



PASSION • INNOVATION • PERFORMANCE

环境和安全标准驱动着全球汽车行业的发展，质保期限延长和生产成本降低也促使汽车使用寿命不断延长。消费者希望在不损失性能的前提下，降低保养频率，拥有更舒适的驾驶体验，并提高燃料经济性。

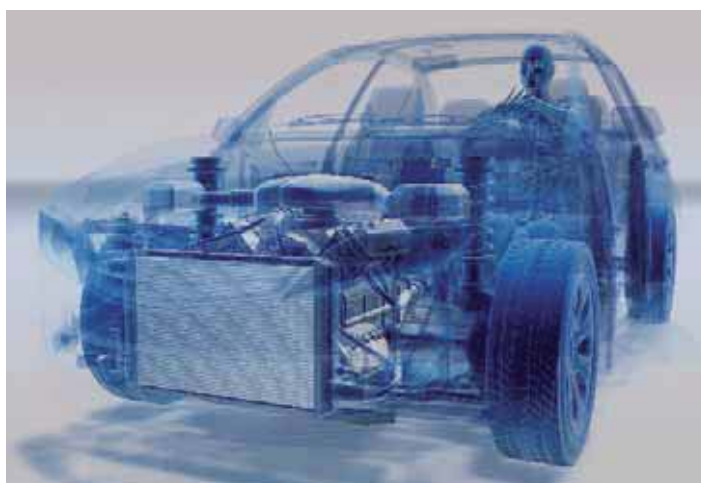
出于减少二氧化碳排放的考虑，减轻汽车重量成为当务之急，零部件的小型化和功能整合化从而成为汽车工业努力的前沿方向。相关的法令法规，严格的规定公差以及不断上涨的整体成本，都促使OEM制造商寻求新的材料，能够在提高性能的同时减轻重量并降低成本。

寻求重量轻、强度高和流动性优异的耐高温材料制造体积更小、性能更可靠的零部件的需求与日俱增。高性能热塑性材料制造的薄壁零部件即可满足这种需求。此外，通过注塑成型方式，将复杂的金属零部件整合为单个热塑性组件还可以降低产品整体成本。

行业标准规定，视不同应用，制造汽车零部件的材料如今至少要能工作在150°C甚至更高的温度，而几年之前，这一温度范围仅为100°C-120°C。例如，OEM制造商正在积极寻找一种用于汽车转向柱下端，能够工作在高达180°C和用于涡轮增压部件内部，能够工作在高达220°C高温的材料。鉴于这些要求以及汽车行业的其它诉求，金属或传统塑料恐怕很难适应这种苛刻的工作环境，即使是轻型合金，其机械强度在200°C左右也会出现下降。

威格斯公司旗下的威格斯聚合物解决方案事业部生产包括VICTREX® PEEK®聚合材料等多种聚芳醚酮材料。这些高性能热塑性材料能在150°C以上的高温环境中保持稳定的机械性能，可以满足汽车行业的最新需求。近期的一项研究表明，VICTREX PEEK聚合材料经过5000小时的使用，依然可以保持原有的刚性、拉伸强度和冲击强度；而PPA和尼龙4.6等传统材料在相同条件下的性能下降高达50%。

Victrex热塑性聚合材料的熔融温度在343°C至387°C之间，玻璃化转变温度在143°C至162°C之间，可适应最为苛刻的环境。



### 汽车行业要求

- 更长的使用寿命
- 能在暂时失去润滑的情况下正常工作
- 能够耐受更高的工作温度
- 更高的能效
- 更轻的系统重量
- 减少维护保养，从而降低成本、延长工作时间
- 更低的噪音

### 威格斯的解决方案

- 完美结合出众的疲劳强度和出色的延展性
- 在广泛的温度范围内均能保持优秀的机械性能
- 对车用工作液具有卓越的耐化学腐蚀性
- 良好的耐老化特性
- 良好的耐磨损性能
- 摩擦系数低
- 低吸湿
- 可实现与金属相当的热膨胀系数
- 低比重
- 易于加工

