

# 不饱和聚酯钮扣橡胶手感涂层的配方设计与优化

刘伯铭, 陈钰珍, 程福奎\*

(广东康派环创科技有限公司, 广东 佛山 528500)

**摘要:** 采用弹性树脂 1652、5800-X-70 和固化剂 N3390 制备了一种在不饱和聚酯钮扣上具有较强橡胶手感、较好附着力和耐摩擦性能的橡胶漆。简述了橡胶漆的配制和施工注意事项, 着重讨论了弹性树脂中聚酯的配比, 异氰酸酯种类、添加量, 助剂和施工工艺条件等因素对橡胶手感涂层的附着力、耐摩擦性和手感的影响。当 1652:5800-X-70 按 1:2、固化剂 N3390 按  $n(\text{OH}):n(\text{NCO})=1:1.1$  配制的漆膜兼具较强的弹性手感和良好的机械强度, 耐摩擦达到 60 次, 在不饱和聚酯基材上附着力达 0 级。

**关键词:** 弹性树脂; 异氰酸酯; 不饱和聚酯钮扣; 橡胶漆

**中图分类号:** TQ637      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1007-9548(2025)12-0007-04

## Formulation Design and Optimization of An Rubber Handle Coating for the Unsaturated Polyester Buttons

LIU Bo-ming, CHEN Yu-zhen, CHENE Fu-kui\*

(Guangdong Compass Greentech Co., Ltd., Foshan 528500, Guangdong, China)

**Abstract:** A rubber handle coating is prepared with elastic resin 1652, 5800-X-70 and the curing agent N3390, which shows a strong rubber feeling, good adhesion and excellent rub resistance for the unsaturated polyester buttons. The optimized formula of the rubber handle coating is obtained, and the elastic resins, isocyanate, additives and process conditions that affected the properties are also studied in this paper. The coating film, formulated with 1652:5800-X-70 at a ratio of 1:2 and curing agent N3390 at  $n(\text{OH}):n(\text{NCO})$  ratio of 1:1.1, exhibits both a strong resilient hand feel and good mechanical strength. It achieves an abrasion resistance of 60 cycles, and demonstrates Class 0 adhesion on an unsaturated polyester substrate.

**Key words:** elastic resin; isocyanate; unsaturated polyester buttons; rubber handle coating

### 0 引言

聚氨酯是一类常见的高分子材料, 不同结构的聚氨酯其物性指标差异巨大, 其在汽车、家具电器、医疗、新能源等众多领域广泛应用<sup>[1-3]</sup>。橡胶漆涂层就是一种具有肤感效果的聚氨酯材料, 其大量应用在一些经常用手触摸的部位, 比如吹风筒手柄、电子产品按键、手

机壳、雨伞手柄等<sup>[4-6]</sup>。橡胶漆又称弹性手感涂料, 多为双组分油性涂料: 组分一是羟基直链或带有支链的改性聚酯树脂; 组分二是异氰酸酯类化合物。单组分油性涂料、UV 涂料和水性涂料, 由于其性能或成本的原因, 在橡胶漆领域应用较少。

不饱和聚酯成本低, 具有高强度、耐水、耐酸碱等特点, 在建筑、防腐、家居装饰和电子电器等多个行业中广泛应用<sup>[7]</sup>。不饱和聚酯树脂发生聚合反应的固化时间长, 便于冲胚加工, 而且硬化后韧性和强度高, 已大量用于制造钮扣和人造石。不饱和聚酯钮扣可以做出各种颜色和形状的外观效果, 但触感单一。橡胶漆喷涂在钮扣表面可以改善钮扣的触感, 给人一种舒适的感觉。橡胶涂层既要有良好的手感, 也要求在不饱和聚

收稿日期: 2025-07-25

作者简介: 刘伯铭(1975—), 男, 本科, 主要从事钮扣及塑胶产品开发工作。E-mail: kevin.liu@compassgreentech.com。

\*通信作者: 程福奎(1976—), 男, 硕士, 主要从事纸品印刷、薄膜印刷油墨的应用与开发工作。E-mail: wax.cheng@compassgreentech.com。

