



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114134354 A

(43) 申请公布日 2022.03.04

(21) 申请号 202111438096.6

C22B 9/18 (2006.01)

(22) 申请日 2021.11.30

(71) 申请人 成都先进金属材料产业技术研究院
股份有限公司

地址 610306 四川省成都市中国(四川)自
由贸易试验区成都市青白江区城厢镇
香岛大道1509号(铁路港大厦A区13楼
A1301-1311、1319室)

(72) 发明人 陈文雄 张军 武雪婷 尹仕伟

(74) 专利代理机构 成都虹桥专利事务所(普通
合伙) 51124

代理人 林天福

(51) Int. Cl.

C22C 1/02 (2006.01)

C22C 19/05 (2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法

(57) 摘要

本发明公开了一种改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,属于冶金生产工艺技术领域。提供一种能有效降低Ni-Cr合金材料中有害杂质元素含量,改善夹杂物的形态及分布,提高材料的可加工性及使用性能的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法。所述的冶炼方法至少包括真空感应熔炼和电渣重熔两个步骤,其中,真空感应熔炼的熔点按下述公式计算获得, $T_{\text{熔点}}=1453-61.7[C]-13.2[Si]-3.6[Mn]-1.6[Cr]-5[Al]-0.75[Fe]-5.3[Zr]-5.9[Re]-35[P]-32.3[S]-11.1[Ti]$,式中[X]中的X为相应的化学组分;电渣重熔的电压U和电流I分别按下述经验公式计算获得, $U=0.8D_{\text{结晶器}}+25$,式中 $D_{\text{结晶器}}$ 为结晶器直径,单位为cm, $I=7.5d_{\text{电极}} \cdot (55-0.5d_{\text{电极}})$,式中 $d_{\text{电极}}$ 为电极棒直径,单位为cm。



1. 一种改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,所述的Ni-Cr电热合金为包含有下述重量份组分的高温合金坯料,所述的重量份组分为C \leq 0.05%, Si 0.9-1.60%, Al \leq 0.50%, Cr 20.0-22.0%, Mn \leq 0.3%, Fe \leq 1.0%, P \leq 0.010%, S \leq 0.010%, Ti \leq 0.01%, Zr 0.1-0.25%, Re \leq 0.2%, 余量为Ni及不可避免的杂质,其特征在于:所述的冶炼方法至少包括真空感应熔炼和电渣重熔两个步骤,

其中,真空感应熔炼的熔点按下述公式计算获得,

$$T_{\text{熔点}} = 1453 - 61.7[C] - 13.2[\text{Si}] - 3.6[\text{Mn}] - 1.6[\text{Cr}] - 5[\text{Al}] - 0.75[\text{Fe}] - 5.3[\text{Zr}] - 5.9[\text{Re}] - 35[\text{P}] - 32.3[\text{S}] - 11.1[\text{Ti}],$$

式中[X]中的X为相应的化学组分;

电渣重熔的电压U和电流I分别按下述经验公式计算获得,

$$U = 0.8D_{\text{结晶器}} + 25,$$

式中 $D_{\text{结晶器}}$ 为结晶器直径,单位为cm,

$$I = 7.5d_{\text{电极}} \cdot (55 - 0.5d_{\text{电极}}),$$

式中 $d_{\text{电极}}$ 为电极棒直径,单位为cm。

2. 根据权利要求1所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:所述的真空感应熔炼包括以下步骤,装料、融化、精炼、吹氩以及出钢,

其中,精炼的时长根据炉型按150kg级炉子精炼时间控制在15-25min,1.5吨级炉子精炼时间控制在80-120min。

3. 根据权利要求2所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:装料前先对原料进行清洗并烘干,去除油污及水分,装料时先在炉底铺垫一层细小的轻料,活泼元素装入分格加料器中,其中所述的活泼元素至少包括Al、Zr、Mn以及稀土。

