

辉光放电等离子体对聚丙烯纤维的表面改性

顾 彪¹, 陈 茹²

(1. 大连理工大学三束材料改性国家重点实验室, 大连 116024;

2. 大连理工大学电气工程与应用电子技术系, 大连 116024)

摘要:在对电晕、介质阻挡放电、 γ 射线辐射接枝对化纤改性的简要介绍基础上,重点论述了辉光放电等离子体对聚丙烯纤维的改性。并按等离子体技术的发展过程,对低压和常压辉光放电等离子体对聚丙烯纤维与织物改性的特点、原理及发展前景进行了扼要综述,指出常压辉光放电等离子体是一种很有潜力的表面改性技术。

关键词:辉光放电等离子体;聚丙烯纤维;表面改性

前言

自19世纪末粘胶纤维问世以来,化纤已有100多年的发展历史,到现在约已取代了一半天然纤维的市场,是用途广泛的服装和产业用材料。随着世界人口的增长和纤维用途的不断开发,化纤的需求日益增长,其研究和生产将在新世纪中继续进步和不断发展,具有光明的前景^[1]。聚丙烯纤维由于原料丰富,合成工艺简单,综合性能十分优越而倍受重视,自1957年工业化以来发展迅速。它质轻、保暖、耐磨、耐化学腐蚀、服用舒适(透湿性、导湿性好),此外还有很强的防污防臭能力,广泛用于保暖内衣、运动服、职业装等领域。细旦丙纶是近年来世界开发的热点,在服装市场的地位不断提高,被称为“人体服装空调器”,是一种近乎完美的纺织纤维,具有广阔的发展前景。但聚丙烯纤维由于大分子链结构规整、结晶度高、缺乏官能基与极性基因,因此吸湿性差、染色性不高,这限制了它的进一步推广。聚丙烯纤维(PPF)的染色性一直是纺织界致力解决的难题。

化纤的改性方法很多^[2],有化学方法^[3,4],如共聚(在大分子链中引入第三组分)、共混(聚合物制造过程中加入改性添加剂)、表面改性(在表面发生化学反应的浸、涂等);物理改性(变更纤维加工条件,通过形态变化以及复合,混纺,混织等手段实现)等。传统的改性方法要消耗大量宝贵的水资源及化学药品,操作复杂,易污染环境。等离子体改性是一种完全不用水的、气固相干法加工方式,快速、高效、无污染,操作简单,节省能源,反应仅涉及纤维100 nm内的浅表面,不改变纤维基体的优良性能,同时赋予纤维新的特性。

低温等离子体是部分电离的气体^[5],它是由电子、离子、自由基、中性粒子及辐射光子等组成,宏观上呈电中性。化纤改性中感兴趣的冷等离子体又称非平衡等离子体,体系中电子的动力学温度可达10 eV,而气体温度一般低于100℃因此电子具有使化学键断裂的足够能量,而体系又可以保持与环境温度相近,不会使被处理材料热解或烧蚀,在高分子材料表面改性中具有独特的应用价

基金项目:国家自然科学基金资助项目(10075010);

作者简介:顾彪,男,江苏兴化人,1959年毕业于北京大学,1980年赴美国UCLA访问工作,现为大连理工大学电气工程与应用电子技术系教授,博导,近年主要从事新型等离子体源及其应用研究。

值。

1 等离子体对化学纤维的表面改性

获得等离子体的方法和途径是多种多样的,在等离子体化学领域中广泛采用的方法是气体放电。气体放电是指在电场下气体被击穿而导电的物理现象,如此产生的电离气体称为气体放电等离子体。气体放电按照放电条件可以分为辉光放电、电晕放电、无声放电、微波放电等。以下简介各种方法对聚丙烯纤维及其他化纤的表面改性及特点。

