

金属材料热处理及工艺设计研究

王东 沈刚

江阴兴澄合金材料有限公司 江苏 江阴 214429

摘要: 金属材料的热处理及其工艺设计,在现代制造业中占据着至关重要的地位。这涉及到一系列复杂而微妙的物理及化学过程,旨在通过控制金属材料的加热、保温及冷却速率,显著改善其机械性能、延伸使用寿命或者适应特定的应用环境。在金属的热处理过程中,通过细致且巧妙的设计,可以有效操纵金属内部的微观结构,从而在硬度、韧性、强度和耐腐蚀性等方面达到预期的优化效果。因此,本文将对金属材料热处理及工艺设计要点进行分析。

关键词: 金属材料;热处理;工艺设计

前言:金属材料的热处理及工艺设计不仅是材料科学和工程技术中的一项核心内容,也是现代制造业不可或缺的关键技术之一。通过不断的技术创新和工艺优化,能够进一步拓展金属材料的应用范围,提升产品的性能和质量,同时也为全球制造业的可持续发展贡献力量。

1 金属材料种类

在现代生产和工业领域,对金属材料的分类有着精细而具体的分法,主要可以概括为两个大方向:一个是基于金属所含化学成分的分类,另一个则是依据金属的主要用途进行的分类。这两种分类方式各有侧重,共同构成了对金属材料理解的基础。从化学成分这一角度来看,金属材料大致可以被分为两大类:合金金属和碳素工具钢。

当从金属的应用用途来进行分类时,通常会遇到量具金属、模具金属及刀具金属这三大类。量具金属,主要用于制作各类精密测量工具,比如卡尺、量块等,这类金属需具备极高的尺寸稳定性和优秀的耐磨性,以保证测量的准确性和长期使用的稳定性^[1]。

2 金属材料工作条件与性能要求

2.1 低合金刀具金属

低合金刀具金属,通常应用于运行速度较慢,对刀具需求量不大的机械工具中。此类场合的刀具,并不对刀具的性能提出过高要求,因此,选用低合金材质的刀具金属已足够满足基本的加工需要。碳素金属工具则因其经济实惠、具备不错的耐磨性等优势而受到青睐。值得一提的是,通过精确的热处理工艺,这些金属工具的耐磨性以及硬度都能得到显著提升,满足特定加工条件下的需求。

2.2 高速金属

随着科技进步,切削加工领域目睹了加工速度的飞速增长,伴随这种速度的提升,所处理的材料强度也逐

渐增强。在这样的背景下,切削过程产生的热量显著增加,导致刀具承受的温度迅速上升。同时,刀具在加工过程中面临的切削负荷也日益加大。这些变化迫使刀具材料必须同时具备更出色的硬度和热硬性。在生产实践中,广泛采用的高速工具钢就是对这些要求的一种响应。这种钢材的平均含碳量一般在0.8%到1.6%之间,它们展示了优异的回火稳定性。因此,高速工具钢不仅成为了制作各种切削工具的首选材料,而且也常被用于生产某些承受重载的冷作模具和结构件^[2]。

2.3 模具金属

模具金属,根据其应用温度和工作条件,大致可分为冷作和热作两大类。冷作模具金属特别注重于耐磨性和硬度,同时也优异地兼顾了韧性和强度,让这些材料在经过淬火处理之后,往往无需更多的加工即可满足使用条件。这类金属的特性,使其在承受低至室温条件下的重复冲击和压力时,展现出极佳的耐久性和可靠性。而热作模具金属,则是在面临更极端的工作环境——高温条件下发挥作用。例如,在压铸模具和热变形模具等应用中,这些模具需要直接接触到高温的材料,因此对于这些金属材料的制作,提出了更为苛刻的要求。无论是强度、耐磨性还是韧性,热作模具金属都必须拥有卓越的高温力学性能,以确保在连续的高温作业条件下,模具能够保持其形状、尺寸和功能,不受到高温的影响而发生损坏或变形。

无论是操作在寒冷严苛的环境,还是炽热的工作场景,冷作和热作模具金属都各司其职,以其独特的性质应对各种挑战。良好的冷作性能使得那些要求极端耐磨性和精确度的模具保持其长久的工作寿命。而优秀的高温力学性能,则确保热作模具在面对高温挑战时,依旧能够稳定可靠地完成工作。这种对模具金属性能的深入理解和要求,体现了现代制造业中材料科学和工程技术

