

改变聚合物表面张力的方法与案例

陶永亮

(重庆川仪工程塑料有限公司, 重庆 400712)

摘要: 了解聚合物表面张力(或表面能),对研究聚合物在涂层、印刷、黏接等方面的操作具有重要指导意义^[1]。本文介绍了聚合物表面张力定义和部分聚合物表面张力测试方法,分别对涂层、印刷、黏接过程中聚合物表面张力不适宜时,做出了改变聚合物表面张力的对应措施,结合案例进行一定的描述。解释了对涂层、印刷、黏接后样件检测其结果的主要试验方法。聚合物表面张力改变是较复杂的过程,涉及到聚合物各方面性能,改变表面张力目的是让聚合物发挥更大的作用,为人所用。

关键词: 聚合物;表面张力;涂层;印刷;黏接

中图分类号: TQ325

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)01-0005-06

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.01.002

高分子材料具有其独特的性能,在工业、农业、国防、民用生活各个领域得到了广泛地应用,为国民经济发展做出了重要贡献。对于聚合物产品表面性能与其本体的性能同样重要,随着人们对产品表面质量和功能的追求,需对塑料表面要做些镀膜(涂层),油墨印刷、黏接等二次处理提高其表面质量与应用,在与其处理过程中,都与塑料表面张力有着重要的关系。表面张力是材料界面的最基本性能之一。表面张力与聚合物表面理化性质对其应用有着重要的影响。本文就塑料产品二次加工中对塑料表面张力测试与处理等,将作出相应的措施,以大家了解与掌握。

1 聚合物表面张力定义与测试

1.1 表面张力定义

表面张力(surface tension)定义:液体表面层由于分子引力不均衡而产生的沿表面作用于任一界线上的张力。水等液体会产生使表面尽可能缩小的力,这个力称为“表面张力”。表面张力是一种物理效应,它使得液体的表面总是试图获得最小的、光滑的面积,就好像它是一层弹性的薄膜一样。其原因是液体的表面总是试图达到能量最低的状态。广义地所有两种不同物态的物质之间界面上的张力被称为表面张力。生活中清晨凝聚在叶片上的水滴、水龙头缓缓垂下的水滴,都是在表面张力的作用下形成的。此外,水黾之所以能站在水面上,也是由于表面张力的作用^[2-3]。

聚合物表面张力研究是较复杂的过程,涉及到聚

合物的各方面性能,本文就以直接相关内容作些了解与介绍。聚合物表面张力与表面自由能有着紧密的联系。表面自由能在一定条件下(如给定 T 、 P)增加单位表面所引起体系自由能的变化。表面张力在一定条件下(如给定 T 、 P)增加单位表面长度所需要的力。表面自由能和表面张力越大,体系越趋向于减小表面积。温度对表面张力影响较复杂,对绝大多数小分子体系,表面张力随温度升高而线性下降,对绝大多数高分子体系也有同样的变化规律,但下降幅度小于小分子体系^[4]。

聚合物的表面张力与材料本体分子量有关系,研究表明:同系高聚物的表面张力随分子量的增加而增加。表面张力 σ 不是与分子量的 M^{-1} ,而是与 $M^{-2/3}$ 呈线性关系,如式1所示。

$$\sigma = \sigma_{\infty} - K_b / M_n - 2/3 \quad (1)$$

式1中的 σ_{∞} 为分子量无穷大时表面张力(常数); K_b 为常数; M_n 为高聚物数均分子量。

聚合物有晶态与非晶态之分,晶态的密度高于非晶态,由此晶态的表面张力高于非晶态。当然影响表面张力的两个因素是温度和分子结构。液体表面张力测定由经典物理化学方法测定,聚合物形成产品后的固体,其表面分子没有流动性,表面张力测定没有直接的方法,只能通过间接的方法或估算方法^[5]。聚合

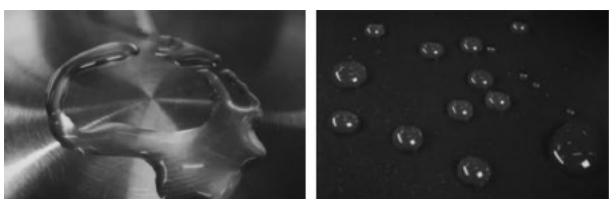
作者简介:陶永亮(1956-),男,教授级高级工程师,从事高分子材料先进应用与模塑一体化成型工艺研究。

