



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104046834 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201410273663. 0

(22) 申请日 2014. 06. 19

(71) 申请人 华北水利水电大学

地址 450011 河南省郑州市金水区北环路
36 号华北水利水电大学

(72) 发明人 韩爱红 仝玉萍 武宗良

(51) Int. Cl.

C22C 9/00 (2006. 01)

C22F 1/08 (2006. 01)

C22F 3/00 (2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,对 CuCr1(CuCr1Zr) 产品进行压力下脉冲电流处理、固溶处理、分级时效,高温区时效 470℃~510℃,保温 0.5~4 小时;然后降温至中温区 430℃~450℃,保温 4~8 小时;d. 空冷至室温,将处理后的合金产物进行表面吹砂即可。本发明工艺简单、操作方便、能源消耗低、所制得合金性能优异,合金性能范围广,满足各方面应用的实际需求,与常规热处理相比,室温拉伸强度至少提高 10%,各向异性至少降低 10%。该工艺方法操作简便,效果显著,相比运用微合金化改善合金微观组织成分,节约成本,且易于在工业生产中实现。综合效益明显高于已报道的处理方法。

1. 一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于,它包括以下步骤:

a. 采用 CuCr1、CuCr1Zr 产品材料成分的重量百分比:Cr 含量控制在 0.7 ~ 1.3%, Zr 含量控制在 0 ~ 0.3%,其余为 Cu;

对所述 CuCr1 (CuCr1Zr) 产品进行压力下脉冲电流处理,脉冲电流放电周期 $10\mu\text{s} \sim 800\mu\text{s}$,最大峰值电流密度 $10^3 \sim 10^5\text{A}/\text{mm}^2$,单个脉冲的持续时间 $1\mu\text{s} \sim 10000\mu\text{s}$,压力 $450\text{MPa} \sim 600\text{MPa}$,电流脉冲频率范围 $f = 1\sim 500\text{Hz}$,处理时间范围为 5 秒至 3 小时;

b. 将步骤 a 处理后的合金进行固溶处理,固溶温度为 $980^\circ\text{C} \sim 1010^\circ\text{C}$,固溶处理 1 小时;随后放入微波高温炉炉腔,用真空泵将炉腔抽至真空度 80-95MPa 以内;向所述微波高温炉炉腔内通入 N_2 、 H_2 混合保护气体,调节微波高温炉输出功率,以 $40 \sim 45^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速度加热至 $1300 \sim 1400^\circ\text{C}$,保温 0.5 ~ 2 小时,关闭微波炉,所得产物随炉冷却至 510°C 备用;

c. 将步骤 b 所得产物分级时效,高温区时效 $470^\circ\text{C} \sim 510^\circ\text{C}$,保温 0.5 ~ 4 小时;然后降温至中温区 $430^\circ\text{C} \sim 450^\circ\text{C}$,保温 4 ~ 8 小时;

d. 空冷至室温,将处理后的合金产物进行表面吹砂即可。

2. 根据权利要求 1 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:步骤 d 后将吹砂处理后合金件,置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 $450 \sim 460^\circ\text{C}$,保温 4 ~ 8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

3. 根据权利要求 1 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:所述步骤 a 的 Cr 含量控制在 1.1%, Zr 含量控制在 0 ~ 0.3%。

4. 根据权利要求 1 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:采用分级时效。

5. 根据权利要求 1 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:步骤 c 后附加低温区去应力退火,即 $250^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$,保温 2 ~ 4 小时,以去变形应力和去时效析出应力。

6. 根据权利要求 1 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:步骤 a 的压力脉冲电流处理之前进行 2-10% 的预变形处理,随后进行蠕变时效,其中蠕变温度选取 $180^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$,蠕变时间为 1 ~ 5h,蠕变应力为 $150\text{MPa} \sim 300\text{MPa}$ 。

7. 根据权利要求 1-6 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用丙酮清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 $450 \sim 460^\circ\text{C}$,保温 4 ~ 8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

8. 根据权利要求 1-7 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 $450 \sim 460^\circ\text{C}$,保温 4 ~ 8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

9. 根据权利要求 1 所述的一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于:步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇超声波清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 $450 \sim 460^\circ\text{C}$,保温 4 ~ 8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法

技术领域

[0001] 本发明属于热处理领域,特别涉及一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,即 CuCr1 (CuCr1Zr) 合金的抗拉强度,硬度以及电导等综合性能的提高。

