

# 基于金属材料热处理对机械设计的影响

李世显 徐 坚

(郑州铁路职业技术学院 河南郑州 450000)

**【摘要】**为满足产品加工的要求,常常需要将金属材料进行热处理,这虽然不会改变金属材料的形状、组成,但对机械设计产生了复杂的影响,最终会影响产品加工的效率及产品的质量。基于此,本文在分析金属材料热处理方式及工艺过程的基础上,结合金属材料热处理与机械设计的关系,浅谈前者对后者的影响,希望能为相关的技术人员提供有价值的理论参考,不断的革新金属材料热处理工艺,提升机械设计,并根据实际情况处理好二者的关系,最终获得最佳的生产效果。

**【关键词】**金属材料;热处理;机械设计

**DOI:** 10.18686/jyyxx.v3i5.44056

热处理是非常有效且在机械加工领域常见的金属材料处理工艺,对整个产品生产过程而言,金属材料进行热处理后既有优点,又有缺点,如使材料更易被加工,但若未系统考虑对机械设计的影响,会影响加工效率。因此,需正确、科学、全面地研究热处理工艺,才能在机械生产中更加充分发挥其工艺优势,避免其缺点对产品的设计、加工产生不好的影响。同时,在考虑加工对金属材料质量影响的基础上,也必须优化热处理工艺,使该工艺过程更加节能,而目前我国常采用的热处理工艺及设备还难以达到对加工效率、产品质量的要求,热处理过程的自动化程度也较低,因金属材料热处理的不良影响,工件加工存在断裂、脱碳、氧化等不良情况,导致产品的使用寿命大打折扣,或直接导致产品不合格或工件直接报废,对企业而言,大大增加了企业能源消耗及经济投入,因此迫切需要从机械设计等方面优化金属材料的热加工工艺。

## 1 金属热处理工艺分析

### 1.1 相关工艺及其过程

金属材料热处理包括加热、保温、冷却等几个阶段,根据产品加工需求,一些产品的材料热处理不需要进行保温,每个工艺环节相互呼应。金属热处理的起源十分古老,700多年前人们就在生产过程中发现金属材料性能与温度、外压等因素具有密切联系,随着时代的发展,热处理工艺变得更复杂、更丰富。早期热处理使用木炭、煤炭等为热源,第一次工业革命后,石油燃料逐渐成为热处理的热源,对金属性质的研究也更为多元、深入,但相关的加热方法不可避免地产生了严重的污染及能源浪费,之后电力的发展,使其逐渐成为热处理热源,技术的发展也更易于控制、污染更小。金属通过热源直接进行加热,或进行间接加热。而基于机械设计角度,金属加热的温度、保温处理保持的热量、冷却方法都将影响金属微观结构,进而影响相关产品的机械设计。金属热处理离不开机械,虽然热处理工艺不会直接使金属的物化因素产生改变,但会改变金属表面化学成分与内部微观结构,进而改变金属性能,而这种变化是肉眼不可见的。具体而言,加工环节、焊条性能等是影响金属性能的重要因素,由于产品加工时金属材料长期处在高温的加工环境下,为保证其材料有相

应的耐高温性能,常常掺入了其它元素,这些元素与材料化学成分及焊缝材料有较大差异时,可能会导致金属接头等位置出现一些元素的扩散,进而影响材料机械性能。

### 1.2 金属材料热处理方式

(1)表面热处理:为使金属表面具有加工所需要的力学性能,只加热工件表层。由于只加热金属表面,为使部件内部不过多接收由表层传导来的热量,需要选择合适热源,通用的热源有感应电流、激光、电子束及氧乙炔火焰,此类热源能量密度较高,相关的工艺有感应加热金属表面淬火热处理、火焰加热金属表面淬火热处理、电接触加热金属表面淬火热处理等,可使得部件在短时间内获得热处理所需热量,缩短工艺时间以降低对金属结构的影响。

(2)化学热处理:为使金属表面硬度、抗疲劳强度及抗氧化、抗蚀等性能符合加工需求,通常会将金属置于含有相关化学元素的介质中,常用氮、碳、硼及各种形态的合金元素,相关处理工艺有渗氮、渗碳、渗硼和渗金属,化学处理后进行加热、保温等热处理。这一处理方式使金属表层化学成分产生变化,进而改善其组织结构及相关性能。

### 1.3 热处理的类别

(1)正火:通常为中碳钢、高碳钢中间段的热处理工艺,常被用于最终热处理前的工艺。该工艺为使金属结构逐渐均匀化,细化金属晶粒使材料具备更优加工性能,因此不同于退火、淬火等处理,可单独进行。

(2)退火:为后热处理重要基础,因此在生产中广泛应用,包括完全退火、消除应力退火、球化退火等类型,根据不同的目而进行选择。采用该工艺常见的目的为降低金属硬度、提高材料切削性能、消除工件残余应力,以减少工件变形,避免加工使其产生裂纹,退火后金属的性能可通过拉伸、硬度测试来检验。

(3)淬火:指将金属工件加热到合适温度一段时间后,将其通过冷盐水、油等冷介质,由于金属在加热后突然降温,其硬度、耐磨性将大幅提高,如今主要用于加工耐磨器具部件,如齿轮、轴承,需要通过不同淬火方式来优化耐磨性、抗疲劳等物理性能及使用寿命,以提升硬度为例,这是由于淬火后金属的微观结构由奥氏体变为马氏体。但淬火热处理会使金属产生内应力,这对机械设计

非常有害,可能导致部件形状变形、容易开裂,因此需采取适当冷却方式。

(4) 回火:是淬火后的处理方法,因此通常与淬火结合进行,可减少淬火对金属的危害,一定程度减少其内应力,提升金属部件机械性能。一般进行多次回火,逐步优化材料力学性能。