汽车行业

# 卓越的性能……

## 高机械强度

凭借其半结晶结构，VICTREX PEEK 聚合物材料可在高于其玻璃化温度的工作环境中很好地保持其机械性能。

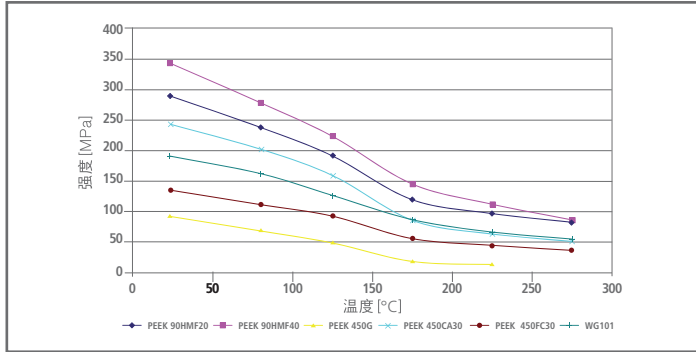


图1：拉伸强度

## 动态拉伸疲劳性能

威格斯最近推出的新型高模量碳纤维填充复合材料，不仅易于加工，而且机械性能卓越，其抗疲劳性能与现有碳纤维填充牌号的高强度PEEK材料相比有了显著提升。

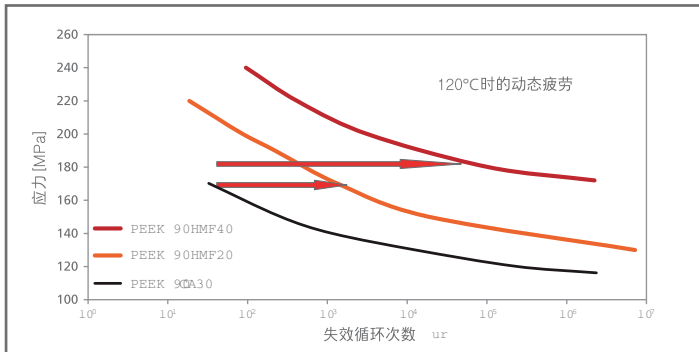


图2：相比标准碳纤维填充牌号，PEEK 90HMF20和PEEK 90HMF40材料在120°C时的动态拉伸疲劳性能均有显著提升。

## 压缩强度

由于大多数汽车应用也需要在压力负载下工作，威格斯可提供压缩强度的相关数据，为客户提供鼎力支持。

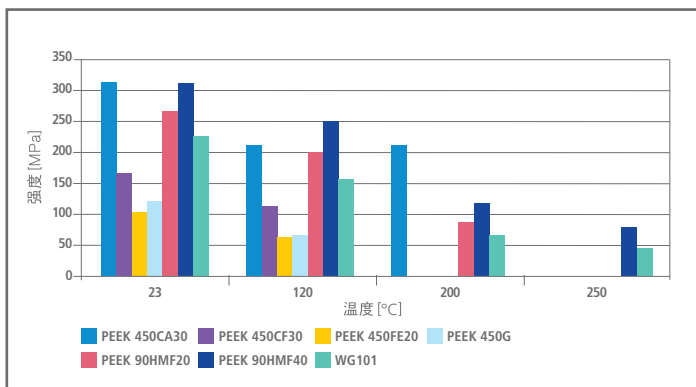


图3：压缩强度

## 热膨胀

VICTREX PEEK 聚合物材料添加的填充物可以降低材料的热膨胀系数(CTE)，达到与金属相当的水平。因此，当使用聚合物部件直接取代金属部件时，完全不会因为膨胀系数不同而产生风险。

