

# 杭州启俄科技有限公司

## 高性能多功能含氟纳米基膜表面处理

### 企业概况

杭州启俄科技有限公司是一家成立于 2015 年的高新技术企业，专注有机含氟功能材料的应用开发，解决机械设备运行及加工中的摩擦磨损、构建材料表面疏水结构（防结冰和除冰）、机械设备和管道的防腐等疑难问题。

公司拥有多项技术发明专利。主要技术骨干团队有深厚的行业背景，包括外籍专家 5 名（院士、教授、博士）。研发机制灵活有效，开展自主研发与国外技术团队联合研发相结合的创新活动。

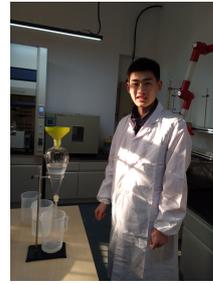
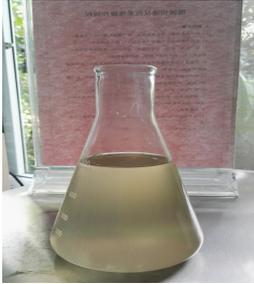
公司研发的含氟材料及其纳米级涂层技术，国际领先，国内唯一。2018 年 3 月“一种低表面能组合物及其应用”获得国家发明专利证书。

采用该技术，处理后的表面具有耐磨损、耐腐蚀、抗干摩、抗粘附、防辐射、杀菌、防水等多种综合性能，产品的使用性能、寿命、精度、安全性、稳定性得到大幅提高。该技术的应用推广，是国内表面处理技术的重大创新，填补了国内此类技术空白，对提高国内装备制造水平、提质增效、节能降耗、减少资源浪费具有重要意义。

我们热情欢迎各位感兴趣的朋友共同探讨技术疑难问题、开展互利合作。

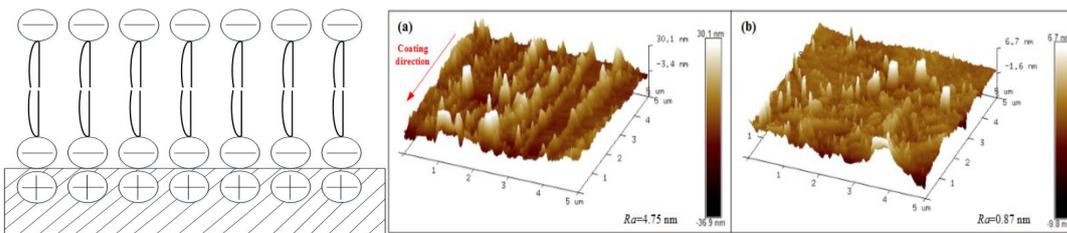
## 含氟纳米基膜涂层技术

材料：用作基膜表面处理的材料是含氟高分子功能材料，它是一种表面活性剂，人工合成。



表面处理：又称错位异构（基膜）技术，旨在对一些要求改善耐磨、抗粘、疏水等性能的表面，在其上面构建多功能单分子纳米膜，提高其强度、可靠性和耐久性。

技术原理：利用含氟高分子功能材料，通过离子吸附作用（图一，也叫化学吸附），对材料表面缺陷、微裂纹进行填补修复，构建一层与表面轴向一致的锯齿状、结合力强、单分子林穆尔结构、纳米尺度的特异多功能保护膜。该膜在物体表面固化后，赋予被处理表面优良的疏水性、化学稳定性、热稳定性、低表面能、低摩擦系数等系列性能，防止接触面的氧化和磨损。保护膜的厚度约  $30\text{-}70 \text{ \AA}$  (3-7 纳米)（图二）。



图一、吸附原理图

图二、上海交大做的原子力显微镜检测结果

通过电子显微镜和 X 光衍射，对基膜处理前后的金属表层研究表明，金属的位错结构没发生变化，即金属的位错分布和密度是一致的。与此同时，在经过摩擦后，相对未做基膜处理的金属表面，基膜化金属表面的表层结构碎片和晶格畸变要低得多。这表明，基膜处理对摩擦过程起到了积极影响，基膜化表面比非基膜化表面具有更加优越的耐摩擦性能：在接触区具有优越的抗氧化性和抗疲劳性（非基膜化表面具有粘合性）。

该保护膜具有低表能、低摩擦系数、耐磨损、耐腐蚀、抗粘附、防辐射、杀菌性、保持附着润滑油、防水疏水等特性；可抑制微孔裂纹扩大趋势，避免集中应力和形成破坏核心，大幅度提高材料的表面强度。

