

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2023.09.008

射出钩用尼龙6专用料研制

余进娟,王承刚,何杰,李春松,张学锋,任业伟,张蕊,高信康,刘苏芹

(余姚中国塑料城塑料研究院有限公司,浙江宁波 315400)

摘要: 为了提高粘扣带射出钩粘接性能,以尼龙6为基体树脂,添加不同配比的增韧剂、成核剂和脱模剂,通过挤出模压制得一系列粘扣带用射出钩专用料。考察了射出钩尼龙6专用料的熔体流动速率(MFR)、拉伸强度、断裂伸长率和耐化学性能分析。利用粘扣带疲劳试验装置分别进行耐疲劳次数1 000,2 000和3 000测试,分析三种射出钩尼龙6专用料的剪切强度和剥离强度,探究其抗疲劳性能,并对以上三种射出钩尼龙6专用料表面进行了电子显微镜观察。结果表明,随着增韧剂含量的增加,射出钩尼龙6专用料的MFR减小,拉伸强度降低,断裂伸长率增大,具有一定的耐酸碱性,其中耐碱性能优于耐酸性能。参照GB/T 23315-2009标准,耐疲劳次数达1 000时,射出钩尼龙6专用料剪切强度高于标准值7.5 N/cm²,剥离强度高于标准值1.6 N/cm,但随着耐疲劳次数的增加,性能呈下降趋势。综合实验过程得出,尼龙6树脂83.1%,增韧剂15%,成核剂0.4%,脱模剂1.5%为最佳配比。

关键词: 射出钩;粘扣带;钩面;尼龙6专用料

中图分类号: TQ323.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2023)09-0046-05

Development of Special Material for Hook-Loop Polyamide

She Jinjuan, Wang Chenggang, He Jie, Li Chunsong, Zhang Xuefeng, Ren Yewei, Zhang Rui, Gao Xinkang, Liu Suqin

(Yuyao Plastics City of China Research Institute, Ningbo 315400, China)

Abstract : In order to improve the adhesive performance of the injection hook of the velcro, a series of special materials for the hook of the velcro were prepared by extrusion molding with nylon 6 as the matrix resin, adding toughening agent, nucleating agent and release agent of different proportions. The melt flow rate, tensile strength, elongation at break and chemical resistance of the special materials for hook polyamide were investigated. The shear strength and peel strength of three kinds of hook polyamide materials were analyzed and their anti-fatigue properties were investigated. The surfaces of these three kinds of injection hook polyamide materials were observed by electron microscope. The results show that with the increase of the content of toughening agent, the melt flow rate decreases, the tensile strength decreases, the elongation at break increases, and the alkali resistance is better than the acid resistance. According to the GB/T 23315-2009 standard, when the fatigue resistance number reaches 1 000, the shear strength of the hook nylon special material is higher than the standard value of 7.5 N/cm² and the peel strength is higher than the standard value of 1.6 N/cm, but with the increase of the fatigue resistance number, the performance shows a downward trend. The optimum ratio is: nylon 6 resin 83.1%, toughening agent 15%, nucleating agent 0.4% and release agent 1.5%.

Keywords : hook ; velcro ; hook surface ; nylon 6 special material

粘扣带又称魔术贴,是以锦纶(即尼龙)、涤纶等合成纤维材料制成的机织织带,由钩面带和毛面带组成,两带接触时,毛面带上的纤维线圈与钩面带上的钩结构形成勾合作用,形成粘接力^[1]。在受到一定横力作用下,具有弹性的钩面射出钩被拉直,从毛面上松掉而打开,恢复至原来钩型,粘扣带可

自由黏合和分离,使用极为便利,成为继纽扣、拉链后最为重要的箱包服饰连接辅料,已广泛应用于服装鞋帽、电子、医疗、包装、军工等领域。随着聚合物成型工艺技术的发展,结构型片状物挤出模压技术成为粘扣钩面带的主要生产工艺^[2],衍生出单面钩、双面勾、蘑菇头等众多类型的钩面带产品。