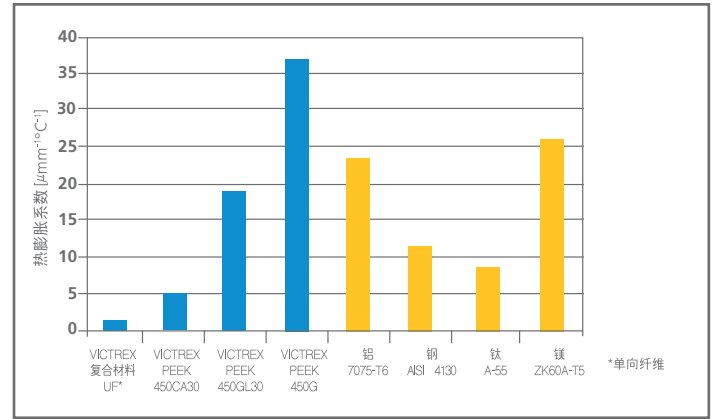


图4：PEEK聚合物材料和其它常见材料的线性膨胀系数对比。

## 公差

注塑成型零部件的公差通常在规定尺寸的0.05%以内。越来越多的高精度注塑商可将公差控制在0.02%以内。

## 比强度

和金属相比，VICTREX PEEK 聚合物材料拉伸强度高、密度低。采用玻璃纤维或碳纤维进行增强可令聚合材料的强度重量比达到或超过常见轻质材料。

采用 VICTREX PEEK 聚合物材料基质的连续纤维增强复合材料的强度和刚性甚至超过部分金属材料的强度和刚性。

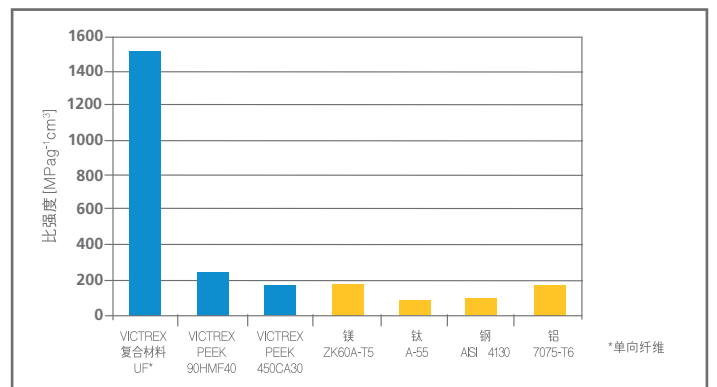


图5：基于VICTREX PEEK聚合物材料和其它材料的比强度对比。

# 卓越的性能……

## 长期性能

VICTREX PEEK 聚合材料等高性能热塑性材料凭借出色的特性，助其使用在汽车应用领域，并凭其独特优势带来长期效益。由于汽车零部件的瘦身和减重要求已经刻不容缓，此类材料的应用正变得越发重要和有益。

PPS等先进材料已接近其自身强度极限，但其尺寸稳定性依然广受青睐；高温尼龙材料拥有被认可的抗应力性能，但有时存在尺寸稳定性问题；PEI等无定形材料拥有出色的抗应力性能和尺寸稳定性，但极易受到化学侵蚀。

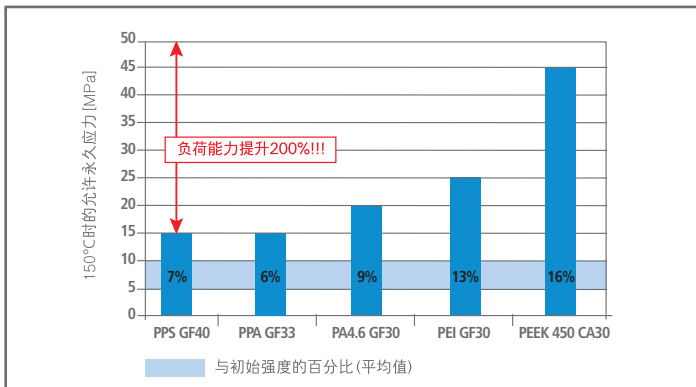


图6：150°C时的允许永久应力

## 结构强度

考虑用塑料代替金属制造零部件时，PEEK 90HMF40可提供目前为止最低的单位体积重量比。

相比金属，这种材料能够大幅减轻重量。PEEK 90HMF40在重量和型材厚度方面的表现均超过了标准铝合金，和三元合金黄铜材料相比，体积尺寸几乎可以做到完全相同。PEEK 90HMF40替代金属部件可减轻高达80%的重量。

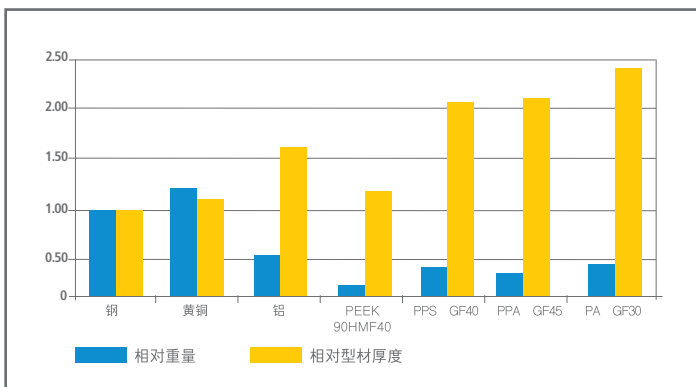


图7：120°C时结构强度相同的样条

## 结构刚度

当结构刚度比强度重要时，PEEK 90HMF40能具有迄今为止最低的重量体积比。和金属相比能显著减轻重量。VICTREX HMF系列材料的特性和铝类似，而较低的密度能够显著降低重量。

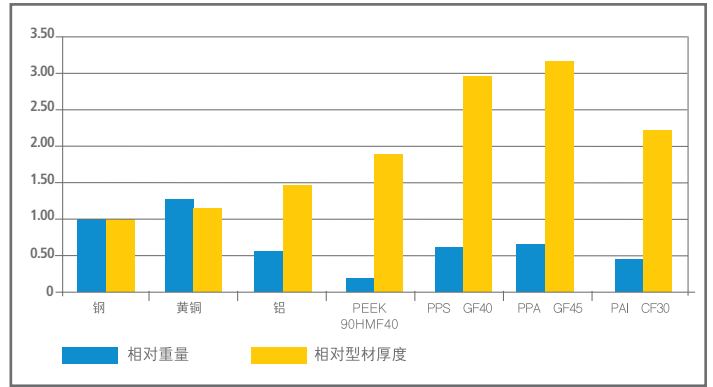


图8：在120°C时结构刚度相同的样条

当处于高于120°C的温度时，这种材料的尺寸稳定性和长期抗应力性能优于其它材料。

## 蠕变

蠕变是指样品在恒定应力长期作用下发生的变形。VICTREX PEEK 作为一种热塑性工程塑料拥有出色的抗蠕变性，可在整个使用期间承受较大的应力，而不会随使用时间导致明显的变形。

