汽车橡胶密封条静电植绒光照老化耐磨性能研究

吴荣懿
（上汽大众汽车有限公司，上海 201805）

摘要：研究汽车橡胶密封条光照老化后静电植绒耐磨性能的影响因素。根据植绒粘合剂光照老化机理和静电植绒生产工艺，分析植绒前密封条表面温度、等离子体表面处理、粘合剂的厚度、静电植绒环境、粘合剂固化温度等工艺条件对光照老化后植绒耐磨性能的影响。通过调节蠕动泵的出胶量提高植绒粘合剂的干膜厚度，提高两段固化烘箱的温度使密封条表面温度达到180 ℃以上，汽车橡胶密封条植绒光照老化后耐磨性能达到企业标准要求。

关键词：汽车橡胶密封条；静电植绒；光照老化；耐磨性能
中图分类号：TQ336.4^{+}2　　**文章编号**：2095-5448(2019)04-0206-05
文献标志码：A　　**DOI**：10.12137/j.issn.2095-5448.2019.04.0206

静电植绒技术在我国广泛应用于服装、鞋帽、皮革和家纺行业[1-3]，近年来也应用于汽车橡胶密封制品[4-5]，如门窗玻璃导槽和车窗密封条等，起密封、减小风噪、降低摩擦的作用。表面植绒的橡胶密封条具有摩擦系数小、耐腐蚀和耐磨性能好、外表美观、手感舒适等优点。汽车橡胶密封条植绒绒毛的材质通常为聚酰胺或聚酯纤维，长度为0.5～0.7 mm，纤度为1.7～3.3 dtex，颜色多为黑色。静电植绒汽车橡胶密封条的基材主体材料为三元乙丙橡胶（EPDM），EPDM/聚丙烯（PP）热塑性弹性体与植绒带复合共挤出的植绒效果更佳。

汽车橡胶密封条的静电植绒过程是在经过预处理的橡胶表面上涂一层粘合剂，涂有粘合剂的橡胶密封条经过静电植绒箱，带电绒毛在静电场的作用下沿着电场方向以一定的速度垂直植入粘合剂层中，在橡胶密封条表面形成一层竖立的绒毛。植绒的橡胶密封条在烘箱中加热，粘合剂发生固化，使绒毛保持在橡胶密封条表面。因此，要达到良好的植绒质量，必须保证粘合剂与橡胶表面有足够的粘合强度，同时与植入粘合剂的绒毛保持良好的粘合强度。

本工作通过实例研究汽车橡胶密封条植绒光照后耐磨性能的影响因素，并找到有效措施进行验证和改进。

作者简介：吴荣懿（1984—），女，上海人，上汽大众汽车有限公司工程师，硕士，主要从事汽车橡胶密封条制品的材料认可和失效分析研究工作。
E-mail：wurongyi@csvw.com

1 汽车橡胶密封条光照老化后植绒不耐磨现象

根据大众汽车公司标准TL 52704—2013[6]，对某车型汽车橡胶密封条植绒的耐磨性能进行测试，结果如表1和图1所示。

从表1可以看出，供货状态和水存放后的植绒顺利通过耐磨性能测试，但是按大众汽车公司标准PV 1303—2000[7]光照老化后未能通过耐磨性能测试。从图1可以看出，光照老化后的植绒经耐磨性能测试后，表面绒毛明显脱落且显露基材。因此，下一步将对汽车橡胶密封条光照老化后植绒

表1 汽车橡胶密封条植绒的耐磨性能

状　态	指标/次	测试结果
供货状态	＞250	合格
水存放后	＞45	合格
光照老化后	＞200	不合格

(a) 供货状态

(b) 水存放后

(c) 光照老化后

图1 汽车橡胶密封条植绒耐磨试验后外观

耐磨性能进行系统分析。

2　汽车橡胶密封条光照老化后植绒不耐磨的原因分析

2.1　植绒粘合剂光照老化机理

植绒粘合剂基体应与密封条基材具有良好的浸润性。植绒粘合剂根据组分可分为溶剂型和无溶剂型，根据固化反应机理又可分为单组分和双组分型。在汽车橡胶密封条植绒实际生产中通常选择以聚氨酯为基体、二甲苯或酮类为溶剂的单组分粘合剂，根据生产工艺可以在粘合剂中加入适量催化剂以提高粘合剂的固化速率。本研究汽车橡胶密封条植绒采用洛德FL850植绒粘合剂，其主要成分为4，4′-二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI），是合成聚氨酯的主要高分子化合物。