电晕放电利用非对称性电极,可在常压或减压下操作,放电时产生臭氧、自由基、电子、紫外线等高能粒子的物理环境。这种环境下对高分子表面改性的技术已经发展起来,改善高分子薄膜的粘结性、印刷特性等已达到实用化,对纤维以对天然纤维的表面改性为中心进行研究。Ryu 等^[6]利用电晕等离子体处理羊毛,测试了处理后羊毛的润湿性、缩水性和摩擦系数。光电子能谱分析表明在纤维表面引入了含氧基团而改善了润湿性和缩水性。Hautojarvi 等^[7]对聚丙烯纤维在熔融纺丝连续生产过程中进行电晕处理,发现经电晕处理后节省大量纺织试剂,与水作用的前进接触角平均下降 $5 \sim 10^\circ$,后进接触角平均下降 $10 \sim 25^\circ$,静电性降低一个数量级,这些效果有利于提高纤维的润湿性。郑光洪等^[8]采用常压等离子体对涤/锦双组分复合纤维的前处理过程进行处理,发现等离子体处理有利于充分开纤,明显提高纤维的前处理效率。电晕放电的缺点是实验参数不易控制和可重复性低,而且电晕等离子体的粒子能量密度高,放电处理效果不均匀,易灼伤纤维。

介质阻挡放电(DBD)是一种非平衡态、非稳定和不均匀放电。其特点是在两个放电电极之中至少有一个被电介质覆盖,两电极之间施加一个中频交流高压,使得电极与介质或介质与介质间隙的气体产生放电击穿。由于在放电电极之间有绝缘介质,所以从放电机理看,它是一种非稳态等离子体,一直处于一种放电与熄灭的交替过程中。因此无声放电实际上是由一系列的脉冲微放电组成,广泛用于臭氧合成、材料的表面处理以及净化空气等。顾彪等^[9]采用 DBD 法对涤纶纤维进行气相接枝丙烯酸改性的研究,付里叶变换远红外 (FTIR) 谱图中 $-\text{OH}$ 、 $-\text{COO}-$ 、 $-\text{CO}-$ 等特征峰面积增加,表明纤维表面极性基因增多,X 射线光电子谱 (XPS) 的 C_{1s} 峰向高结合能位移,说明纤维表面氧化程度增加,羧基增多,对 C_{1s} 、 O_{1s} 的测试曲线进行面积积分计算可得出与红外谱一致的结果,放电处理后的氧成份增加 21%,接枝改性后的氧成份提高 43%。扫描电镜 (SEM) 分析表明改性后纤维表面变粗糙,比表面增加,有利于染色性提高,对纱王面料的涤纶染色上染率提高了 34%,塔夫绸的上染率提高了 21%。但 DBD 中充满大量细丝,细丝内等离子体能量密度高,放电时容易在纤维表面而造成针孔,灼伤纤维。

姚占海等^[10]用 C_0^{60} - γ 射线预辐照聚丙烯纤维,在纤维表面引入接枝活性中心,然后在苯液中接枝丙烯酸单体,接枝率与辐射剂量、单体浓度、反应时间、反应温度有关,由于在纤维表面接枝了羧基等亲水基团,吸水性良好。接枝率为 10% ~ 30% 时,机械强度基本不变,接枝率继续增加,接枝共聚物的机械强度有所下降,主要是射线辐照使聚丙烯纤维降解。虽然 γ 射线辐射接枝是有效的改性手段,但是由于 γ 射线有辐射污染,而且射线粒子能量高,一般有数百 eV 到数 MeV,射线容易穿透纤维,造成纤维的机械性能下降。

与以上各种方法相比,辉光等离子体是均匀放电,粒子的能量密度合适,不会对纤维造成机械损伤,更适于纤维的表面改性,因此以下讨论的是辉光放电对聚丙烯纤维及其他化纤的表面改性。等离子体技术在纺织上的应用始于 50 年代,我国是从 80 年代初开始对等离子体处理纺织品进行

研究。在放电处理研究开展的当初,广泛利用的是低真空状态下 13.56MHz 的射频等离子体,主要以棉、麻、毛、丝等天然纤维为中心,随着等离子体技术的发展,现在已扩展到合成纤维的改性研究并取得了良好效果。

1.1 低气压辉光放电等离子体对聚丙烯纤维及其他化纤的表面改性

1.1.1 浸润性

(1) 等离子体表面处理^[11,12] 反应性气体(如 CO、CO₂、H₂O、NH₃、O₂)等离子体在气相中不发生聚合反应,但参与表面上的化学反应,表面的化学组成也发生相应变化。例如氧气等离子体中,在反应过程中生成大量自由基,并借助自由基进行连锁反应,引入大量含氧基因,此外,CO、CO₂ 及其他含氧气体在等离子状态下也可分解为原子氧,同样具有氧等离子体的作用。

