

有机硅耐磨透明涂料

高长有 杨 柏 沈家骢

(吉林大学化学系, 长春 130023)

提要 详细总结了构成有机硅耐磨涂料的主要原料, 无机溶胶添加剂、溶剂及其他助剂, 对兼有防雾性、可染色性、抗静电性、紫外吸收性的耐磨涂料进行了介绍, 给出了JD涂覆液的制备及涂层的性能。

关键词 有机硅氧烷, 耐磨涂料, 透明涂层, 制备

光学塑料以其耐冲击性能好、密度低、价格低廉、易加工成型等优点在近年得到了广泛的应用, 而耐磨、耐热、耐湿、耐溶剂性能较差的缺点^[1,2]又严重限制了其制品向更高档次的发展。重新设计分子结构以克服这些缺点固然是提高性能的根本途径, 然而对现有光学塑料的品种进行表面的改性处理却是更加简便实用的主法。迄今为止, 人们利用物理镀膜法(如真空蒸发镀膜、等离子体镀膜、化学气相沉积等方法)和化学镀膜法已成功地制备出抗静电膜(Antistatic coatings)^[3]、耐擦伤膜(Abration-resistant coatings)^[4]、防雾膜(Antifogging coatings)、减反射膜(Antireflection coatings)及透明导电膜(Transparent-conducting coatings)^[5]、高反射膜(Mirror coatings)^[6]等。

物理法镀制的膜层均匀、致密性好, 但仪器设备复杂、条件要求严格, 加之塑料耐热性较差, 故而在光学塑料表面改性上应用较少^[7]。化学镀膜的方法较多, 得到的膜层的性能也各不相同^[8]。对于光学塑料表面的硬质耐擦伤膜层, 以水解成膜法得到聚有机硅氧烷耐磨涂层较为普遍。该方法涂料的制备工艺简单、性能稳定, 涂层耐擦伤强度高、附着力好, 且固化温度低、成本低廉, 因而较其他的硬质膜层(如热固化型的氨基树脂系或密氨基涂料及紫外线固化型的多功能丙烯酸酯系涂料)近年来得到更加广泛的应用^[9]。

国外从60年代后即开始研究用于光学塑

料的有机硅耐磨涂料, 从70年代后发表的专利逐渐增多, 这方面的工作以日本、美国、德国报道较多, 英国、法国等其他国家也有一定的专利发表。国内对有机硅耐磨涂料的研究起步晚, 迄今尚未见可实用的产品。据了解, 目前国内的一些塑料镜片生产厂家所用涂料几乎全部依赖进口, 价格昂贵。

有机硅耐磨透明涂料属精细化工产品, 投资少、效益大, 其生产技术都是高度保密的。本文从所用原料着手, 对制备有机硅耐磨涂料的主要原料、溶剂、水解催化剂、固化剂等组分的种类和数量进行了详细归纳和评述, 以期促进我国对该类产品的开发和应用。

1 耐磨涂料的组成

1.1 主要原料

主要原料是成膜的基础物质, 因而其选择对最终耐磨涂层的各种性能均有极大影响。对耐磨涂料而言, 一般多选用烷氧基硅烷, 而氯硅



高长有 吉林辉南人。1966年9月生。1990年毕业于吉林大学化学系, 获高分子材料工学学士学位, 同年师从中国科学院院士沈家骢教授攻读硕士学位, 1993年至今攻读高分子化学与物理博士学位。主要从事有关功能高分子及聚合物光学材料的研究, 发表论文10余篇。

