



## 氟特加表面改性涂层材料

### 一、氟特加产品简介

俄罗斯国家高科技专利成果、军方专用技术——**氟特加**氟碳表面改性处理技术，是采取物理化学方法在金属、非金属物体表面上涂上一层氟碳有机表面活性物质（ФТОР-ПАВ）的过程。在涂到固体表面时，形成一薄层(40-80A)特殊取向的分子膜，它们可以使材料表面改性，赋予表面以耐磨、抗粘着、耐腐蚀和其他一些特殊的性能，大大提高偶联零件的耐磨性，从而改善机器、机床、工业机器人、橡胶制品、各种工艺设备、以及切削工具和其他工具的工作动态性能。俄罗斯和平空间轨道站的润滑系统和密封系统就使用了本项技术，本产品也被列为俄总统卫队车辆指定使用产品。

#### 产品技术特性——

**抗磨损 减摩擦 抗粘着 耐腐蚀 耐高温 耐油性 耐高压 防吸潮**

#### 产品主要效能——

**延长寿命、节能降耗、减少振动、降温降噪、防止疲劳**

**增强密封、提高动力、降低温度、低温启动、综合增效**

### 二、氟特加表面改性涂层材料的基本特性

**氟特加表面改性涂层材料**是以氟碳链取代碳氢链作为分子中非极性基团的表面活性剂，其独特性质直接与氟碳链相关，更进一步讲是取决于氟元素的独特性质。

氟元素是电负性最强的元素，它具有高氧化势、高电离能，这种特性一方面造成氟—碳键（F—C）键能高（实际上氟—碳键是已知键能最高的共价键），因而氟碳链结构远比碳氢结构稳定；另一方面氟原子非常难以被极化，使氟碳链极性比碳氢链小。正是因为这种低极性，使氟碳链疏水作用远比碳氢链强烈（其实，低极性不但使氟碳链疏水，而且还疏油——这里油是指碳氢类化合物）；另外，低极性又导致氟碳链相互间作用力弱。这二个因素共同作用使得氟碳表面活性剂分子在水溶液中有比其它表面活性剂分子更加强烈的倾向来脱离水溶液，在液/气界面上定向聚集排列成分子膜，从而使其具有与其它表面活性剂所不同的二种特性：一是在极低应用浓度下便能显著降低水溶液的表面张力；二是极高的表面活性，即可将水溶液表面张力降到极低水平。

另外，**氟特加表面改性涂层材料**还具有极高的稳定性。这是因为一方面氟—碳键（F—C）键能高，很难被破坏；另一方面氟原子对碳—碳键（C—C）具有屏蔽效应。氟原子的半径比氢原子大，可有效地将全氟化的碳—碳键（C—C）屏蔽保护起来，减少碳—碳键（C—C）被破坏的可能，但同时氟原子半径又没有大到足以在氟碳链中引起立体张力的程度，因此使氟碳链更加





稳定。这种稳定性具体表现在以下三个方面：

- 1、**热稳定性高。**能在 450C°条件下不发生分解，瞬时耐温可达 700C°；
- 2、**化学稳定性好。**可在强酸、强碱、强氧化介质等特殊应用体系中稳定有效地发挥其表面活性剂作用，不会与体系发生反应或分解；
- 3、**相容性好。**高的化学稳定性就意味着高的化学惰性，氟碳表面活性剂能与其它各类活性剂很好地相容，并可应用于几乎所有配方体系。

[氟特加表面改性涂层材料](#)具有的极高稳定性，是该产品能应用于和平号空间轨道站的润滑和密封系统的最主要原因。

### 三、氟特加表面改性涂层材料的成膜特点

[氟特加表面改性涂层材料](#)按标准工艺涂敷到固体表面后，形成一层 4-8 纳米厚的定向分子膜，亦即氟碳活性剂浅表涂层，在显微镜下肉眼可见。

[氟特加表面改性涂层材料](#)形成的浅表涂层，除了具有一般含氟表面活性剂的“三高两憎”（高表面活性、高耐热稳定性、高化学惰性、憎水性和憎油性）特点外，还体现出其独特的个性，由此区别于任何含氟表面活性剂，具有其它产品不可替代的作用：

