

镀铬层对活塞杆耐磨性能的影响分析

焦银霞 贾圣朝

河南万合机械有限公司 河南 新密 452370

摘要: 镀铬层对活塞杆的耐磨性能具有显著提升作用。镀铬层具备高硬度、低摩擦系数及良好的抗粘附性,能有效抵抗磨损。其耐磨性受镀层厚度、硬度、微裂纹密度及附着力等因素影响,需合理控制电镀工艺参数以确保质量。镀铬层在恶劣环境下表现出色,但在海洋等环境中需注意防腐。镀铬活塞杆广泛应用于多种工业领域,展现了其优异的耐磨性能。

关键词: 镀铬层; 活塞杆; 耐磨性能; 电镀工艺

1 引言

活塞杆作为机械设备中的关键部件,在各类机械系统中承担着传递动力、实现往复运动等重要功能。其耐磨性能直接关系到设备的工作效率、稳定性和使用寿命。在活塞杆的表面处理工艺中,镀铬处理因其能够显著提高活塞杆的耐磨性、抗蚀性和抗疲劳性能而得到广泛应用。本文将深入分析镀铬层对活塞杆耐磨性能的影响,探讨镀铬层的特性、影响耐磨性能的因素以及镀铬活塞杆在实际应用中的表现。

2 镀铬层的特性及其对耐磨性能的影响

2.1 镀铬层的高硬度与耐磨性

镀铬层具备极高的硬度,其硬度值通常处于400-1200HV的范围。如此高的硬度特性,使镀铬层在承受外力作用时,展现出卓越的抗磨损能力。以矿用液压支架上的活塞杆为例,在煤矿开采的复杂作业环境中,液压支架需要频繁地升降、推移,以支撑顶板、调整采煤工作面空间。在此过程中,活塞杆要承受巨大的轴向压力、侧向冲击力,以及与其他部件长期摩擦产生的摩擦力。当活塞杆与液压缸套、导向套等部件发生接触和相对运动时,高硬度的镀铬层就如同为活塞杆量身定制的一层坚固护盾。它能够有效地抵御这些外力和摩擦力的作用,大幅减少对活塞杆表面的磨损。

2.2 镀铬层的低摩擦系数与抗粘附性

镀铬层的滑动摩擦系数约为钢与铸铁的50%。这一特性使得活塞杆在往复运动时能够减少摩擦阻力,降低能量损耗。在液压系统中,活塞杆需要在油缸中做往复直线运动,如果摩擦系数过大,会导致系统需要消耗更多的能量来驱动活塞杆运动,同时也会增加活塞杆与油缸内壁的磨损。而镀铬层的低摩擦系数可以有效减少这种摩擦阻力,提高系统的效率^[1]。此外,镀铬层还具有良好的抗粘附性,能够防止活塞杆表面与周围环境中的物质

发生粘附。例如,在一些含有油脂、灰尘等杂质的工作环境中,如果活塞杆表面容易粘附这些物质,会导致活塞杆表面粗糙度增加,进一步加剧磨损。而镀铬层的抗粘附性可以避免这种情况的发生,从而进一步减少磨损的可能性。

2.3 镀铬层的耐腐蚀性

镀铬层在轻微的氧化作用下即表面钝化,形成很薄且透明的钝化膜。这层钝化膜能够保护镀铬层不受进一步氧化,从而提高活塞杆的耐腐蚀性。在恶劣的工作环境中,如高温、高湿、强酸强碱等条件下,镀铬层能够有效抵抗腐蚀介质的侵蚀,保持活塞杆表面的完整性,进而维持其良好的耐磨性能。以海洋环境为例,海水含有大量的盐分和腐蚀性物质,如果活塞杆没有镀铬层保护,其表面会迅速被腐蚀,导致表面粗糙度增加、硬度降低,从而加速磨损。而镀铬层的钝化膜可以阻止海水与镀铬层进一步反应,保护活塞杆不受腐蚀,确保其耐磨性能不受影响。

