

轴承钢管生产新旧工艺的对比分析

黄全

(浙江森春机械有限公司 浙江 绍兴 312500)

摘要: 轴承钢管能够被广泛地应用于机械设备制造当中, 满足许多具体的重工业发展需要, 因此对轴承钢管生产的质量和性能有较高要求。本文以轴承钢管为主要研究对象, 在对现有轴承钢管生产工艺进行介绍的基础上, 简述现有生产工艺存在的技术限制和问题, 并对当前一种能够满足轴承钢管生产需求的新工艺方法进行了对比分析, 以期能够为轴承钢管生产工艺的优化创新提供一定的经验借鉴。

关键词: 轴承钢管; 生产工艺; 钢管硬度

0 引言

轴承钢管作为组成机械设备的重要部件, 在保证各类设备运行质量, 以及提升机械加工和重工业生产效果方面发挥着重要的作用。尽管我国目前在制造业方面的发展呈现出良好的效果, 但从制造技术和生产工艺的角度来看, 与发达国家仍具有一定的差距。本文从轴承钢管的角度, 基于现有的生产工艺限制和缺陷, 探讨新生产工艺的应用效果, 以推动轴承钢管生产加工的高质量发展。

1 现有轴承钢管生产工艺

1.1 生产工艺的类型

现行的轴承钢管生产工艺仍主要基于传统的冶炼原理, 即基于轴承套圈这一重要的零件来确保轴承钢管的生产质量。在实际的轴承钢管生产加工中, 具体包括三种不同的工艺类型: 第一种是传统的穿孔+冷轧工艺, 该工艺需要经过管坯切断、加热、定心、穿孔、控冷、打头、球化退火、酸洗润滑、多道次冷轧、退火、精整检验环节; 第二种是穿孔+三辊轧管+定径工艺, 该工艺要在管坯切断、加热、定心、穿孔后, 按轧管、再加热、控制轧制、张力减径、控冷、冷床、切头尾、球化处理、矫直、精整检验的步骤完成加工生产; 第三种是穿孔+挤压+冷轧工艺, 与第一种工艺相比, 其只在控冷环节后增加了一道挤压的工序^[1]。三种不同的工艺类型在实际应用中能够基于产量和轴承钢管的特殊工艺需求来选择。

1.2 生产工艺应用存在的限制

考虑到轴承钢管在实际应用中往往需要承受较

大的压力和摩擦力, 因而对于轴承钢的硬度及耐磨性有着较高的要求。现行的轴承钢管生产工艺虽然能够满足基本需求, 但在性能方面仍需要不断提高, 管坯在穿孔及热轧中与导板发生摩擦, 很容易造成钢管表面擦伤磨损, 影响钢管的使用效果。

2 对轴承钢管生产新工艺的探索分析

2.1 方案一: 以撒盐装置降低管坯表面磨损

2.1.1 技术方案

在对现行轴承钢管生产工艺进行介绍分析的基础上, 选择当前一种新型的轴承钢管生产工艺, 对新工艺的应用效果进行分析, 以期能够为新工艺的应用和发展积累经验。本文中选择的轴承钢管新工艺, 主要是以降低管坯生产过程中的表面磨损情况为主要目的的工艺^[2]。该工艺在实际应用中, 具体包括管坯切割、加热、撒盐、穿孔、退火、冷轧、去应力退火、酸洗、冷拔、球化退火、矫直、探伤、标记入库等步骤。与现行轴承钢管生产工艺的区别是新工艺加入了撒盐装置(图1), 并在矫直和标记之间增加了探伤的步骤。

2.1.2 新工艺应用过程

新工艺在实际应用过程中, 首先需要将棒材切割成多个长度相等的管坯, 在对管坯进行预热处理后, 对管坯表面进行撒盐处理, 以撒盐的方式来提高管坯表面的润滑程度, 从而降低穿孔过程中管坯与导板之间产生的摩擦力。在完成管坯的穿孔处理之后, 依据原有的退火、冷轧、去应力退火、酸洗、冷拔、矫直及标记处理等工艺步骤, 就可以完成轴承钢管