**一是在固体表面成膜的极端牢固性和屏蔽功能。**氟碳分子与固体表面（除纯钛以外）自由电子的结合，具有牢不可破的吸附力，从而对固体表面的非常好的屏蔽功能。由于氟碳分子的低极性，又导致氟碳链相互间作用力弱，不会形成叠加，在表面形成的定向分子膜始终保持在 4-8 纳米的厚度。[氟特加表面改性涂层材料](#)在形成的分子膜对固体表面起到以下作用：

**降低固体表面的粘附性**——主要原因是氟碳表面活性剂分子在固体表面形成的分隔膜，显著提高了表面耐磨性和抗粘着性。

**降低接触表面的摩擦系数**——主要原因一是氟碳表面活性剂分子形成的分隔膜的表面能极低（为 2 - 4mn/m(毫牛/米)，而美孚的最小值为 18mn/m(毫牛/米)，），二是在磨擦部位能够很好的将润滑油膜保持住。

**减少摩擦接触表面的微裂纹的扩大**——主要原因是氟碳表面活性剂由于渗透性高而充满所有的气孔和微裂缝，驱除其中的水份和气体，这样有效抑制“氢脆”产生的电化学过程，避免了材料的起脆（氢脆）；微气孔和微裂缝失去应力集中的可能性，因而，它们不再是潜在的破坏中心。

**提高材料（其中包括聚合物、橡胶等等）的气密性**，明显降低材料的老化速度。

**增强材料抗腐蚀性**——抑制润滑油或其他介质作用于金属时的催化活性，以延缓由此导致的分解和聚合过程。

光谱分析方法表明，[氟特加表面改性涂层材料](#)与金属表面有化学吸附和化学结合，在金属表面被[氟特加表面改性涂层材料](#)处理前和处理后，用电镜和X光分析金属在受到机械化学作用-例如摩擦时表面晶格被破坏的程度，经过处理的明显小于未处理前，由此可以证明[氟特加表面改性涂层材料](#)对于提高金属表面抗磨性有很好的效果。



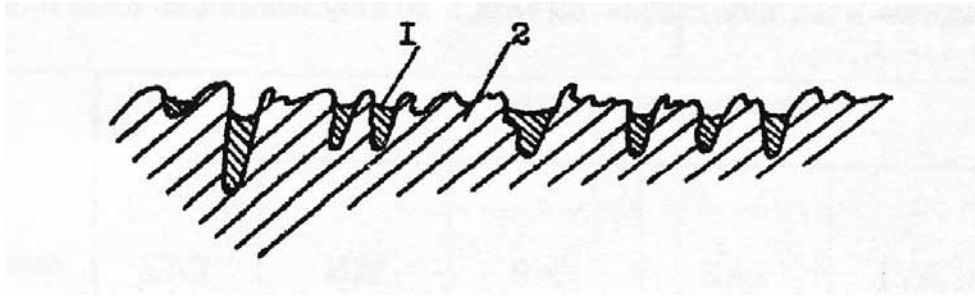


图 1 微孔和微裂缝中充满了氟碳表面活性剂

1：氟碳表面活性剂 2：金属表面部分

成膜的牢固程度是其它任何表面涂层无可比拟的。在机械设备更换润滑介质时，由**氟特加表面改性涂层材料**形成的保护膜不会随之流失。实验证明，在对汽车发动机润滑系统进行处理，车辆行驶 10 万公里后，润滑部位的保护膜完好无损。

