



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105344730 B

(45)授权公告日 2017.08.04

(21)申请号 201510620309.5

(22)申请日 2015.09.26

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105344730 A

(43)申请公布日 2016.02.24

(73)专利权人 山东建筑大学

地址 250101 山东省济南市临港开发区凤
鸣路1000号山东建筑大学材料学院

(72)发明人 徐淑波 张晓东 温明霞 程钢
许荣福 刘鹏

(51)Int.Cl.

B21C 23/08(2006.01)

B21C 25/02(2006.01)

(56)对比文件

KR 100816585 B1,2008.03.24,全文.

CN 103658675 A,2014.03.26,全文.

CN 101342547 A,2009.01.14,全文.

CN 103643189 A,2014.03.19,全文.

CN 103639215 A,2014.03.19,全文.

US 2011067469 A1,2011.03.24,全文.

GB 640463 A,1950.07.19,全文.

CN 104014608 A,2014.09.03,全文.

CN 103624509 A,2014.03.12,全文.

CN 103331324 A,2013.10.02,全文.

US 2007131013 A1,2007.06.14,全文.

魏伟等.ECAP等径角挤压变形参数的研究.
《兵器材料科学与工程》.2002,第25卷(第06期),
61-63.

审查员 张晓娇

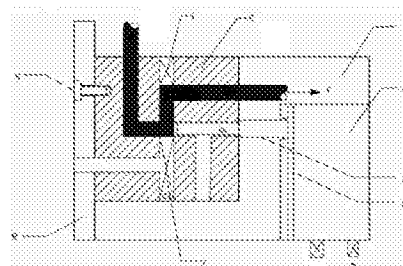
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种卅字形等通道型腔冷拉拔制备纳米铜
线材的方法

(57)摘要

本发明公开了一种卅字形模具型腔等通道
转角冷拉拔制备纳米纯铜线材的新方法,通过适
当调整各项杆在型腔中的不同位置,在拉拔机械
的牵引下,可实现纯铜线材的连续剧烈塑性变
形,拉拔一次最多能够积累普通等通道型腔冷拉
拔三次变形量,最终获得变形累积量大,晶粒尺
寸均匀,细化后的纳米晶粒晶界角度大的等轴晶
粒,使纳米铜线材的力学性能得到进一步提高,
保证高的强度和良好的韧性同时,具有良好的导
电导热性能。



1. 一种卅字形等通道模具型腔冷拉拔制备纳米纯铜线材的方法, 可以制备具有高强度, 高导电导热性能的纳米纯铜线材, 其特征在于: 卅字形模具型腔共有6处通道, 在冷拉拔过程中除牵引进入和拉出两条通道外, 其它4处通道采用普通顶杆密封通道, 通过适当调整各顶杆在型腔中的不同位置, 可实现纯铜线材的不同工艺路径的连续剧烈塑性变形, 获得的材料在保证高的强韧性的情况下, 同时具有高的导电性和导热性;

(a) 坯料的准备阶段: 纯铜型材坯料的切割制备、材料表面的清洁、喷丸表面处理工艺和水洗工艺;

(b) 顶杆调整阶段: 通过适当液压机调整各顶杆在型腔中的位置, 可实现纯铜线材的连续剧烈塑性变形;

(c) 拉拔工艺: 拉拔通过液压系统对顶杆进行调整形成的型腔, 最大一次能够积累普通等通道型腔冷拉拔三次变形量, 通过这种卅字形等通道型腔冷拉拔就可以获得均匀的等轴的晶粒; 通过对液压系统对顶杆进行调整能实现类U形等通道模具型腔冷拉拔, 通过拉拔机械对钢绳的牵引, 对纯铜线施加300KN的拉力, 运行速度为10mm/s对纯铜线材开始进行拉拔, 经过三个拐角的剧烈塑性变形, 实现变形量是普通冷拉拔变形量的3倍, 完成拉拔过程, 能实现类U形型腔制备纳米纯铜线材; 通过对液压系统对顶杆进行调整能实现L形等通道模具型腔冷拉拔, 通过拉拔机械对钢绳的牵引, 拉力100KN, 牵引速度为20mm/s, 完成冷拉拔工艺, 获得细晶或超细晶铜线材, 此路径通过反复拉拔也可实现纯铜线材的纳米化。