背景技术

[0002] CuCr1 (CuCr1Zr) 合金由于强度高、导电导热性能好,在电工、电子、电机行业得到了广泛的应用。热处理对这类合金的组织 and 性能的影响很大,一直是这类合金研究的重点,也是实际批量生产时难以控制的环节。常规时效工艺可使其性能达到 $\sigma_b \geq 400\text{MPa}$ 、 $\sigma_{0.2} \geq 320\text{MPa}$ 、 $\delta \geq 15\%$ 、 $\text{HB} \geq 110$ 、电导率 $\geq 46\text{Ms/m}$,可满足绝大多数应用领域的性能要求。

[0003] 随着 CuCr1 (CuCr1Zr) 材料应用领域的扩大和性能指标要求的进一步提高,必须进一步挖掘该系列材料的优势。经分级时效可使性能比常规时效工艺拉伸性能提高 20 ~ 100Mpa,电导率提高 2 ~ 6Ms/m,布氏硬度提高 10 ~ 20HB。分级时效优点在于保证第二相充分析出的同时又可以有效地抑制析出相的聚集和长大,从而保证电导率和室温拉伸性能进一步提高,而硬度变化幅度不大,使析出性铜铬系合金材料综合性能进一步提高,对生产高端 CuCr1 或 CuCr1Zr 材料具有重大的实际意义。由于 CuCr1 (CuCr1Zr) 合金材料较易发生欠时效和过时效,本专利较好地解决这个问题。分级时效的应用,优化了热处理工艺,保证材料优异的综合性能。分级时效在同类沉淀析出类合金材料也有一定的借鉴作用。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于,通过热处理工艺的优化来提高 CuCr1 (CuCr1Zr) 合金的抗拉强度,硬度以及电导率等综合性能。

[0005] 本发明的具体技术方案如下:

[0006] 一种提高 CuCr1、CuCr1Zr 合金综合性能的方法,其特征在于,它包括以下步骤:

[0007] a. 采用 CuCr1、CuCr1Zr 产品材料成分的重量百分比:Cr 含量控制在 0.7 ~ 1.3%,Zr 含量控制在 0 ~ 0.3%,其余为 Cu;

[0008] 对所述 CuCr1 (CuCr1Zr) 产品进行压力下脉冲电流处理,脉冲电流放电周期 $10\mu\text{s} \sim 800\mu\text{s}$,最大峰值电流密度 $10^3 \sim 10^5\text{A/mm}^2$,单个脉冲的持续时间 $1\mu\text{s} \sim 10000\mu\text{s}$,压力 450MPa ~ 600MPa,电流脉冲频率范围 $f = 1\text{--}500\text{Hz}$,处理时间范围为 5 秒至 3 小时;

[0009] b. 将步骤 a 处理后的合金进行固溶处理,固溶温度为 $980^\circ\text{C} \sim 1010^\circ\text{C}$,固溶处理 1 小时;随后放入微波高温炉炉腔,用真空泵将炉腔抽至真空度 80-95MPa 以内;向所述微波高温炉炉腔内通入 N_2 、 H_2 混合保护气体,调节微波高温炉输出功率,以 $40 \sim 45^\circ\text{C/min}$ 的升温速度加热至 $1300 \sim 1400^\circ\text{C}$ 左右,保温 0.5 ~ 2 小时,关闭微波炉,所得产物随炉冷却至 510°C 备用;

[0010] c. 将步骤 b 所得产物分级时效,高温区时效 $470^\circ\text{C} \sim 510^\circ\text{C}$,保温 0.5 ~ 4 小时;

然后降温至中温区 430℃～450℃,保温 4～8 小时;即固溶后进行分级时效:高温区时效进行短时间保温;然后降温至中温区进行长时间保温,随后空冷。

[0011] d. 空冷至室温,将处理后的合金产物进行表面吹砂即可。

[0012] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 450～460℃,保温 4～8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0013] 优选地,所述步骤 a 的 Cr 含量控制在 1.1%,Zr 含量控制在 0～0.3%。

[0014] 优选地,采用分级时效。

[0015] 优选地,步骤 c 后附加低温区去应力退火,即 250℃～350℃,保温 2～4 小时,以去变形应力和去时效析出应力。如果对材料稳定性或去内应力有较高要求,可附加低温区去应力退火,即 250℃～350℃,保温 2～4 小时,以达到去变形应力和去时效析出应力的目的。