丁著明等[8]研究表明，MDI型聚氨酯光降解经历两个不同的历程，第1个历程降解机理为：在短波长（λ＜340 nm）紫外线作用下发生Photo-Fries重排，生成芳香胺，进一步降解产生黄变（反应过程如图2所示）；第2个历程降解机理为：在λ＞340 nm时，MDI上的亚甲基发生氧化，形成不稳定的氢过氧化物，进而形成发色基团醌-酰亚胺，导致聚氨酯变黄，再进一步氧化生成二醌-酰亚胺，最后变为琥珀色（反应过程如图3所示）。

植绒粘合剂的主要成分MDI会发生光老化降解，从而一定程度上降低植绒粘合强度。

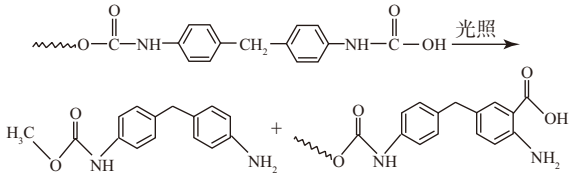


图2　MDI型聚氨酯光降解反应过程（λ＜340 nm）

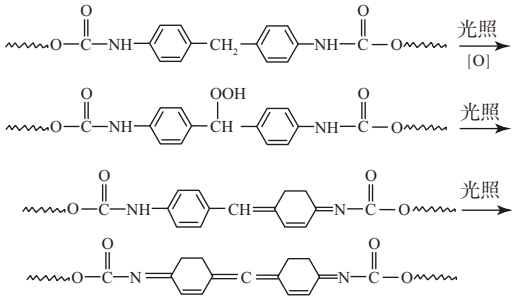


图3　MDI型聚氨酯光降解反应过程（λ＞340 nm）

2.2　生产工艺对汽车橡胶密封条光照老化后植绒耐磨性能的影响

汽车橡胶密封条的生产工艺流程如图4所示。

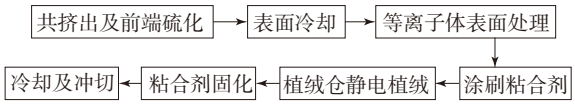


图4　汽车橡胶密封条的生产工艺流程

以下对重要的工艺控制点分别进行分析。

2.2.1　植绒前密封条表面温度

密封条经过共挤出和前端硫化之后，通过水冷使表面冷却。如果密封条表面温度太高，不利于之后涂刷粘合剂和静电植绒；如果密封条表面温度太低，受到生产线长度的限制，会导致固化程度不足[9]。因此，一般密封条涂刷粘合剂前表面温度控制在50～79 ℃。经现场实测，水冷后密封条表面温度为61 ℃，符合要求。

2.2.2　等离子体表面处理

为了使粘合剂与密封条表面良好地粘合，在涂胶前对密封条植绒表面进行适当的预处理。预处理一般分为机械打毛和放电处理。机械打毛是通过金属毛刷打磨，使密封条植绒部位表面变得粗糙，便于粘合剂渗透到这些凹凸不平的沟痕中，固化后在粘合界面区产生齿合力，从而获得良好的粘合强度[10]。放电处理一般采用电晕的方式，即通过高压电极在密封条表面进行高压气体放电，产生极性表面，从而使粘合剂与橡胶密封条具有良好的粘合强度。目前在线植绒常使用等离子体表面处理，即用一定能量的等离子束轰击密封条表面，改善密封条表面的浸润性能并提高表面张力，进而增强绒毛与粘合剂之间的粘合强度。等离子体与需处理的密封条表面距离为15～30 mm，经研究，等离子体处理后的表面张力要求在60×10^{-3} N·m^{-1}以上（如图5所示）。该密封条至少需要6个等离子体处理，如图6所示。经检测，等离子体表面处理效果符合工艺要求。