一种卅字形等通道型腔冷拉拔制备纳米铜线材的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种制备纳米铜线材的方法及模具,尤其是涉及一种卅字形等通道型腔冷拉拔制备纳米铜线材的方法,通过适当调整各项杆在型腔中的不同位置,可制备出晶粒分布均匀程度和晶粒细化程度不同的纳米铜线材。

背景技术

[0002] 铜,元素符号Cu,原子量63.54,比重8.92,熔点1083°C。纯铜呈浅玫瑰色或淡红色,高的导电、导热性,仅次于银而居第二位。主要用于各种导线、电缆、导电牌、电器开关等导电器材和各种冷凝管、散热管、热交换器、真空电弧炉的结晶器等。导电器材用量占铜材总量一半以上。纳米铜具有超塑性,在室温下可拉长50多倍而不出现裂纹。最近,法国国家科研中心研究人员发现,平均体积仅为80纳米的铜纳米结晶体机械特性惊人,强度不仅比普通铜高3倍,且形变非常均匀,没有明显的区域性变窄现象。光电子和纳电子机械器械中,纳米线有可能起到很重要的作用。它同时还可以作为合成物中的添加物、量子器械中的连线、场发射器和生物分子纳米感应器。

[0003] 众所周知,工业应用中的导电材料绝大多数是各种金属和合金材料。强度和导电性是导体金属材料两个至关重要性能,在工业应用中往往需要导体材料同时具有高强度和高导电性。例如导电磁铁线圈中的导线既要承受巨大的电磁作用力,又要保持较低电阻以降低电流导致的温度升高。高强度高导电性是超导磁铁中导线的必不可少的重要性能。然而,在常规金属材料中这两种性能往往相互抵触,不可兼得。纯金属(如银、铜等)具有很高的导电率,但其强度极低(均小于100MPa)。实现金属材料的高强度和高导电性是一项长期以来有待解决的重大科学难题。现有加工工艺通过添加一些微量元素形成合金(黄铜,白铜,青铜),但是所有杂质和加入元素,不同程度降低铜的导电、导热性能。传统工艺拉拔铜合金只是使用在常规条件下。固溶于铜的元素(除Ag、Cd外)对铜的导电、导热性降低较多。冷变形对铜的导电性能影响不大,与其它强化方法(如固溶强化)相比冷加工后导电性的降低要小得多。

[0004] 针对纯铜金属强度不足和铜合金导致导电性能下降的问题,虽然现有提出制造纳米铜发明专利号CN2013107192402的专利所制备纳米铜线长为3~15 μ m,直径在20~100nm之间,方阻最小值可达到10.1 Ω /sq,但是由于几何尺寸的限制,不能应用于输电线的工业生产。本发明采用一种卅字形等通道型腔冷拉拔技术,开发具有高强度的纳米纯铜线材。通过适当调整各项杆在型腔中的不同位置,可实现纯铜线材的连续剧烈塑性变形,拉拔一次最多能够积累普通等通道型腔冷拉拔三次变形量,最终获得变形累积量大,晶粒尺寸均匀,细化后的纳米晶粒晶界角度大的等轴晶粒,使纳米铜线材的力学性能得到进一步提高,保证高的强度和良好的韧性同时,具有良好的导电导热性能。

发明内容

[0005] 本发明的目的是:针对上述存在的技术问题,提供一种通过适当调整各项杆在型

腔中的不同位置,可实现纯铜线材的连续剧烈塑性变形,拉拔一次最多能够积累普通等通道型腔冷拉拔三次变形量,最终获得变形累积量大,晶粒尺寸均匀,细化后的纳米晶粒晶界角度大的等轴晶粒。在保证高的强韧性的情况下,同时具有高的导电性和导热性。