[0016] 优选地,步骤 a 的压力脉冲电流处理之前进行 2-10%的预变形处理,随后进行蠕变时效,其中蠕变温度选取 180℃～250℃,蠕变时间为 1～5h,蠕变应力为 150MPa～300MPa。

[0017] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用丙酮清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 450～460℃,保温 4～8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0018] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 450～460℃,保温 4～8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0019] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇超声波清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 450～460℃,保温 4～8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0020] 有益效果

[0021] 本发明解决了常规的 CuCr1(CuCr1Zr) 热处理发生欠时效和过时效的问题,在提高 CuCr1(CuCr1Zr) 合金的拉伸性能和电导率的同时,又能保证材料的硬度。本发明工艺简单、操作方便、能源消耗低、所制得合金性能优异,合金性能范围广,高密度合金性能好,致密度高,组织均匀,适于工业化生产,满足各方面应用的实际需求,与常规热处理相比,室温拉伸强度至少提高 10%,各向异性至少降低 10%。该工艺方法操作简便,效果显著,相比运用微合金化改善合金微观组织成分,节约成本,且易于在工业生产中实现。综合效益明显高于已报道的处理方法。

具体实施方式

[0022] 实施例 1

[0023] 离心铸造 CuCr1 产品:Cr 含量控制为 0.7%,步骤如下:

[0024] a. 采用 CuCr1、CuCr1Zr 产品材料成分的重量百分比:Cr 含量控制在 0.7%,Zr 含量控制在 0.1%,其余为 Cu;

[0025] 对所述 CuCr1(CuCr1Zr) 产品进行压力下脉冲电流处理,脉冲电流放电周期 $10\mu\text{s} \sim 800\mu\text{s}$,最大峰值电流密度 $10^3 \sim 10^5\text{A}/\text{mm}^2$,单个脉冲的持续时间 $1\mu\text{s} \sim$

10000 μ s, 压力 450MPa $\sim$ 600MPa, 电流脉冲频率范围 $f = 1\text{Hz}$, 处理时间范围为 5 秒; 电流引起温升, 引起材料发生相变, 提高合金的导电率。

[0026] b. 将步骤 a 处理后的合金进行固溶处理, 固溶温度为 980℃, 固溶处理 1 小时; 随后放入微波高温炉炉腔, 用真空泵将炉腔抽至真空度 80MPa 以内; 向所述微波高温炉炉腔内通入 N_2 、 H_2 混合保护气体, 调节微波高温炉输出功率, 以 40 $\sim$ 45℃/min 的升温速度加热至 1300℃左右, 保温 0.5 $\sim$ 2 小时, 关闭微波炉, 所得产物随炉冷却至 510℃备用;

[0027] c. 将步骤 b 所得产物分级时效, 高温区时效 470℃ $\sim$ 510℃, 保温 0.5 $\sim$ 4 小时; 然后降温至中温区 430℃, 保温 4 小时; 即固溶后进行分级时效: 高温区时效进行短时间保温; 然后降温至中温区进行长时间保温, 随后空冷。

[0028] d. 空冷至室温, 将处理后的合金产物进行表面吹砂即可。

[0029] 得到的产品与常规时效工艺制备的合金的性能对比如下表 1:

[0030] 表 1 本发明与常规时效工艺制备的合金的性能对比

[0031]

材料名称	电导率 (Ms/m)	硬度 (HB)	金属室温拉伸性能		
			抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	断后伸长率 σ (%)
本发明	48	125	410	300	20
常规时效工艺	46	120	350	250	25

[0032] 优选地, 步骤 d 后将吹砂处理后合金件, 置于真空热处理炉内, 将炉内抽真空至 80-95MPa, 炉内温度升至 450 $\sim$ 460℃, 保温 4 $\sim$ 8 个小时, 所述合金随炉冷却至室温即可。

[0033] 优选地, 所述步骤 a 的 Cr 含量控制在 1.1%, Zr 含量控制在 0 $\sim$ 0.3%。

[0034] 优选地, 采用分级时效。

[0035] 优选地, 步骤 c 后附加低温区去应力退火, 即 250℃ $\sim$ 350℃, 保温 2 $\sim$ 4 小时, 以去变形应力和去时效析出应力。如果对材料稳定性或去内应力有较高要求, 可附加低温区去应力退火, 即 250℃ $\sim$ 350℃, 保温 2 $\sim$ 4 小时, 以达到去变形应力和去时效析出应力的目的。

