

机械工程中的摩擦磨损机理及耐磨材料研究

杜亚楠

盐城市联鑫钢铁有限公司 江苏 盐城 224100

摘要: 机械工程中的摩擦磨损是一个复杂且重要的研究课题。摩擦磨损不仅影响机械设备的性能和寿命,还直接关系到能源消耗和经济效益。本文详细探讨了机械工程中的摩擦磨损机理,包括不同磨损类型的产生原因及影响因素,并深入分析了耐磨材料的种类、性能及在机械工程中的应用。通过本文的研究,旨在为减少机械磨损、提高设备寿命提供理论指导和实际参考。

关键词: 机械工程; 摩擦磨损机理; 耐磨材料

引言

摩擦磨损是机械工程领域普遍存在的现象。在机械设备的运转过程中,由于相对运动的存在,接触表面不可避免地会产生摩擦和磨损。这不仅会导致设备性能下降,还可能引发故障和事故,造成巨大的经济损失。因此,深入研究摩擦磨损机理及耐磨材料,对于提高机械设备的可靠性和经济性具有重要意义。

1 机械工程中摩擦磨损机理

1.1 摩擦的产生

摩擦,这一普遍存在的物理现象,在机械工程中扮演着至关重要的角色。它是指两个物体表面在相对运动时,由于接触面的不平滑度以及微凸体之间的相互作用而产生的接触力。在机械工程实践中,零件表面的微观形貌往往并非绝对光滑,而是存在着各种微小的凸起和凹陷。当这些表面相互接触并发生相对运动时,实际上只有少数微凸点真正承受了相对运动的作用。这些接触点在摩擦力的作用下,会发生相对滑动,并伴随着剪切应力的产生。同时,摩擦过程中还会产生摩擦热,进一步影响零件的表面性能和使用寿命。

1.2 机械工程中磨损的类型及机理

磨损,作为摩擦效应的一种直接表现和必然结果,在机械工程中占据着举足轻重的地位。它不仅影响着机械零件的使用寿命和性能稳定性,还直接关系到整个机械系统的运行效率和可靠性。磨损是一个复杂而多样的过程,其类型和机理因工作环境、材料性质、润滑条件等因素而异。以下将对机械工程中几种主要的磨损类型及其机理进行详细阐述。

1.2.1 粘着磨损

粘着磨损,顾名思义,是指两个接触表面在相对运动时,由于局部区域发生粘着现象而导致的磨损。这种磨损通常发生在超载负荷、低速运转或流体粘度降低的

情况下。当油膜厚度不足以隔离两个金属表面时,表面的微凸体会发生直接接触,并在高压力的作用下发生“冷焊”现象,即金属原子间的相互吸引使得局部区域粘合在一起^[1]。随后,当相对运动继续进行时,这些冷焊点会被剪断,从而产生金属颗粒,这些颗粒又会作为磨料进一步加剧磨损过程。粘着磨损的严重程度与材料硬度、表面粗糙度、润滑条件以及载荷大小等因素密切相关。

1.2.2 磨料磨损

磨料磨损是各种磨损形式中最为普遍且严重的一种。它发生在含有硬质颗粒的介质中,这些颗粒可能来自外部环境(如尘埃、沙粒等),也可能是系统内部产生的(如磨损产生的金属碎屑)。在磨料磨损过程中,这些硬质颗粒会进入元件的运动副间隙内,并嵌入材质较软的零件表面。随着相对运动的进行,这些颗粒就像切削刀具一样,将相对运动的另一零件表面材料切削下来,形成磨屑。磨料磨损的速率与颗粒的硬度、大小、形状以及运动副间的压力、速度等因素有关。

1.2.3 疲劳磨损

疲劳磨损,又称接触疲劳磨损,最易发生在导轨副等承受循环载荷的接触表面上。在颗粒的反复作用下,接触表面会产生局部的塑性变形,进而形成凹陷和微裂纹。这些微裂纹在循环应力的持续作用下会逐渐扩展,最终连接成宏观裂纹,导致接触表面的剥落和失效。疲劳磨损的机理涉及材料的微观结构变化、应力集中以及裂纹的萌生和扩展等多个方面。它通常发生在高应力、高循环次数的条件下,是机械零件早期失效的主要原因之一。

1.2.4 腐蚀磨损

腐蚀磨损是由于水、酸、碱等化学介质的存在而产生的磨损。在机械设备系统中,由于热交换器泄漏、密封失效或环境湿度过高等原因,设备元件可能会接触

到腐蚀性介质。这些介质会与金属表面发生化学反应,生成腐蚀产物。这些腐蚀产物不仅改变了金属表面的性质,还可能作为磨料加剧磨损过程。同时,腐蚀作用还会削弱金属材料的强度,使得表面更容易受到机械应力的作用而发生破坏。因此,腐蚀磨损是机械工程中一种极为复杂的磨损形式,其机理涉及化学腐蚀、机械磨损以及两者的相互作用。