的高度进步。

3 金属材料热处理及工艺设计要点

3.1 低合金刃金属

球化退火作为一种预处理步骤，在低合金金属工具的加工过程中扮演着至关重要的角色，主要旨在通过热处理技术显著提升工具的切削性能和锻造质量。在这一过程的尾声，通常采取淬火与低温回火的配合方法，以精细调控金属的组织结构，从而获得更高的耐磨性和硬度。这一热处理流程，既优化了工具中的回火马氏体和碳化物分布，也保留了少量有益的残余奥氏体，共同作用提升了材料的整体性能^[3]。尤其是在使用9SiCr钢生产圆板牙这种专门用于外螺纹切削加工的工具时，均匀分布的碳化物以及通过热处理获得的高耐磨性和硬度显得尤为重要，这保证了工具在使用过程中的形状稳定性和长效性能。其生产过程涵盖多个关键步骤，首先是下料准备，接着进行关键的球化退火处理，然后是细致的机械加工过程（涉及淬火、低温回火、平面磨削等），紧接着是抛槽和开口两个步骤，确保成品具备所需的规格和性能。

在球化退火环节，9SiCr圆板牙往往通过等温处理手段来执行，以获得粒状珠光体组织结构，使硬度达到大约22HBW，完全满足切削加工的前期准备需求。淬火和低温回火处理过程中，将工件先预热至610至660摄氏度之间，这一步骤有利于缩短后续淬火保温的时间，并尽可能减少淬火时可能出现的氧化和脱碳问题。随后，在860至880摄氏度的加热保温后，迅速将工件转移到约180摄氏度的硝盐槽中进行分级淬火，有效降低了淬火所可能造成的形态变形。最终，再在大约200摄氏度的环境下执行低温回火，减轻残余应力，以此达到较高的硬度指标。通过这套细致入微的热处理工艺，能够确保金属工具如圆板牙在切削、锻造等高负荷工艺中展现出卓越的耐磨性和稳定性，满足高效、精准加工的需求，进而提高制造效率和产品质量，为企业赢得市场的优势。

3.2 高速金属

莱氏体金属，以其复杂的铸造组织结构而闻名，特点显著的是它那较大块状、类似鱼骨的共晶碳化物。这种结构只能通过锻造过程来粉碎，从而实现碳化物的均匀分布。一旦完成锻造，这类高速金属的硬度依旧保持在较高水平。使用球化退火方法不仅能有效降低这一硬度，还能减缓锻造带来的应力，为接下来的淬火工序奠定基础。对于这种高速金属而言，其热处理的顶点在于一个1200摄氏度的高温淬火工序，该过程还包括了三次在约560摄氏度进行的次高温回火。淬火之前，预热处理

是不可或缺的环节，这一过程主要是为了减少金属在淬火中可能发生的变形。利用盐浴进行马氏体分级淬火，可以在精确控制温度的同时，避免不必要的形变。

三次回火的目的是为了尽最大可能降低残余奥氏体的存在，同时削弱由马氏体转变产生的内应力。这种经过三次淬回火的高速钢，将经历所谓的“二次硬化”过程，不仅硬度会得到显著提升，耐磨性也将大幅度增强^[4]。这一系列精心设计的热处理步骤，不仅展现了金属加工领域的精湛技艺，也体现了对材料性能深入理解的结果。通过对金属进行这样的热处理，可以确保金属工具在高速工作条件下，展现出卓越的性能，如更高的耐磨性和更长的使用寿命，满足现代工业对高效率和高精度的苛刻要求。这一过程的成功，不仅依赖于对金属物理特性的精确掌控，还需对热处理技术的深刻理解和运用，最终实现将传统材料通过科学方法转化为满足高要求的先进工业材料。

3.3 模具金属

模具金属在现代制造业中扮演着至关重要的角色，尤其表现在热锻压模、冷冲压模、压铸模等关键领域，这些模具在不同的生产环境下承担着各自独特的任务。针对这些差异化的使用条件和需求，模具金属主要分为两大类：热作模具钢和冷作模具金属。这一分类不仅基于模具在工作时面临的温度区间，也涉及其预期的机械性能和耐久性。热作模具金属，为了适应持续高温下的工作环境，往往采取淬火处理，随后通过中温回火来优化其微观结构。这样的处理过程，旨在获得均匀细致的火托氏体组织，从而确保模具在承受高温压力的同时，也具备良好的耐磨性和抗疲劳性。