二是对润滑油膜的保护功能（防漫流功能）。通常为了降低磨损和稳定摩擦条件，采用不同类别的润滑介质。由于润滑介质有表面漫流的情况，往往造成摩擦部位缺少润滑而导致磨损。实验表明，机械的磨损约有 2/3 发生在启动时的非完全流体润滑（干磨擦）过程中。为了消除上述现象，人们采用了各种手段，比如热处理法、低温法、物理方法、化学方法等等，但效果并不明显。**氟特加表面改性涂层材料**是采用物理化学方法对器件表面进行氟碳表面活性剂处理，靠化学吸附力固定的分子形成螺线状林穆尔组织，其轴线方向垂直于材料表面，从而很好的保持住润滑介质（图 4），较好地防止了润滑油的漫流，进而避免了干磨擦。我们只要将经**氟特加**处理过和未经其处理的固体表面淋上一层润滑油，就可见到，在未经处理（包括用其它处理剂处理的）表面的润滑油会迅速漫流，表面不再挂油；而经过**氟特加**处理过的表面，则始终挂着一层油珠。这是其它任何表面处理剂所不可能达到的。正是基于这种特殊功效，**氟特加**从根本上避免了干磨擦。

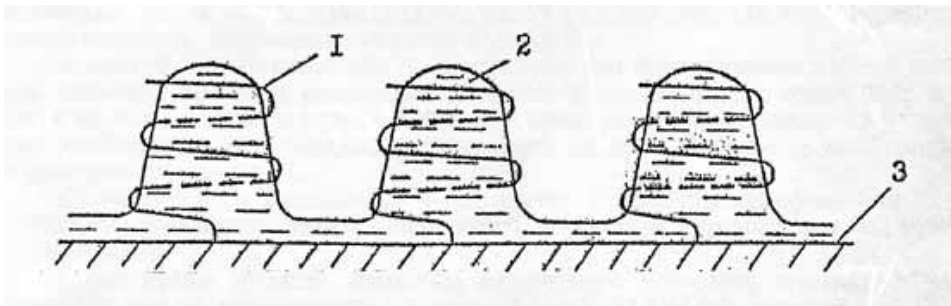


图 2 含氟表面活性剂分子包围润滑介质

1：含氟表面活性剂分子成螺线状 2：润滑介质 3：固体表面

三是成膜的自修补功能。**氟特加表面改性涂层材料**形成的分子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。由于固体表面磨擦的不均匀性，当某一部位过度磨擦导致磨损时，原来吸附在磨损物上的氟碳分子会随之流失一部分。新的受磨损部位会释放更多的自由电子，从而迅速将其它部位的氟碳分子迅速吸附过来一部分，形成新的均匀的分分子保护膜，完成了自动修复功能。在兵器集团六一





七厂将本产品与纳米材料进行的耐磨对比测试证明,在 40kg、30min、1450r/min条件下, [氟特加表面改性涂层材料](#)的耐磨效果远远高于纳米抗磨剂,充分体现了这种自修补功能的独特优势。

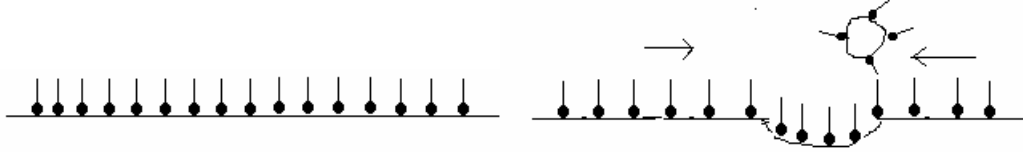


图 3 氟特加在金属表面形成定向分子膜

图 4 对磨损部位的分子膜自行修补

**四是对润滑系统的洗涤和清洁功能。**[氟特加表面改性涂层材料](#)有着极高的表面活性,在吸附于固体表面形成分子膜的同时,很容易地将粘附在活塞上的胶膜和黑色积碳洗涤下来,并分散在油中被过滤掉;同时,所形成的分子膜增加了机械系统的气密性,大大减少了窜油、窜气和机械的磨损,从根本上限制了发动机高温沉积物的生成和粘附。

#### 四、氟特加的主要性能特征

●急剧减小材料的表面能。可以使材料表面能减小到千分之一以下。对于金属,从 3000~5000 兆牛/米减小到 2~4 兆牛/米,以致大大降低摩擦系数,由此提高偶联零件的耐磨性。摩擦系数大约降低到百万分之一,而静摩擦力矩则比未处理表面减小到万分之一。

●卓越地防止润滑油顺着表面漫流的效果。经过氟特加处理过的材料表面,能够稳定的挂住润滑油,避免润滑剂的超临界转移(“干”摩擦);

