

超高分子量聚乙烯(UHMW-PE)的性能与应用

安阳超高工业技术有限责任公司

地 址:河南·安阳高新技术产业开发区

咨询电话:(0372)2966711 邮编:455000

超高分子量聚乙烯(UHMWPE)的性能及用途

通常的HDPE树脂的分子量一般都小于30万。随着分子量的升高,特别是分子量超过150万之后,便显示出其特别优越机械性能。因此,通常都是把粘均分子量大于150万的聚乙烯称为超高分子量聚乙烯(UHMWPE)。由于UHMWPE的原料丰富易得,产品价格较低,性能优异,因而受到人们的关注,并得到广泛应用。

一、超高分子量聚乙烯的特性

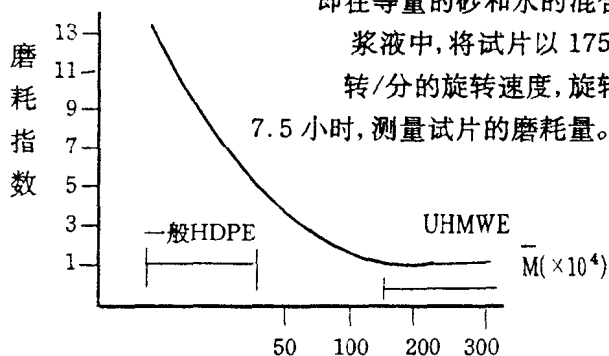
UHMWPE是一种性能优异的工程塑料。具有非常优异的综合性能。如极高的耐磨、抗冲击性能,很低的摩擦系数,良好的自润滑性能,优良的耐低温、耐化学腐蚀等。

1、极高耐磨性

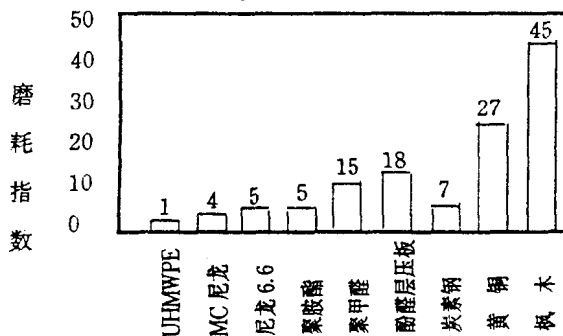
UHMWPE最引人注目的一个性能是它具有极高耐磨性,这一性能在许多工程应用中都是十分宝贵的。在目前所有塑料中,其耐磨性是最好的,就连许多金属材料(如碳钢、不锈钢、青铜等)的耐磨性也不如它。随着UHMWPE的分子量的升高,这种材料就越耐磨(见图一)。UHMWPE与其他材料的磨耗指数的比较(见图二)。

注:测量耐磨性是按砂磨法。

即在等量的砂和水的混合浆液中,将试片以1750转/分的旋转速度,旋转7.5小时,测量试片的磨耗量。



图一:UHMWPE的分子量与砂磨磨耗指数关系

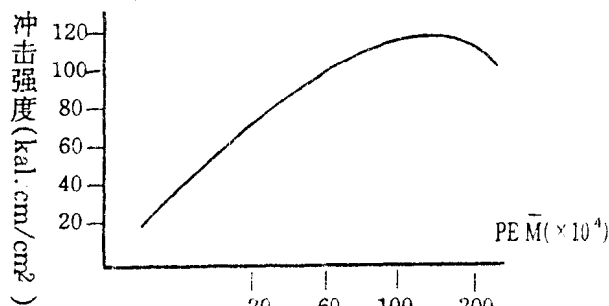


图二:UHMWPE与各种材料的砂磨磨耗指数的比较

注:以UHMWPE的磨耗为1,同其它材料磨耗相比较称为磨耗指数。

2、极高的抗冲击性能

UHMWPE的极高抗冲击性能,又是它宝贵性能之一。它的抗冲击强度和它的分子量有关(见图三),分子量低于200万时,随分子量增大,冲击强度增高,在200万左右达到一峰值,过此峰后,分子量再升高,冲击强度反而会下降。这是由于分子链非常长时,妨碍了它的结晶作用,使在大分子中存在大的无定形区,因而可以吸收较大的冲击能量。然而当分子量超过200万时,分子链的缠结和巨大的分子间力使分子滑动能力下降,在承受突然负荷时,分子变形和伸长能力很差,这时材料断裂是由于主链断链所引起的。



图三:UHMWPE的 $\bar{M}$ 和冲击强度的关系

根据文献资料,UHMWPE和几种其他塑料按ASTM-D256方法测定的冲击强度值(kg.cm/cm²)如表一。

表一:UHMWPE与某些工程塑料的抗冲击性能比较

性能	单位	试验方法	UHMWPE	PA6.6	POM	PC	PTFE	ABS
IZOD冲击强度(缺口)	23℃	kg. ASTM	没破坏	6-11	8-13	71-95	15	16-44
	-40℃	cm ² D256	110-115	1-3	2	11-18	2-3	-

从上表可见,UHMWPE的常温抗冲击性能可与以耐冲击著称的聚碳酸酯媲美,优于常用的工程塑

料。从上表亦可知, UHMWPE 即使在 -40°C 低温下, 仍有很高的抗冲击性能, 甚至在液氮 (-269°C) 温度下, 仍然能保持较好的耐冲击性能。这种优异的低温特性, 使 UHMWPE 的应用扩展到低温工程领域。

3、很低的摩擦系数

UHMWPE 非常耐磨, 而且摩擦系数低, 自润滑性良好, 是一种理想的轴承、轴套、滑块、衬里材料。选用 UHMWPE 作为设备的摩擦部件, 除可提高耐磨寿命外, 还可收到节能效果。

根据文献资料, UHMWPE 与低碳钢的摩擦系数见表二。UHMWPE 与其他几种工程塑料的动态摩擦系数见表三。

表二: UHMWPE 与低碳钢的摩擦系数

材 料	静 态	动 态
低碳钢—低碳钢	0.30—0.40	0.25—0.35
低碳钢—UHMWPE	0.15—0.20	0.12—0.20
UHMWPE—UHMWPE	0.20—0.30	0.20—0.30