[0036] 优选地, 步骤 a 的压力脉冲电流处理之前进行 2-10% 的预变形处理, 随后进行蠕变时效, 其中蠕变温度选取 180℃ $\sim$ 250℃, 蠕变时间为 1 $\sim$ 5h, 蠕变应力为 150MPa $\sim$ 300MPa。可以调控合金蠕变时效强化相的析出, 提高合金的力学性能, 降低各向异性程度。

[0037] 优选地, 步骤 d 后将吹砂处理后合金件, 用丙酮清洗后, 再置于真空热处理炉内, 将炉内抽真空至 80-95MPa, 炉内温度升至 450 $\sim$ 460℃时静置除气后向炉内充 Ar 至 50 $\sim$ 60kPa, 保温 4 $\sim$ 8 个小时, 所述合金随炉冷却至室温即可。炉内温度升至 450 $\sim$ 460℃静置除气后向炉内充 Ar 至 50 $\sim$ 60kPa 可调节制备工艺获得多种强度与电导率的匹配。

[0038] 优选地, 步骤 d 后将吹砂处理后合金件, 用双丙酮醇清洗后, 再置于真空热处理炉内, 将炉内抽真空至 80-95MPa, 炉内温度升至 450 $\sim$ 460℃, 保温 4 $\sim$ 8 个小时, 所述合金随炉冷却至室温即可。

[0039] 优选地, 步骤 d 后将吹砂处理后合金件, 用双丙酮醇超声波清洗后, 再置于真空热处理炉内, 将炉内抽真空至 80-95MPa, 炉内温度升至 450 $\sim$ 460℃, 保温 4 $\sim$ 8 个小时, 所述

合金随炉冷却至室温即可。

[0040] 实施例 2

[0041] a. 采用 CuCr1、CuCr1Zr 产品材料成分的重量百分比 :Cr 含量控制在 1.0%, Zr 含量控制在 0.2%, 其余为 Cu ;

[0042] 对所述 CuCr1(CuCr1Zr) 产品进行压力下脉冲电流处理, 脉冲电流放电周期 $10\mu s \sim 800\mu s$, 最大峰值电流密度 $10^3 \sim 10^5 A/mm^2$, 单个脉冲的持续时间 $1\mu s \sim 10000\mu s$, 压力 450MPa $\sim$ 600MPa, 电流脉冲频率范围 $f = 250Hz$, 处理时间范围为 1 小时 ;

[0043] b. 将步骤 a 处理后的合金进行固溶处理, 固溶温度为 1000℃, 固溶处理 1 小时 ; 随后放入微波高温炉炉腔, 用真空泵将炉腔抽至真空度 90MPa 以内 ; 向所述微波高温炉炉腔内通入 N_2 、 H_2 混合保护气体, 调节微波高温炉输出功率, 以 40 $\sim$ 45℃ /min 的升温速度加热至 1350℃ 左右, 保温 1 小时, 关闭微波炉, 所得产物随炉冷却至 510℃ 备用 ;

[0044] c. 将步骤 b 所得产物分级时效, 高温区时效 470℃ $\sim$ 510℃, 保温 0.5 $\sim$ 4 小时 ; 然后降温至中温区 430℃ $\sim$ 450℃, 保温 4 $\sim$ 8 小时 ; 即固溶后进行分级时效 : 高温区时效进行短时间保温 ; 然后降温至中温区进行长时间保温, 随后空冷。

[0045] d. 空冷至室温, 将处理后的合金产物进行表面吹砂即可。

[0046] 得到的产品与常规时效工艺制备的合金的性能对比如下表 2 :

[0047] 表 2 本发明与常规时效工艺制备的合金的性能对比

[0048]

材料名称	电导率 (Ms/m)	硬度 (HB)	金属室温拉伸性能		
			抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	断后伸长率 σ (%)
本发明	48	125	450	380	20

[0049]

常规时效工艺	45	115	390	350	22
--------	----	-----	-----	-----	----

[0050] 优选地, 步骤 d 后将吹砂处理后合金件, 置于真空热处理炉内, 将炉内抽真空至 80-95MPa, 炉内温度升至 450 $\sim$ 460℃, 保温 4 $\sim$ 8 个小时, 所述合金随炉冷却至室温即可。