酯钮扣表面有良好的附着力和耐摩擦性能。本文主要研究了弹性树脂中聚酯的配比、异氰酸酯种类、固化剂数量和施工工艺条件等因素对橡胶手感涂层的附着力、耐摩擦性和手感的影响,并得到了一个适用于不饱和和聚酯钮扣的橡胶漆优化配方。

## 1 试验部分

### 1.1 原料与仪器

弹性树脂 1652:科思创;弹性树脂 5800-X-70:台湾长润;固化剂 N3390、N75、L75、44V20L:科思创;环保催干剂 JUST-2200、流平剂 BYK-354:深圳聚特科技;弹性粉 5070D:大日精化;消光粉 OK520:德固赛;以上均为工业级产品。

搅拌分散机 JSF-450:上海普申检测仪器有限公司;邵氏硬度计 LX-A:无锡市前洲测量仪器厂;TONNY 型旋转摩擦测试仪:Tony Technology Co., Ltd.;划格试验仪(BYK-Gardner)。

### 1.2 不饱和聚酯橡胶手感钮扣的制备

#### 1.2.1 不饱和聚酯钮扣的表面处理

将加工好形状的不饱和聚酯钮扣分别抛光到亮光、平光和亚光,清洗干净后干燥,确保喷涂橡胶漆之前钮扣表面无油污、粉尘和水分。

#### 1.2.2 橡胶漆的制备

按一定配比将弹性树脂、催干剂、流平剂、弹性粉、消光粉和稀释剂混合均匀,配制成手感漆的 A 组分,在进行喷涂操作前,将 A 组分、固化剂和稀释剂按一定比例混合均匀,经 200 目滤布过滤,用空气喷涂的方式,喷 2~3 枪,厚度为 20~30 μm,风干 5 min,然后在 80 °C 烘箱中烘烤 60 min。本文中的配方均为 A 组分+固化剂,不含喷涂时的稀释剂。喷涂前,按 A 组分:喷涂稀释剂=10:4 稀释橡胶漆。

### 1.3 性能检测

#### 1.3.1 涂层手感和抗刮测试

成品烘烤固化工序完成后常温放置 48 h,直接用手触摸,感觉表面涂层的肉厚感和爽滑感。用指甲对钮扣边缘和表面进行刮伤,力道由轻逐步加重,观察涂层是否破损。

#### 1.3.2 涂层硬度的测定

按照 GB/T 6739—2006 测定漆膜铅笔硬度。

#### 1.3.3 涂层附着力的测定

按照 GB/T 9286—1998,用划格器在涂层上划小方格,然后用 3M 胶带黏附在划格处,快速撕去胶带,观察涂层破损情况,按 0~5 级评定,0~3 级为合格。

#### 1.3.4 涂层耐摩擦性能的测定

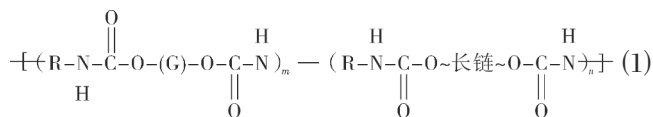
采用 TONNY 型旋转摩擦测试仪,按照 AATCC-116 测试方法,对钮扣的边缘位置进行摩擦测试后,在

D<sub>65</sub> 光源下进行对比被摩擦部位光泽的变化或涂层是否破损。

## 2 结果与讨论

### 2.1 弹性树脂的对比对涂层性能的影响

弹性树脂通常是直链型羟基聚酯材料或弹性聚氨酯进行改性后的聚酯材料。橡胶漆的力学性能由组成聚氨酯的多元醇链段(长链)和氨基甲酸酯链段(短链)的化学结构决定。大多数弹性聚氨酯材料的拉伸强度比较高,如果其硬度越大,则拉伸强度越高<sup>[8]</sup>。在多元醇长链段之间需有短的氨基甲酸酯链段,示意式如下:



式中,短节的二元醇(G)所生成的氨基甲酸酯链段易形成分子间氢键,可起到弱的交联点的作用而呈刚性,长链部分的分子间作用力弱而呈柔软性和弹性。短链的数量决定涂层的硬度和耐温性,长链的数量决定涂层的弹性和低温性质<sup>[9]</sup>。

表 1 为橡胶涂层的一般指标。从外观上看,光泽低于 10 为好,不发白,流平好,不起粒;从手感上讲,以肉感厚、弹性好和爽滑的手感为佳;从耐用性角度,要求能够经受普通家洗不脱皮,用指甲中等力度刮不破,按 AATCC-116 方法测试 20 次后,表面无破损,光泽无变化或略有变亮,但能自行慢慢恢复原状。

表 1 橡胶漆性能指标

项目	指标	项目	指标
硬度	<B	耐摩擦性	>20 次
光泽	5~15	附着力	0~3 级
手感	软弹	干燥时间/min	30~60
抗刮性	好		

弹性树脂对涂层性能的影响见表 2,由表 2 可知,树脂 1652 的弹性很好,肉感厚,给人一种非常舒适的感觉,但是涂层的机械强度差,不耐磨、不抗刮,不能满足钮扣的日常使用要求。树脂 5800-X-70 的弹性相对较硬,手感不够强烈,但机械强度很好,耐用性好。从试验结果来看,方案四和方案五兼具了较好的手感和耐用性,即当弹性树脂 1652:5800-X-70=1:1~2 时,涂层在弹性手感和机械强度两项性能之间会达到一个比较理想的平衡点。本文中,后续试验配方中的弹性树脂用量均采用 1652:5800-X-70=1:2 的配比。

表 2 弹性树脂对涂层性能的影响

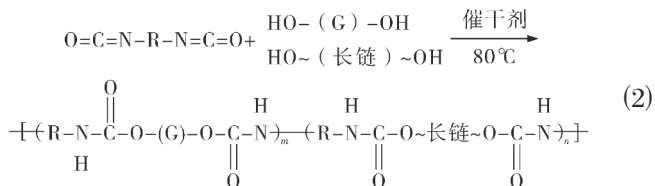
分类	项目	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五
配方 /%	1652	30	0	20	15	10
	5800-X-70	0	30	10	15	20
	其他组分	70	70	70	70	70
涂层 性能	铅笔硬度	<3B	<HB	<2B	<B	<B
	光泽度/%	5	12	7	8	10
	手感	肉感厚	稍硬	软弹	软	较软
	抗刮性	差	很好	一般	好	很好
	附着力/级	3	0	2	1	0
	耐摩擦性/次	15	60	20	30	50
	干燥时间/min	50	50	50	50	50

表 3 固化剂种类对涂层性能的影响

项目	组分/性能	固化剂类型			
		方案一 (N3390)	方案二 (N75)	方案三 (44V20L)	方案四 (L75)
配方/%	1652	10	10	10	10
	5800-X-70	20	20	20	20
	固化剂	1.5	1.8	1.0	2.2
	其他组分	68.5	68.2	69	67.8
涂层 性能	铅笔硬度	<B	<B	<B	<B
	光泽度/%	8	6	7	8
	手感	软弹	肉感厚	软弹	软
	抗刮性	好	一般	好	很好
	附着力/级	0	0~1	0	0
	耐摩擦性/次	60	32	43	52
	颜色(耐候性)	很好	很好	偏黄	微黄
	干燥时间/min	50	60	50	50

2.2 固化剂种类对涂层性能的影响

橡胶漆的固化机理是：弹性树脂中的羟基和固化剂中的异氰酸酯在催化剂作用下发生聚合反应，见式(2)。如果原料中掺有三元醇或多元醇类结构的活性单体，高分子长链之间也会发生适度交联，涂层的机械强度会增强。