烷或烷氧基氯硅烷则极少使用,因其水解后产生 HCl,使涂料的性能难以稳定。烷氧基硅烷中,尤以 $\text{RSi}(\text{OR}')_3$ 型和 $\text{Si}(\text{OR}'')_4$ 型最常使用。这两种类型的硅氧烷水解后,可形成大量 $\text{Si}-\text{OH}$,再经脱水,形成高度交联的近于 SiO_2 的硬质网络^[48],其耐磨性能较好;同时因有与 Si 直接相连的有机基团 R 存在,可大大增加涂层的柔韧性,减少应力开裂,提高涂层与基底的粘接强度。 R' 、 R'' 一般为甲基、乙基或乙酰基等基团;R 的结构变化较大,可以是甲基、乙基、丙基、 γ -环氧丙氧基丙基、 γ -甲基丙烯酰氧丙基、 γ -氨基丙基等基团。以下是常用到的烷氧基硅烷^[10-43]: $\text{MeSi}(\text{OMe})_3$ 、KH-560(γ -环氧丙氧基丙基三甲氧基硅烷)、 $\text{MeSi}(\text{OEt})_3$ 、 $\text{Si}(\text{OEt})_4$ 、 $\text{MeSi}(\text{OAc})_3$ 、KH-570(γ -甲基丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷)、KH-550(γ -氨基丙基三乙氧基硅烷)、 $\text{Si}(\text{OMe})_4$ 、KHM603(N - β -氨基- γ -氨基丙基三甲氧基硅烷)及 KH-590(γ -巯丙基三甲氧基硅烷)、KBE1003(乙烯基三乙氧基硅烷)、 $\text{PrSi}(\text{OMe})_3$ 、 $\text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OMe})_3$ 等。

1.2 无机溶胶添加剂

在大多数耐磨涂料配方中,还加入一定量的无机溶胶或烷氧基金属化合物^[40]。这些物质本身一般不形成化学交联而成膜,而是与烷氧基硅烷共同作用,提高涂料的粘度,增加涂层的厚度,同时提高涂层的耐擦伤性能。最常用到的这类物质是 SiO_2 溶胶^[11-23],多用质量分数为 30% 的 H_2O 溶液,粒径 12nm 左右; Sb_2O_3 溶胶^[23-27] 也较常用,多用质量分数为 30% 的 H_2O 溶液或 MeOH 溶液,粒径 10nm 左右;此外, CeO_2 (H_2O 中,质量分数为 15%)^[28]、W 氧化物^[42]、Sn 氧化物^[42] 及 $\text{Ti}(\text{OBu})_4$ ^[36,43]、 $\text{Ti}(\text{OEt})_4$ ^[40]、 $(i-\text{PrO})_4\text{Ti}$ ^[21]、 $\text{Zr}(\text{OBu})_4$ ^[22]、 $\text{B}(\text{OMe})_3$ ^[22]、 $(s-\text{BuO})_3\text{Al}$ ^[41] 等文献中也多有使用。

1.3 溶剂

溶剂的选择对涂层的性能也有很大影响,若选择不当,不仅涂层的表面状况较差(如桔

皮、发雾、麻点等缺陷)、光洁度降低,而且涂层的耐擦伤等性能也可受到影响。溶剂的沸点应在 70~130℃ 之间较好,沸点太低,溶剂从涂层中挥发太快,易导致涂层微观结构上的缺陷,使其耐擦伤性能降低;沸点太高,溶剂不易挥发,造成表面干燥时间过长,此间涂层易受外界因素影响,导致膜表面光洁度降低。常用的溶剂主要是低级脂肪醇或酮^[10-43],它们对 H_2O 、硅氧烷及其聚合物都有较好的溶解性,无污染,对基材表面的破坏性小,价格也较低。 $i-\text{PrOH}$ 是最长用的溶剂, $i-\text{BuOH}$ 、 EtOH 、 MeOH 、 $\text{EtOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 等也较常用;此外还有 $\text{EtOCH}_2\text{CH}_2\text{OAc}$ 、 MeCOEt 、乙酰丙酮、双乙酰丙酮、双丙酮醇、 $\text{CH}_2(\text{CO}_2\text{Et})_2$ 、三氧杂环己烷等。