通信作者: 余进娟,副研究员,主要研究方向为高分子材料成型与加工

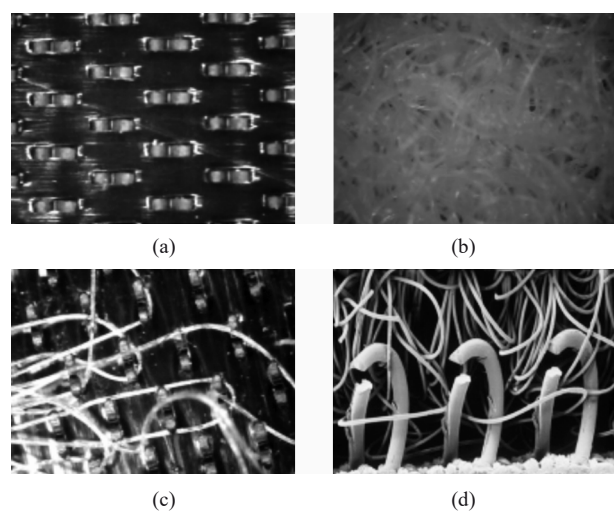
收稿日期: 2023-06-29

引用格式: 余进娟,王承刚,何杰,等.射出钩用尼龙6专用料研制[J].工程塑料应用,2023,51(9):46-50.

She Jinjuan, Wang Chenggang, He Jie, et al. Development of special material for hook-loop polyamide[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(9): 46-50.

传统涤纶材质粘扣带材质较硬,手感比较粗糙,易燃烧。尼龙材质粘扣带不易燃烧,且非常柔软,适用于服装上,安全环保。目前市场上以尼龙为基体树脂研制开发粘扣带呈主导趋势,且钩面带的制备方法以挤出模压为主^[3]。Zi等^[4]研制了一种尼龙粘扣带面料,可对织物或光滑表面进行自动机械抓取。

笔者以粘带扣钩面带材料为应用背景,选取尼龙6为基体树脂,分别添加不同比例的增韧剂、成核剂和脱模剂,制备优选出一种射出钩尼龙专用材料,同时探讨分析了不同添加剂、不同比例对专用料熔体流动速率(MFR)、拉伸强度、抗疲劳性、耐酸碱性等性能影响,满足市场上粘扣带使用要求,为粘扣带的研究探索提供了一种新的思路。



a—钩面带;b—毛面带;
c—钩面带与毛面带实际扣合图;d—钩面带与毛面带扣合示意图
图1 钩面带、毛面带及两面扣合图

1 实验部分

1.1 主要原料

尼龙6切片:YH-400,湖南岳化化工股份有限公司;

马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物(POE):WSL-50 J-6,自制;

羧酸钙盐:Licomont cav 102,科莱恩化工有限公司;

抗氧剂1010:汽巴精化有限公司;

硅酮:WSL-10L-1,自制;

乙撑双硬脂酰胺:花王化工有限公司;

粘扣毛面带:市售。

1.2 主要设备仪器

同向双螺杆挤出机:CTE-35型,南京科倍隆机

械有限公司;

注塑机:YH30型,宁波海天机电有限公司;

MFR试验仪:XNR-400AM型,承德科承试验仪器有限公司;

电子万能试验机:CMT5205型,美特斯工业系统有限公司;

粘扣带疲劳测试仪:GT-7082-E型,广东艾斯瑞仪器科技有限公司;

数码电子显微镜:B011型,深圳超眼科技有限公司。

1.3 试验过程

(1) 试样制备。

将尼龙6切片、增韧剂马来酸酐接枝POE、成核剂羧酸钙盐、脱模剂硅酮等组分按比例称取,见表1,高速混合,在同向双螺杆挤出机熔融挤出造粒,制得粘扣带尼龙专用料树脂颗粒。挤出温度220~255℃,螺杆转速400 r/min。

表1 实验原料各组分配比 %

试验号	增韧剂含量	成核剂含量	脱模剂含量
0 [#]	0	0	0
1 [#]	5	0.2	1.0
2 [#]	5	0.4	0.5
3 [#]	5	0.6	1.5
4 [#]	15	0.2	1.0
5 [#]	15	0.4	1.5
6 [#]	15	0.6	1.0
7 [#]	25	0.2	1.5
8 [#]	25	0.4	1.0
9 [#]	25	0.6	0.5