3 影响镀铬层耐磨性能的因素

3.1 镀层厚度

镀铬层的厚度是影响其耐磨性能的重要因素之一。一般来说,镀层厚度不应过薄,也不应过厚。过薄的镀层可能无法提供足够的耐磨性,在活塞杆工作过程中,很快就会被磨损掉,从而失去保护作用。而过厚的镀层则可能影响镀层的韧性,增加活塞杆的尺寸变化,影响其与其他部件的配合精度。通常,铬镀层的厚度应大于10 μm ,且根据活塞杆的具体使用环境和要求,合理设定镀层厚度。例如,在液压支架的活塞杆中,若其工作环境为地质条件复杂、顶板压力大的矿井,需承受较大的摩擦力与冲击载荷,此时就需要适当增加镀铬层的厚度,以确保活塞杆具有足够的耐磨性。但如果镀层厚度过大,可能会导致活塞杆在液压支架中的运动阻力增

加,影响液压支架的支护性能。

3.2 镀层硬度

镀层的硬度也是影响其耐磨性能的关键因素。随着工艺规范的不同,镀铬层可以获得不同的硬度范围。一般来说,为了增加活塞杆的耐磨性,镀层的硬度要求较高。例如,在地质条件复杂、围岩应力大的矿井中,液压支架需频繁承受顶板垮落、煤壁片帮等突发冲击载荷,对活塞杆镀层的硬度要求可能达到Hv1050。然而,硬度过高也可能导致镀层脆性增加,在长期承受矿压动态波动或设备振动时,容易出现裂纹甚至剥落。因此,需要在硬度和韧性之间找到平衡点^[2]。在实际生产中,可以通过调整电镀工艺参数,如电流密度、温度、镀液成分等,来控制镀层的硬度。例如,适当降低电流密度或提高镀液温度,可以在一定程度上降低镀层的硬度,提高其韧性。

3.3 微裂纹密度

在镀铬过程中,活塞杆表面会产生微观微裂纹。合理的微裂纹密度有增加活塞杆硬度及含油(润滑油)的作用,在减振器垂直运动的过程中起着极其重要的作用。通常,对活塞杆表面微裂纹密度的要求为400-1000条/cm。微裂纹密度过高或过低都可能影响镀层的耐磨性能。过高的微裂纹密度可能导致镀层强度降低,在受到外力作用时,微裂纹容易扩展,最终导致镀层开裂或剥落。而过低的微裂纹密度则可能无法充分发挥含油作用,减少摩擦的效果不明显。微裂纹的形成与电镀工艺参数密切相关,如电流密度、镀液成分、电镀时间等。通过优化这些参数,可以控制微裂纹的密度和分布,从而提高镀层的耐磨性能。

3.4 镀层附着力

镀层与基体之间的附着力也是影响镀层耐磨性能的重要因素。如果镀层与基体之间的附着力较差,镀层在使用过程中容易发生脱落或开裂,从而降低其耐磨性能。镀铬层由于其较高的硬度,以及在电镀后去除氢脆的加温过程中基体金属与铬金属的热膨胀系数不同,都会造成镀铬层与基材之间的附着力变差。因此,在电镀过程中需要采取措施提高镀层与基体之间的附着力。

4 镀铬活塞杆耐磨性能的工艺控制

4.1 电镀工艺参数的控制

4.1.1 电流密度

电流密度是影响镀铬层质量的重要因素之一。在电镀过程中,电流密度的大小直接影响镀层的沉积速度和质量。一般来说,电流密度应控制在合理的范围内,如20-30A/dm²,但具体数值需要根据活塞杆尺寸和形状进行

