

利用保养焊接技术修复大型齿轮

秦书清　李向荣　王盛

1. 概述

我公司板带厂卷曲减速机齿轮，材质为42CrMo，在长期服役中出现磨损、剥落情况，随着时间的推移磨损量逐渐加大，剥落、掉块进一步加重，同时因扭力传递不均匀，使齿轮受冲击严重，最终造成齿轮断齿。因该齿轮价值较高且制造难度大，周期长，本着节约成本的原则，在对齿轮进行几何尺寸、有限范围内超声波探伤检查后，认为可以进行焊接修复。修复后必须达到技术要求：去除齿面、齿根疲劳层，堆焊层金属力学性能不低于母材，焊后热处理温度≤（510±10）℃，最大限度保持和改善齿轮现有综合力学性能、技术参数、精度不变，符合传动要求。

2.焊接性分析

该齿轮由42CrMo钢制造，其化学成分和力学性能如附表所示。

由附表可知，42CrMo系中碳高强度合金钢，焊接性能较差，特别是在调质状态下进行焊接时，除了冷裂纹外，热影响区的主要问题是：高碳马氏体引起的硬化和脆化；高温回火区软化引起的强度降低。高碳马氏体引起的硬化和脆化是可以通过焊后回火处理来解决。但对高温回火区软化引起的强度下降，在焊后不能调质处理的情况下是无法挽救的。为了防止焊接冷裂纹必须进行焊前预热，其预热温度应在350~400℃，但是预热温度过高又会引起较大的焊接变形。为解决这一矛盾，决定采用低匹配的焊接材料作为过渡层，以增强焊缝金属的塑韧性，同时由于填充金属的强度较低，从而减小焊接热影响区的焊接应力，达到减少焊接冷裂纹的目的，通过试验确定预热温度为200~220℃。

选择利用保养焊接工艺技术进行修复，其技术优势集中表现为：该技术是针对被修复部件最为重要的服役部位实施加工、恢复和提高修复部位的力学性能，同时又特别注重对工件无需修复的其他部位进行保护，防止其他部分产生电热损伤及变形；保养焊接修复工艺中，焊前、焊中和焊后的热处理技术已成为确保实现焊接工艺过程和最终服役性能的最重要的技术手段。

42CrMo钢化学成分及力学性能

化学成分（质量分数，%）							力学性能			
C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	σ_b/MPa	σ_s/MPa	δ(%)	A_{kv}/J
0.42	0.3	0.65	1.05	0.23	0.015	0.02	980	830	13	63

3. 修复工艺过程

（1）焊材选择　首先，根据齿轮的材质和力学性能，进行复合焊接材料系列的优化设计与选择，确保焊接部位的合金成分过渡、强度梯度过渡、应力协调过渡的连续性，以获得最优的焊缝综合力学性能和抗疲劳性能。

其次，在齿轮的失效部位、完好部位分别取样进行金相分析，结合以往的生产经验，对照标准图谱，分析齿轮出现断齿的原因。同时在齿轮适当位置展开焊接试验，确认焊接材料与齿轮基体的焊接冶金结合性能、力学性能的匹配情况以及齿面硬度的变化情况。

最后，根据齿轮材质及损坏现状，在焊接试验分析确认的基础上，选择LJ—101焊材作打底层焊材、LJ—55作过渡层的填充材料以及LJ—6033作表面耐磨强化材料。

（2）焊前清洗　对齿轮进行

清洗，并整体进行无损探伤，着重检测齿轮的断齿部位，同时对齿轮进行整体检测，确认除断齿、剥落外的其他磨损等缺陷，如图1所示。

（3）失效材料清理　制作防护工装并去除所有失效齿轮的疲劳层材料，再次探伤，确保焊前无裂纹等其他缺陷。

（4）过程工艺控制　第一，在清洗干净的齿两侧各300mm处用远红外加热器缓慢加热，加热温度控制在200~220℃。

第二，采取低热量输入焊接工艺，严格控制齿面温升，防止产生淬硬组织，减少焊接应力。打底层使用交流手弧焊接，焊条为LJ—101，ϕ3.2mm，焊前焊条烘焙温度为350℃，保温1h，短弧短焊道低热输入量控制，层间温升控制在120℃以下，焊后锤击焊缝以消除焊接应力。过渡层采用半自动气体保护焊，焊丝材料为LJ—55，该材料抗拉强度达800MPa以上，硬度为230~280HBW，其中Ni、Cr含量均较高，同时又具有足够的碳含量，具有足够的力学性能，主要填充齿轮因掉块而造成的凹坑，材料缺失的弥补。严格控制焊层厚度和焊道长度，并注意焊道形状控制，为下一步焊接留出均匀尺寸空间；焊接后对过渡层焊接材料进行修磨，修磨后进行探伤以检查焊接缺陷。最后进行2~3mm的耐磨层、高硬度材料的焊接，该焊接采用氩弧焊，选用LJ—6033专利焊丝，用精确的焊接参数控制来实现焊层形状和齿轮表面材料的强化。