4. 根据权利要求3所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:所述的融化过程以装料完毕闭合真空室抽真空开始,先将真空室抽真空至低于6.7Pa,然后送电加热融化炉料,其中炉料的融化速率根据真空感应炉的容量,小于0.5吨炉型真空炉的融化速率不高于0.2吨/小时,1.5吨炉型真空炉的融化速率不高于0.4吨/小时。

5. 根据权利要求4所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:所述的精炼过程以炉料熔清后开始,精炼温度控制在合金熔点温度以上80-100 $^{\circ}$ C,具体过程如下,

待精炼一段时间后,加入块状石墨或加入与块状石墨相当的高碳材料进行脱氧处理,待充分脱氧并精炼至结束前3~5min时,再分别加入提高收得率、控制稳定以及改善非金属夹杂物形态的活泼元素Al、Zr、稀土以及Mn在搅拌条件下继续精炼至规定的时长。

6. 根据权利要求5所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:待精炼结束后,从钢包底部向钢水吹入氩气,其过程中为,

依据炉型1.5吨炉型吹氩强度控制在0.2-0.4m³/(t \cdot min),吹氩时间控制在5-10min完成去杂质、降气体元素的吹氩工作。

7. 根据权利要求2~6任一项所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:所述的电渣重熔为以合金锭作为母材进行的四元渣系电渣重熔,所述四元渣系按重量百分比的组分配比为:62~68%的CaF₂,18~22%的Al₂O₃,8~12%的CaO以及4~6%的MgO。

8. 根据权利要求7所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:在将真空感应熔炼后的合金钢液浇入合金锭并先对电极母材表面进行去氧化铁皮处理,并按计算电渣重熔的电流和电压,并将冶炼时的波动电压控制在不超过 \pm 300V的范围内。

9. 根据权利要求8所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:重熔后的钢水再次凝固时是在带有底水箱的结晶器中进行的,并在结晶的过程中采用冷却水强制冷却,

其中强制冷却的出水温度控制在40~60℃之间。

10. 根据权利要求9所述的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,其特征在于:在重熔的最后阶段,可适当减小电流强度和电极下降速度进行补缩,熔炼结束,待电渣锭完全凝固20min后再进行脱模、缓冷完成电渣重熔工作。

改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种冶炼方法,尤其是涉及一种改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,属于冶金生产工艺技术领域。

背景技术

[0002] 电热合金是一种利用材料电阻产生焦耳热使电能转换为热能的功能性合金材料,主要用于制作500℃至1400℃范围的电热元件。电热按照化学成分可分为Ni-Cr系、Ni-Cr-Fe系和Fe-Cr-Al系合金三大类。其中,Ni-Cr系电热合金通常为奥氏体单相组织,其具有高温强度高、无高温脆性、电阻性能稳定、热膨胀系数低等一些优点,且冷热加工性能以及焊接性能优良,可加工成多种形状及尺寸的元件,后期维护简单。Cr20Ni80合金是Ni-Cr系电热合金中的典型代表,常用于制作需要高稳定性及较高的高温强度的苛刻条件下使用的电热元件。我国专业生产Ni-Cr系电热合金的厂家很多,但大部分企业规模较小,技术储备能力不足,导致产品质量参差不齐,如Cr20Ni80合金的使用寿命较国外优质进口产品差距明显。本领域内公认合金中的有害杂质元素,如S、P、H、N、O等,极容易和合金中的Ni、Cr、Al等合金元素产生共晶或夹杂物,极大的降低热加工塑性,使得材料在热加工过程中容易萌生裂纹,成材率明显降低,同时也会是材料的使用性能显著恶化。因此,在冶炼过程中严格控制有害元素含量、改善夹杂物形貌及分布,提升合金冶金质量,是保证Cr20Ni80电热合金高成材率及优良使用性能的关键。

[0003] 中国专利:华大风、王树平,一种新型高电阻电热合金材料及其制备方法:中国:CN102191409A[P],2011.09.21公开了一种新型Ni-Cr高电阻电热合金材料及其制备方法,公开内容显示其电热合金坯料的制备方法主要采用“中频感应炉熔炼+电渣重熔”工艺,与本发明采用的路线“真空感应炉熔炼+电渣重熔”存在一定差别,且其专利中并未公开具体的电渣重熔的冶炼参数及控制要点。