氢气、惰性气体等离子体和高分子材料接触,理论上不参与表面反应,等离子体中的高能粒子轰击材料表面时传递能量,使材料表面产生大量自由基,相邻高分子自由基可能复合而交联,也可能脱氢或脱去其他原子而形成双键,或者与等离子体中活性种反应生成一系列新的官能团,也可能与反应器中的氧或处理完毕后接触到空气中的氧反应,从而在高分子材料表面引入含氧官能团。如果高聚物本身含有氧,则由大分子断裂分解而形成大分子碎片,进入等离子体内形成活性氧,其效果与氧等离子体处理相当。所以非反应性气体等离子体处理含氧高聚物材料表面时,将出现交联、刻蚀、引入极性基团三者的竞争反应,对于不含氧的高聚物材料,只是处理后与空气中的氧作用而引入极性基因。

王文序等^[13]利用氮等离子体处理聚丙烯纤维,XPS 测定膜表面元素组成发现除原有的 C—H, C=C 外,新形成 C—O, O—C=N, C—N, O—C=O 等键。张瑞峰等^[14]采用 Ar、N₂、O₂、空气 4 种等离子体对聚丙烯纤维进行处理,采用曲线拟合分峰技术对 N_{1s} 峰的解析谱表明,有三种形式的氮引入聚丙烯纤维(PPF)表面,—CN—NH₂, —CONH₂。C_{1s} 峰的解析谱可解叠成 5 个峰,—C—H(C=C)、C—NH₂(—CN, —CONH₂), —C—O—, —C=O, —COOH。由于氮在 PPF 表面形成三种形式的 —C—N— 结构,使 C_{1s} 峰发生了变化。O₂ 等离子体处理后的纤维表面引入的氧成份为 18%, N₂ 等离子体引入的氮成份为 4.7%, 而且引入氧量的顺序是: O₂ > 空气 > N₂ > Ar。表面极性基团的引入使纤维的吸水性由原来的 0.1% 提高到 0.7%。

虽然 PPF 经等离子体处理后润湿性有显著改善,但在空气中放置一段时间后,改性效果会随时间延长而衰减,表现为接触角下降,甚至恢复到未处理的状态。敖玲等^[15]研究发现 Ar、O₂ 等离子体处理涤纶 30 s, 接触角分别下降 63%、51%。可能等离子体处理过的纤维表面的自由基由于活性大,稳定性差,寿命不长。或者等离子体刻蚀清洗后的表面,在空气中放置,由于吸附空气中小分子导致表面能下降。Yasuda 等^[16]认为引入大分子链上的极性基随大分子链的自由旋转从表面潜入本体,即改性表面被埋覆。等离子体处理的时效性与工作气体种类关系不大,而与处理时间有一定关系。孙慕瑾等^[17]研究表明,退化速度和程度与高聚物的本身结构有关,在同样的等离子体处理条件下,聚乙烯(PE)和聚对苯二甲酸乙二酯(PET)在大气中存放 9 d, 润湿性衰退达平衡,保留率 PE 为 42%, PET 为 65%。可见,结构不同的高聚物,其衰退速度和程度不同。刚性链的聚苯醚(PPO)和交联结构的环氧树脂固化物处理效果的退化速度较慢,退化程度较轻。为了保持改性效果,等离子体处理后应及时进行接枝等后处理。

等离子体处理还会引起纤维的表面刻蚀,实验表明空气等离子体的刻蚀作用相当明显。苏宁等研究^[18]认为在等离子体作用下,断裂的小分子产物总是被蒸发和溅射清除出去,分子量较大的

部分由于与未断裂的高聚物及交联网相互啮合而被留下,断裂小分子产物的不断排出使高聚物的失重成比例增加。而且刻蚀先在非晶区进行,随着放电功率、压力的提高及处理时间延长,刻蚀作用增强,从非晶区发展到晶区。潘力军等^[19]研究认为由于放电条件限制,功率一定时,等离子体对纤维晶区的刻蚀能量不够,当放电一定时间后、刻蚀变得缓慢,最后趋于饱和,因此等离子体处理不会影响纤维的机械性能。