收稿日期:2023-03-27

物表面张力随温度升高而呈线型降低。聚合物表面张力通常随分子量增大而增大。聚合物表面结构相似,但表面组成不同,影响聚合物的等当比容与密度,导致表面张力的改变。结晶型聚合物从溶体冷却成晶体的相比过程中发生密度的转折变化,表面张力也会转折变化^[6]。

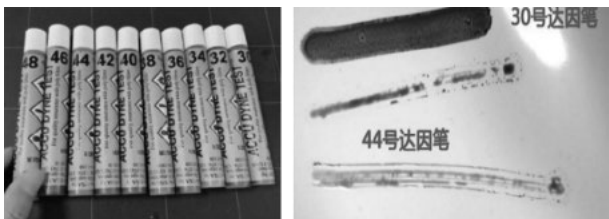
1.2 聚合物表面张力测试

固体表面自由能(简称表面能)与表面张力联系较大。根据固体表面自由能大小,划分为低表面能材料与中表面能材料。对高表面能材料表面张力则大,表面润湿性则强,低表面能材料表面张力则小,表面润湿性则弱。如图1所示符合荷叶效应。



(a) 高表面能材料表面润湿性则强 (b) 低表面能材料表面润湿性则弱
图1 材料表面润湿情况示意图(网图)

目前尚无直接测定聚合物表面张力的方法,这是固体聚合物不具有流动性,现有的测定表面张力技术不能使用^[7]。聚合物表面张力测试是通过间接方法或估算方法获得,目前主要是用达因笔较为方便,又称表面张力测试笔、电晕处理笔、塑料薄膜表面张力检测笔等^[8]。达因笔测试表面张力原理:用已知浸润张力的测试涂覆在待测材料表面,观察测试液的浸润情况,进行表面张力大小的测定^[9]。常用达因笔测量值为28~72 mN/m(或28~72 mN/m两种单位形式为等同,下文中略去单位)达因值为双号,可根据使用情况进行选购,如图2(a)所示。



(a) 达因笔示意图 (b) 达因笔测试示意图
图2 达因笔与测试示意图(网图)

测试前先确定环境温度、空气湿度、以及被测物体表面温度是否达到达因笔标定的标准条件(温差越大,测量误差越大)。测试方法图2(b)所示塑料袋张力测试,当30mN/m笔测试时,在2s内达因笔润湿了基材表面,没有收缩或分散情况,说明表面张力等

于或大于30 mN/m;当44 mN/m笔测试时,在2s内达因笔没有润湿了基材表面,出现收缩或分散水珠情况,说明表面张力小于44 mN/m。还可用大于30 mN/m笔测量,以此类推,直到测试结果在2s内改缩成水珠(球状),则这测试之前一次的值被视为基材表面能,并作比较用。塑料袋PP材质在温度20℃时表面张力是31~33 mN/m^[10]。达因笔使用方便,保质期为6个月^[11]。

2 塑件表面张力改变案例

塑件表面张力改变是根据使用情况进行选择。目前对低表面能材料或工程塑料进行二次加工时,处理表面以改变表面张力特性,从而获得较好地黏附力,通过表面上喷底漆涂料、等离子处理、火焰处理等方法改变产品的表面张力。

2.1 真空镀铝喷底漆获得好的铝层附着力

真空镀铝是对塑料表面二次加工方法之一,镀铝广泛应用于车灯领域。车灯应用工程塑料有聚碳酸酯(PC)、改性聚丙烯(PP-T2)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯组成的三元共聚物(ABS)等^[12]。PC属于极性高分子,表面湿张力在46 mN/m^[13],与镀铝层结合力很好,不做处理,即在基材上直接镀铝和保护膜。