●表面活性剂由于渗透性高而充满所有的气孔和微裂缝,驱除其中的气体,这样便避免了材料的起脆(氢脆);微气孔和微裂缝失去应力集中的可能性,因而,它们不再是潜在的破坏中心;

●防止表面受大气中潮气和腐蚀介质(海水,盐溶液等)作用;

●表面活性剂膜耐低温和高温(在-200 到+450 温度范围内,它不改变自己的使用性能,所以可在航天产品中使用),耐压(单位负荷达 3000 兆牛/毫米平方),耐化学药剂作用,耐辐射。

●最重要的优点之一就是,被处理表面的组织不发生变化,只有改性。被加工零件的几何尺寸实际上也保持不变——保护层厚度约为 4-8 纳米,这在[微电子机械系统\(MEMS\)](#)如微型马达、微型齿轮、微型开关等方面的使用[氟特加表面改性涂层材料](#)提供了极便利的条件。

#### 五、氟特加产品的使用工艺

在固体表面上进行[氟特加表面改性涂层材料](#)处理,一方面要求正确地选择[氟特加表面改性涂层材料](#)的品牌型号,另一方面要遵守涂敷保护层的技术工艺规范。要在固体表面上得到氟碳表面活性物质的保护层,可以采取如下工艺处理:

- 直接“热”处理;
- 直接“冷”处理;
- 间接通过使用介质处理。

每一种方法实际上都是按照相同的基本原理结合在一起的方法组:

-“热”处理:在溶剂沸腾时的温度条件下,由溶剂中的表面活性物质溶液组成的[氟特加表面改性涂层材料](#)被涂到物体表面上;

-“冷”处理:在温度低于溶剂沸腾时的温度时、以及在其它物理参数的影响下,借助溶剂的蒸发作用,保护层可以从[氟特加表面改性涂层材料](#)溶液中获得;





- 通过使用介质进行涂层的方法：在利用这种方法的情况下，[氟特加表面改性涂层材料](#)与乳胶、溶液、润滑油、润滑脂、削切冷却液等不同润滑介质暂时结合，然后再与表面结合成保护膜。

上述的所有方法各有特点，互不相同，但都包括下列技术工艺操作顺序：

- 被处理表面的准备工作；
- 干燥处理；
- 涂敷[氟特加表面改性涂层材料](#)保护层；
- 稳定热处理或者干燥；
- 质量检测。

### **被处理表面的准备工作**

对被处理表面的准备工作指的是清除表面上的所有脏物，例如密封物质、润滑油和油污、铁锈、氧化皮、溶剂和水分。为了表面的准备（解封和脱脂）利用各种不同的溶剂：丙酮、汽油、含氯的溶剂、氟氯烷和酒精等等。

在用[氟特加表面改性涂层材料](#)进行介质处理的情况下，物体表面不需要进行专门性的准备工作。

### **涂敷氟特加表面改性涂层材料保护层**

在用冷处理方法进行保护层涂层工作时，通过将该产品浸渍到物体表面，或者通过气溶胶的雾化，从而由溶液形成表面活性物质保护层。

在用热处理方法进行保护层涂层工作时，表面活性物质是在沸腾的溶液中获得。这一过程是在密封的装置内进行的，这一过程本身是最经济的，同时从所获得的效果来说，也是最有效的。在这一阶段的加热工作要通过下列方法来实现：电加温、载热体加温以及其它的类似方法。

在经过使用介质进行涂层处理的情况下，要通过使一定数量的、能够渗透入机械零件和设备以及工具表面的表面活性物质调和油（水溶液以及其它同类物质）进入工艺介质（润滑油、削切冷却液以及其它类似的介质），借助相互之间的化学吸附作用，使物体表面上的表面活性物质得以贴附，从而形成[氟特加表面改性涂层材料](#)的保护涂层。在材料表层经常发生某种毁坏或者某种损伤的接合部位的表面上，这一过程表现得更为积极。在机械设备运转的情况下，一小时之内，表面涂层即可形成，润滑介质还原，此时表面涂层所形成的效果显而易见（体现在温度、振动、噪音、电流量、动力等多方面）。