金郡潮等^[20]用 O_2 、 N_2 等离子体处理聚丙烯薄膜, XPS 分析表明空气等离子体处理 3min, 样品的氧成份由原来的 0.15% 上升为 10.5%, 碳成份由 99.85% 下降为 89.5%; 20min 后氧成份明显下降, 碳又重新上升至 95.5%, 这证实了等离子体与基质的作用主要有两类, 即引入含氧基团和表面刻蚀作用。在反应初期, 等离子体对材料以引入基团的反应为主, 随着时间的延长及表面含氧基团的增加, 其脱落速率也逐步增加, 刻蚀逐步占据主导作用, 所以含氧基团的数量会下降。刻蚀作用既减少极性基因, 又使薄膜表面粗糙化, 增加比表面积。因此薄膜表面虽然极性基因减少了, 但接触角仍然下降。但极性基团对纤维的吸湿性起主要作用, 所以处理时间不宜太长。

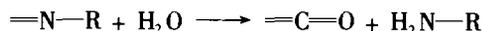
Bhat 等^[21]研究发现聚酯纤维经等离子体处理数秒后静电性急剧下降, 而且随放电功率增加, 处理时间延长, 表面静电性进一步下降。这是由于表面极性基团的引入及刻蚀造成的空穴或缺陷, 改善了纤维表面的亲水性, 影响了表面的电传导性。而且仅接枝少量单体, 聚酯纤维表面静电性就显著下降。表面润湿性、染色性和静电性三者互相联系, 提高润湿性, 同时也会改善染色性和静电性。

(2) 等离子体聚合 等离子体聚合是指气体单体在低气压下放电产生等离子体, 形成在化学上非常活泼的活性分子、离子和原子团, 以此促进反应的进行, 并在基体上沉积成膜。等离子体聚合的研究始于 20 世纪 60 年代, 至今关于其反应机理尚不完全明了。该法拓展了聚合单体的种类, 理论上几乎所有的有机化合物都可以发生等离子体聚合反应。生成的聚合物膜具有高密度网络结构, 厚度一般为 5 ~ 50nm, 网络的大小和支化度在某种程度上可以控制。高聚物材料表面被等离子体活性粒子引发产生的自由基, 也可引发乙烯类单体的聚合。等离子体引发聚合具活性聚合的特征, 不需添加引发剂, 产物性能优良且分子量高。等离子体引发聚合具有许多独特的优点, 近年来已引起人们的极大兴趣, 认为是具有很高实用价值的聚合方法。

(3) 等离子体接枝聚合, 表面接枝聚合的方法有光接枝、辐射接枝、等离子体接枝等, 利用等离子体技术在表面进行接枝聚合, 是表面改性显示巨大潜力的一个领域。它是指通过等离子体在高聚物表面形成聚合引发中心, 再运用接枝方法使单体聚合而后令接枝链增长, 从而在原表面上形成许多支链, 构成新表层。用于表面接枝聚合的单体一般为乙烯基单体, 如丙烯酰胺、丙烯酸、甲基丙烯酸、丙烯酸酯类, 若为二烯单体, 则能形成交联层。等离子体处理在高分子链上引入低分子极性基因, 但改性效果有时效性; 等离子体聚合则在高分子基体上沉积一层聚合物薄膜, 牢度较差, 而等离子体接枝聚合的接枝链与基体以共价键结合, 弥补了以上两种方法的不足, 是化纤表面改性的一种很有潜力的技术。

Sarmadi 等^[22]在聚丙烯纤维表面接枝等离子体聚合丙烯腈(PPAN), 发现与聚丙烯腈(PAN)的红外光谱相比, PPAN 的红外谱中无 $-C=N$, 出现了 $=N-H$ 的强吸收带及 $=CH$, $-C=C-$, $=C=N-$, 高分辨 FTIR 证实存在炔基, 表明发生了 $=C=N-$ 、 $=C=C-$ 等基团的分子重排。对处理时间 5min 的样品 XPS 分析发现 PPAN 中 O/C 比例高达 0.62, 而 N/C 比例仅 0.02。这是由于等离子体中粒子种类多, 反应复杂, 导致 PPAN 与 PAN 有本质的不同。等离子体状态下, 聚合物大分子链断裂脱氢形成的大分子自由基引发接枝聚合反应, 先沉积的 PPAN 受到活性粒子的继续轰击, 引发