[0006] 本发明专利的技术方案是:本发明是卅字形等通道型腔冷拉拔制备纳米纯铜材料方法,包括坯料的准备过程,卅字形等通道型腔顶杆调整过程,最后冷拉拔线材成形过程,共三个相应的阶段。

[0007] 坯料的准备阶段:主要包括纯铜型材坯料的切割制备、材料表面的清洁、喷丸表面处理工艺和水洗工艺。

[0008] 顶杆调整阶段:通过选择适当液压机,通过液压系统调整各项杆在型腔中的位置,可实现纯铜线材的连续剧烈塑性变形。

[0009] 拉拔工艺:拉拔通过液压系统对顶杆进行调整形成的型腔,最多一次能够积累普通等通道型腔冷拉拔三次变形量,通过这种卅字形等通道型腔冷拉拔就可以获得均匀的等轴的晶粒。

[0010] 采用此种方案,通过调整卅字形模具顶杆的位置,冷拉拔成形不同晶粒度的纯铜线材,该新工艺可以实现纯铜线材材料组织的纳米晶等轴化。

[0011] 本发明的独特之处在于卅字形模具型腔共有6处通道,在冷拉拔过程中除牵引进入和拉出两条通道外,其它4处通道采用普通顶杆密封通道,通过适当调整各项杆在型腔中的不同位置,可实现纯铜线材的不同工艺路径的连续剧烈塑性变形,获得的材料在保证高的强韧性的情况下,同时具有高的导电性和导热性。

[0012] 作为本发明的一种改进,在冷拉拔机械以及液压装置上通过卅字形模具型腔选择不同的成形路径,最终获得不同晶粒度的,具有纳米等轴组织的纯铜纳米线材。

[0013] 本发明的有益效果是:等通道模具型腔冷拉拔是剧烈塑性变形过程,而采用不同的变形路径L、路径 Z、路径类U形等,即可以获得不同晶粒细化程度不同的铜线材,又可以获得变形较为均匀的微观组织,将两者结合起来的装置不但可以实现纯铜的剧烈塑性变形,还在原变形基础上进行了改进,实现了不同通道路径的牵引拉拔,实现了纳米纯铜线材制造。

附图说明

[0014] 下面是结合附图和实施案例对本发明的具体实施方案进行详细地说明。

[0015] 图1是本发明加工工艺简略示意图;

[0016] 图2是本发明类U字形模具型腔等通道冷拉拔示意图。

[0017] 图3为本发明L字形模具型腔的等通道冷拉拔示意图。

[0018] 图4为本发明Z字形模具型腔等通道冷拉拔示意图。

[0019] 图1为本发明加工工艺简略示意图的1.顶杆A1,2.卅字形模具,3.拉拔机械,4.液压系统,5.顶杆A2,6.活塞推板,7.顶杆A3,8.液压机模具固定板,9.紧固螺钉。

[0020] 实施案例1

[0021] 类U形型腔制备纳米纯铜线材,具体工艺示意图如图2所示:

[0022] 1.纯铜线材选择:选材料为二号铜Cu-2,其成分铜含量不少于99.99%,剩余含量为杂质,适用于电工用铜线锭,供压延导电线材。

[0023] 2. 坯料准备过程:从纯铜材料上截取直径10mm长度500mm 的纯铜线材;对材料进行表面清洁处理,对线材进行磷化皂化处理,这样可以降低模具与坯料之间的摩擦力;使用润滑剂:二硫化钼、石墨混合润滑剂,石墨占80%以上,润滑效果较好。