将树脂颗粒在100℃干燥4 h,采用挤出滚压工艺制备粘扣带钩面带。

(2) 拉伸强度试样制备。

注塑制备拉伸强度试样。

(3) 抗疲劳性能试样制备。

取0[#],2[#],5[#],8[#]四种射出钩样品,分别剪取长650 mm、宽50 mm的钩面带及毛面带2片,组成2组,得8组试样。

图2为粘扣带疲劳试验装置中的上下滚轮示意图。按0[#],2[#],5[#],8[#]样品顺序选取0[#]的第一组试样,将试样钩面带和毛面带分别环绕贴合在滚轮上,使得试样与滚轮平行并吻合,调整计数器,使样品离合1 000,2 000,3 000次,取下试样。0[#]第二组试样采用同样方法处理。

① 剪切强度试样制备。

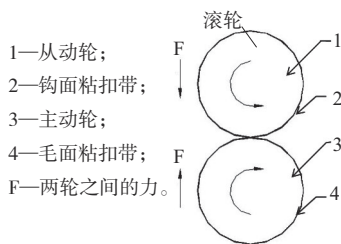


图2 粘扣带疲劳试验装置

按试样顺序,将经上述疲劳试验步骤所得的8组试样,每种序号取第一组试样,在其上裁取长度为100 mm,有效宽度为20 mm的4片钩面试样,再从毛面粘扣带上裁取同样长度大小的4片毛面试样,组成4组试样,每组试样包含一段钩面带和一段毛面粘扣带。

将钩面带钩面朝上放在平台上,毛面带毛面朝下放在钩面带上,使钩面带和毛面带两端错开,沿长边方向轻轻压合,并使其有效宽度为50 mm (如图3所示)。

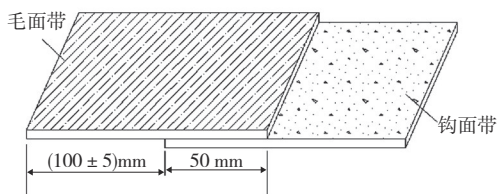


图3 剪切强度测试试样

用拉力试验机滚筒沿长度方向来回滚过试样共计10次,然后将试样翻面,防止试样弯曲。

②剥离强度试样制备。

取四种粘扣带中经疲劳试验后的第二组试样,参照剪切强度试样制备方法获得试样,且在黏合时将钩面带和毛面带的一端对齐,再轻轻压合,并使其有效长度为50 mm (如图4所示)。

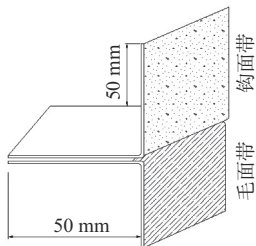


图4 剥离强度测试试样

(4) 耐酸碱性能试样制备。

取0#~9#尼龙6专用料树脂颗粒,按拉伸样条制备,每种试样制备6根,平分为两组,制得30根,统一编号。

①配置酸液 配置pH为3的硫酸溶剂。

②配置碱液 配置pH为11的氢氧化钾溶剂。

1.4 性能测试与表征

MFR按GB/T 3682-2018测试;

拉伸强度按GB/T 1040-2022测试,拉伸速率50 mm/min,1 A型试样;

剪切强度按GB/T 23315-2009测试,设定夹持距离75 mm,拉伸速度100 mm/min;

剥离强度按GB/T 23315-2009测试,设定夹持距离75 mm,拉伸速度50 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 熔体流动性影响因素分析