[0004] 中国专利:郭健、郭小芳、郭乃林,一种减少Ni-Cr-Fe电热合金非金属夹杂物的方法:中国,CN103952518B[P],2016.05.04公开了一种Ni-Cr-Fe电热合金的制备方法,开内容显示其电热合金坯料的制备方法只采用了“真空感应炉熔炼”工艺,与本发明采用的路线“真空感应炉熔炼+电渣重熔”存在一定差别。且其专利中公开的真空感应熔炼工艺参数及控制要点与本发明有较大差异。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种能有效降低Ni-Cr合金材料中有害杂质元素含量,改善夹杂物的形态及分布,提高材料的可加工性及使用性能的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法。

[0006] 为解决上述技术问题所采用的技术方案是:一种改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,所述的Ni-Cr电热合金为包含有下述重量份组分的高温合金坯料,所述的重量份组分为C≤0.05%,Si 0.9-1.60%,Al≤0.50%,Cr 20.0-22.0%,Mn≤0.3%,Fe≤1.0%,P

$\leq 0.010\%$, $S \leq 0.010\%$, $Ti \leq 0.01\%$, Zr 0.1-0.25%, $Re \leq 0.2\%$, 余量为Ni及不可避免的杂质,所述的冶炼方法至少包括真空感应熔炼和电渣重熔两个步骤,其中,真空感应熔炼的熔点按下述公式计算获得,

[0007] $T_{\text{熔点}} = 1453 - 61.7[C] - 13.2[Si] - 3.6[Mn] - 1.6[Cr] - 5[Al] - 0.75[Fe] - 5.3[Zr] - 5.9[Re] - 35[P] - 32.3[S] - 11.1[Ti]$, 式中[X]中的X为相应的化学组分;

[0008] 电渣重熔的电压U和电流I分别按下述经验公式计算获得,

[0009] $U = 0.8D_{\text{结晶器}} + 25$, 式中 $D_{\text{结晶器}}$ 为结晶器直径,单位为cm,

[0010] $I = 7.5d_{\text{电极}} \cdot (55 - 0.5d_{\text{电极}})$, 式中 $d_{\text{电极}}$ 为电极棒直径,单位为cm。

[0011] 进一步的是,所述的真空感应熔炼包括以下步骤,装料、融化、精炼、吹氩以及出钢,

[0012] 其中,精炼的时长根据炉型按150kg级炉子精炼时间控制在15-25min,1.5吨级炉子精炼时间控制在80-120min。

[0013] 上述方案的优选方式是,装料前先对原料进行清洗并烘干,去除油污及水分,装料时先在炉底铺垫一层细小的轻料,活泼元素装入分格加料器中,其中所述的活泼元素至少包括Al、Zr、Mn以及稀土。

[0014] 进一步的是,所述的融化过程以装料完毕闭合真空室抽真空开始,先将真空室抽真空至低于6.7Pa,然后通电加热融化炉料,其中炉料的融化速率根据真空感应炉的容量,小于0.5吨炉型真空炉的融化速率不高于0.2吨/小时,1.5吨炉型真空炉的融化速率不高于0.4吨/小时。

[0015] 上述方案的优选方式是,所述的精炼过程以炉料熔清后开始,精炼温度控制在合金熔点温度以上80-100℃,具体过程如下,

[0016] 待精炼一段时间后,加入块状石墨或加入与块状石墨相当的高碳材料进行脱氧处理,待充分脱氧并精炼至结束前3~5min时,再分别加入提高收得率、控制稳定以及改善非金属夹杂物形态的活泼元素Al、Zr、稀土以及Mn在搅拌条件下继续精炼至规定的时长。

[0017] 进一步的是,待精炼结束后,从钢包底部向钢水吹入氩气,其过程中为,

[0018] 依据炉型1.5吨炉型吹氩强度控制在0.2-0.4m³/(t·min),吹氩时间控制在5-10min完成去杂质、降气体元素的吹氩工作。

[0019] 上述方案的优选方式是,所述的电渣重熔为以合金锭作为母材进行的四元渣系电渣重熔,所述四元渣系按重量百分比的组分配比为:62~68%的CaF₂,18~22%的Al₂O₃,8~12%的CaO以及4~6%的MgO。

