



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101974699 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201010540401. 8

(22) 申请日 2010. 11. 11

(73) 专利权人 中国计量学院

地址 310018 浙江省杭州市江干区下沙高教
园区学源街 258 号

(72) 发明人 刘嘉斌 孟亮 胡金力 秦海英

(51) Int. Cl.

C22C 9/00 (2006. 01)

H01B 1/02 (2006. 01)

审查员 杨冰

权利要求书 1 页 说明书 3 页

(54) 发明名称

一种高强高导 Cu-Fe-Al 导体材料及制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种具备高强度高电导率的 Cu-Fe-Al 导体材料及制备方法。材料成分的重量百分比 Fe 为 0.1%~3%、Al 为 0.1%~2%，其余为 Cu。先将 Cu、Al 置于真空感应炉中，在低于 0.1Pa 大气压下熔化，在 1000~1100C 下静置除气后向炉内充 Ar 至 50~60kPa，再加入 Fe 并熔化，经电磁搅拌均匀浇铸成特定直径的棒状铸锭。铸锭经 950~1000C 热处理 1~2h 后淬水冷却，随即进行 200~500C 时效处理 0.5~12h。之后对合金在室温下进行多道次冷拉拔至截面收缩率为 90%~99%。采用本发明制备的 Cu-Fe-Al 合金强度可达 400~800MPa，电导率可达 60%~95% IACS。本合金仅含 Cu、Fe 和 Al 三种储量丰富价格便宜的金属元素，具有明显的价格优势。同时合金性能范围广，可通过调节制备工艺获得多种强度与电导率的匹配，满足各方面应用的实际需求。

1. 一种具有高强度高电导率的 Cu-Fe-Al 合金的制备方法:其特征在于合金成分的重量百分比 Fe 为 0.1%~3%、Al 为 0.1%~2%,其余为 Cu;将 Cu、Al 置于真空感应炉中,在低于 0.1Pa 大气压下熔化,在 1000~1100℃下静置除气后向炉内充 Ar 至 50~60kPa,再加入 Fe 并熔化,经电磁搅拌均匀浇铸成特定直径的棒状铸锭;铸锭经 980~1000℃固溶热处理 1~2h 后淬水冷却,随即进行 200~500℃时效处理 0.5~12h;之后对合金在室温下进行多道次冷拉拔至截面收缩率为 90%~99%。

一种高强高导 Cu-Fe-Al 导体材料及制备方法

技术领域

[0001] 本发明属 Cu 合金领域,涉及一种具有高强高导特性的 Cu-Fe-Al 导体材料及制备方法。

背景技术

[0002] 科学技术的进步对导体材料性能的要求越来越高。例如,高科技领域中强磁场技术应用的导体线圈和高速电气化铁路使用的牵引线,要求能够承受较高载荷的同时仍具有良好的导电性。常规导体材料已不能胜任,必须开发出兼有高强度和高电导率的新材料来满足此类科学技术领域的发展需要。

[0003] 然而导体材料的强度和电导率往往是一对矛盾,即提高强度的措施往往以牺牲电导率为代价。因此努力使合金保持高电导率而同时能够显著提高强度,是目前研制新型导体材料的焦点。通过在 Cu 基体中加入互不相溶的合金元素产生第二相并辅以一定程度的冷变形被认为是制备高强高导材料最有前途的方法之一。属于这一类的代表性合金有 Cu-Cr-Zr、Cu-Ag 和 Cu-Fe 等。其中 Cu-Ag 合金由于需要用到贵金属 Ag,合金成本较高限制其大量应用。Cu-Cr-Zr 合金则由于 Zr 元素过于活泼在熔炼时极易烧损而难于工业化生产。传统的 Cu-Fe 合金是通过在 Cu 中加入超过固溶极限 ($> 3\%$) 的 Fe 使得 Cu 基体中出现 Fe 相,之后通过大变形程度的冷加工使 Fe 相演变为纳米纤维起到强化作用。例如对 Cu-15vol. % Fe 冷加工到截面收缩率为 99.99% 时合金可达到 1200MPa (C. Biselli, D. G. Morris. Microstructure and strength of Cu-Fe in situ composites after very high drawing strains. Acta Mater., 44 (1996): 493-504.)。然而这种制备方法需要大变形量的冷加工,极大地提高了加工成本,同时由于合金具有较高含量的 Fe,显著地降低了合金的电导率。专利 CN1687479A 公开了一种 Cu-Fe-Ag 三元合金及制备方法,通过在 Cu-Fe 合金中添加 Ag 能提高合金强度和电导率。然而 Ag 的加入显著地提高了合金成本。同时该发明仍基于强变形产生纤维复合强化思路,需要大变形量的冷加工才能获得高强度。如何利用廉价丰富的金属元素并通过较简单的加工方法获得高强高导材料是实现这类导体材料大规模应用的关键。

发明内容

[0004] 本发明针对前述高强高导材料存在的问题,提供一种仅包含 Cu、Fe、Al 三种廉价常见金属元素且制备工艺相对简单的 Cu-Fe-Al 合金及制备方法。