调整。过高的电流密度可能导致镀层烧焦或呈现灰暗颜色,出现网络状裂纹结构,硬度大但脆性高。例如,当电流密度过高时,镀液中的铬离子在阴极表面还原速度过快,导致镀层结晶粗大,内应力增加,从而容易出现裂纹^[3]。而过低的电流密度则可能导致镀层呈现乳白色的细致组织结构,无裂纹但硬度较低且耐磨性差。在实际生产中,可以通过调整电镀设备的电流输出,精确控制电流密度,以获得理想的镀层质量。

4.1.2 温度

镀液温度对镀层质量也有较大影响。在电镀过程中,需要严格控制镀液温度,一般控制在40-50℃,但具体温度应根据电解液浓度和电流密度进行调整。温度过高可能导致镀液分散能力局部减小,镀层厚度不均匀,质量下降。例如,当温度过高时,镀液中的离子活动加剧,可能会导致局部区域镀层沉积过快,而其他区域沉积过慢。而温度过低则可能影响镀层的沉积速度和质量,使镀层结晶不致密,硬度降低。可以通过安装温度控制系统,实时监测和调整镀液温度,确保电镀过程在合适的温度下进行。

4.1.3 时间

电镀时间直接影响镀铬的厚度。根据活塞杆尺寸和形状,电镀时间一般为30-60分钟。过长的电镀时间可能导致镀层过厚,影响镀层的韧性,增加活塞杆的尺寸变化,同时也会浪费电镀材料和电能。而过短的电镀时间则可能导致镀层过薄,无法满足耐磨性能要求。在实际生产中,需要根据活塞杆的具体要求和电镀工艺参数,精确控制电镀时间,以确保镀层厚度符合要求。

4.2 预处理与后处理工艺

4.2.1 预处理

预处理是确保镀铬层质量的关键步骤之一。预处理包括去油、去锈、活化、钝化等步骤,以确保活塞杆表面清洁、活化,提高镀层结合力。如果预处理不当,如活塞杆表面存在油污、锈蚀等杂质,将影响镀层与基体之间的附着力,从而降低镀层的耐磨性能。例如,油污会阻碍镀液与基体表面的接触,导致镀层不均匀;锈蚀则会使基体表面粗糙度增加,影响镀层的附着力。在预处理过程中,需要采用合适的清洗剂和清洗方法,确保活塞杆表面干净无污染。同时,活化处理可以提高基体表面的化学活性,有利于镀层的沉积。

4.2.2 后处理

后处理也是保证镀铬层质量的重要环节。后处理包括清洗、干燥、抛光等步骤,以确保硬铬镀层的质量。清洗可以去除镀层表面的残留物,如电镀过程中产生的

氢气泡等,防止这些残留物影响镀层的性能。干燥可以防止镀层生锈,特别是在潮湿的环境中,及时干燥可以避免镀层与水分接触,减少腐蚀的可能性^[4]。抛光可以提高镀层的表面粗糙度,减少摩擦力。例如,对于成品活塞杆表面粗糙度的要求通常为Ra0.1以下,一些特殊装配要求的产品会要求的更高一些,Ra0.06以下。通过抛光处理,可以使镀层表面更加光滑,进一步提高活塞杆的耐磨性能。

5 镀铬层耐磨性能的局限性及改进方向

5.1 局限性

5.1.1 成本问题

镀铬处理虽然能够显著提高活塞杆的耐磨性能,但其成本相对较高。这主要是由于镀铬工艺需要消耗大量的电力和化学药品,以及需要专业的电镀设备和技术人员。因此,在一些对成本较为敏感的应用领域中,镀铬处理可能不是最佳选择。

5.1.2 环境问题

镀铬过程中会产生大量的废气和废水,其中含有铬等有害物质。如果处理不当,将对环境造成严重污染。因此,在镀铬处理过程中需要采取有效的环保措施,如废气净化、废水处理等,以确保符合环保要求。

