

液压支架立柱千斤顶内壁熔覆及防腐技术分析

吴波

煤科(北京)检测技术有限公司 北京 100062

摘要: 液压支架立柱千斤顶内壁易受磨损、腐蚀及交变应力引发的疲劳损伤,需通过熔覆与防腐技术提升性能。文章分析激光、等离子弧、电弧三类熔覆技术的特点与适用场景,探讨化学转化膜、涂层、电化学、表面合金化四种防腐技术的优劣,还研究两类技术协同应用的方式与注意事项,旨在为选择适配的内壁处理方案、保障立柱千斤顶长期稳定运行提供理论参考。

关键词: 液压支架立柱千斤顶;内壁熔覆技术;防腐技术

引言

在煤矿开采等重型作业中,液压支架立柱千斤顶是核心支撑与驱动部件,其内壁性能直接决定设备可靠性与服役周期。长期处于高压、多杂质及腐蚀性环境,内壁易出现磨损沟槽与腐蚀缺陷,频繁伸缩产生的交变应力还会诱发疲劳裂纹,这些失效问题制约设备正常运行。为解决此类问题,需深入研究熔覆与防腐技术及二者协同策略,下文将展开详细分析以提供技术支撑。

1 液压支架立柱千斤顶内壁失效原因及技术需求

液压支架立柱千斤顶内壁在运行中面临多重失效风险,这些风险相互叠加,直接威胁部件稳定运行。从工作环境来看,液压油长期循环时,易因系统过滤不足、密封件老化磨损等混入金属碎屑、粉尘等杂质,而立柱千斤顶高压运行的特性,会加速这些杂质对内壁的切削式冲刷,逐渐在壁面形成不规则磨损沟槽,破坏内壁光洁度的同时,还会加剧与密封件的摩擦,为后续故障埋下隐患。

同时,作业环境中的水分易通过加注口、密封间隙侵入系统,与液压油添加剂反应生成酸性物质,这类物质会与内壁金属基材发生电化学腐蚀,形成点蚀、锈斑等缺陷,削弱基材力学性能;若环境中存在腐蚀性气体,其溶解于水分后会进一步加快腐蚀,导致内壁结构强度下降。此外,立柱千斤顶频繁伸缩时,内壁需持续承受交变拉压应力,长期作用下,表面微小缺陷会成为应力集中点,逐渐萌生微裂纹,加剧失效进程。

针对这些问题,内壁处理技术需满足明确需求:既要通过表面强化提升内壁硬度与耐磨性,抵御杂质冲刷和机械摩擦;也要增强耐腐蚀性,阻止腐蚀介质与基材反应;同时需保证处理后涂层的结合强度与韧性,避免交变应力下出现剥落、开裂,确保立柱千斤顶长期稳定运行^[1]。

2 液压支架立柱千斤顶内壁熔覆技术分析

2.1 激光熔覆技术

激光熔覆技术借助高能量密度的激光束,使熔覆材料与基体表面薄层快速熔化并凝固,形成性能优良的熔覆层。该技术具有能量密度集中、加热速度快、冷却速度快的特点,能有效减少熔覆过程中基体的热变形,保证立柱千斤顶内壁的尺寸精度。在材料选择上,可根据实际需求选用合金粉末,如铁基合金、镍基合金、钴基合金等。铁基合金成本较低,具有较好的耐磨性和强度,适用于一般磨损工况;镍基合金耐腐蚀性和高温性能优异,适合在有腐蚀介质或较高温度的环境中应用;钴基合金则具备出色的耐磨性和耐蚀性,常用于恶劣工况下的表面强化。激光熔覆层与基体结合紧密,界面过渡区窄,能有效提升内壁的硬度、耐磨性和耐腐蚀性,延长立柱千斤顶的使用寿命。

2.2 等离子弧熔覆技术

等离子弧熔覆技术利用等离子弧的高温特性,将熔覆材料加热至熔融状态,并喷射到基体表面形成熔覆层。等离子弧具有温度高、能量集中、稳定性好的优势,可实现对多种金属材料的熔覆。该技术的熔覆效率较高,能够在较短时间内完成较大面积的熔覆作业,适合批量生产。在熔覆过程中,通过调整等离子弧的电流、电压、气体流量等参数,可控制熔覆层的厚度、成分和组织性能。等离子弧熔覆层具有较高的硬度和耐磨性,同时也具备一定的耐腐蚀性,能满足立柱千斤顶内壁对表面性能的基本要求。不过,相较于激光熔覆技术,等离子弧熔覆的热输入相对较大,可能导致基体产生一定的热变形,在应用时需合理控制工艺参数,以减少变形对内壁尺寸精度的影响。