2.2.3　涂刷粘合剂的厚度

目前工业化生产中，橡胶密封条植绒涂刷粘合剂的方式有3种：喷胶、刷胶、喷胶与刷胶并用。

喷胶是通过压缩空气将粘合剂从喷胶罐中压出，用喷胶嘴将粘合剂喷到密封条植绒部位表面的涂胶方式。喷胶的特点是生产效率高，胶层厚

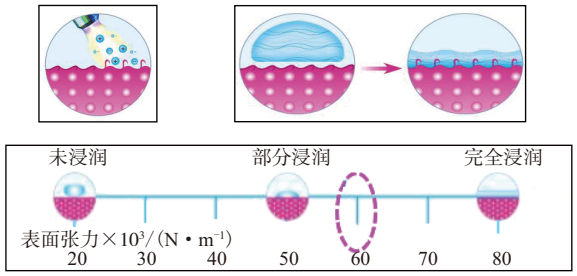


图5　等离子体处理后表面张力

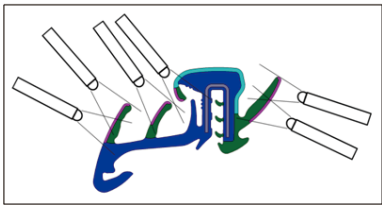


图6　密封条表面等离子体处理示意

度均匀，易实现自动化，适合大面积涂胶。采用喷胶方式喷出的粘合剂的雾化程度是非常重要的一项指标。雾化程度与粘合剂的粘度、喷胶嘴的直径和喷胶压力直接相关。

刷胶是通过压缩空气将粘合剂从喷胶罐中压出，用刷子将粘合剂涂到密封条植绒部位表面的涂胶方式。刷胶的特点是使用方便，适用于较小的涂胶面。粘合剂的粘度对刷胶质量的影响很大。粘合剂粘度过高会造成出胶不充分产生缺胶，而粘度过低可能会造成流胶，而使粘合剂干膜厚度不足。

本工作密封条采用如图7所示的刷胶工艺，植绒粘合剂的干膜厚度一般为植绒绒毛长度的1/10。本工作规定采用的植绒绒毛（思维斯绒毛有限公司产品）长度为0.5～0.7 mm，因此植绒粘合剂的干膜厚度应在50～70 μm。密封条经过光照老化后植绒粘合剂的厚度明显减小，只有30 μm左右[如图8(a)所示]，并且光照老化后的密封条经耐磨试验后绒毛明显脱落，粘合剂层明显磨穿[如图8(b)所示]。因此，植绒粘合剂的干膜厚度偏小是造成植绒粘合强度不足的主要因素之一。

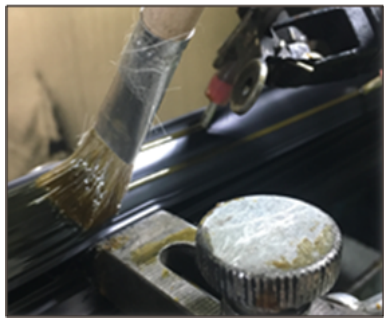
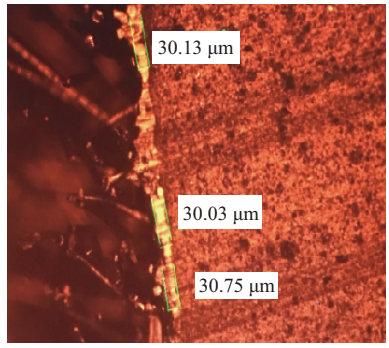
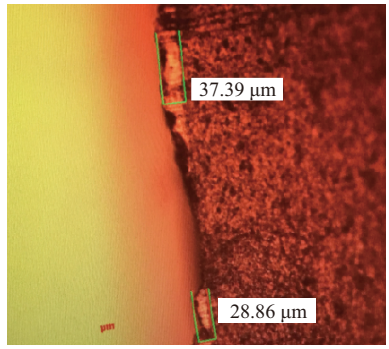