支链、交联或重排反应。同时等离子体中生成的氨气,可以在聚合物表面引入胺基,表面引入的含氮基因与空气接触,发生如下反应,导致引入氧原子的同时大量氮原子的丢失。



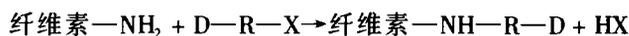
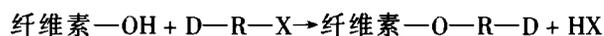
萃取操作证实 PPAN 与纤维基体以共价键结合,DSC 和 DTA 分析表明生成的 PPAN 具有交联结构。他们^[23]又在聚酯纤维表面接枝 $SiCl_4$,质谱分析表明等离子体活性粒子 $SiCl_x$ ($x < 3$) 中,以 $SiCl_3^+$ 为主,这些粒子非常活泼,极易接枝到等离子体活化的纤维表面。弱的 Si-Cl 键易断裂,与空气接触,就会和空气中水分子反应生成 Si-OH。在功率为 100W,处理时间 1min, Si 和 O 分别为 8%、42%。Negulescu 等^[24]继续了涤纶接枝 $SiCl_4$ 的研究,发现除了引入含氧基团,SEM 表明纤维的光滑表面变得粗糙,而物理性能如抗张强度、弹性、剪切性能等无显著变化、证明等离子体表面改性只在纤维浅表面进行,不影响基体的机械性能。

综上所述,低气压等离子体法在纤维大分子链上引入极性基团,提高表面粗糙度,均有利于润湿性的提高,使聚丙烯纤维的憎水表面具有了一定的亲水性,取得了较好的改性效果。但由于需抽真空,设备投资大,操作复杂,不适于工业连续化生产,限制了它的广泛应用。Rakowski 等^[25]曾对羊毛纤维进行化学氯化法和等离子体法的改性对比,数据表明所用电能的 85% 将用于维持动态真空,大大妨碍了它的推广应用。

1.1.2 染色性 聚丙烯纤维结晶度高,结构紧密,内部缺乏孔隙,疏水性显著,染料分子只能扩散或渗透到纤维分子的无定形区,而不能进入晶区。因此目前常用的染料,甚至分散染料也几乎不能使丙纶染色。目前市场上销售的丙纶织物,一般采用纺前着色,制成色母粒,经纺丝,制成有色纤维。但是色母粒法获得的丙纶织物,只适合大批量生产,在色谱上远远满足不了消费市场多方面的和不断更新的要求,因此对丙纶的改性已成为当前急需解决的难题。

传统的分散染色技术需要高温高压,温度高于玻璃化转变温度时,大分子链获得运动自由能,分子内自由体积增大,有利于染料分子扩散进来;高压强迫染料分子挤进纤维分子中,与纤维大分子结合。如果在低温下染色,需要借助染料载体增强染料分子的穿透力。田慕川等^[26]路过添加不同比例的两种流动性好的极性高分子组分与聚丙烯纤维共混纺丝,制得了可纺性好的分散染料可染聚丙烯纤维,添加剂以分散相存在于聚丙烯基体中,疏松了纤维结构,提供了染料向纤维内部扩散通道,而由于极性基团的存在,增加了对染料分子的亲和力,使分散染料能被吸附固定在这些位置,从而提高了可染性。但分散染色法采用的化学药品有毒,染色后必须从染浴中除去,才能排放进周围环境。可见此法能耗大,易污染环境,间歇处理不利于工业的连续化生产。

酸性染料与纤维表面的作用有两种:染料分子上的磺酸基在水中电离成磺酸基负离子,再与纤维上正离子结合;染料和纤维非极性分子间以氢键和范德华力结合。同理,活性染料与纤维间的作用机理如下:



D——染料母体;R——反应基;X——取代基。

金杰等^[27]研究发现用空气、Ar、 N_2 、 O_2 等离子体处理的涤纶对分散染料的染色性没有提高,而对酸性染料、活性染料的染色性提高 2~3 级。由于等离子体刻蚀使非晶区减少,相对结晶度提高,不利于分散染料分子的扩散。而等离子体改性后纤维表面引入的极性基因,有利于与染料分子的化