[0005] 本发明之所以选择在 Cu 基体中添加 Fe 和 Al 元素不仅仅因为 Fe 和 Al 元素廉价,而是通过在 Cu 基体中产生多种析出相粒子,充分发挥多种粒子强化作用提高合金强度,同时通过 Al 把固溶在 Cu 基体中的 Fe 原子“吸”出,避免固溶的 Fe 原子对合金电导率造成的损害作用。本发明的 Cu-Fe-Al 合金与已有的 Cu-Ag 和 Cu-Fe-Ag 合金强化思路完全不同,本发明的材料依靠多相粒子协同强化来提高合金强度,而 Cu-Ag 和 Cu-Fe-Ag 则通过大变形产生纳米纤维实现强化目的。

[0006] 本发明通过如下步骤实现:将 Cu、Al 置于真空感应炉中,在低于 0.1Pa 大气压下熔化,在 1000 ~ 1100℃ 下静置除气后向炉内充 Ar 至 50 ~ 60kPa,再加入 Fe 并熔化,经电磁搅拌均匀浇铸成特定直径的棒状铸锭。铸锭经 950 ~ 1000℃ 固溶热处理 1 ~ 2h 后淬水冷却,随即进行 200 ~ 500℃ 时效处理 0.5 ~ 12h。之后对合金在室温下进行多道次冷拉拔至截面收缩率为 90% ~ 99%。

[0007] 本发明具有的有益效果

[0008] 本发明所述的 Cu-Fe-Al 合金仅包含 Cu、Fe 和 Al 三种廉价金属,材料成本低。同时本发明公开的制备方法所需的加工变形量较小(截面收缩率 90% ~ 99%),远低于 Cu-Fe 等(截面收缩率大于 99.9%),生产周期短,适合大规模工业生产。合金性能范围广,可通过控制成分和制备工艺获得多种强度与电导率匹配。

具体实施方式

[0009] 实施例 1:

[0010] 成分:0.4% Fe, 0.3% Al, 其余为 Cu。

[0011] 制备方式:将 Cu、Al 置于真空感应炉中,在低于 0.1Pa 大气压下熔化,在 1100℃ 下静置除气后向炉内充 Ar 至 60kPa,再加入 Fe 并熔化,经电磁搅拌均匀浇铸成特定直径的棒状铸锭。铸锭经 1000℃ 固溶热处理 2h 后淬水冷却,随即进行 200℃ 时效处理 12h。之后对合金在室温下进行多道次冷拉拔至截面收缩率为 99%。

[0012] 性能:根据国标 GB/T228-2002 测得合金抗拉强度为 625MPa,根据四点法测得合金室温电导率为 86% IACS。

[0013] 实施例 2:

[0014] 成分:0.1% Fe, 0.1% Al, 其余为 Cu。

[0015] 制备方式:将 Cu、Al 置于真空感应炉中,在低于 0.1Pa 大气压下熔化,在 1000℃ 下静置除气后向炉内充 Ar 至 50kPa,再加入 Fe 并熔化,经电磁搅拌均匀浇铸成特定直径的棒状铸锭。铸锭经 1000℃ 固溶热处理 1h 后淬水冷却,随即进行 400℃ 时效处理 6h。之后对合金在室温下进行多道次冷拉拔至截面收缩率为 90%。

[0016] 性能:根据国标 GB/T228-2002 测得合金抗拉强度为 430MPa,根据四点法测得合金室温电导率为 94% IACS。

[0017] 实施例 3:

[0018] 成分:1% Fe, 0.6% Al, 其余为 Cu。

[0019] 制备方式:将 Cu、Al 置于真空感应炉中,在低于 0.1Pa 大气压下熔化,在 1050℃ 下静置除气后向炉内充 Ar 至 50kPa,再加入 Fe 并熔化,经电磁搅拌均匀浇铸成特定直径的棒状铸锭。铸锭经 980℃ 固溶热处理 1.5h 后淬水冷却,随即进行 300℃ 时效处理 1h。之后对合金在室温下进行多道次冷拉拔至截面收缩率为 95%。

[0020] 性能:根据国标 GB/T228-2002 测得合金抗拉强度为 750MPa,根据四点法测得合金室温电导率为 70% IACS。

[0021] 实施例 4:

[0022] 成分:3% Fe, 2% Al, 其余为 Cu。

[0023] 制备方式:将 Cu、Al 置于真空感应炉中,在低于 0.1Pa 大气压下熔化,在 1000℃ 下

静置除气后向炉内充 Ar 至 50kPa, 再加入 Fe 并熔化, 经电磁搅拌均匀浇铸成特定直径的棒状铸锭。铸锭经 950℃ 固溶热处理 2h 后淬水冷却, 随即进行 500℃ 时效处理 0.5h。之后对合金在室温下进行多道次冷拉拔至截面收缩率为 90%。

[0024] 性能: 根据国标 GB/T228-2002 测得合金抗拉强度为 795MPa, 根据四点法测得合金室温电导率为 61% IACS。

[0025] 上述具体实施例用来解释说明本发明, 而不是对本发明进行限制。在本发明的精神和权利要求的保护范围内, 对本发明做出的任何修改和改变都落入本发明的保护范围。