1.3 摩擦磨损的影响因素

摩擦磨损是机械工程中不可忽视的现象,其受多种因素的综合影响。首先,材料的物理性质对摩擦磨损具有决定性影响。硬度较高的材料通常抗磨损性能较好,因为硬材料能更有效地抵抗外界物体的划入和切削。韧性则影响材料在受到冲击或交变应力时的抵抗能力,韧性好的材料不易产生裂纹和断裂。弹性模量则决定了材料在受力时的变形程度,影响摩擦接触面的应力分布。表面形状也是影响摩擦磨损的重要因素。表面粗糙度决定了接触面的实际接触面积,粗糙度越大,接触点越少,局部压力越大,磨损越严重。加工纹理则会影响润滑剂的分布和流动,从而影响摩擦系数和磨损速率。润滑状态对摩擦磨损的影响也极为显著。润滑剂的种类和润滑方式会直接影响摩擦面的润滑效果,良好的润滑可以显著降低摩擦系数和磨损量。环境条件如温度、湿度和介质性质也会影响摩擦磨损,高温、潮湿或腐蚀性介质都会加速磨损过程^[2]。此外,工况条件如载荷、速度和运动方式也会对摩擦磨损产生影响。载荷越大,磨损越严重;速度越快,摩擦热越多,也可能加剧磨损。因此,在机械设计中需要综合考虑这些因素,以优化摩擦磨损性能。

2 机械工程中耐磨材料研究

2.1 耐磨材料的种类

耐磨材料根据其成分和性质的不同,可以分为多种类型,其中主要包括金属基耐磨材料、陶瓷基耐磨材料以及高分子基耐磨材料。

2.1.1 金属基耐磨材料

金属基耐磨材料是机械工程中最常用的一类耐磨材料。这类材料以金属为主要成分,通过合金化、热处理等工艺手段,提高其硬度、强度和韧性,从而赋予其优异的耐磨性能。高锰钢、高铬铸铁、合金钢等是金属基耐磨材料的典型代表。高锰钢具有极高的加工硬化能力,在受到冲击或磨损时,其表面能够迅速硬化,形成一层致密的硬化层,从而有效抵抗外界的磨损作用。高铬铸铁则以其良好的耐磨性和耐腐蚀性而著称,广泛应用于矿山、建筑等行业的机械设备中。合金钢则通过添

加适量的合金元素,提高其综合机械性能,使其在保证硬度和强度的同时,还具有一定的韧性和塑性。

2.1.2 陶瓷基耐磨材料

陶瓷基耐磨材料是另一类重要的耐磨材料。与金属基耐磨材料相比,陶瓷基耐磨材料具有极高的硬度和耐磨性,但韧性较差,易碎。常见的陶瓷基耐磨材料有氧化铝陶瓷、碳化硅陶瓷等。氧化铝陶瓷以其高硬度、高耐磨性和良好的化学稳定性而广泛应用于机械密封、刀具等领域^[3]。碳化硅陶瓷则具有更高的硬度和耐磨性,同时具有良好的导热性和抗热震性,因此常用于高温、高速、高腐蚀等恶劣环境下的机械设备中。

2.1.3 高分子基耐磨材料

高分子基耐磨材料是近年来发展起来的一类新型耐磨材料。这类材料以高分子化合物为主要成分,通过特殊的加工工艺,使其具有良好的自润滑性和耐腐蚀性,但硬度和强度相对较低。聚四氟乙烯(PTFE)、尼龙等是高分子基耐磨材料的典型代表。聚四氟乙烯具有极低的摩擦系数和良好的自润滑性,因此广泛应用于密封件、轴承等部件中。尼龙则以其良好的耐磨性、耐腐蚀性和较高的强度而广泛应用于机械零件的制造中。

2.2 耐磨材料的性能及评价

耐磨材料的性能是评价其使用效果的重要指标。一般来说,耐磨材料的性能主要包括硬度、强度、韧性、耐磨性等。硬度是耐磨材料最基本的性能之一。硬度越高的材料,其抵抗外界物体划入和切削的能力越强,因此耐磨性也越好。强度则决定了材料在受到外力作用时抵抗破坏的能力。韧性则反映了材料在受到冲击或交变应力时的抵抗能力。耐磨性则是材料在长期受到摩擦、磨损作用时保持其原有形状、尺寸和性能的能力。为了评价耐磨材料的性能,研究者们通常采用摩擦试验机进行测试。摩擦试验机能够模拟不同的工况条件,如载荷、速度、温度等,从而评价材料在特定环境下的摩擦磨损性能。通过测试,可以得到材料的摩擦系数、磨损量等关键数据,为材料的选用和优化设计提供依据^[4]。除了摩擦试验机测试外,还可以通过微观分析等手段观察材料的磨损表面形貌和化学成分变化。微观分析能够揭示材料在磨损过程中的微观机制,如磨损表面的形貌变化、磨屑的形成和分布等,从而为深入理解材料的耐磨机理提供有力支持。