2.3 电弧熔覆技术

电弧熔覆技术以电弧为热源,通过焊丝或焊条将熔

覆材料熔敷在基体表面形成熔覆层。该技术设备简单、操作便捷、成本较低，在工业领域应用较为广泛。电弧熔覆可根据需要选择不同类型的焊丝或焊条，如耐磨焊丝、耐蚀焊丝等，以实现不同的性能要求。在熔覆过程中，电弧的稳定性对熔覆层质量影响较大，需通过调整焊接电流、电压、焊接速度等参数，确保电弧稳定燃烧，减少气孔、夹渣等缺陷的产生。电弧熔覆层的厚度较大，可有效修复内壁的磨损部位，但熔覆层的组织均匀性相对较差，且热输入较大，基体热变形较为明显，在对尺寸精度要求较高的立柱千斤顶内壁处理中，需进行后续加工以保证精度^[2]。

2.4 不同熔覆技术的对比与选择

不同熔覆技术各有优缺点，在实际应用中需根据立柱千斤顶的工况条件、性能要求、生产成本等因素综合选择。激光熔覆技术在熔覆层质量、基体热变形控制方面具有显著优势，但设备成本较高，熔覆效率相对较低，适合对精度和性能要求较高的高端应用场景；等离子弧熔覆技术熔覆效率较高，成本适中，适用于中等批量生产和对性能有一定要求的场合；电弧熔覆技术成本最低，操作简单，但熔覆层质量和精度相对较差，适合对性能要求不高、以修复为主的场景。在选择过程中，若立柱千斤顶用于恶劣工况，对内壁耐磨性、耐腐蚀性和尺寸精度要求极高，可优先考虑激光熔覆技术；若需平衡成本与性能，且生产批量较大，等离子弧熔覆技术是较好的选择；若主要用于修复已磨损的内壁，对精度要求不高，电弧熔覆技术则更为经济实用。

3 液压支架立柱千斤顶内壁防腐技术分析

3.1 化学转化膜防腐技术

化学转化膜防腐技术通过将立柱千斤顶内壁置于特定的化学溶液中，使基体表面与溶液发生化学反应，生成一层致密、稳定的保护膜，从而阻止腐蚀介质与基体接触，达到防腐目的。常见的化学转化膜有磷化膜、钝化膜等。

磷化膜是通过磷化处理在金属表面形成的一层磷酸盐保护膜，具有良好的吸附性和耐腐蚀性，能为后续的涂层提供良好的附着基础。钝化膜则是利用钝化剂使金属表面形成一层结构致密的氧化膜，该氧化膜能有效阻止金属离子的溶出，从而提高金属的耐腐蚀性。化学转化膜防腐技术工艺简单、成本较低，适用于对防腐要求不高的场合。但该技术形成的膜层较薄，耐磨性较差，在长期磨损工况下，膜层易被破坏，导致防腐效果下降^[3]。

3.2 涂层防腐技术

涂层防腐技术是将具有防腐性能的涂料均匀涂覆在

立柱千斤顶内壁表面，形成一层连续的保护膜，隔绝腐蚀介质与基体的接触，实现防腐保护。根据涂料的类型，可分为有机涂层和无机涂层。

有机涂层具有良好的柔韧性、耐腐蚀性和装饰性，常见的有机涂料有环氧树脂涂料、聚氨酯涂料等。环氧树脂涂料附着力强、耐化学腐蚀性能优异，适合在有化学腐蚀介质的环境中应用；聚氨酯涂料则具有良好的耐磨性和耐候性，适用于户外或磨损较为严重的场合。无机涂层具有较高的硬度、耐高温性和耐腐蚀性，如陶瓷涂层、玻璃涂层等。陶瓷涂层硬度高、耐磨性好，能有效抵抗机械磨损和化学腐蚀；玻璃涂层则具有良好的耐高温性和绝缘性，适用于高温环境下的防腐。

涂层防腐技术可根据实际需求选择不同类型的涂料，通过调整涂层厚度和涂覆工艺，可获得不同的防腐效果。但涂层的附着力和耐冲击性对其防腐性能影响较大，若涂层与基体结合不紧密，在受到冲击或振动时，易出现剥落现象，导致基体暴露，失去防腐保护。

3.3 电化学防腐技术

电化学防腐技术利用电化学原理，改变金属表面的电极电位，从而阻止或减缓金属的腐蚀过程。常见的电化学防腐技术有阴极保护和阳极保护。

阴极保护技术是通过向被保护的金属（阴极）提供电子，使其电位降低，从而抑制金属的阳极溶解反应，达到防腐目的。阴极保护可分为牺牲阳极保护和外加电流阴极保护。牺牲阳极保护是将一种电极电位比被保护金属更低的金属或合金（牺牲阳极）与被保护金属连接在一起，形成原电池，牺牲阳极发生溶解，为被保护金属提供电子；外加电流阴极保护则是通过外部电源向被保护金属施加阴极电流，使其电位降低。阴极保护技术适用于金属在电解质溶液中的腐蚀防护，如埋地管道、水下结构等，在液压支架立柱千斤顶内壁防腐中，可用于防止液压油中水分等电解质引起的腐蚀。