[0020] 进一步的是,在将真空感应熔炼后的合金钢液浇入合金锭并先对电极母材表面进行去氧化铁皮处理,并按计算电渣重熔的电流和电压,并将冶炼时的波动电压控制在不超过±300V的范围内。

[0021] 上述方案的优选方式是,重熔后的钢水再次凝固时是在带有底水箱的结晶器中进行的,并在结晶的过程中采用冷却水强制冷却,

[0022] 其中强制冷却的出水温度控制在40~60℃之间。

[0023] 进一步的是,在重熔的最后阶段,可适当减小电流强度和电极下降速度进行补缩,熔炼结束,待电渣锭完全凝固20min后再进行脱模、缓冷完成电渣重熔工作。

[0024] 本发明的有益效果是:本申请提供的冶炼方法以包含有C≤0.05%,Si 0.9-

1.60%, Al ≤ 0.50%, Cr 20.0-22.0%, Mn ≤ 0.3%, Fe ≤ 1.0%, P ≤ 0.010%, S ≤ 0.010%, Ti ≤ 0.01%, Zr 0.1-0.25%, Re ≤ 0.2%, 余量为Ni及不可避免的杂质的高温合金坯料为基础,采用真空感应熔炼和电渣重熔两个步骤进行熔炼,并在真空感应熔炼时的熔点按下述公式计算获得, $T_{\text{熔点}} = 1453 - 61.7[C] - 13.2[Si] - 3.6[Mn] - 1.6[Cr] - 5[Al] - 0.75[Fe] - 5.3[Zr] - 5.9[Re] - 35[P] -$

[0025] $32.3[S] - 11.1[Ti]$, 式中[X]中的X为相应的化学组分;电渣重熔的电压U和电流I分别按下述经验公式计算获得, $U = 0.8D_{\text{结晶器}} + 25$, 式中 $D_{\text{结晶器}}$ 为结晶器直径,单位为cm, $I = 7.5d_{\text{电极}} \cdot (55 - 0.5d_{\text{电极}})$, 式中 $d_{\text{电极}}$ 为电极棒直径,单位为cm。这样,通过优化Cr20Ni80电热合金冶炼方法,实现对关键工序的控制,显著改善合金冶金质量,提高合金的力学性能及使用性能,尤其是通过有效控制Ni-Cr电热合金中的有害元素含量、改善夹杂物形貌及分布,实现为高品质电热器件的制备提供高质量的合金坯料的目的,有效弥补了现有生产技术的不足,显著改善Ni-Cr电热合金的冶金质量,能为高品质电热合金产品的制备提供高质量的合金坯料,预期将带来较大的经济效益。

附图说明

[0026] 图1为本发明实施例的产品坯料的非金属夹杂物分布图;

[0027] 图2为市场采购国内同类产品的非金属夹杂物分布图。

具体实施方式

[0028] 为了解决现有技术中存在的上述技术问题,本发明提供一种能有效降低Ni-Cr合金材料中有害杂质元素含量,改善夹杂物的形态及分布,提高材料的可加工性及使用性能的改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法。所述的Ni-Cr电热合金为包含有下述重量份组分的高温合金坯料,所述的重量份组分为C ≤ 0.05%, Si 0.9-1.60%, Al ≤ 0.50%, Cr 20.0-22.0%, Mn ≤ 0.3%, Fe ≤ 1.0%, P ≤ 0.010%, S ≤ 0.010%, Ti ≤ 0.01%, Zr 0.1-0.25%, Re ≤ 0.2%, 余量为Ni及不可避免的杂质,所述的冶炼方法至少包括真空感应熔炼和电渣重熔两个步骤,

