

铜合金熔炼净化技术及发展

董泽华 宗元 李玮

陆军装备部某单位

DOI:10.12238/etd.v6i4.15454

[摘要] 铜合金具有优良的导热、导电性能以及良好的机械加工性,在电气工业、制造业及现代建筑领域广泛应用。熔炼净化过程是提高铜合金化学纯度的核心工艺,面对环保法规的日益严格和资源回收技术的增长需求,铜合金熔炼净化技术的研究与开发变得尤为重要。本文提出了相关净化技术未来的发展方向,为铜合金的可持续发展提供了理论参考。

[关键词] 铜合金熔炼; 净化技术

中图分类号: TF803.25 **文献标识码:** A

The Technology and Development of Copper Alloy Smelting and Purification

Zehua Dong Yuan Zong Wei Li

A unit of the Army Equipment Department

[Abstract] Copper alloys are widely used in the electrical industry, manufacturing, and modern construction due to their excellent thermal and electrical conductivity as well as good machinability. However, the mechanical properties, corrosion resistance, and electrical properties of copper alloys are significantly affected by their chemical purity and microstructure. The smelting purification process is a core technique to enhance the chemical purity of copper alloys, with increasingly stringent environmental regulations and the growing demand for resource recovery technologies, the research and development of copper alloy smelting purification techniques becomes particularly important. This paper proposed future directions for copper alloy smelting purification technology, including research on environmentally friendly purification materials, cost-benefit analysis, process automation, and the technology to recycle copper scrap, providing theoretical guidance for the sustainable development of copper alloys.

[Key words] Copper Alloy Melting; Purification Techniques; Environmental Sustainability; Resource Recycling

引言

我国已成为全球最大的铜产品制造国,但其熔体净化理论及工艺仍有待于进一步研究^[1]。熔体净化是指通过去除有害杂质,提高金属材料的纯度和均匀性的工艺过程。在钢铁、铝合金及镁合金加工业中,已经形成较为成熟的净化技术,如氧化还原法、电解法等,这些技术对铜合金的熔体净化具有一定的借鉴价值。为进一步提高铜合金的洁净度,提升铜合金产品品质,需加强以下方面的研究。其中,可以重点关注提高熔化温度与保持时间、优化熔炼环境及溶解气体的影响、改善熔体的流动性等方面的研究。这些研究将有助于提升铜合金产品的质量和市场竞争力^[2-4]。

本文旨在探讨铜合金熔炼净化技术及其发展,以为铜合金熔炼工艺的改进和优化提供理论和实践指导。对铜合金熔炼净化技术展开深入研究,并进行了铜合金熔炼工艺的实验验证。综合评估不同净化技术的优缺点,提出了针对性的研究建议。同时,

展望了铜合金净化技术的发展趋势,为相关领域的研究和应用提供了参考。

1 铜合金熔炼技术

铜合金熔炼技术是指将铜合金原料加热至一定温度并与其他金属或非金属元素进行合金化反应的过程。该技术在工业生产中具有重要的地位和作用。铜合金的熔炼技术可以使铜与其他元素形成合金,从而改变其物理和化学性质,以满足不同领域的需求^[5]。熔炼技术实现了对原料及合金的精确控制,提高了产品质量和加工性能,也改善了能源利用率,提高了生产效率,降低了生产成本。

铜合金熔炼过程中,原料和废料中常常含有杂质和非金属元素,需要进行净化处理,以保证合金的纯净度和性能。目前,主要的铜合金净化技术有电解法、湿法冶炼法和真空冶炼法等。其中,电解法以其高效、经济和环保的特点,成为铜合金净化的主要方法之一。湿法冶炼法通过氧化、还原、浮选等步骤,能有

效去除铜合金中的悬浮物、杂质和有害元素。真空冶炼法则通过低压环境下的高温 and 低温净化等步骤,实现铜合金的高纯化。根据不同的铜合金类型和产量需求,选择合适的净化技术,进行铜合金的净化处理^[6]。

1.1 技术现状

目前常用的铜合金熔炼工艺主要有两种,即火法熔炼和电解熔炼。火法熔炼是指将铜合金原料与氧化剂同时加热,利用氧化剂氧化铜合金中的有害杂质,使其转化成气体或溶解于熔渣中,然后通过净化和萃取过程得到纯净的铜。而电解熔炼则利用电解原理,将铜合金溶解于电解液中,通过电流作用,将铜阳极上的铜离子还原成纯铜,并在阴极上形成纯铜。