表面处理方法简单环保。具体是：将含氟表面活性剂制成溶液，采用不同方法（通用法、气溶法、热法、超声波法），进行表面涂层。或者采用工作介质—乳化润滑油，此时的润滑油，除了本身的作用外，还起到将含氟表面活性剂送达摩擦表面的作用。

处理过程：1）、工件预处理，清除工件表面油污（脱油脱脂）；2）、涂膜，采用溶液浸泡的方式，附加超声或加热（不超过 50 度）；3）固化，在烘箱里对涂膜后固化，温度不超过 120 度。整个过程不超过 3 小时。

## 含氟纳米基膜涂层性能

### 1. 稳定性

（1）热稳定性。含氟纳米基膜能在-200℃至 450℃条件下不发生分解，瞬时耐温可达 700℃。这保证了金属在较宽的温度范围内使用时，含氟纳米基膜的性能不会发生较大的变化。

（2）化学稳定性。可在酸、碱、强氧化介质等特殊应用体系中稳定有效地发挥其作用，不会与体系中的介质发生反应或分解。这保证了材料在与复杂的介质接触时，含氟纳米基膜的性能不会发生较大的变化，同时使材料表面耐腐蚀性大大提高。

（3）稳定的不溶性。高的化学稳定性就意味着高的化学惰性，含氟纳米基膜不溶于各类溶剂与表面活性剂中，并可应用于几乎所有溶液配方体系中。这保证了在复杂的溶剂体系中含氟纳米基膜的性能不会发生较大变化。

### 2. 低表面能、抗粘性

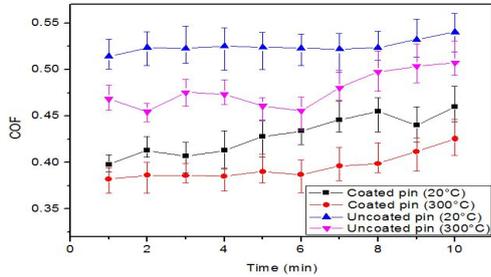
由于含氟纳米基膜中有较多氟原子，因此获得了含氟聚合物的低表面能特性。经过含氟纳米基膜表面处理后，大大减少材料的表面能，大约减少 1000-10000 倍。对金属而言，其表面能从 3000-5000mN/m 减少到 2-4mN/m，可防止分子水平上的接触性相互作用，从而避免摩擦过程中的粘着磨损。大大降低摩擦系数，从而提高负载零件的耐磨损性，与未经处理的表面相比，摩擦系数降低约 10 倍，静止动量降低 10000 倍。同时由于低表面能，材料表面获得了水分、霉菌无法附着的特性。

### 3. 低摩擦系数及润滑性

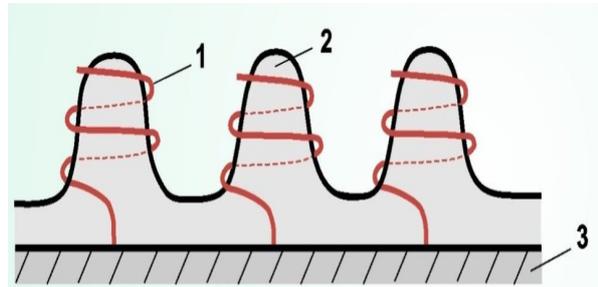
一方面，含氟纳米基膜具有低摩擦系数的特性（图三）；另外，含氟纳米基膜呈螺旋形“锁住”附着在材料表面的润滑介质（图四），防止润滑油在表面上流失，避免润滑剂的超临界位移（“干”摩擦），因此可以使材料表面获得优异的润滑性，减少了材料摩擦