PP-T20和ABS表面张力都是较低,与镀铝层结合力较差,通过喷涂底漆获得较好地表面张力,提高附着力。如图3(a)所示为ABS材料加工汽车后雾灯体,ABS表面张力为34~38 mN/m^[14],ABS是三元共聚物,内在的成分比例有些差异,表面张力是个范围值,可喷涂底漆(涂料低聚物环氧丙烯酸酯)改善ABS表面张力^[15]。

真空镀铝附着力检测是一项重要指标,依据GB/T 28786—2012《真空技术真空镀膜层结合强度测量方法 胶带黏贴法》。附着力检测是基本项目,用小刀在镀铝试验面刻划100个间隔为1 mm的小方格,用3M胶带紧紧地黏贴其面,从垂直方向迅速撕开胶带,观察胶带上有无剥落的金属膜。目测无法观察清楚时可用10倍显微镜观察,无金属镀层剥落等不良现象为合格^[16]。ABS未经喷涂底漆,附着力检测会有不同程度的金属镀层剥落等。PP-T20后灯灯体处理同ABS雾灯体方法相同,如图3(b)所示。

2.2 蓄电池槽电晕处理获得好的油印黏附力

蓄电池外壳起源20世纪80年代末。汽车干荷起动机和免维护、少维护起动机蓄电池外壳由盖子和槽



图3 喷涂底漆镀铝件示意图

子组成(下简称盖或槽)用料是共聚级聚丙烯^[17]。PP耐热性能好,长期耐温100℃左右^[18],具有优良的化学稳定性,耐酸碱和有机溶剂,电绝缘性能优良,制品不易变形。盖与槽装配连接用热封黏接强度高。电池槽两个正表面要丝网印字,蓄电池生产厂家商标,规格,加液液面线等需要让用户知道,如图4所示。



图4 蓄电池槽印字与丝网油印示意图

电池槽丝网印刷为塑料件二次加工,用于外观装饰。PP结晶度较高、表面张力低的非极性分子材料,其表面张力31~33 mN/m,印刷前应极性表面处理改善油墨附着性^[19]。其方法机械法(喷砂及磨毛);物理法(火焰、电晕、高能辐射);化学法(表面氧化、接枝、置换及交联)等。针对电池槽特点,采用火焰或电晕处理提高表面张力^[20]。

火焰处理法是用强氧化焰使塑料表面氧化的过程,用于提高PP印刷和黏接特性等。一般要求表面张力值达到41 mN/m,PP材料本身表面张力无法满足,火焰处理后表面张力达48 mN/m。火焰处理改变其表面张力可提高工件后续丝印质量^[21]。

火焰处理时高温下塑料表面大分子发生氧化反应产生极性基团,还对表面分子聚集的结构形态产生影响,使水基覆盖膜附着在塑料表面上。一般用自制天然气喷灯,形成温度高达1 000~1 800℃的氧化火焰,来达到瞬间改变薄膜表面性能的目的,在处理中火焰温度、火焰与薄膜之间的距离和处理时间是影响处理效果的重要因素。火焰处理是人为操作,按一定轨迹火焰头在电池槽表面上20 cm距离处进行移动,使火焰的外延接触塑料表面瞬间达到1 000℃的高温,电

池槽处理后在30 min内完成丝印效果较好。

电晕处理(又称电火花处理)是将高压(2~100 Kv)、高频(2~20 kHz)电施加于电极上,在两电极间产生电晕放电,以产生大量的等离子气体及臭氧,这些等离子气体和臭氧与塑料表面作用,达到改变表面张力的目的^[22]。电池槽表面经过电晕处理后,使表面产生游离基反应而使聚合物发生交联,表面变粗糙并增加其对极性溶剂的润湿性,离子体由电击和渗透进入被印体的表面破坏其分子结构,将被处理的表面分子氧化和极化,离子电击侵蚀表面,表面由光滑变得粗糙并存在着大量细小的空隙。丝印油墨涂在电池槽表面的空隙内,固化后被机械地镶嵌在孔隙中,形成许多微小的机械联接点,提高了油墨黏接力和丝印表面附着能力。电池槽电晕处理表面后张力显着提高,但张力不稳定,放置时间增长表面张力呈指数规律下降,应在处理后及时印字。