铜合金熔炼工艺的净化技术主要包括以下几个方面。首先,在熔炼过程中加入草酸、亚硫酸氢钠等净化剂可以使铜合金中的氧化铁、氧化硅等杂质转化成易于分离的氧化物或硅酸盐,从而达到净化的目的。其次,通过控制熔渣的成分和温度,可以使熔渣中的杂质转化成易于分离的形态,以便进行分离和提纯。再次,通过在熔炼过程中加入铝、锰等脱氧剂,可以将熔体中的氧气和氢气脱除,减少气孔和夹杂物的形成,提高铜合金的纯度和品质^[7]。

同时,需关注铜合金熔炼工艺的发展趋势。在当前铜合金熔炼工艺中,绿色环保是一个重要的方向。通过改进工艺和净化设备,减少二氧化硫等有害气体的排放,以降低对环境的污染。此外,提高铜合金的熔炼效率和品质也是工艺发展的目标。可通过改进熔炼设备,提高能源利用率和产能,同时控制熔炼过程中的温度、铁水含量等因素,以获得更高品质的铜合金产品。

1.2 铜合金成分与性能关系

铜合金的性能取决于其成分,成分多种多样,包括金属元素和非金属元素。不同成分对铜合金的性能产生不同影响^[8]。

铜合金中的金属元素对其性能有重要影响。例如,加入锌元素可以明显提高黄铜的强度和耐腐蚀性,同时降低其的熔点。添加铝元素可以显著提高铝青铜的耐磨性和耐蚀性。添加锡元素可以提高青铜的强度和硬度,同时降低其的腐蚀性。加入镍元素可以提高镍银合金的强度和抗氧化性能。

铜合金的非金属元素也可以对其性能产生重要影响。举例而言,硅元素可以显著提高高强度铍青铜的抗磨性能。而磷元素则有助于提高磷青铜的耐腐蚀性能。此外,锆元素还能改善青铜的机械性能和抗腐蚀性。

铜合金中各元素的含量对性能有影响。添加元素的含量越高,铜合金的性能越好,但过高的含量可能会使铜合金的加工性变差。

铜合金的性能除成分本身外,还受到加工方式和热处理的影响。可以通过热处理来使铜合金的晶粒细化,从而提升其强度和塑性。此外,通过冷变形和热退火可以改善青铜的机械性能和耐蚀性。

铜合金的性能与其成分和加工方式关系密切。根据不同的应用要求,可以通过调整铜合金的成分和加工方式实现所需性能。

2 铜合金净化技术研究

铜合金净化方法的理论基础主要包括溶解度、筛选性、分散度和反应动力学等方面的基本原理。溶解度是指铜合金中杂质元素在铜基体中的溶解度,可以根据溶解度规律来选择适当的净化方法。溶解度与温度、压力和合金元素的比例等因素有关,可以通过实验测定得到溶解度曲线,并根据溶解度曲线来进一步优化净化方法。另一方面,选择合适的净化剂来去除特定杂质元素,是指针对特定杂质元素选择适当净化剂的能力。可以通过实验方法得到净化剂的筛选性,并可以根据筛选性的差异来进一步改进净化方法,根据杂质元素在铜中的筛选性与净化剂的亲和力。分散度指的是杂质元素在铜中均匀分散的能力。杂质元素的分散度不仅受净化剂选择和添加方式的影响,还受到铜合金熔炼的温度、气氛和搅拌力等因素的影响。为了提高杂质元素的分散度,可以通过优化加热、熔炼和搅拌等工艺条件,进一步提高净化效果。反应动力学是指净化反应速率和机理方面的理论基础。凭借对净化反应速率和机理的研究,可以确定适当的净化时间和温度。了解净化反应速率和机理可以更好地控制净化过程,提高净化效率。铜合金净化方法的理论基础主要涵盖溶解度、选择性、分散度和反应动力学等理论原理。通过对这些基本原理的研究,可以优化净化方法,提高净化效果和效率^[9]。

2.1 净化过程影响因素

铜合金净化过程中的影响因素有很多,下面将详细阐述其具体内容。铜合金净化的效率和质量能够通过合适的温度提高,因此温度是影响铜合金净化过程的重要因素之一。根据不同的合金成分和杂质类型,在铜合金净化过程中会选择适当的温度进行熔炼操作。以氧化还原反应去除氧化铁杂质为例,需将温度控制在800~1000摄氏度,以保证氧化铁的还原反应有效进行。在铜合金净化过程中,需要考虑反应时间对净化效果的影响。过长的反应时间可能导致合金成分的过度损失,而过短的反应时间则可能无法完全去除铜合金中的杂质。因此,在进行铜合金净化时,需要根据实际情况确定适当的反应时间。一般来说,铜合金净化反应时间为30~60分钟是比较常见的^[10]。针对铜合金净化过程,需要考虑反应中气氛对净化效果的影响。不同气氛能显著影响净化效果。例如,在去除氧化铁杂质时,可采用还原性气氛如氢气或碳氢混合气体进行还原反应;而氧化性气氛如氧气或空气则可用于氧化其他金属杂质。