式中，异氰酸酯基和醇羟基按 1:1 发生反应。本文主要对比了科思创公司生产的 4 种固化剂，固化剂添加量按弹性树脂的羟值和固化剂中异氰酸酯含量的理论值( $n(\text{NCO}):n(\text{OH})=1:1$ )计算得出，计算方法如下：

$$\text{固化剂添加量}(W) = \frac{\text{OH值}}{561} \times \frac{42 \times \text{纯弹性树脂固含量} \times 100}{\text{NCO}\%}$$

其中： $W$  为每 100 g 橡胶漆中固化剂的质量，g。

固化剂种类对涂层性能的影响见表 3，表中涂层的测试性能为弹性树脂和固化剂按理论计算比例调制而成橡胶漆的数据。数据表明，采用三聚体结构的固化剂，涂层的机械强度好，但手感会偏硬，如 N3390、L75。而直线型固化剂，涂层弹性较好，但抗刮性稍差一点，如 N75、44V20L。方案三和方案四抗黄变差，主要是因为 44V20L 和 L75 分子链上的苯环，在氧化或紫外线作用时易形成不稳定的苯胺结构。N3390 和 N75 属于脂肪族异氰酸酯，耐黄变很好。N75 表现为弹性会更好，但涂层强度不如 N3390，且固化时间较长。综合考虑，N3390 的耐摩擦和抗刮效果更有保证，且反应速度适中，更适合生产安排。

2.3 固化剂用量对涂层性能的影响

N3390 固化剂添加量对涂层性能的影响见表 4。当弹性树脂中羟基的量同固化剂中 NCO 的量比为 1:1 时，涂层具有很好的弹性手感，抗刮性也好。当固化剂添加量不断增加时，涂层的弹性逐步减小，硬度增加，机械强度越来越好；但增至 1:1.2 时，手感较硬，不可取。当减少固化剂量至 1:0.8，涂层较软，耐摩擦性和抗刮性下降，且固化时间延长；如果继续减少有不能固化的风险。考虑到实际生产中固化剂在贮存过程中或应用时环境中少量水分存在会造成有效 NCO 含量的损失，所以选择方案三，按  $n(\text{OH}):n(\text{NCO})=1:1.1$  配漆。

表 4 固化剂添加量对涂层性能的影响

项目	组分/性能	方案一	方案二	方案三	方案四
配方/%	1652	10	10	10	10
	5800-X-70	20	20	20	20
	N3390	1.2	1.5	1.65	1.8
	其他组分	68.5	68.5	68.5	68.5
$n(\text{OH}):n(\text{NCO})$		1:0.8	1:1	1:1.1	1:1.2
涂层 性能	铅笔硬度	<2B	<B	<B	<HB
	光泽度/%	8	8	9	10
	手感	软	软弹	软弹	稍硬
	抗刮性	一般	好	很好	很好
	附着力/级	0	0	0	0
	耐摩擦性/次	18	60	>60	>60
	颜色(耐候性)	很好	很好	很好	很好
	干燥时间/min	60	50	50	50

### 2.4 催干剂的选择

羟基和异氰酸酯反应需要添加催化剂，常见为有机锡和有机钴类金属有机化合物。如果催干剂效率太低或添加量太少，会导致漆膜变软，抗刮和耐摩擦性能下降。本文采用一种不含重金属的环保催干剂 JUST-2200，虽然催干效率较有机锡类催化剂低，但提高添加量至 0.8%，也能达到较好的催干效果。

### 2.5 添加剂对涂层性能的影响

橡胶漆的光泽主要由消光粉提供，德固赛 OK520 是一款优质产品，当添加量达 6% 时，涂层光泽在 10% 左右。消光粉不宜添加太多，会提高漆的黏度，且易导致漆膜发白和变硬。5070D 弹性粉可增加涂层的肉感和弹性。添加剂对涂层性能的影响见表 5。从表 5 可知，随着弹性粉添加量增加，弹性和手感逐渐增强，但涂层的抗刮、耐摩擦性和附着力下降。方案三的综合性能最好。