下表显示了 PEEK 450G 和 450CA30 的蠕变行为与应力、时间及温度的关系。

对于非填充聚合物而言，形成可精确测量的应变 (> 0.5%)，需要很高的应力、时间和温度。蠕变模量可使用这些数据计算，并且用于表征抵抗蠕变变形特性。由 VICTREX PEEK 不同牌号材料制成的高性能部件的蠕变应变和时间的关系如下所示。

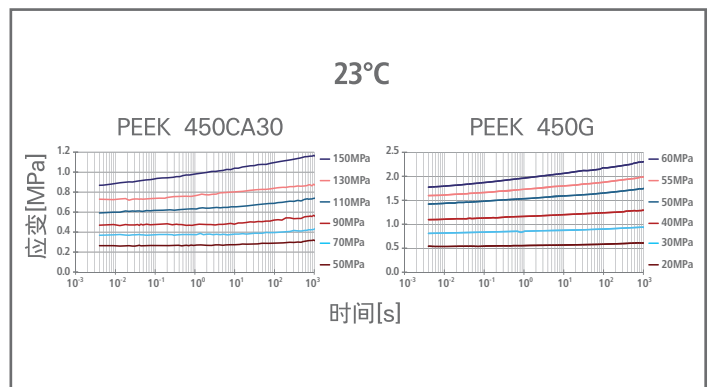


图9：拉伸应变和时间的关系

# 卓越的性能……

在室温下，填充和未填充PEEK均表现出优异的耐蠕变性。当温度超过玻璃化转变温度(T<sub>g</sub>)时，只有增强型PEEK适用于结构型应用。PEEK的表观模量在很多情况下都高于其它耐高温热塑性材料的拉伸/弯曲模量。

## 摩擦

摩擦是指接触面在载荷下做相对运动时的交互作用。如果用显微镜观察材料表面，看似光洁的表面其实都凹凸不平。两种材料发生接触并相对移动时，凸起部分就会发生碰撞。凸起部分顶端削除即为磨损，由此产生的运动阻力即为摩擦力。VICTREX PEEK 以及由其制成的复合材料凭借在高压、高速工况下出色的耐磨性能，被广泛用于制造耐摩擦部件。材料的摩擦和磨损特性可使用若干不同几何测试方法中的一种加以评估。

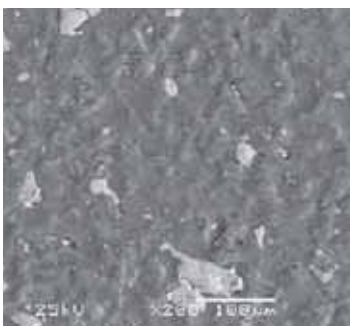
本手册提供的数据均在无润滑条件下根据 ASTM D 3702 标准规定的测试方法，用注塑成型推力垫圈测试获得。

## 针对耐磨应用的优点

- 热塑性加工，无需二次加工
- 可制造更加精密、小巧的部件
- 兼容车用工作液
- 潮湿环境下无膨胀
- 无需后续热处理(褪火)
- 符合RoHS与GADSL标准
- 高压压缩强度
- 提供不含PTFE成份牌号
- 延长使用寿命、提高性能
- 延长轴承对润滑不良条件的耐受时间

威格斯最新推出的 VICTREX® WG™ 系列聚合材料的摩擦系数不仅低于威格斯推出的其它耐磨牌号，也低于PAI和PI等热固性材料。

磨损前样品表面的扫描式电子显微镜(SEM)图像



磨损后样品表面的扫描式电子显微镜(SEM)图像

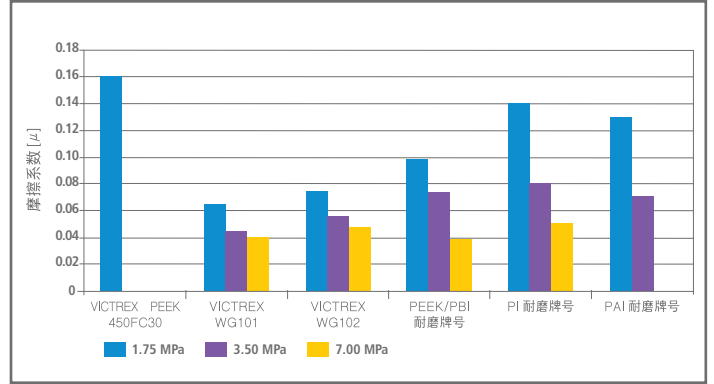
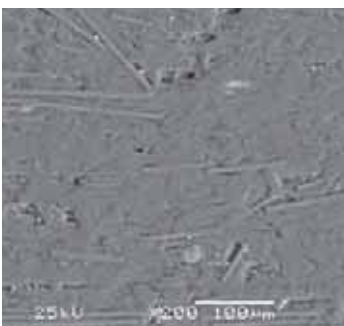