3 案例分析

在机械工程中,材料的选择与应用对于设备的性能、寿命以及可靠性具有至关重要的影响。以下将通过两个具体案例,深入分析Cr12钢在模具中的应用以及氧

化铝陶瓷在轴承中的应用,进一步阐述耐磨材料在实际工程中的重要性。

3.1 Cr12钢在模具中的应用

Cr12钢,一种典型的高铬冷作模具钢,因其高硬度、高耐磨性和良好的抗裂性,在模具制造领域占据着举足轻重的地位。其化学成分中,铬的含量较高,通常达到12%左右,这使得它具有出色的硬化能力和耐磨特性。

在模具制造过程中,Cr12钢常被用于制造冲裁模、拉伸模等易损件。冲裁模在金属板材的冲裁过程中,需要承受巨大的压力和摩擦,因此对材料的硬度和耐磨性有着极高的要求。Cr12钢通过精细的热处理工艺,如淬火和回火,能够形成均匀分布的硬质碳化物与坚韧的马氏体基体。这些硬质碳化物像镶嵌在钢基体中的“小刀片”,有效抵抗了冲裁过程中的磨损,而马氏体基体则提供了良好的韧性和抗裂性,确保了模具在长期使用过程中的稳定性。

对于拉伸模而言,Cr12钢同样表现出色。在金属材料的拉伸过程中,模具需要承受复杂的应力状态,包括拉伸力、压缩力和剪切力等。Cr12钢的高硬度和耐磨性使得模具能够长时间保持其形状和精度,从而确保了拉伸件的质量和一致性。

此外,Cr12钢还具有良好的加工性能和焊接性。在模具制造过程中,可以通过切削、磨削等加工工艺将其加工成各种复杂的形状和尺寸。同时,Cr12钢还可以进行焊接修复,当模具出现磨损或损坏时,可以通过焊接的方式进行修复,延长了模具的使用寿命。

3.2 氧化铝陶瓷在轴承中的应用

氧化铝陶瓷,作为一种具有高硬度和耐磨性的陶瓷材料,在轴承制造中展现出了其独特的优势。特别是在高温、高速、高腐蚀等恶劣环境下,氧化铝陶瓷轴承能够保持稳定的性能,延长使用寿命。

氧化铝陶瓷的硬度极高,其莫氏硬度达到9左右,仅次于金刚石和立方氮化硼。这使得它能够抵抗各种硬质颗粒的划入和切削,从而保持轴承表面的光滑和精度。在高速运转的轴承中,氧化铝陶瓷的硬度使得其能够长时间承受高速度的摩擦和磨损,而不会像金属轴承那样迅速磨损或变形。

同时,氧化铝陶瓷还具有良好的耐磨性。其耐磨性主要得益于其致密的微观结构和高的硬度。即使在长期受

到摩擦和磨损的作用下,氧化铝陶瓷也能够保持其原有的形状和尺寸,确保轴承的正常运转。这种耐磨性使得氧化铝陶瓷轴承在恶劣的工作环境中表现出色,如高温、高湿度、高腐蚀等环境下,都能够保持稳定的性能。

然而,氧化铝陶瓷材料也存在一些缺点,其中最主要的就是其韧性较差。陶瓷材料在受到冲击或交变应力的作用时,容易发生脆性断裂。因此,在设计和应用氧化铝陶瓷轴承时,需要充分考虑其受力情况和安装精度。为了确保轴承的可靠性和安全性,需要采取一系列的措施来提高其韧性和抗冲击能力。例如,可以通过优化陶瓷材料的组织结构,如采用细晶强化、复合强化等方法来提高其韧性;同时,还可以采用先进的加工工艺和安装技术,如精密加工、热装配等来提高轴承的安装精度和稳定性。

在实际应用中,氧化铝陶瓷轴承已经取得了显著的成效。例如,在高速机床的主轴轴承中,氧化铝陶瓷轴承凭借其优异的性能,已经逐渐取代了传统的金属轴承。由于高速机床的主轴需要承受高速度、高精度的运转要求,传统的金属轴承在长时间运转后容易出现磨损和变形等问题,而氧化铝陶瓷轴承则能够长时间保持其形状和精度,确保了机床的加工精度和稳定性。

结语

本文通过对机械工程中的摩擦磨损机理及耐磨材料的研究,深入探讨了不同磨损类型的产生原因及影响因素,并分析了耐磨材料的种类、性能及在机械工程中的应用。随着科学技术的不断发展,新型耐磨材料的研发和应用将成为未来研究的重要方向。通过不断优化材料性能和设计工艺,我们有望进一步减少机械磨损、提高设备寿命,为机械工程领域的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]刘洪峰,张孟欣,郭超.机械零部件的摩擦磨损研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(08):22-24.
- [2]权秀敏,刘荣富,韩世萍.机械零件表面改性层的耐磨摩擦磨损性能研究的现状[J].热处理,2021,36(05):12-17.
- [3]王雪方.机械摩擦磨损质量分析及控制措施[J].湖北农机化,2020,(11):156-157.
- [4]张泽宇,慕世铭,高刚毅.探讨机械零件的摩擦磨损与防护[J].内燃机与配件,2020,(03):130-131.