0#~9#试样在230℃,2.16 kg测试条件下的MFR测试结果如图5所示。

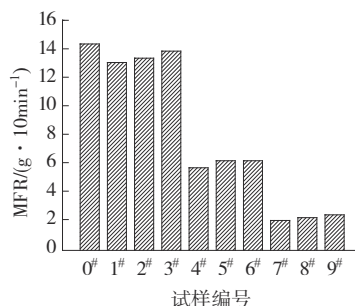


图5 射出钩尼龙6专用料的MFR

由图5可知,随着增韧剂马来酸酐接枝POE添加量的增加,粘扣带尼龙专用料的MFR呈下降趋势。这是因为增韧剂结构中的马来酸酐基团与尼龙6树脂发生原位化学反应,产生部分交联^[5],分子间作用力增强,且增韧剂本身黏度较高特性,导致材料的流动性变差,但大大增加了射出钩的韧性,抗撕裂性能增加。

从添加相同含量增韧剂的试样测试结果可得,成核剂羧酸钙盐的添加,对MFR有少量提升作用。这是因为在熔融状态下,由于成核剂提供尼龙6基体树脂所需的晶核,聚合物由原来的均相成核转变成异相成核^[6],从而加速了结晶速度,使晶粒结构细化,从而增加了射出钩尼龙6专用料的流动性^[7]。脱模剂在复配作用下,对MFR影响不大^[8]。

2.2 拉伸强度影响分析

0#~9#拉伸强度与断裂伸长率测试结果如图6所示,因成核剂和脱模剂对专用料拉伸性能影响不大,故主要考察不同添加量增韧剂对射出钩尼龙6专用料性能的影响。由图6可知,随着增韧剂添加量增加,粘扣带尼龙专用料的拉伸强度呈下降趋

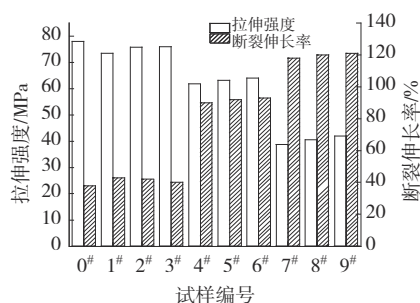


图6 射出钩尼龙6专用料的拉伸强度与断裂伸长率

势^[9]。这是由于增韧剂作为分散相,强度远低于尼龙6基体树脂,增韧剂的加入使尼龙6基体树脂相对比例减少,故射出钩尼龙6专用料拉伸强度降低。

由图6可以看出,相比于增韧剂添加量为0的纯尼龙6原料,加入增韧剂的射出口尼龙专用料断裂伸长率显著提高^[10]。这是因为尼龙6聚合物结构中的酰胺基团与增韧剂结构中的马来酸酐基团进行化学反应,形成结构稳定的共价键^[11],使得射出钩尼龙6专用料的断裂伸长率增加。当增韧剂的添加质量分数大于15%时,断裂伸长率增幅放缓。

2.3 抗疲劳性影响分析

取每种样品4组分别测试其剪切强度、剥离强度,结果取平均值,试验结果如图7和图8所示。

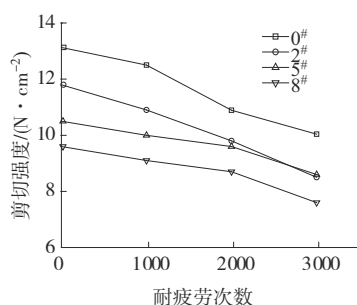


图7 4种射出钩尼龙6专用料剪切强度

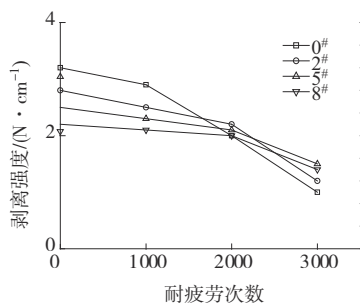


图8 4种射出钩尼龙6专用料剥离强度

由图7~图8可知,随着射出钩耐疲劳次数的增加,4种射出钩尼龙6专用料剪切强度和剥离强度呈下降趋势,剥离强度降低趋势更为明显^[12]。这是由于尼龙6基体树脂弯曲刚度相对较大,但耐疲劳性