图10：推力垫圈测试法在1m/s测试速率下获得的各种威格斯材料和其它高性能聚合材料的摩擦系数对比

如图10所示，耐磨系统的摩擦系数取决于配合面的材料种类、表面粗糙度，以及特定的速度、压力条件。图11所示的特定磨损率是设计中需要考量的另一大要素。

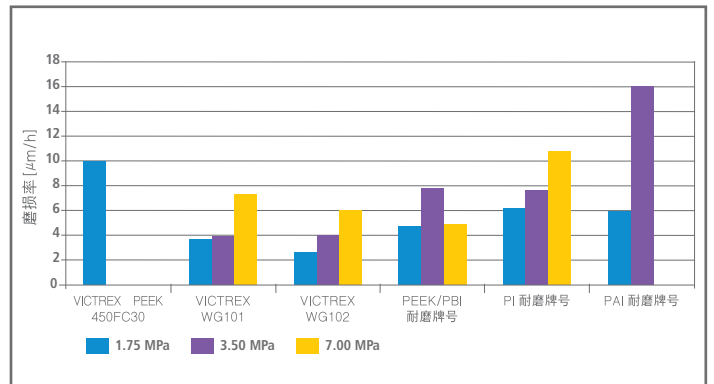


图11：推力垫圈测试法在1m/s测试速率下获得的各种威格斯材料和其它高性能聚合材料的磨损率对比

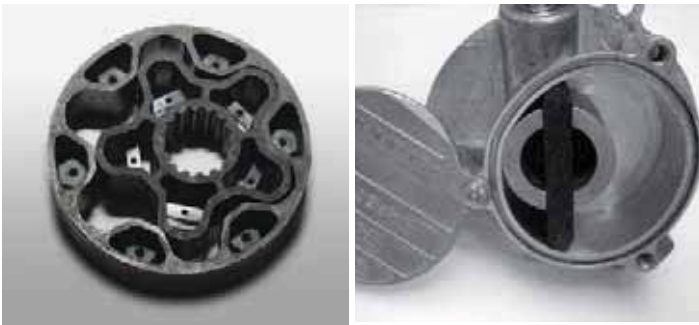
在这些特定条件下，VICTREX WG 聚合材料是其中性能最佳的耐磨牌号材料。很多应用所需的轴承都需要大批量生产，因此生产速度和成本至关重要。威格斯的聚合材料是少数可通过注塑成型成品部件而无需后续热处理的高性能耐磨材料。尽管PV值对比较耐磨性能有指导性作用，但是这一数值并非绝对可靠，因为每次实验的条件无法保证完全相同。

## 泵

威格斯材料用于叶片泵、齿轮油泵和离心泵时具有以下优点：

- 转动惯性小
- 间隙小
- 效率高
- 成本与金属相当
- 节省空间
- 使用寿命长
- 浸泡在液体中不会膨胀

➔ 减少二氧化碳排放 - 延长使用寿命



## 密封圈和支撑环

取代金属和PTFE密封圈，VICTREX PEEK 聚合材料制成的密封圈和支撑环已经在汽车应用中使用很多年。这种材料具有以下优点：

- 高断裂伸长率
- 优异的压缩强度
- 高抗蠕变性
- 低吸湿
- 浸泡在液体中不会膨胀
- 满足严格公差要求
- 低热膨胀系数

➔ 无需维护 - 延长使用寿命



## 液压阀

在液压阀中，碳纤维增强型 VICTREX PEEK 聚合材料用于取代锥形阀和球阀中的钢质阀芯。因其具有以下优点：

- 耐蠕变性
- 减轻重量
- 密封性更好
- 耐磨损
- 良好的抗动态疲劳特性
- 满足严格公差要求

➔ 减少噪音 - 改善响应特性



## 齿轮

齿轮需要同时承受各种负载，因此必须满足一系列复杂的要求。齿轮正常运作需要具有良好的摩擦性能、机械性能、耐腐蚀性、耐久性、耐高温性以及尺寸精度。

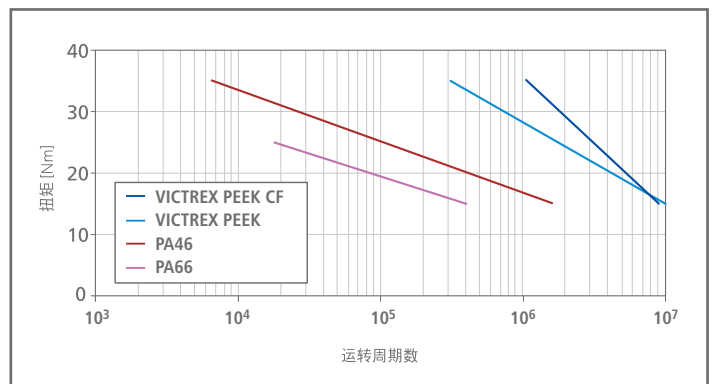


图12：在有润滑条件下，120°C时的齿轮性能对比

从上图可以看出，VICTREX PEEK 齿轮的耐久性远高于其它聚合材料制成的齿轮。这意味着 VICTREX PEEK 齿轮及附属组件可在不影响使用寿命的前提下进一步缩小尺寸，减轻重量和降低成本。