1.4 水解催化剂

酸或碱都可作为烷氧基硅烷水解的催化剂,但一般很少用碱,因其对形成的有机硅溶胶稳定性破坏较大,在碱性条件下,有机硅溶胶很快变成凝胶。 HOAc 和 HCl 是最常用的水解催化剂^[10-14,33-35],但其用量一定要控制好,过多对涂层的性能也有影响。此外, HClO_4 ^[32]、 H_3PO_4 ^[39]、 HNO_3 、乙酸酐^[44]、邻苯二甲酸酐等也可使用。

1.5 流平剂

一般光学塑料的表面张力都较低,不利于涂料的铺展。加入合适的流平剂可以较大幅度地降低涂料的表面张力,改善涂料的流平性能,使得到的涂层光洁平整。流平剂的加入量不需太多,有些配方中甚至不加。文献报道中最常用的是含硅表面活性剂^[26,28,42],如 SF-1066(聚二甲硅氧烷/环氧乙烷环氧丙烷共聚物)^[20,23]、LS-540(聚醚-硅氧烷)^[12]、BYK-300(聚醚-聚硅氧烷共聚物,德国牌号)^[18,55]、羟端基硅油^[3,16]等。这些表面活性剂兼有流平剂和润滑剂的双重功能,还可降低涂层的摩擦系数,增加涂层的耐擦伤性能。其次是含氟表面活性剂^[38],如 $\text{C}_9\text{F}_{17}\text{OC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$ ^[33],此外还有聚氧乙烯脱水山梨糖醇单甘油酯、聚乙二醇单月桂酸

酯^[32]等。

1.6 固化剂

加入固化剂可降低涂层的固化温度,缩短固化剂时间,提高涂层的交联度,从而提高其耐擦伤强度。固化剂选择及加入量十分重要,不合适的固化剂或加入的量过多会导致溶胶的过早凝聚,降低涂料的使用寿命。常用的固化剂有乙酰胆碱^[24,25]、乙酰丙酮铝^[27,36,42],此外还有 2,4-(NH₂)₂C₆H₃SO₃Na^[13]、C₄F₉SO₂NHSO₂CF₃^[31]、依康酸(itaconic acid)^[21]、环烷酸钙(钴)^[30,47]、Et₄N⁺OH⁻^[33]、SnCl₂^[35]等。

以上 6 种组分是构成耐磨涂料的基本骨架,在此基础上通过改变各组分的品种和数量,可以制备出多种有机硅耐磨涂料。例 1 为一典型的耐磨涂料配方^[23]。

例 1

MeSi(OR)₃: 218g

HOAc: 15.2g

胶体 SiO₂: 158.5g

胶体 Sb₂O₃: 50.5g

H₂O: 18.2g

i-PrOH: 503g

BuOH: 141g

10% 乙酰胆碱水溶液: 28.9g

该配方中除未使用流平剂,其余 5 种组分都用到了。

2 涂料的配制及使用

2.1 涂料的配制

涂料的配制方法基本的两种,所得涂料的含固量为 15%~20%,最多不超过 40%,pH 为 4~7.5。一种方法是将烷氧基硅烷、H₂O、溶剂、水解催化剂等物质混合均匀,熟化一段时间后,再加入固化剂,即得到耐磨涂料,如例 2^[11]。

例 2

30% 水溶性胶体 SiO₂(pH3.1): 200g

MeSi(OMe)₃: 138g

HOAc: 0.2g

调 pH 为 4.5,陈化 4 天,得含固量 40% 涂

料。喷涂于 102×152×4.7mm 的 PMMA 板上,干燥后,85℃烘 4h,得耐磨、粘接性能都很好的涂层,浊度仅上升 0.4%;而在 pH=3.7 或 5.4 时,浊度则上升 6%。

另一种方法是将烷氧基硅烷与 H₂O、溶剂、水解催化剂等混合,水解后蒸出挥发组分,再加入其他组分(如溶剂、固化剂等),即得耐磨涂料,如例 3^[10]。

例 3

MeSi(OEt)₃: 267.5 份

H₂O: 67.5 份

HCl: (2~3)×10⁻⁶

回流 4h 后,部分蒸出挥发分,得无凝胶的 45%~50% 硅氧烷溶液,过滤,以 BuOH 稀释至 30%,得组分 I。组分 II 为甲基-异丁基化(2~2.5:1)的三聚氰胺甲醛树脂的 80% *i*-BuOH 溶液。