表三: UHMWPE 和其他几种工程塑料在不同条件下的动态摩擦系数

条 件 材 料	无 润 滑	水 润 滑	油 润 滑
UHMWPE	0.10—0.22	0.05—0.10	0.05—0.08
PTFE	0.04—0.25	0.04—0.08	0.04—0.05
POM	0.15—0.35	0.10—0.20	0.05—0.10
尼龙/MOS	0.12—0.20	0.12—0.12	0.08—0.10
尼龙6.6	0.15—0.40	0.14—0.19	0.02—0.11

从表二、表三可以看出 UHMWPE 摩擦系数比碳钢低; 在工程塑料中, 优于尼龙 6.6、聚甲醛, 与 PTFE 接近。

4、良好的耐化学腐蚀性

UHMWPE 具有良好的耐化学腐蚀特性, 除浓硝酸、浓硫酸外, 它在所有的碱液、酸液中都不会受到腐蚀。并且可以在温度 80°C 的浓盐酸中应用; 在 20% 的硝酸, 75% 的硫酸中是稳定的, 它对海水、液体洗涤剂也很稳定(见表四)。

表四: UHMWPE 的耐化学性能

	化学试剂品种	20℃	50℃	80℃
烃 类	汽 油	+	+	0
	柴 油	+	+	0
其他化合物	洗涤剂水溶液	+	+	+
	盐 水	+	+	+
无 机 酸	磷 酸	+	+	+
	硝酸(浓)	0	-	-
	硝酸(20%)	+	+	+
	盐酸(浓)	+	+	+
	硫酸(50%)	+	+	+
水 溶 液	氯化钠	+	+	+
	氯化锌	+	+	+

注: 实验时间 30 天。+: 稳定; 0: 比较稳定(抗拉强度减少在 20% 以内); -: 不稳定(抗拉强度减少超过 20%)。

但是, UHMWPE 在芳香烃或卤代烃化合物中(特别是在温度较高的状况下)极易溶胀, 因此, 应用时要特别注意。

5、很低吸水性

UHMWPE 吸水率很低(见表五), 它几乎是不吸水, 在水中不膨胀, 比尼龙的吸水性小得多。

表五: UHMWPE 与一些材料吸水率的比较

材料	UHMWPE	PA66	PC	POM	ABS	PTFE
吸水率 %	<0.01	1.5	0.15	0.25	0.2~0.45	<0.01

6、热学性能

按 ASTM(负荷 $4.6\text{Kg}/\text{cm}^2$) 方法的测定, 热变形温度为 85°C , 在较小的负荷下, 使用温度可达 90°C , 在特殊情况下, 允许在更高的温度下使用。由于 UHMWPE 是一种韧性极好的材料, 因而它的耐低温性能也非常优异, 在 -269°C 低温下, 它仍具有一定的延展性, 而没有脆裂迹象。

但是, UHMWPE 的线膨胀系数较大($\sim 2 \times 10^{-4}$), 导热性很差, 所以在设计制品时, 要给予充分注意。

7、电性能

UHMWPE 在很宽的温度范围内, 都具有优良的电性能, 它的体积电阻达 $10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$, 击穿电

压达 50KV/mm,介电常数为 2.3。在较宽的温度及频率范围内,它的电性能变化极小。在耐热温度范围内,很适宜用作电气工程的结构材料。

8、无毒性

UHMWPE 无味、无毒、无臭,本身无腐蚀性,具有生理惰性和生理适应性。美国食品与药品管理局(FDA)和美国农业部(USDA)允许它用于与食品和药品接触的场所。

前面已经谈过 UHMWPE 具有许多优异的性能,特别是耐磨、抗冲击、自润滑性能,在常用的工程塑料中都是最好的,这些都是我们选择应用此材料时应先考虑的。但是,它还存在一些不足之处,如表面硬度较低,使用温度不高,膨胀系数大,在油介质中尺寸的不稳定性,容易产生静电等。为克服上述缺点,我们可以用填充或交联改性的方法,提高它的某些性能,以满足不同用途的需求。

二、UHMWPE 的用途

UHMWPE 这种性能优良的热塑性,工程塑料在发展早期,主要是应用在纺织、造纸、食品等工业部门。随着加工技术不断进步,可以用不同加工方法生产各种各样制品,因而应用领域不断扩展。目前,除上述应用外,在矿山机械、建筑机械、交通运输机械、料仓衬里以及原子能等尖端技术领域也都获得重要应用。

国外, UHMWPE 在各领域已经得到广泛应用(见表六)。

表六: 国外 UHMWPE 在各领域的应用比例(1990 年)

应用范围	日本	西欧	全世界
机械/食品传输工业	41%	32%	31%
衬里系统	18%	18%	18%
电池隔板	3%	10%	22%
造纸工业	10%	12%	7%
运动/雪橇底板	6%	15%	5%
纺织工业	2%	5%	5%
膜	10%	1%	1%
化学工业	3%	6%	4%
其他	7%	6%	7%

UHMWPE 在各领域应用的具体例子如下:

1、纺织工业

在纺织工业上,可用于皮结及梭子,以及其它受力较大的零件,如清棉机盖板、手柄、闸带、滚轮、打梭棒、联结器、扫花杆、缓冲块、偏心块、轴杆套、摆动后梁。

纺织机上的皮结及梭子要求具有很高的耐冲击负荷和耐磨性,它要求经受住 40—180 次/分的日以继夜的冲击。在未用 UHMWPE 以前,一直用水牛皮制作皮结,其寿命一个月。选用了 UHMWPE 以后, UHMWPE 皮结比水牛皮皮结寿命提高 5—6 倍。