齿轮应用中采用VICTREX材料的优势包括：

- 高温下出色的机械强度
- 在120 °C以上的高温环境中拥有卓越的抗动态疲劳性
- 高强度和高刚性
- 吸湿性低，确保尺寸一致性，提高尺寸稳定性
- 提高设计灵活性
- 加工便利性 - 齿轮可以高精度注塑成型。

VICTREX PEEK 材料制成的齿轮常用于电动驻车制动器，和传统驻车制动器相比，不仅重量显著降低，同时为汽车内部的中控部分留出了更多设计空间。

## 推力垫圈

VICTREX PEEK 材料制成的推力垫圈具有以下优点：

- 摩擦系数低，可减少轴承的摩擦生热
- VICTREX PEEK 能承受冲击载荷
- 无需维护
- 可通过注塑成型进行大批量生产

### → 提高系统效率



## 轴承保持架

VICTREX PEEK 材料制成的轴承保持架具有以下优点：

- 能耗降低
- 可承受冲击载荷和高离心力
- 延长轴承对润滑不良条件的耐受时间
- 噪音低

### → 延长轴承使用寿命

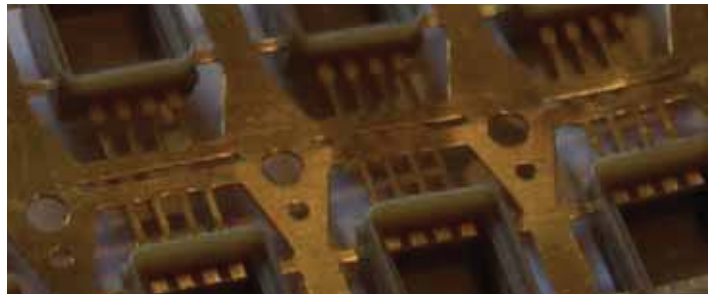


VICTREX PEEK 聚合物在汽车应用中的优势包括：在高工作温度和高转速下保持优异的抗老化、抗蠕变性能。

## 电子产品

随着混合动力和电动汽车的出现，对连接器和传感器等电子元件的要求已经完全改变。柔性印刷电路板以及线缆护套等新的应用领域均可受益于 VICTREX PEEK 材料的众多优点。

- 热变形温度(HDT)大于300°C
- 面对无铅焊接系统更高的加工温度，依然可以保持强度和尺寸稳定性
- 在250-280°C的回流焊条件下，经过5-10秒的多次循环，不会变形
- 冲击强度和熔接线强度均显著高于液晶聚合材料(LCP)
- 刚性高，蠕变水平极低
- 在室温和高温环境中，不同频率范围的介电常数和损耗因子都很低
- 符合RoHS标准
- 阻燃性能 - 部分牌号的 VICTREX PEEK 聚合物可在最小厚度0.5mm 情况下达到 UL 94 V0 等级标准



## 高温和苛刻环境应用的相关数据

汽车行业越来越苛刻的应用领域不仅要求材料能够抵抗腐蚀性强的车用工作液，而且必须耐受接近很多高科技塑料熔点的极端高温。为满足这些需求，威格斯聚合物解决方案事业部为用于以下环境中的 VICTREX 产品提供适应性数据：

- AdBlue®(车用尿素溶液)
- 自动变速箱油
- 生物汽油
- 生物柴油
- 合成燃料

可提供的数据：

- 高温蠕变数据
- 150°C的环境中，使用5,000小时的材料特性
- 300°C环境中(持续12周)的老化状况
- 低温数据(最低可达-196°C)

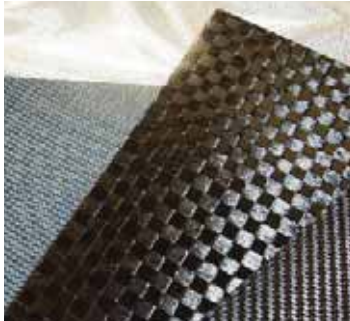
世界各地的法规均要求汽车制造商(OEM制造商)报告车辆的组成材料。如果您希望获得材料的特定ID，请联系 [imds@victrex.com](mailto:imds@victrex.com)。