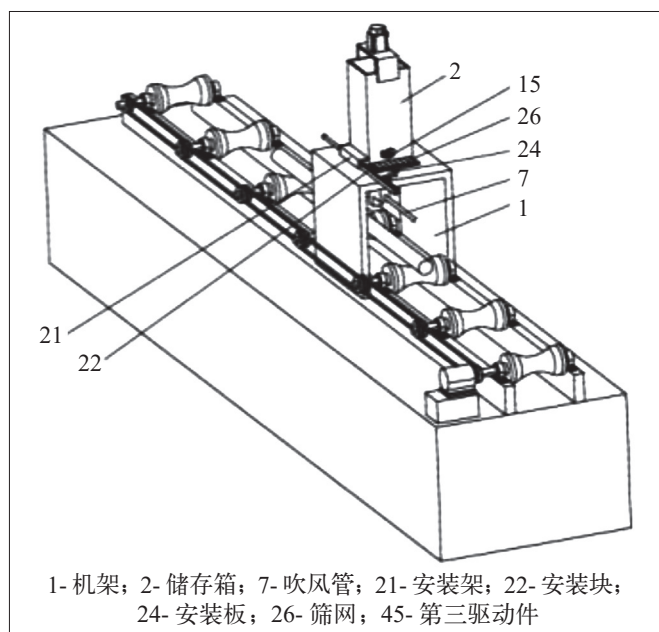


图1 撒盐装置

的生产制作。

该新工艺主要目的是降低管坯表面磨损情况，因而撒盐步骤对整个工艺的应用效果影响更为明显。在撒盐环节，需要先向储存箱中倒入盐，让盐能够暂存到筛网上。在启动撒盐装置后，可以直接利用滑移装置来带动筛网沿着水平方向移动，让筛网中的盐能够在管坯经过撒盐管下方时正好排出，从而保证撒盐操作的便利性。考虑到撒盐量大小可能对轴承钢管表面润滑程度产生影响，该工艺在设计中以吹风管对撒盐管进行吹气的方式，对盐在撒盐管原理储存箱一端喷出时的含量进行调节^[3]。在这一过程中，由吹气管提供的气源气压越强，撒盐管中的气体含量越高，相应的喷出时的盐含量就会降低，从而有效达到控制轴承钢管表面润滑程度的目的。

2.2 方案二：以生产离心坯减少毛管表面裂纹缺陷

2.2.1 技术方案

在几种基本的轴承钢管生产工艺基础上，当前部分企业已经能够基于自身的技术掌握情况和轴承钢管的建设需求，对轴承钢管的生产工艺进行进一步优化。优化后的生产工艺在应用中也取得了良好的效果。

以某企业的轴承钢管热加工生产工艺为例，某企业所应用的生产工艺主要是离心浇筑方式，即在生产空心管坯的基础上，通过内外壁加工和环形炉加热的方法，在将管坯加热到一定温度后，应用斜轧穿孔机和轧管机来实现毛管的穿孔以及尺寸的调整。

最后应用微张力定径机来达到减少毛管外径的目的，最终得到符合生产要求的轴承钢管产品。基于以上原理，该工艺在实际应用中主要经过制备离心坯、斜轧工艺、热轧工艺、球化退火、淬火回火等步骤来实现生产。

2.2.2 技术应用流程

在离心铸造过程中，在预热管模外壁达到 $200 \sim 260^{\circ}\text{C}$ 后，于管模表面喷涂 $1.8 \sim 2.2\text{mm}$ 的液态涂料，然后继续对管模进行加热，在涂料水分完全蒸发后，以挡板堵住管模两端来构成一个封闭的环形管腔。让管模在 $750 \sim 800\text{r/min}$ 的速度下旋转，并向其中吹入氩气，隔绝空气。在浇筑合金液时，型腔内的温度需要控制在 $1530 \sim 1560^{\circ}\text{C}$ 范围内，浇注完成后需要进行冷却处理，从而形成离心坯。离心浇注过程如图2所示。

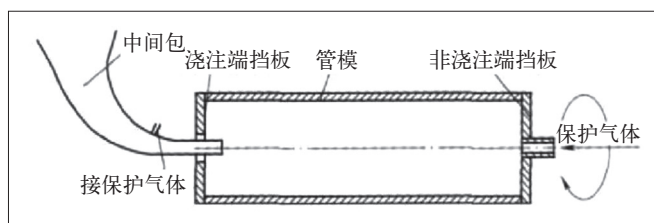


图2 离心浇注过程

在斜轧工艺中，考虑到离心坯相较于实心坯拥有更易于加热的性质，因而在实际应用斜轧工艺的过程中，以离心坯的方式来进行生产加工，能够在保证加热效果的同时，有效缩短加热时间。基于此，在斜轧工艺中通常需要将加热系数控制在 $0.4 \sim 0.6\text{min/mm}$ 范围内，并确保加热温度在 $1130 \sim 1160^{\circ}\text{C}$ 之间，避免因温度控制不佳导致离心坯出现晶粒粗大、氧化及脱碳等情况。在此基础上，考虑到离心坯容易出现变形的情况，需要基于铸造的离心坯特点，选择更合适的斜轧工艺方案^[4]。例如，应用两次穿轧定径的方式，在第一次穿轧定径中应用较小的变形比，在第二次穿轧定径中应用较大的变形比，能够在提升离心坯铸态组织塑性的同时，保证成品符合轴承钢管的性能需求。而在对离心坯进行穿孔处理的过程中，考虑到不存在二次咬入的阻力，可以将顶头前的压下率控制在5%左右，从而有效减少一次咬入到坯料接触顶头的距离。