图7　涂刷粘合剂工艺



(a) 光照老化后植绒粘合剂干膜厚度



(b) 植绒光照老化耐磨试验后外观

图8　光照老化后植绒耐磨性能

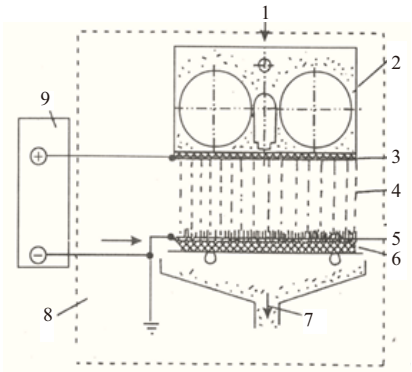
2.2.4　静电植绒仓环境

典型的汽车橡胶密封条静电植绒工艺示意见图9。由于绒毛的比体积电阻与温度和相对湿度有关，因此植绒箱通常封闭于一个可以调节温度和湿度的植绒仓内，一般温度为(20±5) ℃，相对湿度为45%～55%。经现场勘察，静电植绒仓环境符合要求。

2.2.5　粘合剂固化温度

静电植绒后的密封条经过热空气通道或红外线热通道使粘合剂交联固化，从而达到足够的植绒粘合强度。固化完成后将表面的浮毛用毛刷清除并导入回收装置。

固化过程分为初始固化和最终固化。初始固化过程是粘合剂中的有机溶剂挥发使粘合剂变硬，此时由于没有达到足够的温度，聚氨酯分子还没有发生自聚反应。随着温度升高，当达到活性



1—绒毛供料；2—绒毛计量供料刷；3—过滤网；4—被电场定向的绒毛；5—粘合剂层；6—硫化胶；7—通向回收器的剩余绒毛；8—空调室；9—高压电源。

图9　密封条静电植绒工艺示意

温度后，聚氨酯分子发生化学交联。在实际生产中根据粘合剂配方确定固化工艺的温度和时间，使粘合剂完成最终固化，否则会降低植绒强度和缩短密封条寿命。本工作植绒粘合剂的固化条件是密封条表面温度达到180 ℃且固化3 min左右。经现场检测，不合格密封条生产时固化一段和二段烘箱设定温度均为220 ℃，烘箱长度为24 m，线速度为9 m·min^{-1}。在此工艺条件下，密封条表面实际温度未能达到180 ℃，因此固化程度也是导致密封条光照老化后植绒耐磨性能不合格的主要因素之一。

3　改进措施

根据以上分析，判断植绒粘合剂的干膜厚度和固化程度不足是导致该密封条光照老化后植绒强度降低且不耐磨的主要原因，采取如下改进措施。

(1) 通过调节蠕动泵的出胶量，提高植绒粘合剂干膜的厚度，改进后的密封条植绒粘合剂干膜的厚度可以到达61 μm左右(如图10所示)。

(2) 提高两段烘箱的温度，将固化一段烘箱温度提高到240 ℃，固化二段烘箱温度提高到230 ℃，从而使密封条表面温度高于180 ℃(如图11所示)，达到最佳的固化条件。

经有效的工艺改进后，汽车橡胶密封条植绒通过光照老化后的耐磨试验(如图12所示)。

4　结语

在植绒前密封条表面温度、等离子体表面处理、静电植绒环境控制符合工艺要求的条件下，通过调节蠕动泵的出胶量提高植绒粘合剂的厚度，提高两段固化烘箱的温度使密封条表面温度达到180 ℃以上，达到最佳的固化条件，可以提高密封条植绒耐磨性能，使汽车橡胶密封条顺利通过光照老化耐磨试验。

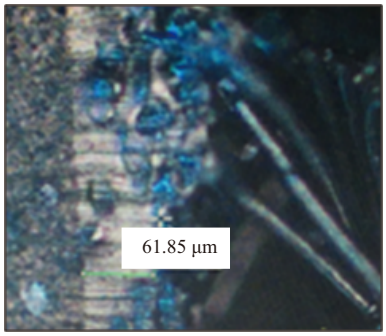


图10　改进后植绒粘合剂的干膜厚度

(a) 固化一段烘箱

(b) 固化二段烘箱

图11　改进后经过固化一段和固化二段烘箱密封条的表面温度

图12　改进后密封条植绒光照老化耐磨试验后外观

参考文献：

[1] 田恬. 静电植绒产品增深工艺浅探[J]. 染整技术，2000，22(1)：34-35.