油墨是丝网印刷中重要的材料,电池槽丝网油墨是专用聚丙烯油墨,对电池槽表面处理好再用油墨印刷。上世纪90年代中期,油墨厂家研制出免处理油墨,不需对电池槽表面处理,只需对电池槽用汽油对表面进行擦拭(脱脂处理)达到丝印效果。

油墨与电池槽表面附着力检查方法参照国家GB/T9286—1998色漆和清漆漆膜的划格试验,用小刀在试验面刻划100个间隔为1 mm的小方格,切割划透至底材面,用黏附力350~400 g/cm²胶带(可用3M Scotch胶带),牢牢的黏住被测试的小方格,用手按住胶纸的另一端,以60°方向迅速拉下胶纸。切削边缘刀口处平整,无油墨黏在胶纸上为合格^[23],与镀铬百格试验类同。也有根据需要不做百格,直接用3M胶带试验。

耐酸性是电池酸液流在丝印油墨上不发生溶解,检查其附着力采用湿擦法,用电池酸液在丝印字表面上进行湿擦,湿擦次数在20次以上印字有无变样;还有在印字表面涂覆酸液,放在40~50℃温度烘箱里烘10 min印字有无变样^[24]。

2.3 塑料件表面处理获得好的黏接力

塑料之间(含与其他材料)黏接是塑件二次加工中必不可少的环节。聚合物之间(含与非金属或金属之间)黏接等都存在聚合物基料与不同材料之间界面黏接问题。黏接是不同材料界面间接触后相互作用的结果,靠分子间吸引力而黏接东西。被黏物与黏料的界面张力、表面自由能、界面间反应等都影响黏接。

黏接不同于涂层和印刷，是综合性强，影响因素复杂的一类技术，目前行业界有吸附理论、化学键形成理论、弱界层理论、扩散理论、静电理论、机械作用力理论等从各个层面诠释黏接原理^[25]。

为达到良好的黏接，吸附理论有两个条件满足。一是黏接剂要能很好的润湿被黏物表面；液体黏接剂向被黏表面扩散，逐渐润湿被黏物表面并渗入表面微孔中，由点接触变成面接触。二是黏接剂与被黏物之间有较强的相互作用力；产生吸附作用形成次价键或主价键^[26]。从图5中看出与图2(a)同理，表面张力大，润湿能力差，表面张力小，润湿能力好。聚合物是表面张力小容易浸润黏合界面附着力好，表面张力大会让胶水呈蜡滴状圆球不扩散，溶剂胶水一般因溶剂在25~35 mN/m之间不需调张力够小^[27-28]。

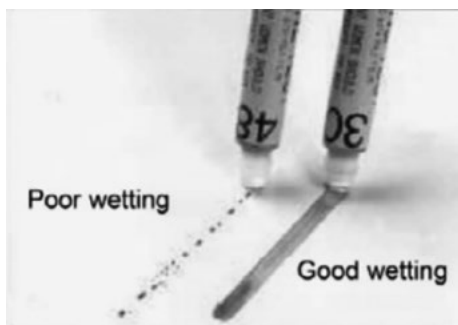


图5 表面张力与润湿性能关系示意图(网图)

液态硅胶(又称液体硅胶,简称LSR, Liquid Silicon Rubber)是相对固体高温硫化硅橡胶来说其为液体胶。液态硅胶以聚有机硅氧烷线型高分子材料,添加某些成分,再按严格的工艺要求,加工制成具有一定抗拉伸强度的液体胶。液态硅胶具有较强的耐高低温、耐酸碱、耐老化、抗氧化、高透明度、疏水性、柔软性、透过性、生理惰性 etc 特性,其更安全环保、可完全达到食品级的特点。广泛用于电子,消费性产品,婴幼儿用品(奶嘴),医疗用品及电子产品(按键)等^[29-30]。图6所示。



(a) 电子产品中按键 (b) 智能穿戴产品

图6 液态硅胶所做的产品示意图(网图)

注射成型液体硅橡胶(LSR)全名为注射成型液体硅橡胶,硫化设备为硅胶注射机,与注塑不同。液

体硅胶制品加工设备有射出机、压料机。原料是水稠状,分A、B两组分。利用压料机把A、B组分的原料按照合适比例混合均匀后压到射出机的料筒里混合,通过射嘴再把它压进热模具型腔成型^[31]。