2、造纸工业

工业发达的国家, UHMWPE 材料已经广泛应用于造纸机械的零部件。如选纸机的吸水箱面板、成型板、刮水板、刮浆刀片、毛布吸水箱面板等。尤其 UHMWPE 板材作为吸水箱面板在国内外都已得到广泛应用,并在实际应用中取得满意效果。UHMWPE 材料制造吸水箱面板具有较低摩擦系数、极高耐磨性和优异的滑动性能,使造纸机的聚酯成型网级造纸毛布的使用寿命大大地延长,成型网的拖动负荷降低,减少了动力消耗,而其极高耐磨性,大大延长了吸水箱面板的使用寿命。这种材料在造纸机上的应用,具有如下几个明显的优点:(1)提高了纸网和毛布的使用寿命。使用 UHMWPE 材料后,成型网的平均使用寿命从 10.8 天提高到 17.6 天,相当于提高 63%;(2)明显降低造纸机能耗。平均降低率为 20—30%,特殊情况下,可降低 50%;(3)减少了换网而停机次数和维修。由于 UHMWPE 材料制造的吸水箱面板、成型板和其他零部件都很耐磨,因而具有较长的使用寿命,从而减少机器维修及因停机而造成的损失。

另一应用实例:国外在造纸工业的削木机的传输装置——拉木机上安装了用 UHMWPE 材料制造的防磨条,保护了链条输送机的底板和链条。结果是使用了五年基本没有磨损。如果不用 UHMWPE 防磨条,链子很快就会被磨损。该装置的链子长 300 英尺,每英尺链子价格为 15 美元,链子损坏还要六个劳动力换链停机一天,经济损失很大。

3、食品工业

由于 UHMWPE 的耐磨性,抗冲击性和低摩擦系数用于食品饮料装瓶自动包装流水线上的零部件,比金属或其他工程塑料更适宜。主要用作星形

轮、输送瓶子的计时螺杆、轴承、导向辊、导轨、滑块座、齿轮、链轮、托辊等,可以减少瓶子的输送时破裂,降低噪音、节省动力、提高工效、在北京北冰洋食品厂及华都啤酒厂的自动灌装线上使用,效果非常满意。

在国外,饮料包装生产线上计时星形轮,原来是用层压热固性塑料,在运转中很容易被磨损,使用效果不好,以后改用 UHMWPE 材料,取得满意结果,每条生产线每年可节约 3000 美元;在装瓶线和传送装置上用作导轨和计时螺杆,代替了原来的磷青铜和氟塑料,耐用性提高了好几倍。

4. 陶瓷工业

UHMWPE 材料已广泛应用于陶瓷工业的滚压头和滤泥板代替 PTFE 和金属材料。如用 UHMWPE 材料代替 PTFE 做陶瓷工业的滚压头,对于相同体积的滚压头,其价格只是后者 1/6,而使用寿命提高了 3—5 倍,并且由于 UHMWPE 耐磨耐用,维修次数少,每月可节约维修时间 6 小时,相当提高生产效率 10% 左右。多年来,已经在唐山白玉瓷厂、锦州陶瓷厂、广州潮州华侨瓷厂应用,都取得满意结果。

5. 料仓、溜槽衬里

在贮仓、料箱、料斗或其他容器的散装物料以及这些物料在溜槽、漏斗、输送溜槽和相类似设备的贮存和运输过程,通常由于物料结块、架桥或冻结而受阻,解决这些问题耗资费时。国外解决这些问题具有多年经验,采用 UHMWPE 材料衬里是解决这些问题的最合形式。因为用 UHMWPE 材料衬里具有如下优点:(1)高耐磨和极低摩擦系数,防止物料架桥时流动受阻;(2)极低吸水性。它不被水所润湿,不受物料湿度的影响。因此,物料不会粘在衬里壁上,或特别露天作业,也不会因温度太低造成湿的物料和容器的壁冻结在一起;(3)符合卫生标准。UHMWPE 为无臭、无味、无毒的材料,因此,允许它用于食品和药品接触的场所。由于 UHMWPE 材料具有上述优点,因此,用这种材料衬里,有效地避免散装物料在料仓、溜槽和漏斗中流动受阻,可以稳定、连续流动。尤其是细小的散装物料颗粒在贮存、输送时,采用 UHMWPE 材料衬里就更加经济和有效,因为细小的散装物料颗粒通常是随着细度和水份的增加而结块和“架桥”现象也越趋严重。

未衬里料仓,最后造成只有贮仓中心部分的物

料流动的现象出现(见图四)。严重时,将会发生料仓严重的堵塞。

衬里的具体应用例子:

(1)氧化铁矿贮斗衬里

衬里材料:厚度为 1/4"的

UHMWPE 板材

介 质:氧化铁

颗粒度:80% 小于 30 目

20% 细粉小于 100 目

产量:13000 吨/天

应用结果:使用一年后,没发现磨损、粘结和“架桥”现象。

(2)烧结厂的矿石贮仓

衬里材料:厚度为 1/4"的 UHMWPE 板材

介质:矿石

颗粒度 0—1";水份:4—7%

应用结果:使用一年后,板材磨损 0.039" (约 1mm),没有发生粘结或滞留现象。

(3)煤加工过程溜槽

衬里材料:厚度为 1/4"的 UHMWPE 板材

介质:原烟煤

颗粒度:0—1/4"—0—1/2"

灰份:25%;硫:4%

产量:600 吨/天

应用结果:使用两年后,没发现磨损、粘结、滞留或“架桥”现象。

(4)煤的输送料仓

衬里材料:厚度为 1/4"的 UHMWPE 板材

介质:带有煤灰和煤浆的煤炭

颗粒度:0—1/4"