涂料组成: I、II 混合,其中 II 为 I 的 8%(按硅氧烷计算)。所得涂层耐磨、耐溶剂,具有好的光学透明性,可用于丙烯酸酯系聚合物及聚碳酸酯(PC)。如 PC 先浸于 1% KH-550 的 BuOH 溶液中,93℃干燥 5min 后,浸于涂料中,干燥后,120~135℃处理 0.5~2h,即得耐磨涂层。

2.2 基材的表面预处理

不同品种的耐磨涂料一般可适用于常见光学塑料即 PMMA、PSt、PC、CR-39(聚双烯丙基二甘醇碳酸酯)等中的一种或几种^[3,10,32]。因光学塑料的表面张力低,表面呈惰性,不利于涂层的附着^[49],故而在涂覆前一般要进行必要的处理。简单的处理方法是表面活性剂水溶液、EtOH、三氯乙烯、氟里昂等比较温和的溶剂或再结合超声波清洗去表面的油脂、灰尘等污染物^[50,51],干燥后即可涂覆。为使表面产生更多的活性点,可采用洗液等氧化剂进行适度的处理^[52]。如以铬酸洗液处理 JD 系列光学树脂,除可清除表面吸附的灰尘油脂外,表面还可产生—COOH、—OH、—SO₃H 等基团^[48],这些基团不仅降低了基材的表面张力,而且在固化过

程中可和涂料中的 Si—OH 及 Si—OR' 等基团进行反应,增加界面间的粘接力,使涂层的附着性能极大地提高。该方法可用于耐蚀性能较好的 PSt、PC 和 CR-39,对 PMMA 则不适用。第三种处理方法是在基材表面预涂覆一中间层(Primer)。简单的 Primer 是采用 $\text{CH}_2=\text{CHSi}(\text{OEt})_3$ (KBE1003)^[17]及例3中的 KH-550 等硅烷偶联剂或者硝酸(醋酸)纤维素、聚乙烯醇等亲水性高聚物^[16,30]制备的;以紫外光或 γ 射线固化的含双键有机物复合涂料制备的 Primer 工艺过程则比较复杂^[14,15]。

2.3 涂覆方法及涂层的固化

根据样品的不同形状和对最终产品性能的不同要求,涂覆的方法主要有浸涂(Dip-coating)^[10,27,30]、旋转涂覆(Spin-coating)^[8]、喷涂(Spray-coating)^[11,22,29]、浇涂(Flow-coating)^[25]和刷涂(Brush-coating)。其中以浸涂法最为常用,因该方法工艺过程易于控制,所得涂层表面均一平整,光学性能比较优良。

由不同的基材与不同的涂料所得涂层的固化工艺自然不尽相同,但大多采用室温或低温下使涂层中溶剂基本挥发后,再采用较高温度或程序升温-恒温方式固化。对耐热性较好的 CR-39 和 PC,固化温度可稍高,一般为 100~135℃,固化时间 0.5~4h^[10,13,19,21,34];对耐热性较差的 PSt 和 PMMA 一般在 90℃左右固化 4~8h^[11,29,30,32]。无论对于何种光学塑料,固化温度都不能超过其玻璃化温度,一般要低于玻璃化温度 10℃以上,否则制品变形,严重影响其光学性能。

2.4 涂层的性能

由此得到的耐磨涂层其耐擦伤强度较高,基本可达到使用要求。文献中表征耐磨的方法常见有以下几种:Taber 耐磨耗试验机法^[13]、钢丝棉(Steel wool)法^[34]、落砂试验仪法^[13,31]、划圈法^[8]。附着力的大小可采用划螺旋线法^[46]或并叉划格(Cross cut)法^[13,26,43,46]表征,几乎都可达 100/100。硬度测试多采用铅笔硬度,耐磨涂层不低于 5H,最高可达 8H^[34]。涂层的厚

