

抽油杆扶正器专用材料的研究进展

郭庆时 刘丹丹

(长江大学机械工程学院,荆州 434023)

摘要 介绍了用于制备抽油杆扶正器的聚酰胺复合材料、聚四氟乙烯复合材料及超高分子量聚乙烯复合材料的研究进展,比较分析了这三种复合材料的综合性能,指出改善耐磨损性能和耐化学药品性能将成为今后抽油杆扶正器的重点研究方向。

关键词 抽油杆扶正器 偏磨 聚酰胺 聚四氟乙烯 超高分子量聚乙烯

在油田的有杆泵抽油设备中,扶正器是和抽油杆配套的一个关键部件。由于油泵柱塞在下冲程时阻力增大或者斜井而导致抽油杆发生弯曲,使抽油杆柱与油管内壁频繁发生摩擦,产生抽油杆柱偏磨现象,使杆柱强度减弱,造成频繁检泵。扶正器在服役过程中,不但要承受较大的摩擦力和冲击力的作用,同时还受到工作环境中砂子、粉尘、酸、碱、盐及厌氧菌微生物等的腐蚀。因而实际工况要求扶正器须具有高的耐磨性、抗冲击性和耐复杂环境腐蚀等性能。特别是现在油田开采进入注水开发期,随着综合含水量的不断上升,油井腐蚀程度日趋严重。其原因为:当油井产出液中水的质量分数大于 74.02% 时,产出液由油包水型转换为水包油型,杆、管表面失去了原油的保护作用,产出水直接接触抽油杆和油管,腐蚀速度增大,抽油杆和油管内壁磨损速度加快,磨损严重。这不仅造成了油井减产或停产,增加维护工作量,而且导致井内管杆磨损、断裂,甚至管杆落井,增加了作业施工的难度^[1]。因此,如何改善抽油杆扶正器专用材料的防偏磨及耐腐蚀效果显得尤为重要。笔者现综述抽油杆扶正器用聚酰胺(PA)复合材料、聚四氟乙烯(PTFE)复合材料及超高分子量聚乙烯(UHMWPE)复合材料的研究进展。

1 PA 复合材料

PA 按其分子主链结构可分为脂肪族 PA、半芳香族 PA、全芳香族 PA、含杂环芳香族 PA 及脂环族 PA 等。适用于塑料材料改性和应用的主要是脂肪族 PA^[1]。在金属滚轮扶正器不断暴露出缺陷之后,PA 是目前最常采用的制作扶正器的高分子材料。与金属滚轮扶正器相比,PA 扶正器具有明显的特点^[2-4]:①具有良好的力学强度、抗冲击强度及耐化学药品性,优异的耐磨性和自润滑性;②PA 的强度与油管相比要低一些,对油管无伤害;③磨损后呈粉末状,粉末被油流携带走,无碎渣,不卡泵。

1.1 纯 PA

PA6 和 PA66 是脂肪族 PA 中应用最为广泛的两种,前期都被单独用于制作抽油杆扶正器。PA66 的综合性能较 PA6 要好,但成本相对较高。两者的具体性能指标对比如表 1 所示。

注射成型得到的纯 PA 扶正器加装在管箍或卡在抽油杆上,由于 PA 分子结构具有强极性,故吸水率大,易引起强

表 1 PA6 和 PA66 综合性能对比^[5]

材料	力学性能	冲击韧性	耐磨性	吸水率	耐化学药品性	成本
PA6	低	高	低	高	高	低
PA66	高	低	高	低	不耐盐酸	高

注:“高”与“低”仅指两者相对比较而言。

度及模量下降,影响尺寸稳定性,同时其低温冲击强度低,干态韧性不足,抗蠕变性能亦有待提高,使其耐热温度和耐磨性有限,使用过程中易碎裂造成卡泵,使用寿命较短。同时,PA 扶正器磨损后,仍然造成油杆的接箍及本体与油管偏磨。PA 对钢材的摩擦因数在油润滑条件下明显降低,耐磨性佳。但在水润滑条件下反而比干燥时更高,耐磨性受到严重影响,这使得注水开采油田中 PA 扶正器的使用寿命大大降低。针对上述问题,一些生产厂家采用复合增强改性的办法来改善 PA 扶正器的性能^[6-7]。