产量:3000 吨/天

应用结果:使用五年后,没发现明显磨损

(5)湿的硫酸钙溜槽

衬里材料:厚度为 1/4"的 UHMWPE 板材

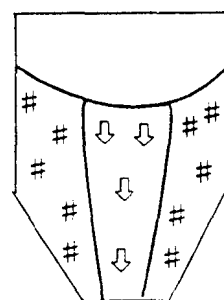
介质:湿的硫酸钙

颗粒度:泥浆状

应用结果:该溜槽位于运输带下面,通过该溜槽喂料,把硫酸钙进一步加工。衬里使用一年后,没发现明显磨损,也没发生粘结、滞留现象。

(6)船仓车箱的衬里

一般的散装船的船仓内衬上 UHMWPE 板材后,平均卸货时间由原来的 16—20 小时减少到 8 小时,节省卸货时间和节约费用。汽车的货斗的衬里,



图四:未衬里料仓物料流动状况

也可以大大提高卸货的速度。

6、一般机械、化工机械

在一般机械中, UHMWPE 材料特别适用于易被磨损, 冲击强度高以及和强烈腐蚀介质直接接触的零部件。如泵的叶轮、滑板、防磨板、铁链导轨、密封垫、轴套、齿轮、链条张紧器、皮带托辊; 在化工机械上, 用于制造离心泵、蝶阀、阀门、板框过滤机、喷嘴、密封填料等。在化肥工业上, 有一种硫酸注射喷嘴, 原来是用聚丙烯材料, 改用 UHMWPE 之后, 寿命提高五倍。

7、农业机械和建筑机械

利用 UHMWPE 的自润滑性、不粘性, 在日本和欧洲广泛用于农业机械和推土机的推土板、汽车翻斗衬里。这样可使其不与泥土、泥浆等粘连, 以此节约能耗, 提高作业效率。

8、其他

(1) UHMWPE 可烧结成具有不同微孔的过滤器材, 广泛用于食品工业(如: 酒、饮料等)和气体过滤, 使气体和液——固分离, 净化液体和固体。

(2) 可作医疗卫生的人工骨关节。全世界已有几十万人接受了 UHMWPE 骨关节植置, 十年间的总磨损量仅为 1.5mm, 其耐磨性和安全性远比聚四氟乙烯材料优越得多。

(3) 电气工程。由于 UHMWPE 具有很高的绝缘性能, 在允许使用温度范围内, 都可以代替 PTFE 在电气工程上应用。

(4) 砧板。皮革工业如制鞋的冲床砧板和食品工业切肉的砧板。

(5) 低温技术

它的低温性能也非常优异。因此, 它很适合于超低温下应用。在欧洲, 核研究中心用 UHMWPE 制作密封圈、衬垫、活塞环等已成功地在液氮温度下应用。

(6) 高强度高模量纤维

目前日本三井油化公司、荷兰 DSM 公司、美国的联合化学公司都先后研制出 UHMWPE 纤维, 并

已小批量生产; 国内的中国纺织科学研究院和中国纺织大学研制 UHMWPE 纤维的小试都已取得成功, 并已开始进行中试。据 DSM 公司宣称, 这种纤维的强度为钢的 10 倍, 为碳纤维和芳纶纤维的两倍。其抗张强度 $150-350\text{kg/mm}^2$; 抗强模量为 $8000-10000\text{kg/mm}^2$, 在国防和民用方面都有广阔用途。如制造防弹衣、飞机的安全带、海运、渔业用的绳索等。

测试报告

1、样品名称: GM III N、GM III K

2、送检单位: 安阳超高工业技术有限责任公司

3、测试数据

性能	单位	GM III N	GM III K	测试标准
密度	g/cm^3	0.94	1.10	GB1033-70
简支梁缺口冲击强度	KJ/M^2	115	135	GB1043-79
拉伸屈服强度	MPa	18.2	20.3	GB1049-79
弯曲强度	MPa	33.6	30.4	GB1042-79
弯曲模量	MPa	900	710	GB1042-79
压缩强度	MPa	36.5	33.3	GB1041-79
热变形温度 0.46MPa	$^{\circ}\text{C}$	102	81	GB1634-79
表面电阻率 ρ_s	Ω	$\geq 10^{14}$	$\leq 10^7$	GB1410-78
吸水率	%	0.01	0.01	GB1034-70
耐磨性	与 A3 钢比	高 3—5 倍	高 2—3 倍	国内外通用

耐磨性测定: 采用砂水磨耗方法 砂: 水 = 1:1 (体积比)

石英砂 8-20 目, 线速度 5 米/秒, 以各自磨损量的百分比相比作为耐磨性标准。

测试单位: 清华大学化工系高分子研究所

1997.6

耐磨损机理完全不同的二种新型冲蚀材料

Two Kinds of New Type High - abrasive Material with Quiet

Different Abrasion Resistant Mechanisms

上海电力学院 王政雄 (上海 200900)

【摘要】对耐磨损机理完全不同的二种新型冲蚀材料氧化铝精细陶瓷、超高分子量聚乙烯与火电厂耐磨管道金属材料一起进行了煤粉喷射磨损对比试验, 结果证实它们的耐冲蚀性能相当优越, 是极有开发应用前途的新型工程材料。

【关键词】 冲蚀 磨损 硬度 粘弹性

在国内火电厂耐磨管道中所采用的耐冲蚀磨损材料是耐磨铸钢, 又称稀土合金。因此煤粉管道输送系统以及水力输送灰渣管道系统都很笨重, 价格也较昂贵, 弯头被磨损而造成泄漏的现象常有发生, 影响了火电厂的文明生产和安全经济运行。为了开发更可靠、更经济的耐磨管道输送系统, 经筛选后, 选取了氧化铝精细陶瓷、超高分子量聚乙烯(英文缩写 UHMW - PE) 与火电厂耐磨管道金属材料一起进行常温条件下煤粉喷射磨损对比试验, 以便确定这二种新型耐冲蚀磨损材料是否可以开发成为火电厂中抗冲蚀磨损新一代的内衬材料。

1 实验装置与试验条件

喷射磨损试验又称喷砂型冲蚀试验是在浙江大学材料系的射流式冲蚀装置上进行的, 试验磨料为 70 至 80 目的干燥煤粉, 试验温度为室温, 煤粉对样品的冲蚀速度为 90m/s 左右, 冲蚀角分别为 30°、60°、90°, 每个数据为三个试验数据的平均值。试验失重数据用精度为十万分之一的岛津电子天平测定, 磨损率的单位是 mg/g, 其物理意义为单位重量的磨粒(煤粉)所磨损的样品重量。