时由于启动时发生干摩擦对润滑介质的损耗（见图2），提高切割工具和零件的耐磨损性。此外，可降低金属对润滑介质的催化效应，防止润滑介质异构和聚合。

图三、上海交大：摩擦系数测试结果

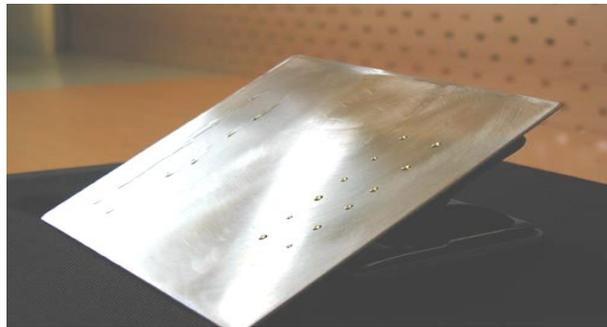


图四、 纳米保护膜林穆尔结构示意图



1. 含氟聚合物 2. 润滑介质 3. 材料表面

图五. 在基膜涂层表面上，油滴能立住，而在未经基膜涂层处理的表面上，油滴会流走。

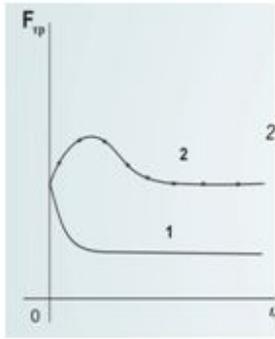


图片展示的是上油后 4 小时的情况。基膜涂层采用了基膜液启俄-05。

由于材料表面获得了润滑性，不仅提高了材料的耐磨性，同时使得一些经过处理的金属刀具加工对象获得更加光滑的加工面。

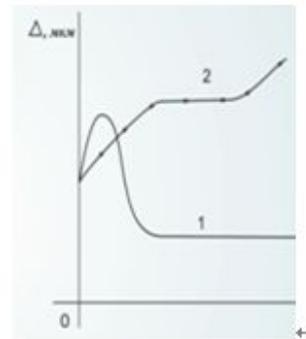
#### 4. 耐磨损性

预防摩擦过程中接触面微创。在含氟纳米基膜表面处理时，由于基膜液的高渗透能力（离子吸附作用），含氟聚合物填补修复表面细微缺陷（孔）和裂纹，使它们脱气，从而消除了材料脆化（氢脆），降低金属表层脆性，抑制微孔裂纹扩大趋势，避免集中应力和形成破坏核心，大大提高材料的强度和耐磨损性（图六）。



运行中（加速时）摩擦力与时间关系

1. 含氟纳米材料表面处理液处理后的样品
2. 未处理的样品



运行中磨损与时间的关系

1. 含氟纳米材料表面处理液处理后的样品
2. 未处理的样品

图

图六、材料表面磨损随时间变化的关系图

## 5. 膜的自修补性

含氟纳米聚合物膜是根据固体表面释放自由电子的强弱进行移动和分布的。越是被磨损的部位，释放的自由电子越多，对氟碳分子的吸附力越强。由于固体表面摩擦的不均匀性，当某一部位过度摩擦导致磨损时，原来吸附在磨损物上的氟碳分子会随磨损物流失一部分。受磨损部位会释放更多的自由电子，从而将其它部位的氟碳分子迅速吸附过来一部分，形成新的均匀的氟碳涂层，完成了自动修复功能（见图3、图4）。

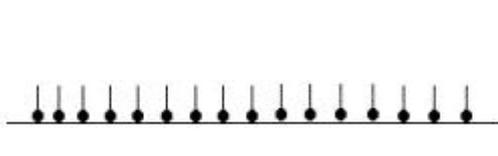


图3 在材料表面形成定向分子膜

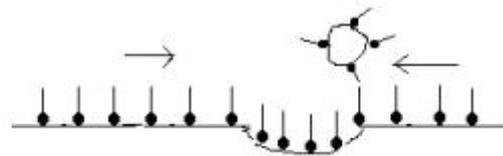


图4 对磨损部位的分子膜自行修补

这种性能保证了含氟纳米基膜能够有效长期的对材料表面发挥作用。结合材料表面获得润滑性，一般可以延长金属使用寿命 5~7 倍。

## 含氟纳米基膜涂层效果

1. 提高产品的使用寿命和可靠性；
2. 提高厂家产品的竞争能力；
3. 降低设备维护保养成本；
4. 降低质保期内投诉数量；
5. 降低电能消耗；
6. 减少生产占地；
7. 减少用工数量。

世界工业发展趋势表明，提高金属制品及其它材料制品的使用寿命，可以达到经济和环保双重效应，大大降低制造成本，因为企业的经济利益不仅仅来自于采购材料数量的减少，还来源于材料处理（成为废料、废渣、回收）成本降低。