在铜合金净化过程中,需要特别注意搅拌速度。搅拌速度不同会对反应速度和均匀性产生一定影响,适当的搅拌速度能够提高反应速度和均匀性,从而加快净化过程。一般来说,在铜合金净化过程中,常用的搅拌速度为100~200转/分钟。还需要注意熔体的组成对铜合金净化的影响。熔体的组成不同会导致净化效果的差异。例如,当铜合金中含有较高的硫和氧化铁时,常会导致净化效果较差,因此需要采取相应的措施进行去除。铜合金净化过程中的影响因素较多,包括温度、反应时间、气氛、搅拌速度和熔体的组成等。根据具体情况,通过调控这些影响因素可以提高铜合金净化的效果和质量。

2. 2熔炼净化方法对比分析

对铜合金熔炼净化方法的选择会对铜合金的质量和性能产生重要影响,因此需要对熔炼净化方法进行对比分析。目前主要的熔炼净化方法包括火法熔炼、湿法熔炼和特殊熔炼方法。下面将对这几种方法进行详细分析。

火法熔炼是一种较为传统的熔炼净化方法,其主要特点是操作简单,熔炼过程较短。首先,铜合金与一定比例的添加剂经过高温燃烧反应,然后采用升温降温的方式,使金属中的杂质发生化学反应,最终通过过滤等手段将杂质去除。这种熔炼方法的优点在于净化效果好,能够去除大部分的杂质。然而,其缺点也相对明显,一方面是熔炼过程中产生的烟尘和废水对环境造成了较严重的污染,另一方面是熔炼温度较高,容易引起金属的热疲劳等问题。

湿法熔炼常用于熔炼净化,操作简单且净化效果优良。在湿法熔炼过程中,通过在适当温度下使金属中的杂质与添加剂发生化学反应并溶解于液相中,然后通过过滤、沉淀等方式去除杂质。湿法熔炼的优点是净化效果好,能够去除大部分的杂质,并且对环境的污染较小。然而湿法熔炼也存在一些缺点,操作步骤较多,需要消耗较多的能源和化学试剂,并且会产生大量的废液,需要进行后续处理。

特殊熔炼方法是利用特殊的物理或化学方法,对铜合金进行熔炼净化。当前常见的特殊熔炼方法包括高温电解法、真空熔炼法和氧化还原法等。这些方法能通过调节熔炼条件、添加特殊的添加剂等方式,实现对铜合金的高效净化。特殊熔炼方法具有净化效果好、能耗低、环境污染小等优点,但其操作相对复杂,需要较高的设备和技术要求。

根据上述对比分析,可见不同的熔炼净化方法各有利弊,需综合考虑多方面因素来选择合适的方法。对小规模生产企业而言,火法熔炼是经济、实用的选择。对大规模生产企业来说,湿法熔炼和特殊熔炼方法更适合,可提高净化效率和产品质量。因此,在实际应用中,需根据具体情况选择合适的熔炼净化方法,以实现铜合金的高效净化和提高产品质量^[11-14]。

2. 3净化效果评价方法

可以利用化学分析方法评估净化效果,首先需选取净化后的铜合金样品,进行样品的预处理工作,包括样品的溶解和稀释。然后使用适当的分析仪器或试剂进行分析,常用的分析方法包括原子吸收光谱法、电感耦合等离子体发射光谱法等。测定样品中的杂质元素含量,以评价净化效果的优劣。

可以采用物理性能测试方法来评估净化效果。物理性能测试主要集中在对合金性能进行有选择性的测试,通常包括硬度测试、拉伸试验、电导率测量等。通过这些测试方法,可以了解合金的机械性能、导电性能等是否得到了增强,从而反映净化效果的好坏。

借助SEM(扫描电子显微镜)、EDS和XRD等分析技术,可以揭示材料腐蚀过程的微观特征,并准确描述设备腐蚀的微观机理,以及腐蚀环境中化学物质对材料耐腐蚀性的影响和腐蚀规律。在

电化学保护和防腐涂层技术方面取得了实质性进展,通过实验对比分析各种保护方法的实际效果,验证了在腐蚀环境下多种防腐新技术的长效性和可靠性,包括高耐腐蚀合金材料的选择、表面处理技术以及新型复合材料的应用。