## 2 金属材料与其热处理工艺关系探究

### 2.1 金属材料切削性能与热处理关系

在金属工件加工的整个流程中,若切削工艺与预处理间相互沟通、相互配合,有利于提升产品质量。由于金属切削时,不同加工材料、刀具、切削条件会影响金属变形程度,并使切削表明产生不同光洁度。而预先热处理应用于各种需要进行铸、锻、焊加工的毛坯工件或半成品的加工中,目的在于消除冶金、热加工产生的缺陷,使金属保持良好结构状态,从而使材料在后续加工中依然能保持较好切削性能,有利于减少后续加工对工件产生的变形影响。以齿坯材料为例,若齿坯工件的硬度偏低,切削加工中容易粘刀,在切削前倾面上产生积屑瘤,降低零件表面光洁度,通过正火、淬火等热处理提升齿坯硬度,可减少粘刀问题。

### 2.2 金属材料切边模量与热处理关系

切变模量为材料力学性能中的重要指标,指弹性变形范围内,材料所受切应力与切应变的比值,模量大表示材料刚性强。热处理可改变材料性能及物理性质,其切边模量也随之变化,导致了弹簧等金属工件的实际伸长量与设计的伸长量间存在一定误差。一些实验分析了金属热处理与材料切边模量间的变化关系,由于金属材料弹性模量由原子间结合力决定,因此热处理若对金属成分、组织、温度等产生影响,均会因影响原子间结合力而影响材料弹性模量。因此需要针对具体的特性要求,根据弹簧温度、荷载等服役条件来计算和确定合适的切变模量。

### 2.3 金属材料断裂韧性与热处理关系

从断裂力学考虑,任何金属材料都含有一定数量及尺寸的裂纹。金属断裂韧性实指代含有裂纹的金属材料在受力环境下抵抗裂纹扩展的能力。提高金属材料断裂韧性,关键在于减少金属材料晶体中的位错,即降低金属材料位错密度,提高金属材料强度。因此通过热处理进行细晶强化,提升金属晶界比例,阻碍材料结构的位错滑移,是提升金属抗裂韧性的重要方法,其原理为冷变形金属在加热到一定高温后,会在其变形最剧烈的位置产生新的等轴晶粒,代替原来已经变形的晶粒,即再结晶过程。而只有控制好热处理的应力、温度等环境条件,才能保证材料在其受温度变形过程中产生足够的新生等轴晶粒。

## 3 金属材料热处理对机械设计的影响探析

机械设计包括明确任务、方案设计、技术设计及编写

技术文件等流程,方案与技术设计尤为关键,方案设计需考虑产品使用要求,合理选择现有的热处理等加工技术,确定产品结构及具体参数,绘制机械产品的原理工作图。而技术设计需要确定产品各构件尺寸,并详细计算各构件载荷等,最终确定尺寸及产品总装配图。构件设计中,要注意热处理要求,基于产品耐磨性等特性的要求,选择合理的加工材料及热处理工艺。

### 3.1 负面影响

金属材料经过热处理,可能出现工件缺陷,使机械设计质量受到负面影响,包括工件裂纹、变形、脆性及残余应力等缺陷。裂纹常因淬火、回火、加热等工艺引起,变形常因淬火引起。要解决这些问题,尤其需要合理设计机械产品的尺寸、圆角、形状等结构,同时合理设计热处理工艺方案。若产品形状较复杂,且精度要求高,一般应在淬火前进行去应力退火。如齿轮加工前,设计人员考量齿轮截面变化,尽量设计出对称的结构,采用均匀性强的材料,合理设计热处理工艺流程,使加工过程中工件的热应力集中,合理设计冷却阶段的速度、时间等因素,以合理控制工件变形。

### 3.2 积极影响

热处理最大的积极影响为优化金属材料各项性能,以更好满足机械设计的各项要求。热处理对金属材料产生的缺陷可通过相应手段进行预防和处理。有效热处理,可改变金属内部结构,提升材料使用性能,以钢材为例,正火处理可将钢材加热至临界温度以上,接着进行保温、冷却处理,增加材料内部珠光体量和细化晶粒,以消除结构内部的残余应力,改善材料组织结构;钢材进行淬火处理,则可提升其硬度和耐磨性。以轴承钢热处理为例,预备热处理阶段,通过正火细化工件晶粒,并消除其网状碳化物等成分,采用球化退火工艺提升工件韧性、降低材料硬度;淬火处理选择适宜高温加热工件,提升材料中铬等元素的溶解度,控制材料晶粒直径。淬火处理,使产物在冷处理后获得马氏体组织,然后通过低温回火使材料具备较高硬度,并消除工件内部残余应力。

## 4 结语

综上所述,基于金属材料热处理与其性能间的复杂关系,对金属材料进行热处理,会对机械设计产生多方面的影响。实际生产中,为消除金属热处理对机械设计产生的负面影响,更好发挥积极影响,应在准确把握二者间关系的同时,合理的进行机械设计,选择合适的热处理工艺,设计合理的热处理工艺流程及方案,以有效提高金属工件的各项性能,使其更符合机械产品的质量要求。

作者简介:李世显(1966.10—),男,河南商丘人,讲师;徐坚(1964.11—),男,河南开封人,副教授。

## 【参考文献】

- [1] 李志敏.试论金属材料的热处理工艺的相关性[C].北京:中国教育发展战略学会,2018.
- [2] 齐天峰,王谢涛,王宇航.基于金属材料的热处理对机械设计的影响[J].科技经济导刊,2018(32):73.