1.2 玻璃纤维(GF)增强 PA

GF 因具有增强效果良好、价格便宜、原料易得等特点而被广泛应用于 PA 的复合增强改性。GF 的比强度和拉伸弹性模量比 PA 大 10~20 倍,线膨胀系数约为 PA 的 1/20,吸水率接近于 0,具有优良的耐热性和耐化学药品性。从 1955 年开始,它就用于热塑性塑料的增强改性领域,通常主要使用的是无碱 GF。GF 不但能起到增加 PA 的强度和刚性的目的,而且还可以提高 PA 的耐热性,改善尺寸稳定性、硬度和抗蠕变性等。如美国 Du Pont 公司的 Zytel 70G43L BK031,日本 ICI 公司的 Verton RF7 00210 和 RA2D7008 以及德国 BASF 公司的 Ultra-mid A3WG10 等 GF 增强 PA 均比纯 PA 的综合性能提高 3~4 倍。早在 1998 年,中原油田勘探局采油三厂^[8]采用日本进口的 GF 增强 PA 制成抽油杆扶正器,并在中原油田采油三厂 3 个油矿的 160 多口油井中进行试用,发现抽油杆的断脱率下降到 22.07%,而采用金属扶正器的断脱率均超过 40%,改善效果非常明显。北京恒天易德化工有限公司^[9]于 2003 年制备出 GF 增强 PA 扶正器专用料,采用该原料生产出的抽油杆扶正器防偏磨性能十分优异,各项综合指标均达到或超过国际水平,现已普遍得到中原、胜利、大庆、江汉等油田的认可,效果突出,性能优异。GF 增强 PA 也存在一些缺点,如 GF 的加入增加了 PA 的脆

性和摩擦因数,使冲击强度和耐磨性下降,且当 GF 质量分数大于 40% 时,熔体粘度增大,给扶正器的加工成型带来一定困难。

1.3 碳纤维 (CF) /GF 复合增强 PA

CF 是 20 世纪 50 年代初应火箭、宇航及航空等尖端科学技术的需要而出现的一种高性能纤维材料。与 GF 相比,它具有高比强度、高比模量、耐高温、摩擦因数低、耐腐蚀、耐疲劳、抗蠕变、热膨胀系数小等一系列优点。美国 Wilson-Fiberfil 国际公司^[10-11]使用质量分数 40% CF 增强 PA66,其弯曲强度达到 2758 MPa,拉伸强度为 31712 MPa,可用于代替金属材料,在国防和宇航领域得到广泛应用。虽然 CF 近年来逐渐从军工领域发展到民用领域,但价格依然昂贵且原料不易得到。为了使扶正器具有更好的综合性能和较低的成本,采用 CF 和 GF 复合增强技术对 PA 进行增强改性处理,在充分利用混杂纤维复合优势的基础上,兼顾 GF 的价格优势和 CF 优良的耐磨性能。CF/GF 复合增强 PA 比传统的 GF 增强 PA 具有更高的耐磨、耐腐蚀和力学性能,并且耐温性能良好,性价比高。山东大学碳纤维工程技术研究中心^[12]用 CF/GF 复合增强 PA 做成抽油杆扶正器,同时将 CF 制成柔性连续抽油杆,将两者装配在泵挂深度分别为 1200、1800、3000 m 的直井和斜井中进行试用,发现与金属抽油杆和扶正器相比,其断脱率大大下降,且日产油量提高近 1/3,使用寿命则比纯 PA 制品提高了 3~5 倍,经济效益显著。

2 PTFE 复合材料

PTFE 是氟塑料中应用最广、产量最大的一种,其分子结构中碳原子相连接的全是氟原子,分子链的规整性和对称性极好。同时氟原子的体积较大,将主链上的碳原子屏蔽起来,这种结构使得 PTFE 具有极好的耐温性(热分解温度达到 390℃)和耐化学药品性。同时 PTFE 是所有塑料中摩擦因数最小的一种,是耐磨性和自润滑性最好的高分子材料之一。^[13-15]

PTFE 虽具有极好的自润滑性和耐化学药品性,但由于其存在易磨损、加工性能差、硬度低、耐蠕变性能和导热性能差等缺点,使其在抽油杆扶正器上的应用带来一定困难。多年来,人们采用各种方法对 PTFE 进行改性。其中,填充、增强复合改性成为有效而又方便的方法。通过添加各种不同的填料对 PTFE 进行复合改性,期望改善和克服其性能缺陷而用于制作抽油杆扶正器。浙江省德清经纬氟塑料科技有限公司^[16]利用改性的 PTFE 经过模压加工工艺一次成型椭圆形抽油杆扶正器,椭圆形的 PTFE 扶正器套在扶正杆上自由摆动,确保 PTFE 扶正器与油管内壁直接接触,大大减轻了抽油杆对油管内壁的磨损,延长了抽油杆及油管的使用寿命,目前本产品已在克拉玛依油田、吐哈油田、长庆油田等多家油田使用,效果良好。