利用X射线衍射分析方法评价净化效果的可行性。通过对合金的X射线衍射谱进行分析,获取合金的晶格结构和组织相变等信息,从而评价净化效果的优劣。通过比较净化前后的X射线衍射谱,判断晶格结构是否得到改善,晶粒尺寸是否得到调整。

铜合金熔炼净化技术的效果评价可以采用化学分析方法、物理性能测试方法、显微观察方法和X射线衍射分析方法等多种方法,通过这些方法的综合应用,可以获得对净化效果科学准确的评价^[15]。

3 结束语: 建议和发展趋势

铜合金熔炼净化技术及发展的讨论一直以来都是冶金领域的研究热点,针对现有技术的不足和未来的发展趋势,以下给出了一些建议和展望。

未来铜合金熔炼净化技术的发展趋势将主要聚焦在高效、节能和环保方面。目前的铜合金熔炼净化技术存在能耗高、排放污染物多的问题,因此可以通过降低熔炼温度、改良炉型以及加强尾气处理等方式来提升能源利用率和减少环境污染。同时,可以引入新的熔炼材料或添加剂,以提高铜合金的净化效果,满足不断提高的品质要求。

未来铜合金熔炼净化技术的发展还应注重提高熔炼工艺的自动化程度和智能化水平,可以通过引入先进的监测仪器和自动控制系统来实现对熔炼过程的实时监测和控制,从而提高生产效率和产品质量,并减少人工操作对工作环境的不利影响。同时,利用大数据和人工智能技术来优化熔炼工艺,实现自动调节和优化,从而提高资源利用效率和生产效益。

未来铜合金熔炼净化技术的发展还需重视创新研究和技术集成,应进一步深化对熔炼过程中各种现象和机理的研究,提高熔炼技术的理论指导和工程应用能力。通过技术集成,将铜合金熔炼净化技术与其他相关领域的技术相结合,进一步提高整个熔炼系统的综合效益和竞争力。

未来铜合金熔炼净化技术的发展趋势将主要侧重于高效、节能和环保方面,同时重视提升熔炼工艺的自动化和智能化水平,以及推动创新研究和技术集成。这些发展趋势和建议有助于进一步推动铜合金熔炼净化技术的发展和运用,为冶金行业的可持续发展做出积极贡献。

【参考文献】

- [1]张辉,孙彦华,岳有成,等.再生铝合金熔体净化技术的发展现状[J].铸造技术,2020,41(06):573-575.
- [2]戴斌煜.铜合金熔体过滤净化技术现状及其发展趋势[J].特种铸造及有色合金,2017,37(10):1066-1070.
- [3]高卫国.浅谈铝合金熔炼过程中常见夹杂及净化技术[J].冶金管理,2021,(11):31+41.

[4]陈亚仁.铝合金熔体在线净化系统关键技术创新及应用[J].福建工程学院学报,2021,19(06):520-523.

[5]宋灵灵,易红宏,唐晓龙,等.铁合金煤气处理技术进展[J].中国冶金,2020,30(04):1-5.

[6]戴有涛.铝合金熔铸技术的发展现状及趋势[J].有色金属加工,2019,48(04):1-4+18.

[7]黄兵华.铝合金熔炼工艺与质量控制[J].有色金属加工,2021,50(06):36-38.

[8]赵一栗,吴志军.铝合金熔炼工艺与质量控制[J].内燃机与配件,2019,(06):108-110.

[9]王金甫,任素惠.铝合金类型及熔炼工艺研究[J].中国机械,2020(17):16-17.

[10]赵渊.铝合金熔铸生产工艺的自动化技术发展现状与方法浅析[J].有色金属加工,2019,48(5):7-8,49.

[11]聂小武.铝合金熔炼工艺的质量控制[J].机械工人(热加工),2006(3):75,77.

[12]高慧,刘成亮,温清海,等.研究铝合金熔炼工艺与质量控制[J].大科技,2020(4):172-173.

[13]赵永成.铝合金熔炼工艺与质量控制分析[J].百科论坛电子杂志,2021(18):608.

[14]陈松,林光磊,周策,等.均匀化处理工艺对6061铝合金铸锭相转化率及硬度的影响[J].轻合金加工技术,2019,47(12):5-8.

[15]冯艳飞,徐伍刚,李秋梅,等.均匀化工艺对6005 A铝合金组织及性能的影响[J].有色金属加工,2021,50(3):48-51.

作者简介:

董泽华(1990--),男,汉族,辽宁盘锦人,大学本科,工程师,研究方向为金属材料方向。