5.1.3 应用限制

镀铬层虽然具有良好的耐磨性和耐腐蚀性,但在某些特殊的应用环境中可能无法满足要求。例如,在极端高温或高压环境下,镀铬层可能会发生脱落或开裂等现象;在某些强腐蚀介质中,镀铬层也可能无法提供足够的保护。

5.2 改进方向

5.2.1 优化电镀工艺

通过优化电镀工艺参数,如电流密度、温度、时间等,可以提高镀铬层的质量和性能。例如,采用脉冲电镀等先进电镀技术,可以减少镀层中的内应力,提高镀层的韧性和附着力。脉冲电镀通过周期性地改变电流的大小和方向,使镀层结晶更加细致,内应力分布更加均匀。通过调整镀液成分和添加剂的种类及含量,可以改善镀层的硬度和耐磨性能。例如,添加一些稀土元素或纳米颗粒,可以提高镀层的硬度和耐磨性。

5.2.2 开发新型镀层材料

除了传统的镀铬层外,还可以开发新型镀层材料来提高活塞杆的耐磨性能。例如,可以采用复合镀层技术,在镀铬层中加入其他金属或陶瓷颗粒等增强相,以提高镀层的硬度和耐磨性。复合镀层可以结合不同材料的优点,如金属的韧性和陶瓷的高硬度,从而获得更好

的性能。也可以研究新型环保型镀层材料,如镍磷合金镀层等,以减少对环境的污染。镍磷合金镀层具有良好的耐磨性、耐腐蚀性和环保性能,是一种有潜力的替代镀铬层的材料。

5.2.3 加强表面处理技术研究

除了电镀处理外,还可以加强其他表面处理技术的研究和应用,如热喷涂、激光熔覆等。这些技术可以在活塞杆表面形成一层具有高硬度、高耐磨性的涂层,从而提高活塞杆的耐磨性能。热喷涂技术是将喷涂材料加热到熔融或半熔融状态,然后高速喷射到活塞杆表面,形成一层涂层。激光熔覆技术则是利用激光束将涂层材料和活塞杆表面局部熔化,然后快速凝固形成一层与基体结合良好的涂层。同时,这些技术还可以实现局部强化和修复等功能,满足不同应用领域的需求。

结语

镀铬层对活塞杆的耐磨性能具有显著提升作用。镀铬层的高硬度、低摩擦系数及良好的抗粘附性使其能够有效抵抗磨损,而合理的镀层厚度、硬度、微裂纹密度及附着力等参数控制则是确保镀铬层耐磨性能的关键。在实际应用中,镀铬活塞杆在液压系统领域表现出色,有效延长了设备的使用寿命并提高了工作性能。然而,镀铬处理也面临成本较高、环境污染及应用限制等局限性。未来,通过优化电镀工艺、开发新型镀层材料及加强表面处理技术研究等方向的努力,有望进一步提升镀铬活塞杆的耐磨性能并拓展其应用范围。同时,随着环保意识的增强和技术的不断进步,环保型镀层材料和绿色电镀工艺将成为未来的发展趋势,为活塞杆的耐磨处理提供更加可持续的解决方案。

参考文献

- [1]郭强.油缸活塞杆镀铬层热带海洋大气环境耐腐蚀性能分析[J].电镀与精饰,2023,45(09):37-41.
- [2]贾军利,栗金钊.液压启闭机活塞杆镀铬层失效原因分析及应对措施[C]//中国水利学会.中国水利学会2019学术年会论文集第四分册.南水北调中线建设管理局河北分局,2019:628-630.
- [3]刘剑宏,张思明.水利工程液压启闭机活塞杆镀铬层失效分析及质量控制[C]//中国水利学会,西安理工大学.2024中国水利学术大会论文集(第六分册).珠江水利委员会珠江水利科学研究院,2024:452-456.
- [4]冯伟,边雪斌,严卫国.喷丸提升活塞杆镀铬层合格率工艺研究[J].成都航空职业技术学院学报,2022,38(01):57-60.