3 UHMWPE 复合材料

UHMWPE 的粘均相对分子质量高达 150 万以上,具有无可比拟的耐磨、耐冲击、耐腐蚀、耐低温(−70℃以下)、自

润滑、抗粘附、不吸水等综合性能,被称为“令人惊异的塑料”^[17-20]。经注射成型得到的 UHMWPE 抽油杆扶正器,其抗磨损、抗冲击、抗腐蚀、耐低温、自润滑性、不吸水性均优于传统的 PA 扶正器,克服了 PA 易吸水溶胀、水解、低温脆性大、易碎、摩擦阻力大的缺点,由于极优的柔韧性、吸收冲击能等特性,可减弱往复运动中的杆、管撞击;极低的摩擦因数,有利于降低往复摩擦磨损和减小抽油泵负荷;适中的硬度,有利于减少对抽油管和抽油杆体的磨损。性能对比测试结果表明,UHMWPE 扶正器的使用寿命大大高于传统的 PA 扶正器。但由于 UHMWPE 的熔体粘度极高,成型加工极为困难。

为了改善 UHMWPE 的流动性和成型加工性能,很多学者进行了相关研究^[21-23]。美国联盟公司在 1965 年就获得了这方面的专利权,用低分子量聚乙烯、聚乙烯蜡共混改性 UHMWPE。日本改性 UHMWPE 的专利是在粘均相对分子质量 100 万以上的 UHMWPE 中加入质量分数 0.4%~10% 的聚酰胺树脂,可以在单螺杆挤出机上挤出成型圆棒料。美国 Allied Singal 公司研制出一种共聚物与硬脂酸盐配合的树脂添加剂,将其用作 UHMWPE 的流动改性剂,可使 UHMWPE 在普通注塑机及挤出机上加工成型^[24]。北京化工大学^[25]制备了一种有效的流动剂(MS_2),起到了内外润滑功能,添加少量(质量分数 0.6%~0.8%)就能显著改善 UHMWPE 的流动性。中科院化学所^[26]用纳米级层状硅酸盐改性 UHMWPE,利用层状硅酸盐片层之间结合力相对较弱的特点,使片层之间发生相对滑动,从而提高熔体的流动性,改善加工性能。朱晓光等^[27]利用原位接枝插层技术,首先将插层剂插入到准二维硅酸盐粘土片层材料间,进而依靠插层单体接枝于 UHMWPE 表面,凭借接枝单体的桥联作用,在 UHMWPE 的熔融过程中将粘土分散于熔体中,从而改善 UHMWPE 的加工流动性能。南京航空航天大学^[28]利用纳米蒙脱土和聚苯酯对 UHMWPE 进行掺杂改性并用于制作抽油杆扶正器,与普通的 PA 材料相比,改性 UHMWPE 复合材料表现出较低的摩擦因数和较高的耐磨性,此外,改性 UHMWPE 复合材料具有高的冲击强度和较小的吸水率。北京化工大学^[29]采用专门设计的注塑机、特定的配方工艺、合理的模具结构设计,成功实现了 UHMWPE 的注射成型,可高效注射成型各种满足耐磨、抗冲、耐腐蚀、耐寒、自润滑性能要求的油田抽油杆扶正器,以替代原 PA 扶正器,其抗磨损、抗腐蚀、耐低温、自润滑性能均优于传统的 PA 扶正器。

4 三种复合材料用于扶正器的综合性能对比

随着高分子材料改性技术的日益发展,具有优良耐磨性能和耐化学药品性能的高分子复合材料逐渐被用于制作扶正器。其中,PA 复合材料、PTFE 复合材料以及 UHMWPE 复合材料有望成为今后抽油杆扶正器的专用材料。该三种复合材料用于抽油杆扶正器的综合性能对比如表 2 所示。

5 结语

目前我国正在开采和尚未开采的油井数量大约有 30 万

表 2 三种复合材料用于扶正器的综合性能对比

材料	力学性能	低温脆性	摩擦因数	耐化学药品性	加工性	成本
PA	中	高	高	低	好	低
PTFE	高	中	中	高	差	高
UHMWPE	低	低	低	中	很差	中

注：“高”、“中”、“低”仅指三者相对比较而言。

口,按杆抽油油井占总油井数的 50% 计算,每口油井约需扶正器 150 个,每个扶正器平均使用寿命以 1 a 计算,则每年需要 2250 万个,需求量极大。抽油杆扶正器失效的主要原因就是与油管发生偏磨以及井内液体介质对其产生腐蚀,所以改善抽油杆扶正器材料的耐磨损性能和耐化学药品性能将成为今后抽油杆扶正器的重点研究方向。

参考文献

[1] 苗向辉,等. 内蒙古石油化工,2008,13:43-45.