学键合。Sarmadi 的等离子体接枝硅羟基,纤维表面变为酸性环境,为碱性染料的染色提供了新的途径。接枝的 SiCl_4 决定了纤维表面的基团类型,可以根据需要设计纤维表面的接枝官能团。

可见通过等离子体改性在纤维表面引入极性基团,为纤维染色技术开辟了新的途径。为了提高聚丙烯纤维的染色性。可以通过等离子体接枝聚合,在其大分子链上引入能与不同染料作用的极性基团,达到提高染色性的目的。

1.2 常压辉光放电等离子体

近来的研究热点是常压等离子体,最近发展了大气压等离子体喷枪和大气压均匀辉光放电等离子体。一般认为辉光放电等离子体只有在低压下才能获得,研究表明只要满足一定条件,1 个大气压下也可产生具有同样电气特性的辉光放电。早在 20 世纪 30 年代就有低压引发的 1 个大气压辉光放电等离子体的报道,直到 80 年代中期,关于 1 个大气压下均匀辉光放电等离子体(OAUGDP)的研究才逐渐增多。我国在这方面的报道还很少见,国外已对其进行了试验和理论的研究及计算模拟^[28,29,30]。Roth 等提出了辉光放电的“离子捕集机理”,即在合适的频率范围内,电场改变方向时,运动速度快的电子已逃逸出电场到达阳极,而运动慢的离子还未到达阴极就随电场改变运动方向,这样离子被束缚在电场中进行振荡运动。Massines 等进行了补充,认为电子不是完全逃逸出电场,而是有少部分残余电子作为种子电子引发下次电离,这是获得常压辉光放电的必需条件。OAUGDP 具有低压直流一般辉光放电等离子体的所有电气特性,是空气或其他气体在大气压强下放电产生的冷等离子体。辉光放电等离子体持续时间长、均匀、功率密度较低,特征功率密度是几十微瓦到几瓦特每平方米,可避免加热或损伤工件表面。低压等离子体对化学纤维及聚丙烯纤维的表面改性取得了较好效果,而采用大气压辉光放电等离子体对聚丙烯纤维的改性还未见报道。

Kanazawa 等^[31]用 He/CF_4 等离子体处理涤纶,发现疏水性提高,接触角由原来的 70° 上升到大于 100° ,没有时效性;同样条件下 He 等离子体处理使接触角由 70° 降低到 45° 。用 $\text{He}/\text{CF}_4/\text{O}_2$ 或者 He/O_2 辉光等离子体处理过的纤维具有亲水性,接触角随 $\text{O}_2/(\text{O}_2 + \text{CF}_4)$ 的增加相应下降,但放置后有衰减现象。对 He/CF_4 等离子体处理的涤纶进行 XPS 分析发现 F/C 比例下降, O/C 不变,放置 9 个月接触角不变,可能由于纤维表面存在大量氟原子,少量氟原子的丢失不会影响接触角。Wakida 等^[32]对羊毛与涤纶进行了 $\text{He}/\text{Ar}, \text{Ar}/\text{丙酮}$ 1 大气压的等离子体处理,处理时间 30s,纤维的表面能增加,吸水性提高。化学分析电子能谱(ESCA)分析表明是氧成份提高了。而 He/Ar 的处理效果比 $\text{Ar}/\text{丙酮}$ 好,可能是 He/Ar 等离子体主要起了刻蚀作用,而 $\text{Ar}/\text{丙酮}$ 等离子体导致丙酮聚合,纤维表面的亲水沉积层增加了吸水性。

Tsai 等^[33]研究表明, CO_2/H_2 等离子体处理过的聚丙烯薄膜吸水性不及 CO_2 等离子体的,而高温处理后的吸水性下降,可能生成的羟基、羧基、羰基进一步反应转化为醚或者酯基。而 CO_2/O_2 等离子体处理 1 min 的薄膜亲水性比仅用 CO_2 效果好。ESCA 分析表明聚丙烯膜表面存在羰基、羧基和羟基, O/C 比例由 0.01 提高到 0.193, SEM 分析表明表面粗糙度增加。影响纤维吸水性的因素包括电源频率、电压、极板间距、工作气体种类、处理时间和工作气体温度。这些参数互相依赖,只有选择合适的反应条件,才能进行有效的表面改性。

