

纳米技术在制冷领域的应用

[日期：2007-08-25]

来源： 作者：

[字体：大 中 小]

纳米是一个长度单位，一纳米等于十亿分之一米或千分之一微米，即 $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ 。一个纳米的长度大约是三四个原子的宽度。纳米科学技术是在20世纪80年代诞生并正在崛起的新科技，其基本含义是在纳米尺度上认识自然和改造自然，通过直接操作和安排原子、分子来创制新的物质。利用纳米添加剂或利用纳米材料改善物质性质，从而达到优良的产品品质是近年来国内外的研究热点，在制冷领域，纳米的用途也正在逐渐被开发、重视。

纳米材料

纳米材料是指在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围或由纳米作为基本单元构成的材料。根据形态的不同，可将纳米材料分为纳米粉体、纳米纤维（一维）、纳米薄膜（二维）、纳米块体（三维）、纳米复合材料、纳米结构等。纳米材料不仅仅包括纳米微粒及其形成的纳米块体、纳米薄膜，其含义还包括纳米组装体系，该体系除了包含纳米微粒实体的组元，还包括支撑它们的具有纳米尺度的空间的基体。纳米材料以其奇特的性能被誉为跨世纪的新材料，具有广阔的应用前景。

纳米材料的发展趋势主要表现在：通过在纳米微粒的表面做异性物质及表面修饰可以改变物质表面带电状态、表面结构和粗糙度。例如，导电的金属在超微颗粒时可以变成绝缘体等；通过纳米微粒在多孔基体中的分布状态（连续分布还是孤立分布）来控制量子尺寸效应和渗流效应；通过设计纳米丝、管等的阵列体系（包括有序阵列和无序阵列）来获得所需要的各种材料特性。此外，纳米分体还表现出超导电性、介电性能、声学特性以及化学性能等方面的特性。

纳米科技与材料应用于制冷领域的最新进展主要有：

1. 纳米粒子能够显著地增大液体的导热系数（如果在水中添加5vol%的铜纳米粒子，可以使导热系数增加1.5倍）。
2. 将纳米微粒添加到制冷系统中运行发现：（1）添加了纳米颗粒的制冷系统蒸发器出口温度降低的速度要明显快于不含纳米介质的制冷系统，且系统达到稳态时的温度要略低；（2）制冷系统吸气压力和排气压力略有降低，吸排气压力的降幅都接近5%。由于吸排气压力各自降低的比例接近，所以采用纳米介质的制冷系统压缩机的吸排气压差要小于不含纳米介质的制冷系统，从而降低了压缩机的功耗；（3）添加纳米介质后，可以改善矿物油与氢氟烃制冷剂的互溶性。

3. 用纳米粒子对空调器换热器外表面做渗透处理,可催化分解空气中的苯、甲醛等有害物质,而且分解率接近100%,从而起到杀菌消毒的效果。

由于晶粒极细,处于晶界和晶粒内缺陷中心的原子及其本身具有的量子尺寸效应、小尺寸效应、表面效应和宏观量子隧道效应等使纳米材料在润滑与摩擦学方面具有特殊的降摩减摩和高复合能力。纳米物质在摩擦表面以纳米颗粒或纳米膜的形式存在,具有良好的润滑性能和减摩性能,在润滑中添加纳米材料制成的润滑剂可以显著地提高润滑性能和承载性能,提高产品的质量,特别适用于苛刻条件的润滑场合。

纳米添加剂

笔者领导的研究小组开展了纳米添加剂改善HFC类制冷剂与矿物冷冻油相溶性的研究工作,取得了很好的效果。利用纳米添加剂改善制冷剂和冷冻油的热力学性质、传热特性、流动特性,从而达到优化参数、强化传热、改善油溶性、提高压缩机耐磨性、减少噪音等效果,将是提高制冷空调热泵设备的效率和可靠性的重要创新手段之一。