2 试验样品的主要性能

2.1 氧化铝精细陶瓷样品的主要性能

氧化铝精细陶瓷主要性能见表 1。

2.2 超高分子量聚乙烯样品的主要性能

高密度聚乙烯随分子量的增大, 其耐磨性不断改进, 当分子量达到 200 万时的高密度聚乙烯称作特高分子量聚乙烯, 耐磨性有明显改进, 分子量大于 300 万时最耐磨, 此时的高密度聚乙烯才称作超高分子量聚乙烯。从耐磨角度出发选用我国最新的研究成果分子量大于 500 万的超高分子量聚乙烯作为样品来进行试验研究。

表 1 氧化铝陶瓷材料性能

测 试 项 目	92氧化铝 陶瓷	95氧化铝 陶瓷	99氧化铝 陶瓷
Al ₂ O ₃ 含量(%)	92.3	95	99
体积密度(g/cm ³)	3.62	3.65~3.75	3.82~3.85
抗弯强度(MPa)	212	280~300	300~350
冲击韧性(kJ/m ²)	10.22	8.12	7.27
硬度(HRA)	84~85	85	86~88
弹性模量(GPa)	304	350	380
膨胀系数(10 ⁻⁶ /℃)	6.6	6.2	7.6
耐水性(沸水)(24h)	稳定	稳定	稳定

2.2.1 物理与机械性能

密度	0.935~0.940g/cm ³
拉伸断裂强度	30~45MPa
断裂伸长率	300%~350%
洛氏硬度	40

2.2.2 热性能

热变形温度	85℃
熔点	136℃
热膨胀系数	1.5×10 ⁻⁴

2.2.3 化学稳定性

化学稳定性很高, 在一定温度和浓度范围内能耐各种腐蚀性介质(酸、碱、盐)及有机溶剂的作用, 但在强氧化性酸溶液中不稳定, 随着温度升高, 氧化作用越显著。

2.2.4 耐低温性

高密度聚乙烯的分子量超过 50 万时, 它的脆

化温度将下降至 -140°C 以下。而超高分子量聚乙烯甚至可在液氮或液氦下使用,其使用温度可达 -269°C 以下,仍有一定机械强度。

2.2.5 摩擦系数

几种材料的摩擦系数见表2

表2 几种材料的摩擦系数

材 料	UHMW-PE	聚四氟乙烯	尼龙66	ABS	橡皮-固体
摩擦系数	0.07-0.11	0.04-0.1	0.37	0.38	1-4
材 料	钢-钢	玻璃-玻璃	玻璃-金属	冰-冰	
摩擦系数	0.58	0.9-1	0.5-0.7	0.05-0.15	

正因为超高分子量聚乙烯摩擦系数低,因此具有自润滑性这一特性。

2.2.6 冲击强度

超高分子量聚乙烯冲击强度为 $80\sim 150\text{KJ}/\text{m}^2$,冲击强度高是UHMW-PE突出的特性,因为它是韧性极高的高分子合物。

3 冲蚀磨损试验结果与分析讨论

3.1 冲蚀磨损试验结果

冲蚀磨损试验数据见表3。

表3 冲蚀磨损试验结果

测 试 项 目	冲 蚀 角		
	30°	60°	90°
A3钢	0.153	0.138	0.113
稀土合金(耐磨铸钢)	0.113	0.117	0.113
92% Al_2O_3 陶瓷	0.072	0.096	0.103
95% Al_2O_3 陶瓷	0.051	0.078	0.214
99% Al_2O_3 陶瓷	0.036	0.057	0.185
UHMW-PE 干态	0.063	0.136	0.196
UHMW-PE 湿态	0.049	0.114	0.151

3.2 分析讨论

3.2.1 当粒子冲蚀角为 30° 时,试验结果表明超高分子量聚乙烯和所试验的不同组分氧化铝精细陶瓷的磨损率都远小于A3钢和耐磨铸钢,其中超高分子量聚乙烯的磨损率小于 Al_2O_3 含量为92%的精细陶瓷磨损率,接近甚至小于 Al_2O_3 含量为95%的精细陶瓷的磨损率,而一般的聚合材料没有一种达到精细陶瓷或耐磨铸钢的耐磨水平。

超高分子量聚乙烯与硬度很高的 Al_2O_3 精细陶瓷、耐磨铸钢一样具有优良的耐冲蚀磨损性能,

但耐磨损的机理是十分不同的,后者是靠其硬度来抵抗磨损,而前者是靠粘弹性来缓冲磨损。具体分析如下:

对喷射磨损,当粒子冲蚀角为零时,属纯滑动喷射,以磨粒磨损为主,相当于松散的颗粒在滑动摩擦负荷作用下所引起的一种磨损。随着喷射角的增大,则磨粒磨损占的比重会减少;表面疲劳磨损的比重相应增加,最后当粒子冲蚀角为 90° ,即完全直射喷射时,表面疲劳磨损才占主导地位。因此当冲蚀角较小时,冲蚀磨损以磨粒磨损为主。

(1) 由于UHMW-PE摩擦系数很小,相当于摩擦系数很低的聚四氟乙烯的数值,因此材料表面所受摩擦力很小,材料表面应力显著下降,这将大大减轻磨损。

(2) UHMW-PE有很高的断裂强度,断裂伸长率与韧性,它在拉伸断裂前所吸收的能量 ΔW (机械能密度)就较大, ΔW 相当于应力应变曲线下方的面积,近似估计为:

$$\Delta W = \frac{1}{2}(\sigma_r + \sigma_u)\epsilon$$

式中 σ_r ——屈服强度;

σ_u ——为断裂强度;

ϵ ——为断裂伸长率。

从美国加州大学 Berkeley 分校的 Finnie 等实验中,可知冲蚀磨损率反比于机械能密度 ΔW ,因此超高分子量聚乙烯的 ΔW 数值较大,它的冲蚀磨损率就小耐磨性就好。