### **稳定热处理（干燥处理）**

通常在温度为九十至一百五十摄氏度的条件下、用热烘箱、电炉或者干燥装置等来进行稳定热处理。这一程序加深了表面活性物质保护层与被处理材料表面之间的相互吸附关系。同时，由于缺少足够大尺寸的烘干装置和热稳定性较低的材料，可以将大尺寸的产品或由聚合物和某些混合性材料制成的产品放在更低的温度下或者是室内温度下进行干燥处理。

### **氟特加表面改性涂层材料的耗量**

在进行表面材料的加工时，[氟特加表面改性涂层材料](#)的消耗量的大小取决于获取[氟特加表面改性涂层材料](#)的保护层的方法：

- 在用“热”处理方法进行表面处理时，每平方米需要六十克；
- 在用“冷”处理方法进行表面处理时，每平方米需要一百五十克；
- 在经过使用介质进行涂层处理的情况下，每一千克的工艺介质需要[氟特加表面改性涂层材料](#)五克。

### **安全措施**

[氟特加表面改性涂层材料](#)是无毒的（安全等级为四级），不具有爆炸性和具有防火安全性质的物





质。在用氟特加表面改性涂层材料进行作业时不要求采取特别的安全措施。当然在对被处理物体表面进行脱脂等清理过程中，应根据所使用清洗剂的情况采取相应安全措施。

## 六、氟特加产品系列

- 目录：
- 1 氟特加发动机改性处理剂
  - 2 氟特加变速箱、齿轮箱改性处理剂
  - 3 氟特加轴承改性处理剂
  - 4 氟特加液压系统改性处理剂
  - 5 氟特加加工工具改性处理剂
  - 6 氟特加模具改性处理剂
  - 7 氟特加橡胶密封圈改性处理剂
  - 8 氟特加“三防”(防腐、防油污、防水)处理剂
  - 9 氟特加膨化炸药分散剂
  - 10 氟特加氟碳多用途润滑脂

## 七、氟特加系列产品的应用

### 使用了氟特加表面改性涂层材料的领域

类别	具体应用项目	效果
机器和机械 摩擦的零件	侧滑和摇摆的轴承	工作时限增加到原来的二倍至十倍，摩擦阻力降低到原来的十分之一甚至十分之一以上
煤气行业	对组元主线导管电磁控制活门的锁闭元件的加工处理	将它的使用时限提高了一百倍
锻压设备	对锻压设备的阳模和阴膜的处理加工以及对起密封设备的处理	将工作时限提高到原来的两倍甚至更多倍
海洋船舶	KH - 4 压缩机	使用时限提高到原来的三倍
	OMH 螺旋泵	使用时限提高到原来的三倍
	液压马达	使用时限提高到原来的两倍
	锁闭设备	使用时限提高到原来的三倍
	ИРП-3012 型橡胶密封部件	使用时限提高到原来的十倍
柴油机的附件	舵面控制系统摩擦部件	使用时限提高到原来的五倍
	柴油机附件的燃料增压设备和注油设备	将泵的压力和喷射器压力之间的最大压力差减小八十到一百千克每平方厘米，同样地，这一措施也使燃料泵传动装置部件上的机械载荷所产生的压力降低了三十至四十千克每平方厘米，并将喷射压力提高了五十至六十千克每平方厘米，以使燃料的喷雾质量得以提高，并节约柴油达到三至五克每马力小时。