本公司产品使用的物质均符合REACH和GADSL标准。

## 复合材料为汽车轻质化带来机会

除了用于注塑或挤出成型的标准 VICTREX PEEK 牌号，VICTREX PEEK 聚合物还可用作碳纤、玻纤或者芳纶等连续纤维制成的热塑性预浸复合材料的基体。出色的性能令其成为高温动态载荷苛刻应用中替代金属及热固性复合材料结构的理想材料。VICTREX PEEK 复合材料可用于：

- 编织带
- 层压织物
- 快干织物
- 长纤维絮片
- 长纤维粒子
- 多轴织物
- 丝束
- 单向胶带
- 单向薄片



碳纤维布



单向胶带

## APTIV® 薄膜

APTIV薄膜目前是市场上最具综合性能的高性能热塑性薄膜之一。这种薄膜是威格斯的独家产品，厚度从6到750微米不等，宽度最高可达1,450毫米。有多种牌号可供选择，满足不同的应用需求。

APTIV薄膜适用多种类型的二次加工流程，包括热成型、无粘合剂层压、热密封、激光焊接和金属化等。APTIV薄膜可用于多种汽车应用，包括电机耐磨垫圈、垫片、标签、RFID标签、高频电路板基板、压力传感器隔膜、马达或交流发电机的电气绝缘材料乃至高性能扬声器锥盆。

### 苛刻环境中的RFID标签



### 层压印刷电路板



## VICOTE® 分散液涂料

基于威格斯聚合材料的VICOTE涂料，不仅摩擦系数低，而且拥有良好的耐磨性、耐刮性、耐磨损性、耐高温性和耐化学腐蚀性。喷涂于金属表面的极薄(约为25-50微米)涂层，集上述 VICTREX PEEK 聚合物重要性能于一身。VICOTE 为非溶剂型涂料，是挥发性有机化合物(VOC)含量最低的市售涂料之一。VICOTE 绝大多数牌号符合FDA、GADSL和RoHS标准。

VICOTE涂料具有以下优点：

- 优异的耐磨耗性，非常坚硬、强韧、耐刮伤
- 出色的耐磨、耐蠕变和耐刺穿性能
- 在高温下极为耐用
- 摩擦系数低
- 优异的延展性

Vicote是市场上性能最好的热塑性涂料之一。这种涂料对因压力引起的蠕变和流动具有极强的抵抗力，这些关键因素有助于确保汽车应用延长使用寿命、提高工作效率。



高性能无铅轴套

照片来自KS Gleitlager公司



滚针轴承

## 结束语

威格斯公司的材料在汽车工业应用增长势头良好。工程设计人员可以利用材料独特的综合性能和加工便利性实现其目标。与金属零部件相比，威格斯材料制成的零部件制造成本低，还因为这些零件无需进行切削等二次加工，且可减少所需零部件数量，从而降低系统的整体成本。

此外，使用VICTREX聚芳醚酮材料可减轻汽车重量，提高燃料效率，同时降低二氧化碳排放、减低噪音、震动和提高舒适性，而且热塑性材料可完全回收，符合汽车行业的另一项重要诉求。利用威格斯材料，汽车零部件供应商和制造商可以满足这一重要行业及其消费者不断增长的需求。威格斯聚合物解决方案事业部的专业团队凭借30余年的行业经验，竭力协助客户确定材料和工艺方面的需求，以解决其面临的难题。

威格斯聚合物事业部(Victrex Polymer Solutions)是领先全球高性能材料市场的创新型制造商, 其产品包括 VICTREX® PEEK 聚合物、VICOTE® 涂料和 APTIV® 薄膜。这些材料具有独特的综合性能, 可广泛应用于不同的市场领域, 有助于加工厂商和终端用户实现更低成本、更高质量及更优性能的目标。我们的生产工厂设在英国, 销售和分销中心为全球30多个国家提供服务; 我们在全球市场开发、销售和技术支持服务为客户的产品加工、设计和应用开发提供了有利的协助。如果需要任何帮助, 请联系我们!

