料的球磨机耐磨衬板提供了一种新型材料，我们将其命名为： $ZG40CrSiMnMoCuRE$ ，为了充分阐述本发明的技术方案为何能实现本发明的目的，现将各成份范围的选择理由及热处理工艺的制订依据表述如下：碳（C），碳能提高碳化物数量，从而使材料硬度提高，但含量过高使塑性和韧性下降，若过低使熔点升高流动性差，易氧化和热裂，为了获得良好的耐磨性，又具有一定强度和韧性，因此选用范围为 $0.35\sim 0.5\%$ 。

铬（Cr），铬能固溶于铁素体，又能和钢中的碳形成多种碳化物，铬提高淬透性和回火稳定性，使钢的强度、韧性上升，耐磨性提高，同时在含量小于 $2\%$ 时还有提高钢的塑性作用，铬在钢中不利方面是扩大回火脆性，选用含量在 $0.8\sim 1.5\%$ 为宜。

铜（Cu），铜是扩大奥氏体相区的元素，在钢中不形成碳化物，但在适当热处理后能达到固溶强化和沉淀硬化作用，铜能提高韧性、降低钢的韧—脆性转变温度，还可改善钢的流动性，提高导热性，但过量的铜易生成富铜相和微裂纹，因此选用在 $0.5\sim 1\%$ ，本发明铜的含量较大，是本发明的主要特点之一。

钼（Mo），钼在钢中可使组织细化均匀，提高淬透性和抗热裂性，

提高回火稳定性，又能改善冲击韧性，但钼为稀贵金属，因此选用在 0.3~0.5%。

锰(Mn)，锰能提高淬透性和强化基体，使碳化物稳定和弥散，选用范围在 0.6~1.4%。

硅(Si)，硅起固溶强化作用，有助脱氧，并使钢强度和硬度提高，但过高使塑性和韧性显著降低，因此选用范围在 0.6~1.2%。

稀土(RE)，1<sup>#</sup>稀土金属作用为净化钢液，改善钢中杂质形态和分布，改善铸态组织和性能，稀土也是强脱氧剂，对硫结合能力大，有细化晶粒和净化晶界作用，提高冲击韧性和增加钢液流动性并降低铸件热裂倾向，从而提高铸件质量，选用范围在 0.01~0.1%，采用 1<sup>#</sup> RE 是本发明的特点之一。

硫(S)和磷(P)作为有害元素，含量控制在 0.04%以下，其余为铁。

本发明热处理工艺制订依据和理由阐述如下：

1、退火工艺：退火目的是消除内应力和使组织均匀、改善性能。由于衬板铸件尺寸大，凝固和冷却后铸件内部存在残留热应力，并且组织不均匀，伴随有网状碳化物存在。本退火工艺特点是：为防止变形和开裂要经过预热阶段，并在 880~920℃保温 2~3 小时以消除碳化物，然后炉冷至 300~350℃后出炉。上述工艺参数的选择依据了本材料固态相变特性（相变温度和相变速度），并经过大量对比性实验进行了修正。

2、淬火工艺：淬火工艺的的目的是使铸件获得足够的硬度，以使其具有一定的抗磨性。考虑到这种材料奥氏体转化温度在 880℃左右，故在 870~890℃保温 2~3 小时，以使组织全部转化为奥氏体。保温温度过高会出现晶粒粗化，影响性能，保温温度过低不能得到全奥氏体组织。由于这种材料有良好的淬透性，因此选用油介质淬火，

以防止出现淬裂现象。淬火后最终组织为均匀马氏体和少量残余奥氏体。

3、回火工艺：回火的目的是消除淬火过程中产生的淬火应力。考虑到淬火后铸件容易出现裂纹，因此采用 200 °C 以下入炉，升温速度小于 50 °C / 小时，升温至 240 ~ 260 °C 保温 3 ~ 5 小时。升温速度过快会产生裂纹；保温温度过高会引起回火脆性，过低则需延长保温时间，影响生产率。回火后金相组织为：回火马氏体 + 少量残余奥氏体。