而在实际的生产过程中，也需要以保证模具表面质量为主要目标，防止模具表面出现缺陷。例如，在应用定径机前，可以通过利用高压水除磷的方式，

在将压力大小控制在 14 ~ 15MPa 标准的前提下，确保能够将模具外壁的氧化皮及麻点清除干净。而在应用定径机的过程中，也需要保证定径机各机架变形量及张力系数能够均匀分配，并让金属轴向流动与横向流动始终处于均匀稳定的状态中，从而有效确保钢管表面的生产质量。应用这种方法能够让钢管的穿轧塑性得到明显改善，有效提升组织致密性。

在热轧工艺中，以 GCr15 钢管为例，该类钢管终轧温度的标准为 790 ~ 840℃，如果实际生产中的终轧温度越低，在热轧中析出的网状碳化物被打碎，就会导致后续变形的奥氏体晶粒未能及时结晶，进而导致碳化物分布更为细小，很容易影响到生产钢管的硬度。对某轴承钢管应用热轧工艺后，在终轧温度为 800℃ 以下的情况下，对其硬度进行检验并得到结果，钢管硬度结果见表 1。由此可以发现，热轧工艺应用中的温度变化会对钢管硬度产生较大的影响。

表 1 热轧态钢管硬度（HRC）

管号	检测点			平均值
	1	2	3	
1	34	38	41	37.7
2	38	40	36	38
3	35	43	38.5	38.8

在球化退火工艺环节，主要可以应用保温后随炉连续冷却、保温后先快速冷却再保温两种方法。以保温后随炉连续冷却的方法为例，在将轴承钢管加热到 790 ~ 810℃ 范围内后保温 4 ~ 5h，然后关闭炉子以随炉冷却的方式降温冷却到 500℃ 左右，在出炉控冷后就可以得到球化后的轴承钢管。控冷后毛管球化退火工艺曲线如图 3 所示。

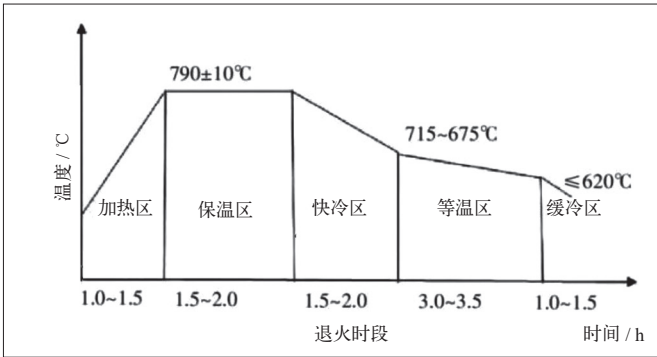


图 3 控冷后毛管球化退火工艺曲线

球化处理后的轴承钢管硬度检测结果见表 2。对球化处理后钢管的硬度检测，主要通过 HBW 的方法

表 2 球化处理后钢管硬度检测结果（HBW）

管号	检测点			平均值
	1	2	3	
1	192	206	198	197
2	206	190	201	199
3	190	198	202	197

实现。根据表 2 可以发现，球化处理后的钢管硬度明显降低，有效提升了钢管的塑性，对后续进行轴承钢管的热加工处理也更为便利。在淬火环节也不会因出现过热现象而影响钢管的整体质量，为后续的淬火组织加工奠定了良好的基础。

在对钢管完成球化处理后，为验证新工艺对于提升轴承钢管产品性能的效果，还需要对钢管其他方面的性能进行检验分析。基于该工艺的应用结果，从轴承钢管的弯曲和压扁性能角度来看，经过球化处理后的钢管表面组织中，球形碳化物能够均匀分布在铁素体基体上，呈现出良好的球化效果。在对钢管进行检测的过程中，主要将钢管置于压力试验机上，以内壁受压且弯曲 90° 的状态进行检验。检验后发现钢管表面并未出现裂纹，在对钢管进行压扁实验后也未出现裂纹。