工艺设备	金属切削机床摩擦部件的加工处理	提高了工作机械的反馈放大和“软化”的精确度，也提高了设备的使用时限
	任何摩擦部件进行加工处理	能够保证增加其使用时限（检修间走行公里）达到原来的一点五至二倍
橡胶工业产品（PTI）	工业橡胶制品（密封垫）	工作寿命增加到 6~10 倍
	罩碗式等密封件	获得较高的稳定性，它们的耐磨性得到提高（到 10 倍），抗老化性能提高（到 3 倍）
	工业橡胶制品-金属，工业橡胶制品-聚合物，工业橡胶制品-陶瓷和工业橡胶制品-工业橡胶制品偶件	摩擦系数明显降低
金属切削工具	车刀	坚固性提高到了原来的 1.5 到 6 倍；（ $S10mm^3 - 0.09$ 克）
	铣刀	坚固性提高到了原来的 1.4 到 2 倍；（ $S10mm^3 - 0.09$ 克）
	重车钻头	坚固性提高到了原来 3 到 10 倍；（ $\varnothing 5mm^2 - 0.05$ 克。 $\varnothing 35mm^2 - 0.5$ 克。）
	丝锥	坚固性提高到了原来的 4 倍到 30 倍。（ $\varnothing 5mm^2 - 0.05$ 克。 $\varnothing 35mm^2 - 0.5$ 克。）
冲压工具	拉伸冲压工具（在取消表面铬化处理情况下）	坚固性提高到原来的二倍到四倍；
	冲裁模	坚固性提高到原来的二倍到八倍
压模	使橡胶产品得以固化的压模	工具的坚固性平均提高三倍，既避免了工具铬化处理，也避免了对硅铜润滑油的使用
	使塑料制品流出的压模	坚固性平均提高三倍，既避免了工具铬化处理，也对硅铜润滑油的使用得以避免或者降低了七至九成，既提高了表面的质量，也提高了相应产品的回收使用率，方便于将制品从工具上拆卸下来的过程
金属的磨光与抛光	砂轮	坚固性提高到一点五倍
聚合物、弹性材料、封口胶等的生产	设备和反应器	可以排除高分子化合物合成时的近壁催化效应，保证管道等内的液体接近层流工况；在与半制品质量提高的同时，主要产品的产量在许多情况下提高到 1.1~1.5 倍；设备的工作寿命大大提高。
炸药	膨化炸药	避免膨化炸药吸潮结块，增加爆破瞬间供氧，提高炸药爆破功效 1 倍以上。
防水	陶瓷短纤维	从根本上解决了陶瓷短纤维粘附
灭火	氟特加泡沫灭火剂	该泡沫剂具有更高性能，并且价格更为便宜。





当[氟特加表面改性涂层材料](#)广泛应用到航空航天、机械、设备、化工、金属和橡胶加工、车辆以及微电子机械系统（MEMS）等领域，使用者能立即体会到如下优越性：

• 在任何涉及耐磨减摩、抗粘着、耐腐蚀、防水防油污、增强密封、抗老化和其它相关特殊领域，[氟特加表面改性涂层材料](#)可以解决其它任何浅表涂层材料解决不了的问题

- 有效延长设备运转寿命
- 有效减少能耗
- 提高加工精度，提升机械加工产品档次
- 提高输出功率，使机械适应更加苛刻的负荷、温度、湿度等环境
- 有效降低机械磨擦部位的工作温度
- 有效清洁润滑系统，延长润滑油使用寿命
- 有效增强机械和基础润滑油防锈防蚀、抗氧化能力
- 显著减少维护停机时间、降低劳动强度和零配件费用
- 改善工作环境，促进环境保护
- 全面提高设备的生产力和生产效率，增强企业的盈利能力和市场竞争力

## 八、氟特加系列产品进入中国市场的现状和前景

多年以来，氟碳表面改性剂技术在国际上一直受各国的科研部门和技术专家所关注，受广大的需求方所瞩目，在国内尚无此概念。由于该技术受俄罗斯军方限禁，一些亟需此技术的企业和厂家无缘接触此产品和技术。即使是西方一些在技术和性能上远远落后于[氟特加表面改性涂层材料](#)的含氟表面活性剂产品，也因价格奇高而限制了在国内市场的应用。

[氟特加表面涂层新技术开发有限公司](#)在俄军方解禁氟碳表面活性剂技术的第一时间，购买了该技术的专利权，聘请了包括尼古拉·亚历山大诺维奇博士在内的三名俄罗斯化学、机械专家为公司技术顾问，由俄方专家和留俄归国博士直接组织生产和市场技术指导，已经形成规模生产能力，大大降低了生产成本，使这项全球领先技术落户中国，让国人用得着、用得起[氟特加表面改性涂层材料](#)。