[0051] 优选地, 所述步骤 a 的 Cr 含量控制在 1.1%, Zr 含量控制在 0 $\sim$ 0.3%。

[0052] 优选地, 采用分级时效。

[0053] 优选地, 步骤 c 后附加低温区去应力退火, 即 250℃ $\sim$ 350℃, 保温 2 $\sim$ 4 小时, 以去变形应力和去时效析出应力。如果对材料稳定性或去内应力有较高要求, 可附加低温区去应力退火, 即 250℃ $\sim$ 350℃, 保温 2 $\sim$ 4 小时, 以达到去变形应力和去时效析出应力的目的。

[0054] 优选地, 步骤 a 的压力脉冲电流处理之前进行 2-10% 的预变形处理, 随后进行蠕变时效, 其中蠕变温度选取 180℃ $\sim$ 250℃, 蠕变时间为 1 $\sim$ 5h, 蠕变应力为 150MPa $\sim$ 300MPa。可以调控合金蠕变时效强化相的析出, 提高合金的力学性能, 降低各向异性程度。

[0055] 优选地, 步骤 d 后将吹砂处理后合金件, 用丙酮清洗后, 再置于真空热处理炉内, 将炉内抽真空至 80-95MPa, 炉内温度升至 450 $\sim$ 460℃ 时静置除气后向炉内充 Ar 至 50 $\sim$

60kPa,保温 4~8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。炉内温度升至 450~460℃静置除气后向炉内充 Ar 至 50~60kPa 可调节制备工艺获得多种强度与电导率的匹配。

[0056] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 450~460℃,保温 4~8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0057] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇超声波清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 80-95MPa,炉内温度升至 450~460℃,保温 4~8 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0058] 实施例 3

[0059] a. 采用 CuCr1、CuCr1Zr 产品材料成分的重量百分比:Cr 含量控制在 0.7~1.3%,Zr 含量控制在 0.3%,其余为 Cu;

[0060] 对所述 CuCr1(CuCr1Zr) 产品进行压力下脉冲电流处理,脉冲电流放电周期 $10\mu\text{s} \sim 800\mu\text{s}$,最大峰值电流密度 $10^3 \sim 10^5\text{A}/\text{mm}^2$,单个脉冲的持续时间 $1\mu\text{s} \sim 10000\mu\text{s}$,压力 450MPa~600MPa,电流脉冲频率范围 $f = 1\text{--}500\text{Hz}$,处理时间范围为 5 秒至 3 小时;

[0061] b. 将步骤 a 处理后的合金进行固溶处理,固溶温度为 1010℃,固溶处理 1 小时;随后放入微波高温炉炉腔,用真空泵将炉腔抽至真空度 95MPa 以内;向所述微波高温炉炉腔内通入 N_2 、 H_2 混合保护气体,调节微波高温炉输出功率,以 45℃/min 的升温速度加热至 1400℃左右,保温 2 小时,关闭微波炉,所得产物随炉冷却至 510℃备用;

[0062] c. 将步骤 b 所得产物分级时效,高温区时效 470℃~510℃,保温 0.5~4 小时;然后降温至中温区 430℃~450℃,保温 4~8 小时;即固溶后进行分级时效:高温区时效进行短时间保温;然后降温至中温区进行长时间保温,随后空冷。

[0063] d. 空冷至室温,将处理后的合金产物进行表面吹砂即可。

[0064] 得到的产品与常规时效工艺制备的合金的性能对比如下表 3:

[0065] 表 3 本发明与常规时效工艺制备的合金的性能对比

[0066]

材料名称	电导率 (Ms/m)	硬度 (HB)	金属室温拉伸性能		
			抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	断后伸长率 σ (%)
本发明	53	120	450	400	18
常规时效工艺	50	90	380	320	22

[0067] 实施例 4

[0068] a. 采用 CuCr1、CuCr1Zr 产品材料成分的重量百分比:Cr 含量控制在 0.7~1.3%,Zr 含量控制在 0%,其余为 Cu;

[0069] 对所述 CuCr1 产品进行压力下脉冲电流处理,脉冲电流放电周期 $10\mu\text{s} \sim 800\mu\text{s}$,最大峰值电流密度 $10^3 \sim 10^5\text{A}/\text{mm}^2$,单个脉冲的持续时间 $1\mu\text{s} \sim 10000\mu\text{s}$,压力 450MPa~600MPa,电流脉冲频率范围 $f = 1\text{--}500\text{Hz}$,处理时间范围为 5 秒至 3 小时;