智能穿戴产品中LSR与PA黏接较多,LSR的主链十分柔顺,其分子间作用力比碳氢化合物要弱得多,比同分子量的碳氢化合物黏度低,表面张力弱。PA属于极性分子材料,其表面张力为46 mN/m。LSR与PA黏接方法用硅胶黏接底涂剂是G790,它是反应性硅氧烷和硅烷在有机溶剂中的溶液。G790不含甲苯和其他芳香族溶剂。底漆组合物可以这样或稀释地应用于基材。在溶剂蒸发过程中,在环境温度下暴露于大气湿度时,形成一层坚硬的底漆膜,牢固地附着在基材上。在引物基板上应用硅橡胶和随后的硫化将导致硅橡胶与基板之间的紧密结合^[32],这种没有胶黏剂的LSR与塑件黏接是靠底涂剂来实现。还有将尼龙表面处理好,将硅胶黏接剂CL-24S-15用刷涂或浸渍法或喷涂法均匀的涂到尼龙待黏黏接面,将涂CL-24S-15的尼龙经过110~130℃烘烤15~20 min,将未硫化硅胶与尼龙高温压铸或热空气硫化黏接^[33]。上述底涂剂和黏接剂都有改变聚合物表面张力作用,有较好地黏接力。

市场还有自黏接LSR,不需要使用底涂就能与多数基材有良好的黏接性^[34]。这不仅解决了使用底涂的缺点,而且加大了LSR和其他素材的复合部件研发与生产。以往传统工艺分别加工零件,两者黏结面涂上黏接剂后再组装。使用自黏接LSR采用LSR-PA共成型加工,把先加LSR件放模内进行PA注塑,所有黏结问题得到解决^[35]。自黏接LSR在汽车行业及其他领域得到广泛应用。Wacker公司开发自黏接液体硅橡胶Elastosil LR347,其在极短时间内充分硫化,具有特别高的撕裂强度。即便不涂底层能与橡胶,塑料,金属和玻璃都有极好的黏接性,是制作复合制品较理想的材料,已经用于食品接触的家庭用品,婴儿用品和卫生保健品等^[36]。

等离子法技术是利用等离子体高能轰击、活化反应等物理化学方法,将污染物从工件上剥离去除的一种工艺方法。起到表面有机物除去,有机物除去后表面活性化。用等离子法处理PP、PE、聚四氟乙烯等难黏接材料的黏接强度大大提高。经处理后接触角降低,表面张力改变,增加黏接剂对其浸润和黏接力^[37-38]。如表1所示。等离子法处理需要投入处理设备,

要根据实际需要选择。

表1 部分材料等离子处理前后对比表

材料	黏接强度 /MPa		材料	黏接强度 /MPa	
	未处理	处理后		未处理	处理后
高压 PE	2.2	22.0	聚酯 B	4.3	8.3
低压 PE	2.5	10.3	聚氟乙烯	2.0	9.0
尼龙 6	6.0	27.8	聚碳酸酯	2.9	6.5
PS	4.0	28.2	PP	2.6	21.7
聚酯 A	3.7	11.7	聚四氟乙烯	0.53	5.3

检查黏接材料与黏接是通过试验方法检测。试验能测定胶黏剂本身强度,还能评价黏接技术、表面清洁、表面处理的有效性、胶层厚度和固化条件等问题。主要性能有拉伸、剪切、剥离、弯曲、冲击和劈裂强度和耐久性、疲劳、耐环境性和传导性等。拉伸试验是负荷作用垂直于胶层平面并通过黏接面中心的试验。ASTM D897 黏接接头拉伸强度测试方法是保留在 ASTM 中有关胶黏剂最古老的方法之一。拉伸试验是评价胶黏剂最普通的试验。拉伸试验的优点是能得到最基本数据,拉伸应变、弹性模量和拉伸强度。