目前，我公司在充分掌握了在俄罗斯应用的各种测试报告和应用案例的基础上，已完成了[氟特加表面改性涂层材料](#)产品在解放军总装备部油料中试中心的四球测试和军用战车使用论证；在解放军三三〇三厂的加工工具、模具实用检测；在荆门化工厂运用于膨化炸药、陶瓷短纤维的应用试验；在军用野战车辆的实用试验。正着手与总装备部材料中心、东风汽车公司发动机研发中心在东风公司联合进行发动机台架测试、实车测试；在成都刀具研究所进行刀具、模具浅表涂层测试；在武钢进行大型鼓风机轴承应用测试。并与二汽科研部门制定了解决汽车O形圈、喷油嘴表面处理这一国内难题的实施方案。

表面涂层技术是应市场需求发展起来的，该技术的应用可使机械加工工具和机械产品获得更加优良的综合机械性能，从而大幅度提高机械加工效率、加工工具使用寿命，进而满足现代机械加工高效率、高精度、高可靠性要求，成为现代机械加工的关键技术之一。表面涂层技术与材料、加工工艺并称为现代机械制造的三大关键技术。在我国机械制造领域，由于在基础材料与加工工艺方面与发达国家存在着较大差距，[氟特加表面改性涂层材料](#)表面涂层技术的重要作用显得愈加突出。

我们深信，随着国内科研和应用领域对[氟特加表面改性涂层材料](#)的深入了解，我们将在广大科技专家和应用单位的指导和支持下，会更广泛地发现和拓展[氟特加表面改性涂层材料](#)的应用领





域,使[氟特加表面改性涂层材料](#)在我国的机械加工和应用领域、化工领域、精密制造行业、航空航天、军事工业等领域发挥更加的重要作用。

在[氟特加表面改性涂层材料](#)的应用方面,如果您有什么问题,或有什么难题需要解决,请与我们联系。让我们共同思考、共同解决问题,以发挥[氟特加表面改性涂层材料](#)的各种潜能。这是[氟特加](#)不变的信念。







## 氟碳表面活性剂试验情况分析总结（2003年10月17日）

### 一、试验准备情况

试验使用润滑油：5W/40 半合成油

钢球浅表涂层处理过程：将钢球用 120 号溶剂油浸泡 10 分钟，取出后凉干，再用丙酮擦拭；将钢球在保温烘箱中加热至 60℃后投入沸腾的 05 中（05 的沸点为 43.7℃），钢球在保温状态下处理 30 分钟，取出烘干待用。

### 二、试验数据统计

介 质	试 验 条 件	WSD 值	备 注
5W/40	普通钢球, 40KG, 30 min	0.415	试验参照标准为 GB/T3142； 试验均在 1450r/min、常温条件下测定；第三项试验试验样本在试验前 5 分钟制备，并保持搅拌状态
	普通钢球, 114KG, 10s	0.485	
	普通钢球, 121KG, 10 s	0.560	
5W/40	处理过钢球, 40KG, 30 min	0.385	
	处理过钢球, 114KG, 10s	0.455	
	处理过钢球, 121KG, 10s	0.490	
5W/40+0.65%20MCK	处理过钢球, 128KG, 10s	0.570	
	普通钢球, 40KG, 30 min	0.395	
	普通钢球, 114KG, 10s	0.450	
	普通钢球, 121KG, 10 s	0.480	
	普通钢球, 128KG, 10s	0.490	
	普通钢球, 135KG, 10 s	1.550	

### 三、试验结果分析

- 1.两种方法处理均对抗磨减摩性能有所提高；
- 2.对钢球进行处理表现出的耐磨性比在润滑油中直接添加要好，在润滑油中直接添加表现出的抗重负荷性却比前者好，俄专家怀疑我们对钢球处理的不到位；
- 3.在显微镜下观察，钢球经处理后表面明显发暗，仔细观察有膜的存在，且试验中可以看出，其具有防漫流的特点。

国营 617 厂 理化试验检测中心