(3) UHMW-PE 是分子量极高的高分子聚合物,是一种典型的粘弹性材料。它是由很多缠绕在一起的柔性长分子组成的物质,当受到拉伸的外力作用时,一方面分子链可以拉伸,另一方面将会产生分子与分子之间链段的滑移,当外力除去后拉伸的分子链要恢复原位,返回外力所作的功,即所谓的弹性。分子链段间的滑移不能完全恢复原位,在无限长的时间里,从理论上讲链段应该恢复原位,但实际上出现了永久变形,这就是粘弹性,这一部分力作的功不能返回,它以热能形式散发出来,好象流体通过粘性(内摩擦)而耗散能量一样。粘弹性材料UHMW-PE在受到外力冲蚀变形时,将一部分机械能变成热能,可起到减轻冲蚀磨损的作用,从而使它的磨损率减少,耐磨性有所提高。

3.2.2 从试验结果可知UHMW-PE的冲蚀磨损率湿态比干态小一些,这是因湿态使得样品表面受到一定程度的润滑与冷却,从而使表面受力与散

热状况得到改善。

3.2.3 当粒子冲蚀角为 60° 时,超高分子量聚乙烯的磨损率上升较快,与其它耐磨材料相比,没有优势。当粒子冲蚀角为 90° ,其磨损率更差,耐磨性比不上稀土合金等耐磨金属和普通A3钢。这是因为超高分子量聚乙烯硬度不高,怕切削,因此当粒子冲蚀角增大时,尽管它的韧性很高,但磨损量仍有增大趋向。再则从磨损机理上看,当冲蚀角增大,磨损不再是以滑动摩擦负荷作用下的磨粒磨损为主,因此它的摩擦系数小的特性不再对减少摩擦力、增强耐磨性有更多的贡献,这也促使它的磨损量有增大的趋向。

3.2.4 从试验数据可见,对所有的 Al_2O_3 精细陶瓷试片,当粒子冲蚀攻角从 30° 、 60° 、 90° 依次增大时,它们的磨损率也依次增大,在 90° 处为最大,完全符合脆性材料在冲蚀磨损中的磨损规律,这是因为当粒子冲蚀攻角为 90° 时磨损机理以疲劳磨损为主,材料韧性很重要,韧性好的材料磨损率就低,而氧化铝陶瓷是脆性材料,韧性差,因此它的磨损率就高。当粒子冲蚀攻角小于或等于 60° 时,本试验中所列不同成份的氧化铝精细陶瓷对冲蚀磨损的耐磨性比耐磨铸钢、A3钢好得多,如上所述,因氧化铝陶瓷是一种硬而脆的材料,故不要在冲蚀攻角大于 60° 情况下使用氧化铝精细陶瓷。

4 结论与应用展望

超高分子量聚乙烯与氧化铝精细陶瓷都是卓越的抗冲蚀磨损的新型材料,它们的耐冲蚀磨损机理是截然不同的,后者象通常材料那样靠硬度来抵抗磨损,而前者主要是靠粘弹性来缓冲磨损。

联邦德国的哈比希先生指出,不同意磨损仅是材料的固有性质的传统观点,而认为它是一种系统性质。一种材料在整个系统情况下是耐磨材料,当情况变化了,在另一个系统情况下就不是耐磨材料。材料耐磨性不是绝对的、固定不变的,而是相对的,有条件的。

UHMW-PE是卓越的耐磨材料,也是有条件的,由于试验在常温下进行,它的热变形温度是

$85^\circ C$,因此很明显它的工作温度一定要小于 $80^\circ C$,不适宜高温状态。由于硬度不高,因此不适宜切削类磨损。从试验结果来看,粒子冲蚀攻角达到 60° 以上也不适宜,为此建议粒子冲蚀攻角以小于 30° 为好。本试验进行的冲蚀属于喷砂式冲蚀,即冲蚀介质是气体(空气)加固体粒子(煤粉)。可以推断,对冲蚀介质是液体(水)加固体粒子(煤粉或煤灰)的泥浆冲蚀来说,超高分子量聚乙烯也将具有良好的耐磨性,由于水的冷却、润滑作用等因素,它的耐磨性将能得到更好的发挥。作为水力输送灰渣管道新一代内衬材料前景良好。此外,它比重小,价格相对便宜,从经济上来讲也是很诱人的,由于轻,安装检修也将带来十分方便。

氧化铝精细陶瓷具有优越的耐高温性、耐磨性、耐腐蚀性、高硬度等特点,在国外火电系统中已开始应用,我国从国外引进火电技术装置的南通华能电厂、山东省邹县发电厂、河北省上安发电厂的煤粉管道弯头内衬、磨煤机内衬和炉子喷嘴都使用了耐冲蚀磨损的氧化铝精细陶瓷,运行7、8年以来情况令人十分满意,福州华能电厂扩建的新机组也准备采用美国诺顿公司的耐磨氧化铝精细陶瓷材料。上海闵行电厂制粉系统易磨损部位、烟道弯头以及水膜除尘器腐蚀部位都贴了耐磨防腐陶瓷片,经3年运行试验,效果良好。我国应用精细陶瓷材料作为耐磨、耐腐、耐高温材料的工作仅仅是开始,应用的深度与广度仍很不够。

大力开发并推广超高分子量聚乙烯和氧化铝精细陶瓷材料在我国火电厂中的应用,对火电厂运行的安全可靠性和经济性必定将有进一步的提高。

5 参考文献

- 1 联邦德国K.H.哈比希著.材料的磨损与硬度.北京机械工业出版社,1987
- 2 李诗卓,董祥林编著.材料的冲蚀磨损与微动磨损.机械工业出版社,1987.10
- 3 龚晓南,叶黔元,徐日庆编著.工程材料本构方程.中国建筑工业出版社,1995,9

(责任编辑 李秀平)

(注:本文选自《中国电力》1997年第5期)