[2] 刘亚军，胡国樑，周颖. 废旧皮革粉静电植绒工艺的研究[J]. 现代纺织技术，2017，25(1)：10-12.

[3] 刘永庆. 皮革的静电植绒[J]. 丝网印刷，2011(12)：13-15.

[4] Oezelli Riia N，Hoffmann Hans Josef. Flocking Adhesive for Flexible Substrates[P]. USA：USP 4 535 121，1985-08-13.

[5] Fleming Kenneth E，Chapman Jeffrey. Flock Adhesive[P]. USA：USP 5 185 402，1993-02-09.

[6] TL 52704—2013，EPDM车身密封条 材料要求[S].

[7] PV 1303—2000，Non-metallic Materials Exposure Test of Passenger Compartment Components[S].

[8] 丁著明，良义，范华. 聚氨酯的降解与稳定化研究进展(Ⅰ)：不同结构聚氨酯的降解机理[J]. 热固性树脂，2002，17(6)：26-28.

[9] 梁继竹，曹蓉，钱励克，等. 密封条排气孔对天窗系统噪声的影响[J]. 橡胶工业，2018，65(5)：565-568.

[10] 赵建才，吴定凯. 轿车玻璃导槽密封条弯曲唇边叶片波浪问题的分析和结构优化[J]. 橡胶工业，2018，65(8)：932-934.

收稿日期：2019-02-01

Study on Abrasion Resistance of Electrostatic Flocking of Automobile Sealing Strip after Light Aging

WU Rongyi

(SAIC-VOLKSWAGEN Automobile Co.，Ltd，Shanghai 201805，China)

Abstract：Influence factors of abrasion resistance of the electrostatic flocking of the automobile sealing strip after light aging were studied. Based on the light aging mechanism of flocking adhesion agent and electrostatic flocking process，the effects of process conditions including surface temperature of sealing strip before flocking，plasma surface treatment，thickness of adhesion agent，environment of electrostatic flocking and curing temperature of adhesion agent on the abrasion resistance were analyzed. The results showed that by increasing the thickness of the adhesion agent film through adjusting the amount of discharged content from peristaltic pump，and increasing the surface temperature of sealing strip to above 180 ℃ through elevating the temperature of the curing ovens at both two curing stages，the abrasion resistance of the electrostatic flocking of the automobile sealing strip after light aging could meet the requirements of enterprise standard.

Key words：automobile sealing strip；electrostatic flocking；light aging；abrasion resistance

全球天然橡胶产量和消费量双增长

全球天然橡胶生产国协会(ANRPC)近日发布的最新统计数据表明，2018年，世界天然橡胶产量为1 396万t，比2017年的1 335万t增长4. 6%；世界天然橡胶需求量同比增长5. 2%，达到1 402万t。

大多数ANRPC成员国2018年的天然橡胶产量比上年均有所提升，如泰国增长9. 4%、印度尼西亚增长4. 0%、越南增长0. 5%、中国增长4. 3%、柬埔寨增长13. 9%、菲律宾增长8. 7%。但ANRPC表示，国际天然橡胶价格的持续低迷，不仅影响了所有天然橡胶生产国数以百万计的小型橡胶园胶农的收入，也挫伤了他们的信心。

2018年，ANRPC成员国的天然橡胶出口量为1 028万t，同比下降了1. 4%。与此同时，ANRPC成员国的天然橡胶进口量从2017年的770. 6万t增长了1. 3%。

(摘自《中国化工报》，2019-03-14)

贵州前进轮胎加速越南轮胎项目进程

贵州前进轮胎投资有限责任公司为了加快其越南年产120万条全钢子午线轮胎项目的建设进程，将投资4 290万美元在越南新设立全资子公司前进轮胎(越南)有限责任公司(暂定名)。

新公司将作为主体投资、建设、运营越南全钢子午线轮胎项目，加快项目建设进度，推动轮胎国际产能合作落地，合理控制投资风险并积极探索更符合国际市场竞争的运营机制。

(本刊编辑部)