阳极保护技术则是通过向被保护金属施加阳极电流，使其表面形成一层致密的氧化膜（钝化膜），当氧化膜形成后，金属的腐蚀速率急剧下降，从而实现防腐保护。阳极保护技术适用于具有钝化特性的金属，如不锈钢、钛合金等，在特定的腐蚀介质中应用效果较好。但该技术对腐蚀介质的浓度、温度等条件要求较高，且需要精确控制阳极电流，否则可能导致氧化膜破坏，加剧金属腐蚀^[4]。

3.4 表面合金化防腐技术

表面合金化防腐技术作为提升液压支架立柱千斤顶内壁防腐性能的关键手段，核心原理是通过改变内壁表面

的化学成分,构建一层具有优异耐腐蚀性的合金层,从根本上增强内壁对腐蚀介质的抵御能力。该技术并非简单覆盖防护层,而是借助扩散、渗透等物理化学作用,将铬、镍、钼等耐腐蚀元素精准引入基体表面层,使这些元素与基体金属原子充分融合,形成结构稳定的固溶体或金属间化合物,实现表面成分与性能的本质提升。

从性能优势来看,表面合金化层与基体之间不存在明显界面,二者结合紧密且形成统一整体,有效避免了传统涂层易剥落的问题,能长期保持防护效果。同时,合金层不仅具备出色的耐腐蚀性,还兼具良好的耐磨性,可同步应对内壁面临的腐蚀与磨损双重风险,延长部件服役周期。在实际应用中,该技术展现出较强的场景适配性:针对含有氯离子的腐蚀环境(如潮湿作业场景中液压油可能混入的盐分),引入铬元素形成含铬合金层,可利用铬的钝化特性在表面形成致密氧化膜,阻断氯离子对基体的侵蚀;面对酸性腐蚀环境(如液压油因变质产生酸性物质),则通过引入镍、钼等元素,利用其对酸的稳定性,增强内壁对酸性介质的耐受能力。

不过,表面合金化技术也存在一定局限性。其工艺过程涉及元素精准调控与界面反应控制,流程复杂且对设备精度、操作规范性要求较高;同时,元素扩散与合金层形成需较长处理时间,导致生产效率相对较低,加之专用设备与耗材的投入,使得技术应用成本相对较高。因此,在选择该技术时,需结合立柱千斤顶的实际工况需求、使用周期及成本预算综合评估,确保技术应用的经济性与实用性相平衡。

3.5 熔覆与防腐技术的协同应用

熔覆技术与防腐技术并非相互独立,二者结合应用可产生协同效应,进一步提升液压支架立柱千斤顶内壁的综合性能。熔覆层本身具有一定的耐磨性和耐腐蚀性,而防腐技术可在熔覆层表面或内部进一步增强防腐效果,二者结合能有效解决单一技术在性能提升方面的局限性。

例如,先采用激光熔覆技术在立柱千斤顶内壁形成

一层高硬度、高耐磨性的合金熔覆层,以抵抗机械磨损;然后在熔覆层表面采用化学转化膜或涂层防腐技术,形成一层致密的防腐膜,以阻止腐蚀介质的渗透。这种协同应用方式,既发挥了熔覆技术在提升耐磨性方面的优势,又利用了防腐技术在增强耐腐蚀性方面的作用,使内壁同时具备优异的耐磨性和耐腐蚀性。

在协同应用过程中,需注意熔覆层与防腐层之间的结合性能。熔覆层表面的粗糙度、清洁度等因素会影响防腐层的附着力,因此在进行防腐处理前,需对熔覆层表面进行适当的预处理,如打磨、清洗等,以确保防腐层与熔覆层紧密结合,避免出现分层或剥落现象。同时,还需考虑两种技术在工艺参数上的匹配性,如熔覆温度、防腐处理温度等,以避免后续的防腐处理对熔覆层性能产生不利影响^[5]。

结语

综合来看,液压支架立柱千斤顶内壁的多重失效风险,需通过合理的熔覆与防腐技术组合应对。不同熔覆、防腐技术各有优劣,需结合工况、成本等因素选择,二者协同应用可突破单一技术局限,提升内壁综合性能。应用中需关注技术间的结合性与工艺参数匹配性,确保处理效果稳定。未来通过优化技术细节与工艺组合,能更好解决内壁失效问题,为设备长期可靠运行提供有力支持。

参考文献

- [1]王海潮.液压支架常见故障及维护方法[J].中国化工贸易,2020,012(005):213-214.
- [2]李博文,张斌.液压支架千斤顶腐蚀与防腐工艺[J].内蒙古煤炭经济,2022(14):24-26.
- [3]汪利平,郎需进,程亚洲,等.中国矿用难燃液压支架液市场分析[J].润滑油,2022,37(5):6-10.
- [4]于维雨.液压支架用高效清洗液的研制与应用[J].煤矿机械,2022,43(10):143-145.
- [5]董菲菲.液压支架各部件常见故障及维修分析[J].机电工程技术,2019,048(001):140-142.