剪切应力是平行于黏接面所产生的应力。所用的剪切试验方法,除了 ASTM D1002 之外,还有 ASTM D3163,它与 ASTM D1002 相比,构形几乎相同,只是厚度不同。该方法解决了胶黏剂易从边缘挤出来的问题。ASTM D3165(层压复合的胶黏剂们拉伸剪切强度测试方法)说明了如何制备试件来测定夹层结构的拉伸剪切强度。

剥离试验用于测定柔韧性胶黏剂承受局部应力集中的能力。剥离力被认为是作用在一条线上,即是线受力。被黏物越柔软,胶黏剂模量越高,则面受力就越趋于线受力,应力就很大。胶黏剂的剥离强度与胶层厚度有关,随着胶层厚度增加,胶黏剂因其弹性变形,而使黏接面积增大,所以剥离强度相对也要高一些。ASTM D3167 是测定胶黏剂浮辊剥离强度的试验。ASTM D903 是黏接接头的剥离或撕裂强度的测定方法^[39]。

3 结束语

聚合物的涂层、印刷、黏接等是塑料件二次加工必不可少的工艺,通过涂层、印刷、黏接等拓展塑料件应用范围,给人们应用塑料带来极大的方便,增加产品的美观度。聚合物表面张力与聚合物本身材质有着紧密的关系,通过测量表面张力,对表面张力不适的聚合物进行一系列的改进,达到改变其表面张力,

为塑料件二次加工服务。对二次加工后产品的检测是重要环节,检测目的则是验证涂层、印刷、黏接的实际效果,也间接验证表面张力改变情况。目前聚合物表面张力改变操作和检测多数采用人工操作为主,随着科技进步,期待有智能化操作或先进材料涌现,促进涂层、印刷、黏接的广泛使用。

参考文献:

- [1] 杨鸣波,唐志玉主编.中国材料工程大典.第7卷,高分子材料工程.下[M].北京:化学工业出版社,2005.8:421.
- [2] 表面张力的定义是什么?[EB/OL].[2021-08-12].<https://wenda.so.com/q/1638722780210264>.
- [3] 表面张力[EB/OL].[2022-03-28].<https://baike.so.com/doc/2534749-2677722.html>.
- [4] 聚合物的表面张力及应用[EB/OL].[2016-06-02].<https://www.docin.com/p-1613917401.html>.
- [5] 高分子材料的表界面[EB/OL].[2020-04-05].<https://www.docin.com/p-2339032693.html>.
- [6] 杨鸣波,唐志玉主编.中国材料工程大典.第7卷,高分子材料工程.下[M].北京:化学工业出版社,2005.8:423.
- [7] 孙慕瑾,笪有仙.固体聚合物的表面张力研究[J].玻璃钢/复合材料,2004(5):7-8.
- [8] 达因笔[EB/OL].[2022-06-18].<https://baike.so.com/doc/1695557-1792805.html>.
- [9] 如何测量基材的表面张力?[EB/OL].[2007-01-31].<https://zhidao.baidu.com/question/19337131.html>.
- [10] 聚丙烯(PP)塑料的表面张力是多少[EB/OL].[2014-06-09].<https://wenda.so.com/q/1637572582211451>.
- [11] 一般达因笔的有效期是多久?[EB/OL].[2019-08-10].<https://wenda.so.com/q/1567199453211637?src=140&q=达因笔保质期>.
- [12] 陶永亮.工程塑料在汽车车灯上的应用介绍[J].橡塑技术与装备(塑料),2021,47(8):23-27.
- [13] 双酚 A[EB/OL].[2021-09-26].<https://baike.baidu.com/item/双酚A>.
- [14] ABS 的表面张力是多少[EB/OL].[2020-07-26].<https://zhidao.baidu.com/question/590852487542667645.html>.
- [15] 陶永亮.带底涂镀铝 ABS 车灯变形问题的解决[J].电镀与涂饰,2016,35(10):536-539.
- [16] 陶永亮.真空镀铝膜在汽车灯具上的应用[J].电镀与涂饰,2014,33(13):573-576.
- [17] 陶永亮.调整浇口解决电池槽产品缺陷的方法[J].工程塑料应用,2011,39(9):81-84.
- [18] PP 塑料最高耐温多少[EB/OL].[2016-11-30].<https://wenda.so.com/q/1502263722217687>.
- [19] 藏广州.丝网印刷技术分册(上卷)[M].合肥:安徽音像出版社.2003.11:770.
- [20] 黏接中的表面处理 PPT[EB/OL].[2017-03-23].<https://www.doc88.com/p-7876386878398.html>
- [21] 江阴市亚太涂料有限公司.塑料表面的处理方法[EB/OL].[2012-1-15].<http://www.jyyatai.com/index.asp>;
- [22] 何炜德.电晕处理[J].塑料,1989,18(5):38-41.