[0029] 其中,真空感应熔炼的熔点按下述公式计算获得, $T_{\text{熔点}} = 1453 - 61.7[C] - 13.2[Si] - 3.6[Mn] - 1.6[Cr] - 5[Al] - 0.75[Fe] - 5.3[Zr] - 5.9[Re] - 35[P] - 32.3[S] - 11.1[Ti]$, 式中[X]中的X为相应的化学组分;电渣重熔的电压U和电流I分别按下述经验公式计算获得, $U = 0.8D_{\text{结晶器}} + 25$, 式中 $D_{\text{结晶器}}$ 为结晶器直径,单位为cm, $I = 7.5d_{\text{电极}} \cdot (55 - 0.5d_{\text{电极}})$, 式中 $d_{\text{电极}}$ 为电极棒直径,单位为cm。这样,通过优化Cr20Ni80电热合金冶炼方法,实现对关键工序的控制,显著改善合金冶金质量,提高合金的力学性能及使用性能,尤其是通过有效控制Ni-Cr电热合金中的有害元素含量、改善夹杂物形貌及分布,实现为高品质电热器件的制备提供高质量的合金坯料的目的,有效弥补了现有生产技术的不足,显著改善Ni-Cr电热合金的冶金质量,能为高品质电热合金产品的制备提供高质量的合金坯料,预期将带来较大的经济效益。

[0030] 上述实施方式中,为了最大限度的提高采用本申请冶炼方法制取的电热合金冶金的质量,本申请在装料前先对原料进行清洗并烘干,去除油污及水分,装料时先在炉底铺垫一层细小的轻料,活泼元素装入分格加料器中,其中所述的活泼元素至少包括Al、Zr、Mn以及稀土。此时,所述的熔化过程以装料完毕闭合真空室抽真空开始,先将真空室抽真空至低

于6.7Pa,然后通电加热融化炉料,其中炉料的融化速率根据真空感应炉的容量,小于0.5吨炉型真空炉的融化速率不高于0.2吨/小时,1.5吨炉型真空炉的融化速率不高于0.4吨/小时。相应的,所述的精炼过程以炉料熔清后开始,精炼温度控制在合金熔点温度以上80-100℃,具体过程如下,待精炼一段时间后,加入块状石墨或加入与块状石墨相当的高碳材料进行脱氧处理,待充分脱氧并精炼至结束前3~5min时,再分别加入提高收得率、控制稳定以及改善非金属夹杂物形态的活泼元素Al、Zr、稀土以及Mn在搅拌条件下继续精炼至规定的时长。同时,待精炼结束后,从钢包底部向钢水吹入氩气,其过程中为,依据炉型1.5吨炉型吹氩强度控制在0.2-0.4m³/(t·min),吹氩时间控制在5-10min完成去杂质、降气体元素的吹氩工作。

[0031] 进一步的,本申请所述的电渣重熔为以合金锭作为母材进行的四元渣系电渣重熔,所述四元渣系按重量百分比的组分配比为:62~68%的CaF₂,18~22%的Al₂O₃,8~12%的CaO以及4~6%的MgO。相应的,在将真空感应熔炼后的合金钢液浇入合金锭并先对电极母材表面进行去氧化铁皮处理,并按计算电渣重熔的电流和电压,并将冶炼时的波动电压控制在不超过±300V的范围内。重熔后的钢水再次凝固时是在带有底水箱的结晶器中进行的,并在结晶的过程中采用冷却水强制冷却,其中强制冷却的出水温度控制在40~60℃之间。在重熔的最后阶段,可适当减小电流强度和电极下降速度进行补缩,熔炼结束,待电渣锭完全凝固20min后再进行脱模、缓冷完成电渣重熔工作。

[0032] 综上所述,本发明提供的方法及关键控制工艺能减低Ni-Cr电热合金中有害杂质元素的含量水平,改善非金属夹杂物的形态及分布,进而显著改善合金坯料的冶金质量,为后续热加工性能及使用性能的提升打下良好基础。

