

文章编号:1673-9981(2010)03-0161-03

超疏水性材料的研究现状及应用

郭春芳

(山东丝绸纺织职业学院, 山东 淄博 255300)

摘要:简述了超疏水性表面的特征,介绍了近年来超疏水性材料在日常生活、工农业及国防等领域中的研究现状及应用,同时展望了超疏水性材料的研究趋势。

关键词:超疏水性; 材料; 应用

中图分类号: TQ 423.4

文献标识码: A

落在荷叶上的雨滴形成水珠顺着叶面缓缓滚动而落下,这种抗水性称为荷叶效应。这是由于荷叶表面的疏水层呈现纳米级的凹凸不平,减少了水珠与叶面的接触面积。植物叶子表面具有的超疏水自清洁的特性,为构建人工疏水表面及设计浸润性可控的界面提供了灵感,引起了研究者的极大关注。近年来,超疏水性表面的研究已成为比较活跃的研究课题之一,这对制备新的高性能的功能材料表面有重要的作用。

1 超疏水性表面的特征

润湿性是指液体与固体表面接触时,液体可以渐渐渗入或附着在固体表面上,是固体表面重要特征之一,这种特征由固体表面的化学组成及微观结构共同决定。接触角和滚动角是评价固体表面润湿性的重要参数,理论上疏水表面既要有较大的接触角,又要有较小的滚动角。超疏水性表面一般是指与水的接触角大于 150° ,而滚动角小于 10° 的表面,这样的表面具有防雪、防污染、抗氧化及防止电流传导等特性。

植物叶子表面有许多丛生的放射状微茸毛,该微茸毛尖端极易亲水,入水后能瞬间锁定水分子,使叶片表层到茸毛尖端之间形成了一薄层空气膜,从而避免叶片与水直接接触。Barthlott^[1]研究发现,这

种微茸毛由乳突及蜡状物构成,其为微米结构。中科院研究员江雷^[2]研究发现,乳突为纳米结构,这种纳米与微米相结合的双微观结构正是引起表面防污自洁的根本原因。

文献[3]的研究表明,具有较大接触角和较小滚动角的超疏水性表面结构为微米级及纳米级结构的双微观复合结构,且这种结构直接影响水滴的运动趋势。超疏水表面的结构通常采用两种方法,一是在疏水材料表面上构建微观结构,二是在粗糙表面上修饰低表面能物质。由于降低表面自由能在技术上容易实现,因此超疏水表面制备技术的关键在于构建合适的表面微细结构。当前,已报道的超疏水表面制备技术主要有溶胶-凝胶法、模板法、自组装机及化学刻蚀法等^[4]。

2 超疏水性材料的研究现状及应用

由于超疏水性材料具有许多独特的表面性能,如自清洁、防腐蚀、生物相容性及超疏水性等,因此广泛应用于日常生活、国防及工农业生产等领域中,同时也引起了人们对超疏水性材料研究的极大兴趣。

2.1 在日常生活领域中的研究及应用

2.1.1 研究现状

陶晓彦等人^[5]对柱状结构阵列碳纳米管膜的超

收稿日期:2010-05-20

作者简介:郭春芳(1977—),女,山东德州人,讲师,硕士。

疏水材料的研究有了很大的进展,并已成功地制备出了超疏水和超双疏的阵列碳纳米管薄膜、超疏水的聚合物纳米纤维(包括通过分子结构的重排,将亲水性高分子制备成为超疏水性纳米结构薄膜)及全pH值范围内呈现超疏水性的碳纤维薄膜;利用热响应性,实现了温控下高分子的超亲水和超疏水之间的可逆转换;另外,还成功地制备出了具有疏水纳米结构的无机半导体薄膜和在紫外光控制下超亲水、超疏水可逆转换的阵列纳米结构的氧化锌,进而制备出了超疏水与超亲水可控的纳米界面材料。

2.1.2 在日常生活中的应用

空调夏天制冷时,换热器上会产生大量冷凝水,需要专门的排水管排到室外,这不仅降低了空调的能效比,还容易出现漏水现象,更为严重的会造成室内的空气湿度不断减小,使人们生活、工作的环境恶化。同样,冬天空调制热时,室外机换热器会结霜,为了除霜不得不经常停掉空调,这不仅浪费电能不利于制热,还容易出现各种故障。东南大学化工系陈志明教授^[6]研究发现,空调换热器的表面用超疏水材料处理后,不仅能避免上述问题的出现,还能明显降低空调器的噪声,延长空调器的使用寿命,且可节约空调器的设计成本。经过工业涂覆验证,其各项性能指标均达到了国际水平,可代替进口产品。