Melendres C. A.等人用平均粒径在10~15 nm之间的MoS₂纳米粒子和平均粒径在6~8 nm之间的TiO₂纳米粒子作为润滑油添加剂,进行了高速往复平面机械摩擦性能实验,结果显示,n-MoS₂与n-TiO₂减摩性能均优于ZDDP(二硫化磷酸锌,是润滑油常用的抗磨和抗氧化剂),n-MoS₂在中、低负荷状态下性能优异,而n-TiO₂在高负荷状态下性能卓越。研究显示,纳米氢氧化镍对油品抗磨性、最大无卡咬负荷及摩擦系数有影响,在500SN的基础油中加入一定量的30~80nm的氢氧化镍和分散剂,可有效提高有的抗磨性能和极压承载性能,显著降低摩擦系数。10~70nm的硼酸镧粒子,添加到润滑油中可显著地提高其抗磨性能。制冷系统的润滑机理是在基础油中添加所谓的“活性元素”,如Cl、S、P等,在摩擦副表面形成物理、化学吸附膜或发生摩擦化学反应生成低熔点、低剪切力的无机保护膜,如FeCl₃、FeS、FePO₄等,从而形成润滑保护,但这一过程同时不可避免地伴随着腐蚀磨损问题。而添加纳米添加剂是通过表面改性的物理、化学方法,在金属基体表面覆盖一层保护层或改变表面原子组成成分,如渗碳或表面涂层等方法,从而改变材料表面的结晶和应力状态,从而提高材料的极压和抗磨能力。

氢氟烃(HFC)类物质已经普遍使用,是制冷系统的主要工作介质。在制冷系统中,一种合适的工作介质体系,除要求制冷剂本身具有良好的热物理和热化学性质之外,制冷剂与冷冻机油之间的相溶性问题是该制冷剂是否能够广泛应用的决定因素。HFC制冷系统使用脂类冷冻机油(polyol-ester,简称POE)。POE为强活性溶剂,吸水性和水解性强。采用HFC/POE体系的制冷系统在能效、工作可靠性等方面有诸多的问题需要进一步解决。向POE中加入添加剂是目前采用较多的用于提高POE/HFC体系的润滑性能的方法。加入磷脂脂类添加剂,可以得到相当于CFC/矿物油的润滑性能,由于没有改变POE类冷冻机油作为强活性溶剂的性质,因而无法根本解决采用HFC/POE体系的制冷系统存在的问题,如材料的相溶性、絮状物沉淀、膨胀装置堵塞等。制冷剂替代及制冷系统润滑体系的优化,取决于制冷剂与冷冻机油的互溶性以及它们组成的混合物的热力学性质,如粘度、密度、饱和压力以及导热系数等。为此,美国IUPAC和NIST等研究机构非常重视研究能够预测冷冻机油与制冷剂的混合物的相溶性和热力学性质的有效方法。特定基质的纳米介质可以激化流体的活性,为通过加入纳米粒子的方法改善矿物油与HFC工质的相溶性的可能性提供了理论支持。实验表明,加入n-TiO₂(r)的矿物油ISO VG32 ML与HFC134a的相溶性良好,采用n-TiO₂(r)/矿物油/HFC134a的制冷系统和制冷压缩机,具有良好的运行特性。

目前,纳米科技与材料在制冷领域的应用正在引起科学界、企业界以及一些政府的高度关注。为解决已有设备的制冷剂置换问题,自2000年以来,美国海洛克国家实验室、IUPAC实验室和英国帝国化学实验室等欧美主要研究机构又相继重新开始了HFC与矿物油相溶性的研究工作。纳米材料和技术是美国国家基金会在暖通空调领域资助的惟一课题领域。同期,ASHRAE(美国采暖、制冷空调工程学会)已经将纳米材料光催化、抗菌以及基于矿物油工艺的HFC工质置换新工艺等相关研究分别作为研究主题内容纳入到其战略研究规划中。在日本,富士通空调事业部开展了纳米材料强化空调器换热器换热性能的研究。在中国,在国家自然科学基金和地方基金的资助下,北京建筑工程学院、清华大学、上海交通大学等学校也开展了在纳米科技与材料应用于制冷方面的研究。

可以预测,纳米技术与材料在制冷领域的应用,将能改善制冷产品能效、速冻等性能指标,并改进产品的制作工艺、扩展产品使用功能,例如,增加空调器的空气净化功能,冷藏冷冻器具的抗菌功能等,这将给制冷领域带来一场深刻的变化。

阅读: 59次
录入: gddq

【推荐】 【打印】

上一篇: 便携式扫描笔