对于一些特定的应用条件，比如压铸模具或热挤压模具，除了传统的热处理方法外，还常采用更为先进的化学热处理技术，如碳氮共渗和氮化处理。这些技术通过改变模具表层的化学成分，来进一步提高其表面硬度和耐磨性。特别是碳氮共渗，它通过在模具表面形成一层高硬度的化合物层，显著延长了模具的使用寿命，并极大提升了模具在高负荷工作条件下的性能表现。这种综合使用传统热处理与现代化学热处理技术的方法，已经成为模具金属处理领域的重要发展趋势。不仅如此，为了实现更加优异的工作性能和更长的耐用性，研究和实践中也不断探索与创新，比如通过调整化学成分、改变热处理工艺参数、应用新型表面强化技术等，从而适应日益提高的工业生产需求。从制造的早期日子到如今的高科技时代，模具金属的发展历程凸显了科技进步和工艺创新在推动现代工业发展中的重要角色。随着材料

科学的不断进步和加工技术的日益精细,预计未来的模具金属将拥有更高的性能,应对更加复杂严苛的工作条件,满足多样化、个性化的生产需求,为全球制造业的创新和发展贡献力量^[5]。

3.4 量具金属

在金属加工领域中,对于特定的金属材料如CrWMn钢,其加工过程和热处理手段显得尤为关键,这不仅直接关系到最终产品的性能,也影响着加工效率和成品质量。理想的处理方法应该旨在通过精细调控和多阶段处理,以确保金属材料达到高标准的耐磨性和硬度,同时保持良好的加工性能。在淬火过程中优选缓冷介质,缓冷介质的使用大大优化了金属内部结构的转变,为金属内部的均匀性和稳定性提供了保障。随后,对材料施加深冷处理,这一步骤至关重要,它通过显著降低残余奥氏体含量,进一步增强材料的内在质量。

淬火过程之后,模具金属会经历低温回火,以消除淬火过程中可能引入的内应力。这不仅是对材料硬度和耐磨性质的进一步优化,同时也保证了材料在随后的加工中不会因内应力过大而发生损坏。在实际的生产过程中,这种金属的处理流程分为多个阶段:起始于锻造与球化退火,这一初始步骤为金属提供了基本的形态和预期的微观结构;接着是机加工与淬火,这不仅为金属零件的精确成形奠定了基础,也为材料的性能稳定打下了坚实的基石;紧随其后的冷处理与回火,进一步细化材料的结构,提升其机械性能;然后,通过粗磨和低温人工时效处理,优化金属表面,减少缺陷;最后,精磨与低温去应力回火、研磨,最终形成符合高标准要求的金属工件。

这一连串热处理不仅仅是简单的加热和冷却过程,而是一场精密的内部结构重塑和性能优化的工程。通过这些环环相扣的处理步骤,CrWMn钢的切削加工性得到了显著的提升,不仅如此,这样的加工流程还确保了金属材料的内在质量和使用性能都达到了一个全新的水平。这种精细的热处理工艺需要对金属结构的深刻理解和加工条件的精准掌控。

结语:为了充分发挥金属材料的性能潜力,工具材料的耐磨性与韧性之间的平衡尤为关键。这不仅关系到工具材料本身的质量和性能,也直接影响着加工过程的精确度和生产效率。此外,实际生产实践中对金属材料性能的不断探索和优化,既是对材料科学理论的实践检验,也为机械制造工艺的进步提供了坚实的物质基础。通过这样的综合性能设计,不仅可以提高生产效率和加工质量,还能在一定程度上延长工具的使用寿命,为制造业的持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]郑志清,段文玲,安俊,等.热处理炉温场检测在装备修理过程中的应用[J].宇航计测技术,2024,44(02):60-63+68.
- [2]于宾,朱钱钱,张显华,等.热处理对聚丙烯腈纳米纤维膜性能的影响[J/OL].棉纺织技术,1-7[2024-06-10].
- [3]曹果,吕剑,黄娜.热处理对石墨烯增强铜基材料的力学性能影响[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2024,42(03):91-93+129.
- [4]袁莉莉.金属材料热处理及工艺设计研究[J].有色金属(冶炼部分),2024,(03):159.
- [5]张红香.热处理制度对铝合金管材机械性能的影响分析[J].机械制造,2024,62(01):71-74.