[0033] 本发明明确了Ni-Cr电热合金冶炼时真空感应过程中的熔速、精炼温度、活泼合金元素加入顺序、精炼时间、吹氩工艺等,以及电渣重熔过程中的渣料配比、重熔电压、重熔电流、凝固、补缩等关键参数的选取方法或控制范围,在实现效果提升的基础上,最大限度的保证控制工艺的稳定性,以实现产品质量的稳定性。

[0034] 具体实施例

[0035] 本发明的主要针对现有生产技术的不足,提供一种有利于改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法。所述方法可以显著降低Ni-Cr合金材料中有害杂质元素含量,改善夹杂物的形态及分布,进而提高材料的可加工性及使用性能。

[0036] 一种有利于改善Ni-Cr电热合金冶金质量的冶炼方法,所述方法包括真空感应熔炼及保护气氛电渣重熔双联冶炼工艺

[0037] 具体冶炼方法主要包括以下步骤:

[0038] 1、配料:按照以下组成成分(质量百分比)进行配料:C≤0.05%,Si 0.9-1.60%,Al≤0.50%,Cr 20.0-22.0%,Mn≤0.3%,Fe≤1.0%,P≤0.010%,S≤0.010%,Ti≤0.01%,Zr 0.1-0.25%,Re≤0.2%,余量为Ni及不可避免的杂质。

[0039] 2、真空感应熔炼:(1)装料:所用原料需要经过清洗及烘干处理,去除油污及水分,装料时,现在炉底铺垫一层细小的轻料,活泼元素如Al、Zr、Mn和稀土装入分格加料器中。(2)融化:装料完毕后,闭合真空室开始抽真空,抽真空至低于6.7Pa时,便可通电加热融化炉料,为保证气体及外带非金属夹杂物的去除,融化期应保持较低的融化速率,根据真空感应炉容量可选择不同的熔炼速率,如0.5吨炉型融化速率应不高于0.2吨/小时,1.5吨炉型

融化速率应不高于0.4吨/小时。(3) 精炼:炉料熔清后,精炼温度控制在合金熔点以上80-100℃,可利用公式(1)计算Ni-Cr电热合金大致熔点;精炼一段时间后,加入适量块状石墨或其他高碳材料进行脱氧处理;充分脱氧后,在分别加入Al、Zr、稀土以及Mn等活泼元素,以保障合金元素的收得率和稳定控制,稀土元素的加入有利于钢液的进一步深脱氧,并能改善非金属夹杂物的形态。(4) 吹氩:在钢包底部吹氩,为防止钢液喷溅,应控制吹氩强度,如1.5吨炉型吹氩强度可控制在 $0.2-0.4\text{m}^3/(\text{t}\cdot\text{min})$,吹氩时间控制在5-10min,通过吹氩可以使钢液中O、N、H等向氩气泡中扩散,氩气泡也可吸附钢液中的夹杂物并上浮带出,进一步降低气体元素及非金属夹杂含量。(5) 出钢:吹氩后静置3-5min,钢液到达目标成分及温度后即可进行浇筑,浇筑到保温帽时,破真空加入发热剂和保温剂。

[0040] 所述的方法的真空感应熔炼时间应根据炉型进行调整,如150kg级炉子精炼时间可控制在15-25min,1.5吨级炉子精炼时间可控制在15-20分钟80-120min。

[0041] 所述方法在加入Al、Zr、稀土以及Mn等活泼元素时应缓慢加入,加入后应搅拌钢液1-2min,以加速合金均匀分布。

[0042] Ni-Cr电热合金熔点 $T_{\text{熔点}}$ 大致计算公式([X]为金元素质量分数):

$$[0043] \quad T_{\text{熔点}} = 1453 - 61.7[\text{C}] - 13.2[\text{Si}] - 3.6[\text{Mn}] - 1.6[\text{Cr}] - 5[\text{Al}] - 0.75[\text{Fe}] - 5.3[\text{Zr}] - 5.9[\text{Re}] - 35[\text{P}] - 32.3[\text{S}] - 11.1[\text{Ti}] \quad (1)$$