第三，焊接过程中动态检测焊接应力和齿轮变形参数，并依据技术参数要求进行焊接位置和焊接量的调整，从而将焊接变形控制在可控允许范围之内。

第四，在焊接过程中，每焊一道焊缝即用风铲振动焊接区域，消除焊接应力，减少变形，同时根据变形情况随时调整焊接方向、焊接顺序及焊接参数。

（5）焊后处理与尺寸精度恢复　第一，所有齿轮齿面缺陷焊接完成后，用大功率振动时效设备进行不低于8h的振动时效处理，降低残余焊接应力。

第二，用特制的局部热处理设备（温度控制中等温度，并配合局部冷却其他部位）分别对焊接部位进行焊缝性能调整和稳定化处理，使得焊接材料的力学性能达到最佳状态。

第三，根据图样数据要求制作样板，焊接热处理完成后，通过所制作样板对修复部位进行修磨，以达到原有的尺寸要求。用驱动齿进行模拟跑合，确保啮合率达到75%以上，并使用红丹粉进行盘车配研使整体精度达到技术要求。如图2所示。

4. 结语

按照该方法修复完成后，经着色探伤和超声波探伤检查，焊层没有发现裂纹、气孔等缺陷，堆焊层表面硬度为（50±2）HRC，与原齿面淬火硬度值相近，加工完成后未产生进一步变形，其余各相关尺寸均符合齿轮参数要求。

该齿轮修复后已使用一年多，未发现任何异常，证明焊接修复成功。

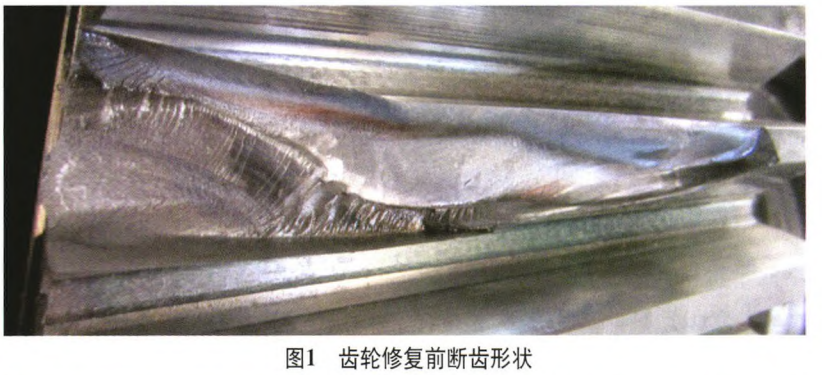


图1　齿轮修复前断齿形状

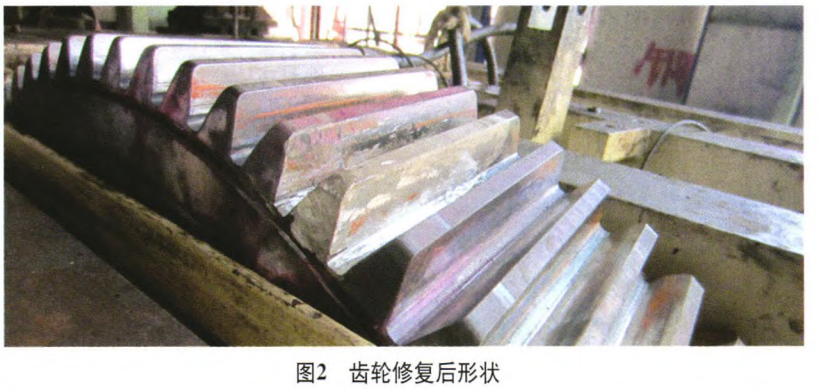


图2　齿轮修复后形状

作者简介：秦书清等，莱芜钢铁集团设备检修中心主管级工程师。

MW 20140430