众所周知,冰箱(冰柜)内胆表面凝聚FOFM-TEXT冷凝水,结霜、结冰现象严重,使导热率降低,不利于制冷并影响食物保存且耗费电能。王跃河^[7]将纳米超疏水技术应用于制冷领域中发现,采用超疏水内胆或者在内胆上采用特殊工艺附上一层纳米超疏水材料,内胆表面上的小水滴就会自动滑落不在内胆上沉积,从而避免内胆表面出现结霜、结冰现象。超疏水界面材料还可用在室外天线等户外设备上,可有效防止积雪,从而保证高质量的接收信号。

2.2 在工业领域中的研究及应用

栗常红等人^[8]通过传统的机械处理和分散纳米二氧化硅的方法在金属表面上制备出了具有微-纳米双微观结构的类荷叶的超疏水表面涂膜,该涂膜的接触角高达 173° 。该方法简单,易于实现大面积制品的制作。超疏水涂膜以其独特的性能有着广泛的应用前景,但当前的制备技术制约了其在建筑外墙等大型设施方面的应用。曲爱兰等人^[9]就超疏水表面涂膜存在的问题及发展方向进行了研究,发现利

用表面能极低的含氟材料,将溶胶-凝胶法、相分离技术及自组装梯度功能等技术有机结合,可获得适宜的表面粗糙度及双微观结构,是实现工业化生产超疏水涂膜的可行方法。

江雷研究小组^[2]通过控制表面形态及模仿生物表面,成功制备出了超疏水自清洁、滚动各向异性及高黏附性超双疏水表面,这种双疏水界面材料会给人们的日常生活及工农业生产带来极大的便利和高附加产值。将超双疏界面材料涂在轮船的外壳、燃料储备箱上,可以达到防污、防腐的效果;用于输送石油的管道中,可以防止石油粘附管道壁,从而减少运输过程中的损耗并防止石油管道堵塞;用于水中运输工具或水下核潜艇表面上,可以减少水的阻力,提高行驶速度;用于半导体传输线上,可防止雨天因水滴放电而产生的噪音;用于微量注射器针尖上,可以完全消除昂贵的药品在针尖上的黏附及由此带来的对针尖的污染;涂有超双疏水剂的纺织品和皮革,是一种很好的防水防污材料。超疏水材料广泛地应用于基因传输、微流体、无损失液体输送、防污染及抗氧化等方面,也可望用于建筑、车辆的防污染等方面,这对实现免清洗、智能化自清洁等具有重要的意义。

2.3 在农业领域中的研究及应用

我国大棚蔬菜的快速发展迫切需要大面积的超疏水薄膜。目前,制备超疏水表面的方法很多,由于制备原料或设备比较昂贵,制备条件苛刻费时费力,因此需要采用简单、省时省力的方法来制备低成本、大面积的超疏水薄膜,以满足实际需要。马英等人^[10]运用相分离原理,以通用塑料为原料,用简单的方法制备出大面积的附着性很好的超疏水薄膜,并在不同实验条件下对薄膜浸润性的影响因素进行了探讨和研究。Han等人^[11]在室温条件下,采用溶胶-凝胶法,用超大分子有机硅构造出超疏水性表面,这种方法简单且可以生产大面积薄膜。

2.4 在国防领域中的研究及应用

段辉等人^[12-13]采用酸碱两步催化的表面凝胶化技术,以简单的工艺及廉价的设备,在PTFE掺杂的醇溶性氟化聚合物/有机硅溶胶涂层的表面,形成了纳米级二氧化硅粒子与微米级的PTFE粒子组成的粗糙结构,经过氟化聚合物固化交联,制备出了具有有机涂层力学性能的超疏水涂层材料。这种材料的阶层结构与天然荷叶表面的极其相似,接触角达到 150° 以上,涂层的综合力学性能良好,可望应用