较差,射出钩专用料在耐疲劳次数为2 000时,部分射出钩已发生断裂,所以剪切强度和剥离强度呈下降趋势^[13]。添加增韧剂后,材料的断裂伸长率增加,抗疲劳性能较纯尼龙树脂高。参照 GB/T 23315-2009 标准,耐疲劳次数为1 000时,普通型粘扣剪切强度标准值大于等于7.5 N/cm²,剥离强度标准值大于等于1.6 N/cm,本试验研究中制得的射出钩尼龙6专用料均达到标准要求,其中5#试样性能最优。

2.4 耐酸碱性能影响分析

取10组样条浸泡酸性液体中,另10组样条浸泡碱性液体中,均放置24 h后,取出在25℃、相对湿度65%条件下悬晾1 h,分别测试其拉伸强度,如图9所示。由图9可知,未浸泡酸碱液的试样拉伸性能高于浸泡酸液或碱液的试样性能,但随着增韧剂含量的增加,拉伸强度性能降低缓慢,最后趋于接近。这是因为随着增韧剂含量的增加,分子结构中饱和键比例提升^[14],交联密度变大,化学稳定性增强,耐酸碱性能增加。说明射出钩尼龙6专用料具有一定的耐酸碱性能,且试样耐碱性能优于耐酸性能。

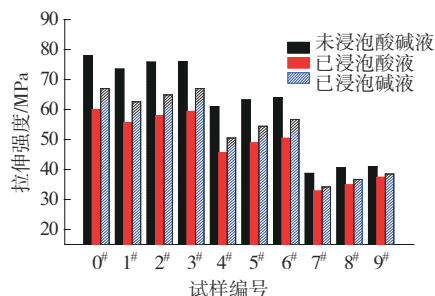
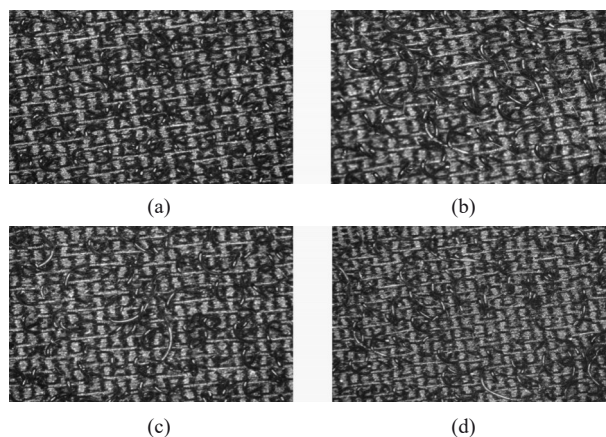