[0044] 3、电渣重熔:将真空感应熔炼后浇铸得到合金锭作为母材进行电渣重熔,重熔之前需去清理电极母材表面的氧化铁皮。(1) 重熔渣系:电渣重熔的渣系采用4元渣系,Ni-Cr电热合金用渣系成分按重量百分比可配置为:CaF₂(62-68%),Al₂O₃(18-22%),CaO(8-12%),MgO(4-6%)。其中,杂质组分含量应满足SiO₂≤0.7%,FeO≤0.3%,MgO≤0.3%。渣料中,CaF₂能降低渣的熔点,提升熔渣流动性,有利于合金的精炼;Al₂O₃能增加熔渣电阻率,可以提高渣温,加快熔速,改善钢锭表面质量。CaO能提高熔渣碱度,增加脱硫能力,增加电阻率,提升渣温,但过多CaO会降低熔渣的活力,影响精炼效果,一般应控制在12%一下;MgO有助于维持熔渣稳定性,改善熔渣工艺性能,一般应控制在5%左右效果较好。(2) 重熔电压:根据Ni-Cr电热合金的成分特点,重熔电压可以参考一下公式(2)进行计算选取。(3) 重熔电流:重熔过程电流是重要参数,对能耗和产品质量有重要影响,根据Ni-Cr电热合金的成分特点,重熔电流可以参考公式(3)进行计算选取,冶炼时波动范围应不超过±300V。(4) 电渣锭的凝固:结晶器和底水箱应采用强制水冷,以加快电渣锭的凝固速率,正常冶炼结晶器出水温度可控制在40-60℃。(5) 补缩及脱模:重熔的最后阶段,可适当减小电流强度和电极下降速度进行补缩。熔炼结束后,应待电渣锭完全凝固20min后再进行脱模,脱模后应进行缓冷。

$$[0045] \quad \text{重熔电压}U\text{的经验选择公式}(D_{\text{结晶器}}\text{为结晶器直径,cm}):U=0.8D_{\text{结晶器}}+25 \quad (2)$$

$$[0046] \quad \text{重熔电流}I\text{的经验选择公式}(d_{\text{电极}}\text{为电极棒直径,cm}):I=7.5d_{\text{电极}}\cdot(55-0.5d_{\text{电极}}) \quad (3)$$

[0047] 实施例一

[0048] 下面通过实施例进一步阐述和理解本发明:

[0049] 按照如下方法制备实施例的Cr20Ni80电热合金坯料:

[0050] (1) 配料:按照以下组成进行配料,C-0.035%,Si-1.30%,Al-0.6%,Cr-21%,Mn-0.15%,Fe-0.5%,P≤0.010%,S≤0.010%,Ti≤0.01%,Zr-0.2%,Re-0.15%,余量为Ni及不可避免的杂质,配料总重约1.2吨。

[0051] (2) 真空熔炼:装料:所用原料经过清洗及烘干处理,去除油污及水分,装料时,现在炉底铺垫一层细小的轻料,Al、Zr、Mn和稀土装入分格加料器中。(2) 融化:装料完毕后,闭合真空室开始抽真空,抽真空至低于7.6Pa时,送电加热融化炉料,为保证气体及外带非金属夹杂物的去除熔炼速率控制在0.3-0.4吨/小时。(3) 精炼:炉料熔清后,根据公式(1)计算结果,精炼温度控制 $1530 \pm 10^\circ\text{C}$;精炼一段时间后,加入适量块状石墨或其他高碳材料进行脱氧处理;充分脱氧后,在分别加入Al、Zr元素,稀土以及Mn元素在精炼结束前3-5min加入,加入后钢液搅拌1-2min,以加速合金均匀分布。(4) 吹氩:在钢包底部吹氩,为防止钢液喷溅,吹氩强度控制在 $0.2-0.4\text{m}^3/(\text{t} \cdot \text{min})$,吹氩时间控制在5-10min,通过吹氩可以进一步降低气体元素及非金属夹杂含量。(5) 出钢:吹氩后静置3-5min,钢液到达目标成分及温度后即可进行浇筑,浇筑电极棒直径为240mm,浇筑到保温帽时,破真空加入发热剂和保温剂。