上述热处理工艺简单可行，并保证铸件不变形不产生裂纹，材料最终硬度在 46 HRC 以上，冲击韧性在 18 J/cm<sup>2</sup> 以上，综合性能优良。

本发明的技术方案特点在于同时采用 1<sup>#</sup>RE 变质处理和提高 Cu 含量。采用 1<sup>#</sup>RE 变质处理可以细化晶粒、净化晶界，提高淬透性和组织及性能均匀性。加入 Cu 可以提高材料的韧性。Cu 与 1<sup>#</sup>RE 同时使用可提高 1<sup>#</sup>RE 的变质效果。上述特点使本发明材料具有良好的硬度和韧性，在中等硬度磨料磨损工作条件下显示出独特的优越性能。

#### 机械性能与金相组织

金相组织	a <sub>k</sub> (J/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>b</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	HRC
回火马氏体 + 少量残余奥氏体	≥ 18	≥ 1290	46 ~ 54

图 1 是本发明实施例 1 的金相组织相片。

图 2 是本发明实施例 2 的金相组织相片。

图 3 是本发明实施例 3 的金相组织相片。

实施例 1，材料成份（重量%）：C 0.36%、S 0.028%、Si 0.88%、Mn 1.04%、P 0.028%、Cr 1.46%、Cu 0.63%、1<sup>#</sup>RE 0.057%，余量为 Fe。

退火工艺步骤如下：铸件在炉温低于 500 °C 入炉，保温 2 小时，

以  $70 \sim 80^\circ\text{C}$  / 小时速度升至  $630^\circ\text{C}$ ，保温 2.5 小时均热后，以  $90 \sim 100^\circ\text{C}$  / 小时速度升至  $900^\circ\text{C}$ ，保温 2.5 小时后，随炉冷至  $350^\circ\text{C}$  后空冷。

淬火工艺步骤如下：铸件在炉温低于  $600^\circ\text{C}$  入炉，以  $60 \sim 70^\circ\text{C}$  / 小时速度升温至  $880^\circ\text{C}$ ，保温 2 小时后，取出油淬。

回火工艺步骤如下：铸件入炉温度低于  $200^\circ\text{C}$ ，保温 1 小时后，以  $40 \sim 50^\circ\text{C}$  / 小时速度升至  $250^\circ\text{C}$ ，保温 4 小时后，空冷。金相组织：回火马氏体 + 少量残余奥氏体（参见图 1 相片）。机械性能（带“U”型缺口） $a_k 21.0 (\text{J}/\text{cm}^2)$ ，洛氏硬度  $46.5 \text{ HRC}$ 。

实施例 2，材料成份（重量%）：C 0.41%、S 0.04%、Si 1.08%、Mn 0.89%、P 0.021%、Cr 1.39%、Mo 0.38%、Cu 0.54%、 $1^{\#}\text{RE} 0.072\%$ ，余量为 Fe。

退火工艺步骤如下：铸件在炉温低于  $500^\circ\text{C}$  入炉，保温 1.5 小时，再以  $70 \sim 80^\circ\text{C}$  / 小时速度升至  $600^\circ\text{C}$ ，保温 2 小时均热后，以  $90 \sim 100^\circ\text{C}$  / 小时速度升至  $890^\circ\text{C}$ ，保温 3 小时后，随炉冷至  $300^\circ\text{C}$  后空冷。

淬火工艺步骤如下：铸件在炉温低于  $600^\circ\text{C}$  入炉，以  $60 \sim 70^\circ\text{C}$  / 小时速度升温至  $870^\circ\text{C}$ ，保温 3 小时后，取出油淬。

回火工艺步骤如下：铸件入炉温度低于  $200^\circ\text{C}$ ，保温 1.2 小时后，以  $40 \sim 50^\circ\text{C}$  小时升至  $240^\circ\text{C}$ ，保温 3 小时后，空冷。金相组织：回火马氏体 + 少量残余奥氏体（参见图 2 相片）。机械性能：冲击韧性（带“U”型缺口） $a_k 20.6 (\text{J}/\text{cm}^2)$ ，洛氏硬度  $48.3 \text{ HRC}$ 。