为达到轴承钢管的硬度生产要求，还需要对轴承钢管进行淬火回火工艺的加工处理。在淬火环节，当将钢管加热到 930 ~ 840℃ 标准后保温 40min，以油淬的方式可以得到由马氏体、颗粒状碳化物和残留奥氏体构成的淬火组织。基于马氏体本身易被腐蚀的特点，可以在后续的回火工艺中直接进行马氏体的分解，推动隐针马氏体朝着回火马氏体的方向转变。而在低温回火工艺环节，还需要将钢管加热到 165 ~ 175℃ 左右并保温 3 ~ 4h，然后出炉控冷。应用以上工艺后对钢管硬度进行检测，硬度检测结果见表 3。

表 3 应用淬火回火工艺后的钢管硬度检测结果

处理方式	检测点 1	检测点 2	检测点 3	平均值
油淬	64	63.7	66.5	64.7
油淬 + 低温回火	63.5	64.3	64.7	64.2

结合表 3 中的数据可以发现，在经过淬火回火加工处理后的钢管硬度较高，在经过检验后也能够体现出较为良好的耐磨性。

在完成所有轴承钢管生产工艺后，对得到的轴承钢管产品进行检验，发现钢管成品表面并无明显

的裂纹缺陷,且整体能够呈现出晶粒细小、组织致密的特点,在测量后发现轴承钢管内外壁脱碳层的厚度都不超过 0.5mm。由此可以证实,应用新工艺后得到的轴承钢管符合当前我国对轴承钢管生产加工的标准要求。且在对轴承钢管的性能进行检测分析之后,也能够满足对于轴承钢管的实际应用需求,降低轴承钢管表面出现裂纹缺陷的概率和程度,保证轴承钢管的应用性能和质量。

2.3 应用新工艺对轴承钢管生产加工的启示

在现有的轴承钢管生产工艺中,由于在应用热轧工艺时受到毛管表面金属变形的影响,在实际的加工生产中会出现裂纹、内折等缺陷。且受轴承钢种类较多的影响,对于轴承钢管的生产在最终组织形态、内外表面脱碳层、压缩比、内外径精度等方面都有着较为严格的规定。基于当前轴承钢管生产加工过程中存在的钢管表面磨损以及容易出现裂纹等情况,分别提出对轴承钢管进行工艺改进和优化的方法。且经过验证之后也明确新工艺能够在一定程度上满足提高轴承钢管表面润滑度及硬度的要求。

基于新工艺对传统轴承钢管生产工艺的优化调整,可以发现当前我国在轴承钢管的生产应用方面可以参考和适用的标准仍较少,同时也缺少能够对多个品种的轴承钢管产品进行质量检验的标准体系,使得轴承钢管在生产加工中遵循的标准也有所差异。且在轴承钢管生产工艺本身流程和环节较多的情况下,对整个生产过程进行质量控制也具有较大的难度。在这种情况下,不仅需要基于实际的行业和市场发展需求来对现有的轴承钢管生产工艺进行优化创新,还需要能够配合更完善、全面的质量检验及

生产标准,才能够更好地满足提升轴承钢管质量和性能的生产加工要求。

3 结语

综上所述,本文中探讨的轴承钢管生产新工艺,能够在一定程度上弥补现有生产工艺的不足,提升轴承钢管的生产加工质量,保证性能效果。基于当前我国重工业以及其他需要应用轴承钢管行业领域的发展情况,新工艺的研发不仅需要能够保证提升轴承钢管的基本性能,同时也需要能够体现出普适性的特点,尽可能多地满足不同情况下的轴承钢管应用需求,这样才能够更好地推动相关行业领域的发展。

参考文献:

- [1] 宗华. 轴承钢球滚动接触疲劳寿命预测方法 [J]. 传动技术, 2022, 36 (04): 28-33.
- [2] 张文远, 陈金海, 花国然, 等. 嵌入式智能轴承结构分析与振动监测系统设计 [J]. 机械强度, 2022, 44 (06): 1293-1299.
- [3] 王姗姗, 张朕, 王浩, 等. 轴承钢管制套圈缺陷分析思路及方法 [J/OL]. 轴承: 1-5 [2023-02-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1148.TH.20221020.1814.004.html>.
- [4] 王增海, 温博, 高和平, 等. 小直径 GCr15 轴承钢管工艺开发与应用 [J]. 钢管, 2021, 50 (04): 56-58.

作者简介: 黄垒 (1992.12-), 男, 汉族, 浙江绍兴人, 大专, 助理工程师, 研究方向: 轴承钢管生产工艺。