常压辉光放电等离子体的研究还在进行中,对其反应条件、机理等的研究还不太充分。虽然在此条件下对涤纶、羊毛、聚丙烯薄膜等的表面改性均取得了明显效果,但对聚丙烯纤维的改性还未见报道。OAUGDP 具有低压辉光放电等离子体的所有电气特性及相同改性效果,在合适的反应条件下有望对聚丙烯纤维取得良好的改性效果。

2 结束语

纤维的化学改性需要高温高压,加热烘干,废液处理等工序,因而操作复杂,浪费能源,污染环境,还容易造成高聚物机械性能下降。低温等离子体法避免了以上缺点,是一种完全不用水的干法工艺,设备投资少、操作简单、高效、环保。而且经过大量研究,对化纤的改性取得了明显效果,有的已经工业化。

与射线、电子束、电晕、无声放电等方法相比,辉光放电等离子体的表面改性因其独特优点更适合纤维的表面改性。在低压等离子体表面改性基础上,目前的研究热点转向了常压辉光放电等离子体,它具有低压等离子体的改性效果,但不需抽真空,节省能源、工序简单、效率高,适合于工业连续化生产,是一项很有前途的表面改性技术,但目前对它的研究还不充分。美国得克萨斯大学的UTK实验室已经实现了大气压下空气辉光放电,在此条件下如果对丙纶进行改性将能取得巨大的经济效益。

参考文献:

- [1] 郁铭芳.合成纤维,2000,29(1):3.
- [2] 倪天民.合成纤维工业.1994,17(6):37.
- [3] 余坚,何嘉松.高分子通报,2000,3:66.
- [4] 李颖,谢续明,陈年欢.高分子通报,2000,2:73.
- [5] 赵化侨.等离子体化学与工艺.合肥:中国科学技术大学出版社,1993.
- [6] Ryu J, Wakida T. Textile Res J, 1991,61(10):595.
- [7] Hautajarvi J, Finland S L. Textile Res J, 2000,70(5):391.
- [8] 郑光洪,李振华,阳建斌,等.纺织学报,1999,20(1):44.
- [9] 顾彪,彭静,等.大连理工大学学报,1999,39(6):726.
- [10] 姚占海,饶蕾,等.高分子材料科学与工程,1997,13:16.
- [11] 吴人洁.高聚物的表面与界面.北京:科学出版社,1998.
- [12] 张开.高分子界面科学.北京:中国石化出版社,1997.
- [13] 王文序,蔡谨,等.材料科学与工程,1997,15(2):49.
- [14] 张瑞峰,李兴林,等.功能高分子学报,1994,7:13.
- [15] 敖玲,刘裕明,等.中央民族大学学报,1997,6:130.
- [16] Yasuda H. Polym Sci, 1981,19:1278.
- [17] 孙慕瑾,胡宝荣.化学与粘接,1990,(1):22.
- [18] 孙宁,刘倩,戚绍祺,刘学恕.高分子材料科学与工程,1994,2:34.
- [19] 潘力军,浦伟光,章红,等.合成技术及应用,1996,12(1):5.
- [20] 金郡潮,戴瑾瑾,陆望,等.印染,2000,6:11.
- [21] Bhat N V, Benjamin Y N. Textile Res J, 1999,69(1):38.
- [22] Sarmadi M, Ying T H, et al. Textiles Res J, 1993,63(21):697.
- [23] Sarmadi M, Denes A R, et al. Textile Chemist and Colorist, 1996,28(6):17.
- [24] Negulescu I, Despa M, et al. Textile Res J, 2000, 70(1):1.
- [25] Rakowski W, et al. Molliland Textilber, 1989, 70:780.
- [26] 田慕川,付中玉.北京服装学院学报,1994,14:23.
- [27] 金杰,刘学恕,等.合成纤维工业,1994,17:31.
- [28] Yokoyama T, Kogoma M, et al. J Phys D:Appl Phys, 1990, 23:1125.
- [29] Massines F, Rabehi A, Decomps P, et al. Journal of Applied Physics, 1998, 83:2950.