实施例 3，材料成份（重量%）：C 0.38%、S 0.032%、Si 0.89%、Mn 0.95%、P 0.021%、Cr 1.32%、Mo 0.41%、Cu 0.61%、 $1^{\#}\text{RE} 0.061\%$ ，余量为 Fe。

退火工艺步骤如下：铸件在炉温低于  $500^\circ\text{C}$  入炉，保温 2.5 小时，

再以  $75 \sim 80 \text{ }^\circ\text{C}/\text{小时}$  速度升至  $650 \text{ }^\circ\text{C}$ ，保温 3 小时均热后，以  $90 \sim 100 \text{ }^\circ\text{C}/\text{小时}$  速度升至  $920 \text{ }^\circ\text{C}$ ，保温 3 小时后，随炉冷至  $350 \text{ }^\circ\text{C}$  后空冷。

淬火工艺步骤如下：铸件在炉温低于  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  入炉，以  $60 \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}/\text{小时}$  速度升温至  $890 \text{ }^\circ\text{C}$ ，保温 3 小时，取出油淬。

回火工艺步骤如下：铸件在炉温低于  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  入炉，保温 0.5 小时，以  $40 \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}/\text{小时}$  速度升至  $260 \text{ }^\circ\text{C}$ ，保温 5 小时后，空冷。金相组织：回火马氏体 + 少量残余奥氏体（参见图 3 相片）。机械性能：冲击韧性（带“U”型缺口） $a_k 19.6 \text{ (J/cm}^2\text{)}$ ，洛氏硬度  $48.0 \text{ HRC}$ 。

采用本发明的配比和工艺制成的球磨机耐磨衬板与已有的耐磨衬板相比，使用寿命提高了两倍。



说 明 书 附 图

---

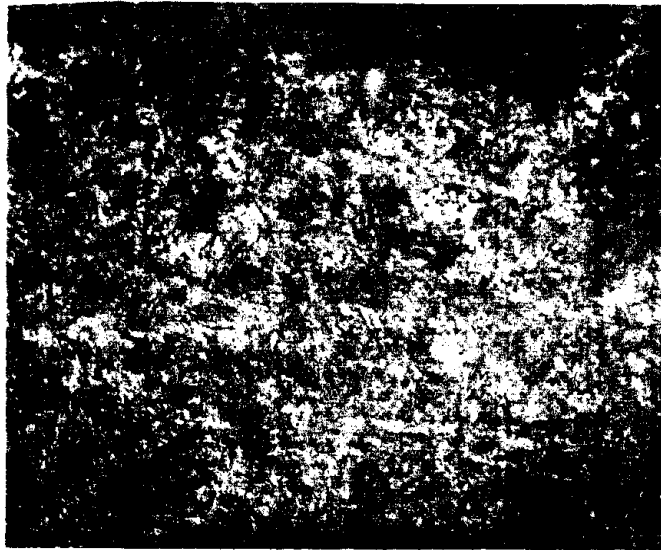


图 1

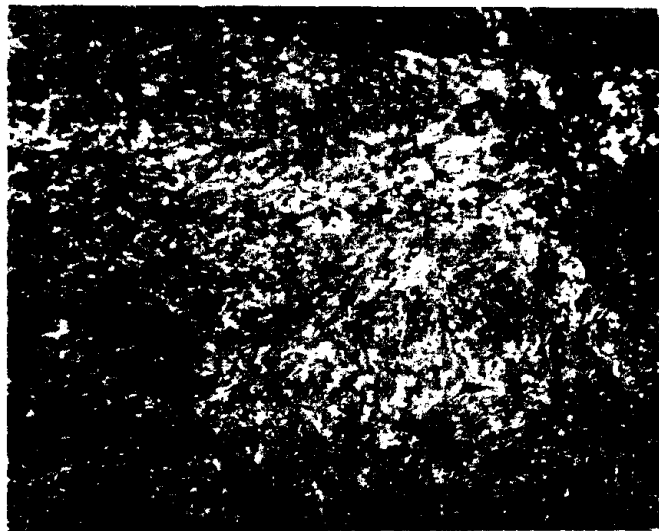


图 2



图 3