[2] 何志平. 石油矿场机械,2007,36(7):78-81.

[3] 李秀竹,等. 石油机械,2004,32(4):39-40.

[4] 芦会来,等. 油气井测试,2003,12(5):61-64.

[5] 彭晓东,等. 机械工程材料,2000,24(2):1-4.

[6] 黄艳梅,等. 中国塑料,2001,15(5):19-22.

[7] 王启尧. 内蒙古石油化工,2006(8):32-33.

[8] 吕树章,等. 石油机械,1998,26(12):27-30.

[9] 王先德. 中国化工报,2003-03-09.

[10] Dwivedi S K, et al. Mechanics of Materials, 2003, 35: 481-509.

[11] Li J. Applied Surface Science, 2008, 255: 2822-2824.

[12] 朱波,等. 石油机械,2003,31(1):29-31.

[13] 刘晓霞,等. 化工新型材料,2002,30(1):38-40.

[14] Cheng Xianhua, et al. Wear, 2002, 253: 869-877.

[15] Jaydeep Khedkar, et al. Wear, 2002, 252: 361-369.

[16] 师延龄,等. 有机氟工业,2005(3):23-25.

[17] 刘广建. 超高分子量聚乙烯[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

[18] 杨玉清,等. 广东塑料,2004(4):45-51.

[19] 孙红娟,等. 西南科技大学学报,2002,17(3):73-78.

[20] Guo B C, et al. European Polymer Journal, 2004, 40(8): 1743-1748.

[21] Dong-ho L, et al. Advanced Materials, 2005, 6(5): 457-462.

[22] Xi Y, et al. Carbon, 2004, 42: 1699-1706.

[23] 熊党生. 摩擦学学报,2004,24(3):244-247.

[24] 甄明晖. MMT 和 Ekonol 增强 UHMWPE 复合材料的制备及性能研究[D]. 南京: 南京航空航天大学,2007.

[25] 黄丽,等. 北京化工大学学报,2005,32(3):38-41.

[26] Wang Z G, et al. Macromolecules, 2002, 35: 2200-2206.

[27] 朱晓光,等. 一种挤出注射级超高分子量聚乙烯/粘土纳米复合材料: 中国,01100016[P]. 2001-08-01.

[28] 温建萍,等. 硅酸盐学报,2007,35(8):1040-1045.

[29] 何继敏,等. 工程塑料应用,2002,30(3):31-34.

RESEARCH PROGRESS OF SPECIAL MATERIALS OF SUCKER ROD CENTRALIZER

Guo Qingshi, Liu Dandan

(College of Mechanical Engineering, Yangtzeu University, Jingzhou 434023, China)

ABSTRACT The progress of polyamide composite, PTFE composite and UHMWPE composite which were used to manufacture sucker rod centralizer was introduced. The compositive performance of three composites was analyzed. The view that improving wear resistance properties and corrosion resistance could become the focus research of the sucker rod centralizer was put forward.

KEYWORDS sucker rod centralizer, eccentric wear, polyamide, PTFE, UHMWPE

鞍山君利工程塑料有限公司

鞍山君利工程塑料有限公司是股份制企业,生产以工程塑料为主的改性材料。由教授级高级工程师、中国塑料加工工业协会专家委员会专家赵文聘负责生产技术。可为用户提供增强、增韧、复合、阻燃、环保阻燃、抗静电、耐磨、塑料合金类系列改性工程塑料。公司竭诚为用户“量身订做个性化需求的产品,为客户创造价值”。公司通过 ISO9001:2000 国际质量管理体系认证。公司宗旨:信誉第一;质量第一。

欢迎新老客户前来指导、合作!

- 改性品种: PA66、PA6、PP、PE、ABS、AS、HIPS、POM、PC、PC/ABS、PBT、PET、PVC 等系列改性塑料。
- 适用行业: 家电、汽车、机械、铁路、纺织、石油化工、煤矿、农业等。

经 理: 徐长旭 13604228259, xuchangxu315@163.com
总 工: 赵文聘 13804910274, zhaowenpin315@163.com
地 址: 辽宁省鞍山市腾鳌镇黄县 邮编: 114225
电 话: 0412-8935903 传 真: 0412-8935803 网 址: www.asjls.com