## 产业化应用涉及的领域

| 产品，部件，零件，工具  | 处理效果  |
|--|---|
| 键槽铣刀   | 无氧化，提高耐磨性 70%   |
| 液压橡胶 O 型圈  | 提高使用寿命 7-8 倍  |
| 木制铸模   | 无需采用制模混凝土   |
| 机床摩擦副部件，机床齿轮箱部件  | 降低 0.5-0.7 分贝噪音，降低 20-35%的消耗功率                                      |
| 数控车床导向游标卡尺   | 提高定位精度 2-3 微米   |
| 金属钻头、丝锥、铰刀、铣刀  | 提高耐磨性 1.5-4 倍   |
| 液压缸的球轴承  | 提高耐磨性 2 倍   |
| 电路板部件、制品，微电子组件   | 提高耐磨性，疏水，防水   |
| 铝、铝镁、镁合金制品   | 提高强度，防腐，防水  |
| 处理载荷摩擦副  | 使用寿命提高 2-10 倍，摩擦降低 10 倍，能耗降低  |
| 处理切削工具   | 强度提高 2-5 倍，同时降低被处理表面的粗糙度，提高切削速度                                     |
| 处理模压冲孔牵引工具   | 牵引阴阳模的强度平均提高 2-4 倍，同时无需镀铬；冲压模具的强度提高 2-8 倍                           |
| 处理金属和非金属制品铸造用的冲压模  | 冲压模的强度平均提高 4 倍，无需镀铬；无需或者降低 8-10 倍的硅油消耗；提高成品的表面质量和成品率；容易将制品从冲压模具中倒出。 |
| 处理橡胶制品硫化压模   | 冲压模的强度平均提高 4 倍，工具无需镀铬；无需使用硅油  |
| 处理机械制造测量工具   | 降低工具磨损  |
| 处理铝、铝镁合金；保护油漆层   | 保护合金和油漆层，防止大气和盐的腐蚀，特别是死角处   |
| 处理仪表和机械（钟表、导航仪、航空仪表等）的精密摩擦系统部件、宝石                                    | 摩擦系数降低 8-10 倍，磨损降低 2-5 倍；静态起动转矩降低 1000-10000 倍；防止润滑剂损失              |
| 橡胶和树脂制品、贵重涂层部件的处理  | 降低老化速度 2-3 倍，甚至更多；提高聚合物的耐化学性；降低摩擦系数；提高摩擦副中的树脂耐磨性 6-10 倍；降低贵重涂层的厚度   |
| 处理压制塑料、聚氨酯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰胺、聚甲基丙烯酸甲酯及其共聚物、高地密度聚乙烯等其它复杂结构材料的制品的模具，处理石头和矿物 | 制品的强度平均提高 4 倍，无需镀铬；无需或者降低硅油的消耗；提高制品的表面质量和成品率；容易将制品从冲压模具中倒出。         |
| 处理微电子组件、无线电路板，处理铝、铝镁和镁合金制品   | 保护微电子组件、无线电路板，防止外部因素（水、腐蚀、灰尘）的作用；在金属（铝、铝镁和镁合金）制品表面构建防腐层。            |

## 应用案例 1.

  
启俄科技

### 已取得良好应用效果的产品（一）



| 比较  | 外观①   | 外观②  | 外观③   | 外观④   |
|-----|---|--|---|---|
| 无涂层 |  |  |  |  |
| 有涂层 |  |  |  |  |

木工刀具：定制家具使用的各型刀具寿命提升1-5倍。启俄木工刀具是市面价值最高的，远超过雅登、川木品牌的质量，转位刀片的（寿命）质量比进口（卢森堡）刀片高出50-100%。

## 应用案例 2.

  
启俄科技

### 测试中的部分产品（二）


新华机械厂：海装信号枪、手枪（出口）      湖南兵器集团：军用警用机枪

效果：防止卡膛，提高射击精度和速度，延长枪管寿命，方便保养；预防海上腐蚀，提高舒适度。

### 应用案例 3.

#### 量产产品 (三)



在复杂生产工况下，要求解决球阀耐磨、延长使用寿命、减少执行机构扭矩力的问题。耐磨试验已通过（通过抛光的方法），超出厂家预期。  
同浙江中控流体技术有限公司紧密合作，逐步实现球阀量化涂层生产，降低球阀扭矩力30-50%。

### 应用案例 4.

#### 测试中的产品 (四)



当前，我国对飞机的结冰除冰的难题，束手无策；风力发电装置叶片结冰除冰问题，是阻碍风力发电行业发展的共性问题；高压输电网（包括高铁电网）结冰除冰问题，给社会、经济造成重大损失和影响。

利用材料的疏水性和地表面能，构建表面疏水结构，攻克少结冰、易除冰的难题。

## 应用案例 5.

### 测试中的产品 (五)



此类产品的表面处理，涉及到各型轴承、轴瓦、齿轮、气缸、丝杆、螺杆等运动传动零件器件的降摩减磨提效延寿问题。