[0070] b. 将步骤 a 处理后的合金进行固溶处理,固溶温度为 1010℃,固溶处理 1 小时;

随后放入微波高温炉炉腔,用真空泵将炉腔抽至真空度 95MPa 以内;向所述微波高温炉炉腔内通入 N_2 、 H_2 混合保护气体,调节微波高温炉输出功率,以 $45^{\circ}C/min$ 的升温速度加热至 $1400^{\circ}C$ 左右,保温 2 小时,关闭微波炉,所得产物随炉冷却至 $510^{\circ}C$ 备用;

[0071] c. 将步骤 b 所得产物分级时效,高温区时效 $470^{\circ}C \sim 510^{\circ}C$,保温 $0.5 \sim 4$ 小时;然后降温至中温区 $430^{\circ}C \sim 450^{\circ}C$,保温 $4 \sim 8$ 小时;即固溶后进行分级时效:高温区时效进行短时间保温;然后降温至中温区进行长时间保温,随后空冷。

[0072] d. 空冷至室温,将处理后的合金产物进行表面吹砂即可。

[0073] 得到的产品与常规时效工艺制备的合金的性能对比如下表 4:

[0074] 表 4 本发明与常规时效工艺制备的合金的性能对比

[0075]

材料名称	电导率 (Ms/m)	硬度 (HB)	金属室温拉伸性能		
			抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	断后伸长率 σ (%)
本发明	49	130	500	440	23
常规时效工艺	48	120	420	330	25

[0076] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 $80 \sim 95MPa$,炉内温度升至 $450 \sim 460^{\circ}C$,保温 $4 \sim 8$ 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0077] 优选地,所述步骤 a 的 Cr 含量控制在 1.1% ,Zr 含量控制在 $0 \sim 0.3\%$ 。

[0078] 优选地,采用分级时效。

[0079] 优选地,步骤 c 后附加低温区去应力退火,即 $250^{\circ}C \sim 350^{\circ}C$,保温 $2 \sim 4$ 小时,以去变形应力和去时效析出应力。如果对材料稳定性或去内应力有较高要求,可附加低温区去应力退火,即 $250^{\circ}C \sim 350^{\circ}C$,保温 $2 \sim 4$ 小时,以达到去变形应力和去时效析出应力的目的。

[0080] 优选地,步骤 a 的压力脉冲电流处理之前进行 $2 \sim 10\%$ 的预变形处理,随后进行蠕变时效,其中蠕变温度选取 $180^{\circ}C \sim 250^{\circ}C$,蠕变时间为 $1 \sim 5h$,蠕变应力为 $150MPa \sim 300MPa$ 。

[0081] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用丙酮清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 $80 \sim 95MPa$,炉内温度升至 $450 \sim 460^{\circ}C$,保温 $4 \sim 8$ 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0082] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 $80 \sim 95MPa$,炉内温度升至 $450 \sim 460^{\circ}C$,保温 $4 \sim 8$ 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0083] 优选地,步骤 d 后将吹砂处理后合金件,用双丙酮醇超声波清洗后,再置于真空热处理炉内,将炉内抽真空至 $80 \sim 95MPa$,炉内温度升至 $450 \sim 460^{\circ}C$,保温 $4 \sim 8$ 个小时,所述合金随炉冷却至室温即可。

[0084] 有益效果

[0085] 本发明解决了常规的 CuCr1(CuCr1Zr) 热处理发生欠时效和过时效的问题,在提高 CuCr1(CuCr1Zr) 合金的拉伸性能和电导率的同时,又能保证材料的硬度。本发明工艺简

单、操作方便、能源消耗低、所制得合金性能优异,合金性能范围广,高密度合金性能好,致密度高,组织均匀,适于工业化生产,满足各方面应用的实际需求,与常规热处理相比,室温拉伸强度至少提高 10%,各向异性至少降低 10%。该工艺方法操作简便,效果显著,相比运用微合金化改善合金微观组织成分,节约成本,且易于在工业生产中实现。综合效益明显高于已报道的处理方法。

[0086] 在此说明的是实施例中涉及的数值范围均是经过多次实验所得,每一个点都可以实现,不局限在端点或者终点,篇幅所限,在此不进行一一列举。

[0087] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。