图9 酸碱性能对射出钩尼龙6专用料拉伸强度的影响

2.5 射出钩表观形貌分析

图10为0#,5#粘扣带射出钩在电子显微镜下呈现的形貌特征,从图10可看出,耐疲劳次数为1 000



耐疲劳次数:a—0;b—1 000;c—2 000;d—3 000

图10 射出钩显微形貌特征

时,射出钩部分产生拉伸形变;达2 000时,射出钩已产生断裂现象;达3 000时,局部射出钩已脱落,出现空缺区域。

3 结论

(1)随着增韧剂含量的增加,粘扣带射出钩尼龙6专用料MFR减小。成核剂及脱模剂对专用料MFR影响稍小。

(2)粘扣带射出钩尼龙6专用料拉伸性能随着增韧剂马来酸酐接枝POE含量的增加呈下降趋势。

(3)耐疲劳次数达1 000时,粘扣带射出钩尼龙6专用料剪切强度高于标准值7.5 N/cm²,剥离强度高于标准值1.6 N/cm。

(4)随增韧剂马来酸酐接枝POE含量的增加,粘扣带射出钩尼龙6专用料耐化学性能增强,且耐碱性优于耐酸性。

(5)马来酸酐接枝POE比例15%、成核剂羧酸钙盐0.4%、脱模剂硅酮1.5%为最优配比。

参考文献

- [1] 曲希明,王颖,邱志成,等.我国先进纤维材料产业发展战略研究[J].中国工程科学,2020,22(5):104-111.
Qu Ximing, Wang Ying, Qiu Zhicheng, et al. Development strategies for China's advanced fiber materials industry[J]. Chinese Engineering Science, 2020, 22(5):104-111.
- [2] Kilicoglu M, Bat E, Gunduz G, et al. Fibers of thermoplastic polymer blends activate multiple interlayer toughening mechanisms, 2022, 158(3):52-58.
- [3] 吴琳瑾. T形魔术贴在一次性橡胶手套佩戴中的巧用[J]. 中国乡村医药, 2022, 29(24):61-62.
Wu Linjin. T-shaped velcro for use in disposable rubber gloves[J]. Chinese Rural Medicine, 2022, 29(24):61-62.
- [4] Zi Ouyang, Chen Yan, Yan Yingbo, et al. International Journal of Solids and Structures. 2022, 243. DOI: 10.1016/j.ijssolstr.2022.111589.
- [5] 李向阳,张鸿宇,王晨,等.成核剂对尼龙6结晶与性能的影响[J].塑料,2020,49(6):13-16.
Li Xiangyang, Zhang Hongyu, Wang Chen, et al. Effect of nucleating agent on crystallization and properties of nylon 6[J]. Plastics, 2020, 49(6):13-16.
- [6] 刘诗,朱永军,郑雄峰,等.不同成核剂对扩链增韧PA6结晶行为和力学性能影响[J].工程塑料应用,2021,49(9):103-108.
Liu Shi, Zhu Yongjun, Zheng Xiongfeng, et al. Effect of different nucleating agents on crystallization behavior and mechanical properties of PA6 toughened by chain extension[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(9):103-108.
- [7] 刘志鹏,孔美,梁文娟,等.高填充尼龙6基复合材料非等温结晶行为的研究[J].塑料科技,2020,334(2):27-33.
Liu Zhipeng, Kong Mei, Liang Wenjuan, et al. Study on non-isothermal crystallization behavior of high-filled nylon 6-matrix composites[J]. Plastic Science and Technology, 2019, 334(2):27-33.
- [8] Matharu R K, Tabish T A, Trakoolwilaiwan T, et al. Microstructure and antibacterial efficacy of graphene oxide nano-composite fibres[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2020(571):239-252.
- [9] 关礼争,王其,刘昌杰,等.钩面/毛面粘扣带对粘扣带组合力学性能的影响[J].国际纺织导报,2016,44(3):42-44.
Guan Lizheng, Wang Qi, Liu Changjie, et al. Influence of hook-face/wool-face adhesive tape on mechanical properties of adhesive tape combination[J]. International Textile Review, 2016, 44(3):42-44.
- [10] 万云云,刘冰灵,李心怡,等.不同共混方式对抗菌锦纶6长丝结构与性能的影响[J].科研与实践,2021(9):16-19.
Wan Yunyun, Liu Bingling, Li Xinyi, et al. Effect of different blending methods on structure and properties of antibacterial polyamide 6 filament[J]. Scientific Research and Practice, 2021(9):16-19.
- [11] 关礼争,刘昌杰,郭超群,等.基于扭转弹簧的粘扣带强度力学模型研究[J].产业用纺织品,2016(1):15-19.
Guan Lizheng, Liu Changjie, Guo Chaoqun, et al. Research on mechanical model of adhesive belt strength based on Torsion spring[J]. Industrial Textiles, 2016(1):15-19.
- [12] 洪晓杰,宋璠,李耀东,等.鞋类粘扣带剥离强度试验的不确定度分析与评定[J].轻工标准与检测,2023(1):96-100.
Hong Xiaojie, Song Liu, Li Yaodong, et al. Uncertainty analysis and evaluation of stripping strength test of shoe adhesive belt[J]. Standards and Testing of Light Industry, 2023(1):96-100.
- [13] 苏辉.热熔锦纶粘扣带及其力学性能研究[D].上海:东华大学,2016.
Su Hui. Study on the mechanical properties of hot melt nylon adhesive belt[D]. Shanghai: Donghua University, 2016.
- [14] 王雪梅.尼龙66长丝的增强增韧改性及其结构性能研究[D].上海:东华大学,2020.
Wang Xuemei. Study on reinforced toughening modification and Structural properties of nylon 66 filament[D]. Shanghai: Donghua University, 2020.