[0024] 3. 牵引过程:对铜线材采用钢绳牵引。

[0025] 4. 类U型模具型腔调整过程:通过对液压系统对顶杆进行调整能实现类U形等通道模具型腔冷拉拔,首先通过液压系统对顶杆A1进行调整,顶杆A1下行至如图2所示位置,顶杆A2、A3均调整到最大行程位置,如图2所示位置,液压系统中液压油通过m口通入液压油,推板6在液压油的作用下,受力并将此力传给顶杆A2,顶杆受力前行,通过调整液压系统的进给量就可以精确调整顶杆行程,到达预先位置完成工作;最后顶杆通过液压系统调控,实现顶杆的复位。

[0026] 5. 冷拉拔过程:通过拉拔机械对钢绳的牵引,对纯铜线施加300KN的拉力,运行速度为10mm/s对纯铜线材开始进行拉拔,经过三个拐角的剧烈塑性变形,完成拉拔过程,实现变形量是普通冷拉拔变形量的3倍,完成拉拔过程,能实现类U形型腔制备纳米纯铜线材。

[0027] 实施案例2

[0028] L形型腔拉拔制备纳米纯铜线材,具体工艺示意图如图3所示:

[0029] 1. 此过程中,不需要对模具进行旋转或者移动,较为方便。

[0030] 2. 坯料预处理,从纯铜材料上截取直径10mm长度500mm 的纯铜线材;对材料进行表面清洁处理,对线材进行磷化皂化处理,这样可以降低模具与坯料之间的摩擦力;使用润滑剂:二硫化钼、石墨混合润滑剂,石墨占80%以上,润滑效果较好。

[0031] 3. 通过对液压系统对顶杆进行调整能实现L形等通道模具型腔冷拉拔,调整模具结构,通过液压系统,推动顶杆A1和A3分别处于行程极限位置,顶杆A2完全退出形成新的通道b1,另b1作为模具型腔的出口,在此通道中,纯铜线材在拉力的作用下,路线为L型,经过一次的剧烈塑性变形。

[0032] 4. 通过冷拉拔机械,设置拉力100KN,牵引速度为20mm/s,完成冷拉拔工艺,获得细晶或超细晶铜线材,此路径通过反复拉拔也可实现纯铜线材的纳米化,最后,所有顶杆回到最初位置及行程极限位置。实现L形型腔制备纳米纯铜线材。

[0033] 实施案例3

[0034] Z形型腔拉拔制备纳米纯铜线材,具体工艺示意图如图4所示:

[0035] 1. 此过程中,不需要对模具进行旋转或者移动,较为方便。

[0036] 2. 坯料预处理,从纯铜材料上截取直径10mm长度500mm 的纯铜线材;对材料进行表面清洁处理,对线材进行磷化皂化处理,这样可以降低模具与坯料之间的摩擦力;使用润滑剂:二硫化钼、石墨混合润滑剂,石墨占80%以上,润滑效果较好。

[0037] 3. 通过对液压系统对顶杆进行调整能实现Z形等通道模具型腔冷拉拔,调整模具结构,通过液压系统,推动顶杆A1和A2处于行程极限位置,顶杆A3完全退出形成新的通道c1,此时c1作为模具Z形模具型腔的出口,在c1通道中,纯铜线材在拉力的作用下,经过两次塑性变形。

[0038] 4. 经冷拉拔机械,拉力200KN,牵引速度为15mm/s,完成冷拉拔工艺,获得超细晶及纳米铜线材。此路径通过反复拉拔也可实现纯铜线材的纳米化。最后,所有顶杆回到最初位置及行程极限位置。能实现Z形型腔拉拔制备纳米纯铜线材。

[0039] 本发明所采用的凹模连续通道结构能实现多种路径的拉拔工艺,但均可采用现有技术,本发明并不局限于上述所列举的具体实施形式,凡本领域技术人员不经过创造性劳动所能得到的改进,均属于本发明的保护范围内。本发明所需设备为机械拉拔机和液压设备。