## VICTREX PEEK材料物性表

测试内容	测试条件	测试方法	单位	VICTREX® 450FE20	VICTREX® 450G	VICTREX® 450FC30	VICTREX® WG101	VICTREX® 450CA30	VICTREX® 90HMF40						
一般物性															
密度	结晶	ISO 1183	gcm <sup>-3</sup>	1.40	1.30	1.45	1.44	1.40	1.45						
	无定型	ISO 1183								1.26					
吸水 (3.2mm 厚测试样条)	24h, 23°C	ISO 62-1	%		0.07		0.04	0.04	0.03						
	23°C, 平衡吸水									0.40	0.3	0.3			
机械性能															
拉伸强度	断裂, 23°C	ISO 527	MPa	78	100	140	180	260	330						
	断裂, 130°C									50	95	125	160	230	
	断裂, 225°C									13	45	65	50	85	
拉伸伸长	断裂, 23°C	ISO 527	%	25	45	2.2	1.9	1.7	1.2						
弯曲强度	23°C	ISO 178	MPa	125	165	230	280	380	480						
弯曲模量	23°C	ISO 178	GPa	3.2	4.1	11.5	17	23	37						
Izod 冲击强度	0.25 mm 有缺口, 23°C	ISO 180/A	kJm <sup>-2</sup>	7.5	7.5	6.0	5.5	9.8	10.5						
	无缺口, 23°C	ISO 180/U								不断裂	40	35	45	60	
热性能															
熔点		ISO 11357	°C	343	343	343	343	343	343						
玻璃化转变温度 (Tg)		ISO 11357	°C	143	143	143	143	143	143						
比热容	23°C	DSC	kJkg <sup>-1</sup> °C		2.2	1.8		1.8	1.8						
热膨胀系数	流动方向 Tg 以下	ISO 11359	ppm °C	40	45	15	9	5	3						
	平均值 Tg 以下									60	55	45	35	40	35
	流动方向 Tg 以上									120	120	20	10	6	1
	平均值 Tg 以上									140	140	115	90	100	80
热变形温度	1.8 MPa	ISO 75A-f	°C		152	315	343	336	349						
导热系数	23°C	ISO/CD 22007-4	Wm <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup>		0.29	0.87	1.30	0.95							
连续使用温度	电气指标	UL 746B	°C		260										
	无冲击机械指标				240	240		240							
	有冲击机械指标				180	180		200							
防火、发烟和毒性															
阻燃等级		UL94	n/a			V-0 @1.5 mm	V-0 @0.75 mm		V-0 @0.5 mm						
极限氧指数	0.4 mm 厚	ISO 4289	%O <sub>2</sub>		25	35	43								
	3.2 mm 厚														
电气性能															
介电强度	2.5 mm 厚	IEC 60243-1	kVmm <sup>-1</sup>	21	16										
	50µm 厚									190					
正切损耗	23°C, 1MHz	IEC 60250	n/a	0.004	0.003										
介电常数	50Hz, 0-150°C	IEC 60250	n/a	2.8	3.2										
	50Hz, 200°C	IEC 60250			4.5										
体积电阻率	23°C	IEC 60093/ASTM D4496	10 <sup>16</sup> Ωcm		10 <sup>16</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>						

### 全球总部

Victrex plc  
Hillhouse International  
Thornton Cleveleys  
Lancashire FY5 4QD  
United Kingdom  
电话: + (44) 1253 897700  
传真: + (44) 1253 897701  
电子邮件: victrexplc@victrex.com

### 美洲

Victrex USA Inc  
300 Conshohocken  
State Road Suite 120  
West Conshohocken,  
PA 19428 USA  
电话: + (1) 800-VICTREX  
电话: + (1) 484-342-6001  
传真: + (1) 484-342-6002  
电子邮件: americas@victrex.com

### 欧洲

Victrex Europa GmbH  
Langgasse 16 65719  
Hofheim/Ts. Germany  
电话: + (49) 6192 96490  
传真: + (49) 6192 964948  
电子邮件: eurossales@victrex.com

### 亚太地区

Victrex Japan Inc  
Japan Technology Center  
Mita Kokusai Building Annex, 4-28,  
Mita 1-chome, Minato-ku, Tokyo  
108-0073 Japan  
电话: + 81 (0)3 5427 4650  
传真: + 81 (0)3 5427 4651  
电子邮件: japansales@victrex.com

### 亚太地区

威格斯高性能材料贸易(上海)有限公司  
中国上海莘庄工业区颛兴路  
1688号G-B座  
邮编201108  
电话: + (86) 21-6113 6900  
传真: + (86) 21-6113 6901  
电子邮件: scsales@victrex.com

英国威格斯公司(Victrex Plc)相信此处包含的信息对产品的典型特性和/或用用途做了精确描述, 但在每个特定应用中彻底测试产品, 以确定每个终端使用产品、设备或者其它应用的性能、效率和安全性是客户的责任。使用建议不应作为侵犯任何特殊专利的动机。此处所含的信息和数据基于我们认为可靠的信息。本文件中提及的产品不确保可购买性。为持续产品开发计划, 威格斯公司将保留改进产品、规格和/或包装的权利。VICTREX®、VICOTE®和APTIV®是英国威格斯公司的注册商标。PEEK-ESD™、HT™、ST™和WG™均为英国威格斯公司的商标。

威格斯公司不保证、明确或暗示, 包括但不限于, 保证适合特殊用途或者知识产权不受侵犯, 包括但不限于专利不受侵犯。此为明确或暗示、实际或法律上的明确免责声明, 威格斯公司不对您的客户或者代理商作出承诺, 而且未授权任何人作任何说明或担保。除非另有规定, 威格斯公司不对任何一般、间接、特殊、后果、惩罚、偶发或相似的损害承担赔偿责任, 包括但不限于因业务受损、利润损失或储蓄流失而造成的损害, 即使威格斯公司曾以某种形式获知可能造成上述损害。