- [23] 陶永亮. 灯具注塑件真空镀膜附着力等检查方法 [J]. 塑料制造, 2011,200(4):93-97
- [24] 陶永亮. 汽车蓄电池塑壳丝网印字浅识 [J]. 塑料制造, 2012(11):60-64.
- [25] 黏接原理 [EB/OL].[2017-09-06].<https://zhuanlan.zhihu.com/p/29100653>.
- [26] 周晓东. 黏接中的表面处理 [EB/OL].[2017-03-23].<https://www.doc88.com/p-7876386878398.html>.
- [27] 胶黏剂的表面张力越大, 表面能越低, 黏接效果越好, 是这样么? [EB/OL].[2021-11-11]. <https://wenda.so.com/q/1643530037211861>.
- [28] 固体胶 pvp 和 pva 的差别有哪些? [EB/OL].[2019-12-10]. https://www.sohu.com/a/359484010_100083836.
- [29] 液体硅胶 [EB/OL].[2022-05-24]. <https://baike.so.com/doc/6805472-7022401.html>.
- [30] 液态硅胶的应用领域 [EB/OL].[2021-05-04].https://m.kuyibu.com/botan/si_428634.html.
- [31] 液体硅胶注射成型工艺介绍 [EB/OL].[2022-07-17].http://www.ahxjyjg.com/page9?article_id=253.
- [32] 瓦克化学 .WACKER® PRIMER G790 TOLUENE FREE[EB/OL].<https://www.wacker.com/h/zh-cn/silicone-rubber/primer-for-silicone-rubber/wacker-primer-g-790-toluene-free/p/000002036>.
- [33] 液体硅胶黏尼龙用什么胶水好? [EB/OL].[2016-10-31]. https://www.kanglibang.com/Article/ytgjznlysm_1.html.
- [34] 张桂华. 新型加成型液体硅胶及其应用 [J]. 特种橡胶制品, 2006,27(4):59-61.
- [35] John Timmerman. Coinjection molding for liquid silicone rubber[J].World Rubber,1999,220(3):35.
- [36] Wacker silicones. liquid silicone rubber[J].World Rubber,2004,231(3):64.
- [37] 等离子清洗技术 [EB/OL].[2023-03-17]. <https://mp.weixin.qq.com/s/iWV1sNKcUzFtPDbtjiINCg>.
- [38] 材料黏接表面处理与胶接 [EB/OL].[2020-06-07].<https://www.doc88.com/p-21599082818412.html>.
- [39] 胶黏剂和胶黏试验 [EB/OL].[2016-04-11].<http://glueok.net/newslist/118.html>.

Methods and cases of changing the surface tension of polymers

Tao Yongliang

(Chongqing Chuanyi Engineering Plastics Co. LTD., Chongqing 400712, China)

Abstract: Understanding the surface tension (or surface energy) of polymers is of great guiding significance for studying the operations of polymers in coatings, printing, bonding, and other fields. This article introduces the definition of polymer surface tension and some testing methods for polymer surface tension. Corresponding measures to change the surface tension of polymers during coating, printing, and bonding processes are proposed, and described in combination with case studies. Meanwhile, the main methods for sample testing after coating, printing, and bonding were explained. The change of polymer surface tension is a complex process that involves various properties of the polymer. The purpose of changing surface tension is to enable the polymer to play a greater role and be used by humans.

Key words: polymer; surface tension; coating; printing; adhesive bonding

(R-03)

《橡塑技术与装备》投稿邮箱: crte@chinarppte.com

欢迎投稿, 欢迎订阅, 欢迎惠登广告