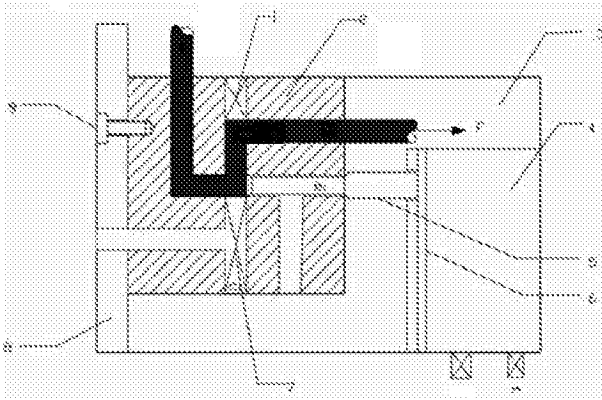


图 1

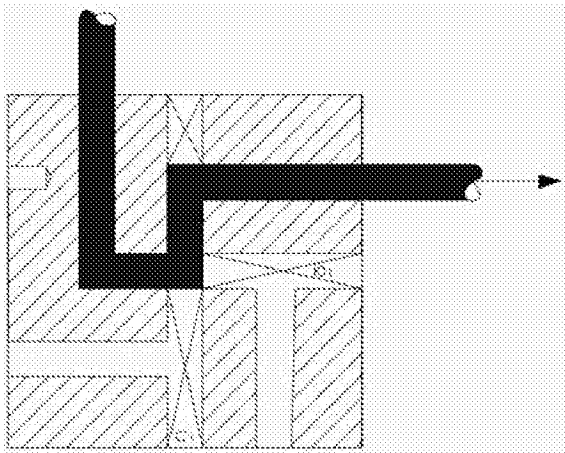


图 2

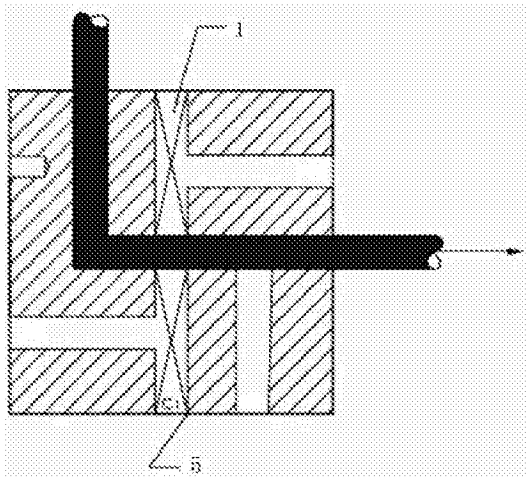


图 3

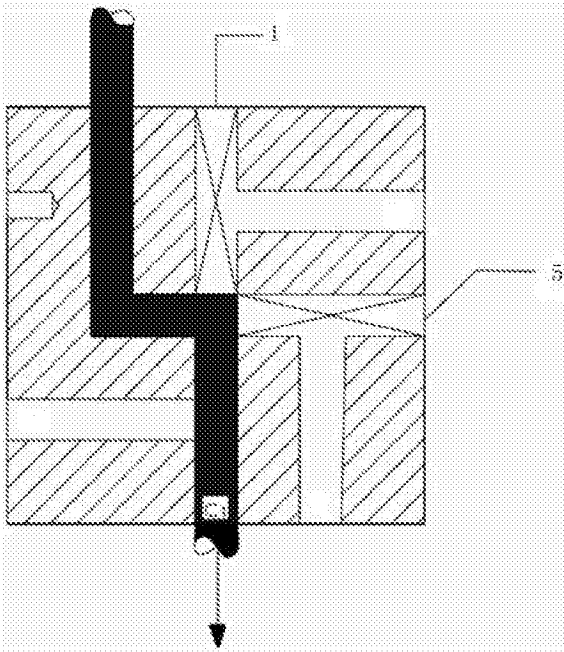


图 4