于军事舰船、潜艇的表面,以防止海生物附着,提高航速。

3 超疏水性材料的研究趋势

近年来,对超疏水性表面的理论研究已经取得了大量的成果^[14-15],但制备方法并不多,且多数制备方法存在实验条件苛刻、步骤繁琐、成本高等问题,现已投入市场的超疏水性材料也存在如表面微细结构强度低、易老化、易磨损、易污染、使用寿命短等缺点。今后必将加大在如下方面的研究:实现高性能功能材料表面的超疏水性;运用纳米材料的制备技术,实现在广泛的材料基底上制备超疏水性材料;研究超疏水性的机理,开发制备超疏水性材料的有效方法;对超疏水性表面的精细结构进行更深入地研究,以改进和提高超疏水性材料的制备工艺。

4 结 语

荷叶等植物表面的超疏水特性为研究超疏水性材料提供了理论依据和实践证明。目前,关于荷叶效应的作用机理和自组装分子膜的润湿行为仍是国内外学者们研究的热点。超疏水性材料由于具备自清洁、防腐蚀、生物相容性及超疏水性等独特性能,使其在日常生活、工农业生产和国防等领域中广泛应用。将来,随着理论研究的不断深入,以及制备工艺的优化和制备方法的创新,超疏水性材料的研究必将在实际应用领域中发挥巨大的作用。

参考文献:

- [1] BARTHOLOTT P. Engineering shark skin and other solutions [J]. Nature, 1999, 400: 507-509.
- [2] 江雷. 从自然到仿生的超疏水纳米界面材料[J]. 化工进展, 2003, 22(12): 1258-1262.
- [3] 吴云影. 水性表面上水滴移动的观察与解析[J]. 广东化工, 2010, 37(1): 23-24.
- [4] 刘霞, 高原, 呼爱妮, 等. 超疏水性纳米界面材料的制备及其研究进展[J]. 材料导报, 2008, 22(11): 58-61.
- [5] 陶晓彦, 陈江娜, 余海霞, 等. 碳纳米管超疏水材料在家电行业中的应用前景[J]. 家电科技, 2006(1): 55-57.
- [6] 陈志明. 国内纳米材料研究寓意于创新[J]. 微纳电子技术, 2003(12): 47.
- [7] 王跃河. 纳米超疏水技术在制冷领域中的应用研究[J]. 研究探讨, 2006(10): 40-42.
- [8] 栗常红, 肖怡, 崔蜚, 等. 一种多尺度仿生超疏水表面制备[J]. 无机化学学报, 2006, 22(5): 785-788.
- [9] 曲爱兰, 文秀芳, 皮丕辉, 等. 超疏水涂膜的研究进展[J]. 化学进展, 2006, 18(11): 1434-1439.
- [10] 马英, 马永梅, 曹新宇, 等. 超疏水性塑料薄膜简易制备方法研究[J]. 塑料, 2006, 35(5): 39-42.
- [11] HAN J T, LEE D H, RYU C Y, et al. Fabrication of superhydrophobic surface from a supramolecular organosilane with quadruple hydrogen bonding [J]. Am Chem Soc, 2004, 126 (15): 4796-4797.
- [12] 段辉, 熊征蓉, 汪厚植, 等. 超疏水性涂层的研究进展[J]. 化学工业与工程, 2006, 23(1): 81-87.
- [13] 段辉, 汪厚植, 赵雷, 等. 氟化丙烯酸/二氧化硅杂化超疏水涂层的性能研究[J]. 涂料工业, 2006, 36(12): 1-4.
- [14] 崔晓松, 姚希, 刘海华, 等. 超疏水表面微纳结构设计制备及润湿行为调控(I)[J]. 材料进展, 2009, 28(12): 41-52.
- [15] 龚宇清. 超疏水性涂料在防覆冰中的应用前景[J]. 企业技术开发, 2009, 28: 82-83.

Research progress and application of super-hydrophobic materials

GUO Chun-fang

(Shandong Silk Textile Vocational College, Zibo 255300, China)

Abstract: The surface characteristic of super-hydrophobic materials was introduced and the application of super-hydrophobic materials in daily life, industry and agriculture and national defence was also summarized. Further research of super-hydrophobic materials was proposed as well.

Key words: super-hydrophobic; materials; applications