[0052] (3) 电渣重熔:将真空感应熔炼后浇铸得到合金锭作为母材进行电渣重熔,重熔之前清理电极母材表面的氧化铁皮。(1) 重熔渣系选择:电渣重熔的渣系采用4元渣系,渣系成分按重量百分比配置为: CaF_2 -66%, Al_2O_3 -22%,CaO-8%,MgO-4%。(2) 重熔电压:根据Cr20Ni80电热合金的成分特点,重熔电压选择设置为53V左右。(3) 重熔电流:根据Cr20Ni80电热合金的成分特点,重熔电流选择在7700A左右,冶炼时波动范围应不超过 $\pm 300\text{V}$ 。(4) 电渣锭的凝固:结晶器和底水箱采用强制水冷,以加快电渣锭的凝固速率,结晶器出水温度可控制在 $40-60^\circ\text{C}$ 。(5) 补缩及脱模:重熔的最后阶段,适当减小电流强度和电极下降速度进行补缩。熔炼结束后,应待电渣锭完全凝固20min后再进行脱模,脱模使用坑冷方式进行缓冷。

[0053] 本实施案例中,得到的Cr20Ni80电热合金坯料的杂质元素含量水平为:[O]=8ppm,[N]=10ppm,[H]=1ppm,[C]=0.02%, [S]=11ppm,[P]=15ppm,[Ti]=12ppm;夹杂改性控制实现A、B、C为0级,D、Ds \leq 0.5级;产品实物远高于国家标准GB/T1234-2012(C \leq 0.08%,P \leq 0.020%,S \leq 0.015%,Ti/H/N/O未做明确要求,非金属夹杂物A、B、C、D、Ds均 \leq 2级)和目前市场采购的国内同类Cr20Ni80电热合金产品实物质量(C \leq 0.05%,P \leq 0.030%,S \leq 0.015%, [O] \leq 40ppm,[N] \leq 150ppm,[H] \leq 10ppm,非金属夹杂物A、B、C均 \leq 1级,D、Ds均 \leq 1.5级)。

[0054] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。

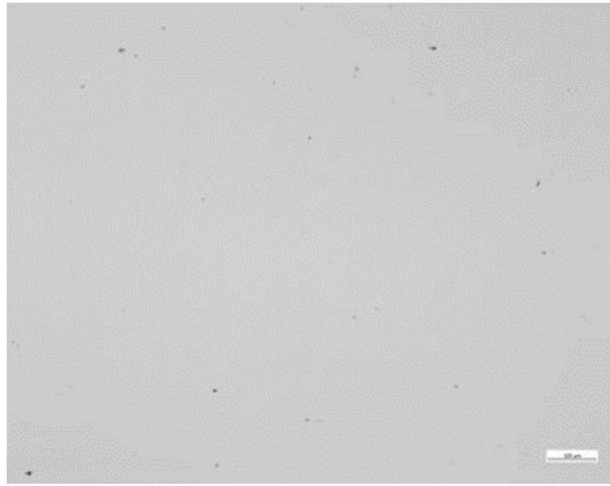


图1

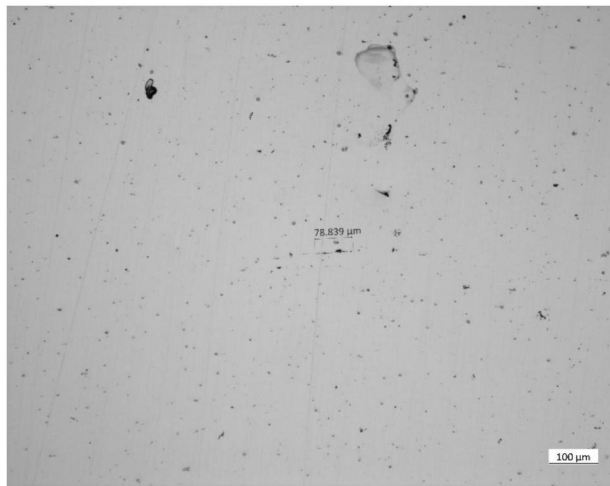


图2