表 5 添加剂对涂层性能的影响

项目	组分/性能	方案一	方案二	方案三	方案四
配方/%	1652	10	10	10	10
	5800-X-70	20	20	20	20
	N3390	1.65	1.65	1.65	1.65
	BYK-354	1.0	1.0	1.0	1.0
	OK520	6.0	6.0	6.0	6.0
	5070D	2.0	4.0	6.0	8.0
	JUST-2200	0.8	0.8	0.8	0.8
	稀释剂	60	60	60	60
	铅笔硬度	<B	<B	<B	<B
	光泽度/%	10	8	8	7
涂层性能	手感	软	软弹	软弹	稍硬
	抗刮性	一般	好	很好	很好
	附着力/级	0	0	0	0~1
	耐摩擦性/次/	>60	>60	60	30
	颜色(耐候性)	很好	很好	很好	很好
	干燥时间/min	50	50	50	50

### 2.6 稀释剂的选择

由于异氰酸酯能和水反应，如果溶剂中含水量较高，则可能消耗掉一部分固化剂而使涂膜不干、机械强度不好。所选溶剂必须和弹性树脂的相容性好，也要注意不能腐蚀底材而引起咬底现象。稀释剂配比见表 6。

### 2.7 橡胶漆的优化配方

由试验可知，橡胶漆黏度不可过高，否则喷涂时雾化效果不好，流平性不佳。表 7 为优化后的最终配方。同上文数据对比，漆稀释剂由 60 份增加至 100 份，外观效果更好，只是喷涂时需多喷一枪，以增加涂层厚

度。橡胶漆的调漆比例为 A:B:C=10:0.87:3，可操作时间为 4~6 h。用该配方生产的橡胶漆手感好，在不饱和聚酯钮扣上的附着性佳、耐摩擦性好，能够满足钮扣产品的质量要求。

表 6 橡胶漆稀释剂的配比

类别	名称	添加量/%
橡胶漆稀释剂	二甲苯	30
	醋酸丁酯	30
	二异丁基酮	30
	环己酮	10
喷涂稀释剂	甲苯	50
	醋酸丁酯	50

表 7 橡胶漆优化配方

组分	名称	添加量/%
A 组分	1652	10
	5800-X-70	20
	BYK-354	1.0
	OK520	6.0
	5070D	6.0
	JUST-2200	0.8
	橡胶漆稀释剂	100
B 组分	N3390	10
	甲苯	90
C 组分	甲苯	50
	醋酸丁酯	50

### 2.8 喷涂工艺及注意事项

依表 7 数据，按 A:B:C=10:0.87:3 的质量比调配橡胶漆。不饱和聚酯钮扣抛至亚光，附着力会更好；钮扣需充分干燥，且表面无油污和固体颗粒物；喷涂厚度 20~30 μm；喷涂后室温放置 5~10 min，入烘箱 80 ℃烘烤 50 min；环境相对湿度大于 90% 时停止喷涂作业。

需要注意的是该橡胶漆表干迅速，必须时盖好成品桶盖，并保证施工过程中无水分的渗入；另外，如果涂料表面结块，须用粗滤网将结块滤掉；每次喷涂生产结束后必须清洗各项设备；如果喷涂设备先前使用了其他类型的涂料，在喷涂橡胶漆前须用橡胶漆的配套稀释剂冲洗干净喷涂设备；与固化剂混合后须在 6 h 内用完；喷涂环境必须清洁干净，并有良好的通风设施。

## 3 结语

1) 弹性树脂 1652 和 5800-X-70 按质量比 1:2 混合，涂层在弹性手感和机械强度两项性能之间达到一个比较理想的平衡点，耐摩擦达到 60（下转第 15 页）