UHMW-PE 板材在我厂原煤仓的应用

一九八八年,局科技处与我厂共同进行了超高分子量聚乙烯板材在我厂原煤仓的应用实验。原煤仓三号、四号铺设了这种板材,八八年十一月十三日完工使用。投产以来效果较好,两个放煤眼共用了九十三块板,板材规格为 $3000 \times 1000 \times 30\text{mm}$,共计 83.7m^2 。

现介绍一下我厂铺板前后原煤仓放仓情况:

一、铺板前我厂原煤仓放仓情况

我厂共计十个原煤仓,堵仓的情况时有发生,多数情况为煤仓中心形成一圆孔,四壁的煤堆积下不来。放煤时不得不下到仓下捅仓,非常不安全。为了解决这一问题,我厂在1983年在原水泥基础上铺设了一层12mm厚的钢板,但效果不好,仍然粘煤带煤。

二、铺板后我厂原煤仓放仓情况

投产以来,放仓的使用效果较好。这种板的表面光滑,放仓时,仓内煤能顺利下滑,板的表面不粘煤带煤,可以用较短的时间将煤仓内煤放净。减少了洗煤时间,减少了电耗,如全矿推广,集中洗煤,每年可节电280万KWH。

仓内煤能顺利下滑,可不用人去捅仓,大大减少了不安全隐患。做到了安全生产,同时又减少了工人的劳动强度。

三、安装工艺

此板下料方便,用普通电锯就可得到需要的各种尺寸,易于更换。

安装时,将板沿竖直方向铺设,用射钉枪将板钉在原基础上,短板4个钉,长板6-8个钉。

四、使用现状

我厂应用超高分子量聚乙烯板材已经两年多的时间,使用状态良好。板厚由原来的12mm,磨损到现在的11mm,磨损了仅1mm,事实证明该材料具有耐磨损的特点。

五、结论

根据我厂两年多的使用情况,效果较明显,优点较多,建议推广使用。

开滦马家沟矿洗煤厂
一九九一年一月二十五日

唐山发电厂煤仓使用超高分子板情况简介

唐山发电厂七台高压煤粉炉运行,其中五台150T/H炉已运行三十多年,两台220T/H炉也运行近20年。七台锅炉的贮煤仓都是钢筋混凝土结构,呈倒锥台形。由于仓壁斜面与水平夹角仅50左右,且存有一定死角,在来煤较湿、较细、较粘时,仓壁粘煤,托煤严重。虽然六十年代在仓壁装有振荡器,效果不佳,仍粘煤、堵仓。

1988年以来,煤种多变,煤仓粘煤托煤严重。四壁大量托煤,占仓容的 $\frac{3}{4}$ - $\frac{4}{5}$,仅在下煤口形成落煤竖井。致使上煤频繁,级煤机断煤,磨煤机启停频繁,制粉单耗急剧升高。造成以粉定电局面,安全生产受到严重威胁,最严重时曾因此停炉。也曾因此发动全厂职工人力捅煤仓。为了改变这种局面,

除了改善来煤情况以外,从设备改造入手。先是在88年下半年,在三号炉大修中改造仓壁成双曲线形,内壁镶瓷砖,效果不理想。89年参加了在开滦马家沟矿,由煤炭科学院、开滦矿务局联合举办的现场会,并参观了煤仓改造现场,下定了我厂煤仓镶超高分子量聚乙烯板材的决心,并在89年九号炉和五号炉的大修中实施。90年大修的八号炉、四号炉煤仓也镶了超高分子量聚乙烯板材。

两年来的实践证明,超高分子量聚乙烯板镶衬煤仓内壁是成功的。两年来煤种多变,也有较湿较粘的煤,改造过的四台炉八个原煤仓都没有发生托煤现象,几次停炉都能将煤仓存煤放空。在遇到煤湿煤粘而未改造的仓壁仍然托煤严重,可见衬超高

分子量聚乙烯板材的明显效果。

我厂在原煤仓镶超高分子量聚乙烯板材,起到了稳定生产作用,在来煤不正常时也能做到满发稳发,近两年来,未造成因煤质问题而限制出力。而在88年8-9月份,因煤仓托煤原因,发电出力由270MW/H下降到50MW/H,少发电15000万KWH,仅此一项给电厂造成直接经济损失120万元。另外,近两年来,制粉单耗也有明显下降(当然也还有其它方面原因),由35KWH/T煤下降到

31KWH/T煤,全年可节电500万KWH。

超高分子量聚乙烯板材具有表面光滑,摩擦系数小等优点,两年来只发现仓口处有轻度磨损。目前,超高分子量聚乙烯板价格较贵,如能适当降低材料价格,超高分子量聚乙烯板的应用范围将会有更大的发展。

唐山发电厂生产技术科
一九九一年元月十八日

“超高分子量聚乙烯”板材在原煤仓中的应用

略阳发电厂

1993年4月24日

一、项目的由来:

略阳发电厂五台机组,装机容量20万千瓦。尤其#1、2、4炉在运行中堵煤频繁发生,运行人员经常用大锤敲击下煤管,造成运行中经常断煤引起多烧油,甚至造成锅炉灭火打炮事故的发生。针对上述问题,我们厂在西北电管局科技处的关心和指导下,于一九九二年首次采用“超高压板”在#1炉型号为SG-130/39三个煤仓内镶衬“超高压板”,投运后效果良好。

二、原煤仓内衬情况简要介绍:

我厂煤仓结构由三段组成:混凝土部分、方锥形铁煤斗、双曲线小煤斗。#1炉三个煤仓单仓储煤量80吨。为了节省材料又能达到使用效果,内衬“超高压板”从混凝土仓口两米以下全部镶衬。在安装过程中对混凝土与铁煤斗的过渡联接位进行适当平整处理。消除了过渡区死角引起的仓内积煤因素,达到安装后平整,三段联接处过渡平滑。

三、内衬后的效果比较:

根据我厂五台锅炉半年来的运行,原煤仓下煤部分的堵煤情况统计、比较和分析, #1炉原煤仓内衬“超高压板”后几乎未发生堵煤现象,取得了一定的经济效益,现简述如下:

1、#1炉和#2炉运行状况充分表明, #2炉年累计因煤湿等原因引起堵煤次数达150次以上,上

半年每月比#1炉多烧油1.5吨,年平均#1炉将节约用油18吨。

2、依据燃运有关规程要求,原煤仓每月清理一次,三个煤仓一年清理用人工180工日。内衬“超高压板”后,原煤仓不再需清仓,每年节约人工180工日。

3、内衬“超高压板”后由于断煤几乎不再发生,减轻了运行工人用大锤敲击下煤管的劳动强度。

4、提高了仓容的有效利用率。

5、减少因断煤而引起的锅炉灭火打炮,避免造成更大的损失。

四、存在问题:

“超高压板”材料根据本身的性能特点,用于煤仓防粘堵已取得明显效果。但在安装工艺与运行可靠性方面存在如下问题:

1、安装可靠性:

在“超高压板”的安装方面目前仍要进一步研究解决其可靠性。由于安装施工条件恶劣,仓内都是经过多年运行而结构各异,没有统一的安装技术标准。为此,使用周期的长短及运行的可靠性,全在于安装工艺的提高与安装质量。

2、运行中掉板:

略阳电厂#1炉在运行五个月后乙仓掉板两块,及时处理后在三个仓进行全面检查,掉板的主

要原因在于安装工艺不高,“超高板”上边沿间隙过大,进煤引起翘板后受到煤的冲击与压力发生掉板。

3、安装工艺:

为了使仓内安装“超高板”后能长期运行,达到8-10年不掉板,必须解决紧固件的结构合理性,如目前采用M8的膨胀螺栓在混凝土仓内固定“超高板”,其抗拉强度与抗冲击强度不能满足10年以上

的使用要求。另外在原煤仓衬板前,处理好水泥仓壁平面,保证平整度是保证衬板质量的关键环节。

“超高板”在我厂运行时间尚短,根据我们的初步认识,提出上述看法和意见,请有关使用单位及生产厂家参考并不断总结经验,尽早完善“超高板”在煤仓中的施工工艺,使这种材料广泛推广应用,为电力生产服务。

翻车机落煤斗加装塑料衬板的使用报告

我厂#2翻车机落煤斗原是水泥斜斗面。经常发生堵煤,煤翻下斗后流不动,很容易发生粘附,需要人工捅,每翻一节车<约60吨>需要8人捅煤,还很难流下去。

自92年9月份在斗的内斜壁上加装“超高分子量聚乙烯塑料”板为衬板后,煤的流动性很好,不粘结,不堵煤,多翻一倍以上的煤车,提高了翻车能力,如原每小时翻15节车皮,现每小时可翻30节车皮,同时取消了八名捅煤工,每月减少开支1600-2000元经费。

由于塑料板具有不吸水分,光滑,耐磨等优点,使用效果特别理想。我厂又在#1翻车机和输煤系统落煤管及干煤棚缝式煤槽继续采用此板,将在我厂发挥较理想的经济效益和社会效益。为完成发电量任务作出新贡献。

湖北省汉川电厂燃料分场

一九九三年四月二十七日

印度尼西亚 PLN 电厂

客户: PLN 为印度尼西亚国家电厂,具有4组400MW功率的机组,燃煤为次烟煤。

筒仓锥体部分设计采用碳钢外嵌304号不锈钢板,光洁度为2B,与水平夹角为70°,筒仓园柱部分采用碳钢。

该筒仓每年发生彻底堵塞或拱型堵塞平均为200次,安装在筒仓上的振荡器不起作用,操作人员不得不用大锤敲击漏斗部分或放空气炮或用流管来解决。

由于每次持续15分钟的堵塞,而造成电厂的输出功率仅有设计能力的25%。

1992年8月至1993年8月的一年间,4台机组

所有500吨的煤仓全部衬上UHMW-PE板(厚度为15mm)。其安装方法如下:

1、螺栓采用UHMW-PE封口螺栓。如果物料流动的温差超过10℃时,UHMW-PE板材会出现凹凸或发生延伸与收缩现象,故必须在超高板上钻大孔,使螺栓与板材形成伸缩缝,板材在移动时螺栓同时也可在孔中移动。

2、位置与间距:由于超高板存在挠曲性,所以选择其厚度很重要。一般应采用厚度为15mm的板材,其中心间距应为300mm左右为宜。

结论:至今为止,与采用不锈钢衬板相比,由每年堵塞200次而降为一次。

书名

超高分子量聚乙烯（UHMWPE）的性能及用途

一、超高分子量聚乙烯的特性

- 1、极高耐磨性
- 2、极高的抗冲击性能
- 3、很低的摩擦系数
- 4、良好的耐化学腐蚀性
- 5、很低吸水性
- 6、热学性能
- 7、电性能
- 8、无毒性

二、UHMWPE的用途

- 1、纺织工业
- 2、造纸工业
- 3、食品工业
- 4、陶瓷工业
- 5、料仓、溜槽衬里
- 6、一般机械、化工机械
- 7、农业机械和建筑机械
- 8、其他

测试报告

耐磨损机理完全不同的二种新型冲蚀

材料 上海电力学院 王政雄（上海
200900）

- 1 实验装置与试验条件
- 2 试验样品的主要性能
- 3 冲蚀磨损试验结果与分析讨

论

- 4 结论与应用展望
- 5 参考文献

UHMW-PE板材在我厂原煤仓的应用

- 一、铺板前我厂原煤仓放仓情况
- 二、铺板后我厂原煤仓放仓情况
- 三、安装工艺
- 四、使用现状
- 五、结论

唐山发电厂煤仓使用超高分子板情况简介

“超高分子量聚乙烯”板材在原煤仓
中的应用 略阳发电厂 1993年4月24日

- 一、项目的来由
- 二、原煤仓内衬情况简要介绍
- 三、内衬后的效果比较
- 四、存在问题
 - 1、安装可靠性
 - 2、运行中掉板

3、安装工艺

翻车机落煤斗加装塑料衬板的使用报告
印度尼西亚PLN电厂