度在微米级,一般不超过 5 μm ,但 15 μm 厚的涂层也有报道^[29]。

3 耐磨涂层的改性

有机硅耐磨涂层折射率较低(多在 1.50 左右),对折射率较高的基材(如 PSt、PC 等)光学塑料具有增透和减反射作用。经过对耐磨涂层的改性,还可使其具有某些特殊的功能。

3.1 防雾耐磨涂层^[29,32,53]

防雾涂层可分为亲水型与疏水型两种,文献报道以亲水型居多,其原理是采用亲水性表面活性剂,如例 4^[32]。

例 4

KH-560: 20 份

KH-570: 20 份

$\text{MeSi}(\text{OMe})_3$: 40 份

$\text{Si}(\text{OMe})_4$: 10 份

KBM603: 10 份

H_2O : 30 份

EtOH : 100 份

HClO_4 : 0.1 份

40℃水解 8h 后,每 85 份聚硅氧烷加入 10 份聚氧乙烯脱水山梨糖醇单油酸酯,5 份聚乙二醇单月桂酸酯。混匀后,以 $1 \times 10^6 \text{Rad/h}$ γ 射线照射 4h 后,涂于 PMMA 上,100℃固化 3h,即得防雾耐磨涂层,附着力 100/100,室外 10℃吹气及浴室内不起雾。

3.2 可染色耐磨涂层

该种涂层是兼有耐磨与美观的双重功能,可扩大耐磨涂层的应用领域。例 5 在这方面的研究具有一定的代表性^[19]。

例 5: 405g $\text{MeSi}(\text{OMe})_3$ 和 305g KH-560 在 25℃、搅拌下于 1.5h 内加入到 1470g 胶体 SiO_2 与 44g AcOH 的混合溶液中,25℃下再搅拌 1h,蒸出 MeOH 和 H_2O 。剩余物 1600g 以 1:1 (质量)之 BuOH 、Dowanol EE(2-乙氧基乙醇)稀释至 2500g,含固量 40%。88g 该混合物加入 1.8g 琥珀酰亚胺,0.2g 双氰胺,70g Dowanol EE,混匀,得涂料。以 10% NaOH 刻蚀过的 CR-39

透镜浇涂, 室温干燥 10min, 85℃ 固化 16h。以 Sun Brown dye (美国 BPI 公司生产) 在 93℃ 着色 30min 后, 附着力 100/100, 透光率 22%, 耐钢丝棉擦伤性为 1。

3.3 抗静电耐磨涂层

塑料光学元件因表面电阻率很高, 在与其他物体接触和摩擦时易带静电, 静电吸附灰尘而使元件表面变脏。抗静电耐磨涂层在使塑料表面增强的情况下, 同时又可消除塑料表面的静电, 其配方组成一般也离不开亲水物质, 如例 6^[3]。

例 6

81:19 的 $\text{Si}(\text{OEt})_4$ 和 $\text{MeSi}(\text{OEt})_3$ (部分水解): 100 份

1:1 (mol) 的三聚氰胺甲醛树脂低聚物 and 山梨糖醇: 5 份

$\text{EtOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$: 40 份

HOAc : 20 份

BuOH : 10 份

10% 硝酸纤维素 MeCOEt 溶液: 3 份

10% $\text{Me}_2\text{NH}^+ \text{Cl}^-$ 水溶液: 5 份

硅油: 0.01 份

涂于丙烯酸乙酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物 (5:95), 80℃ 固化 2h。涂层铅笔硬度 7H, 耐擦伤性 (光透过保持率 ASTM D673) 91%, 静电半衰期 5s。

3.4 紫外线吸收耐磨涂料

紫外线对人的眼睛有较大的损害, 被称为“蓝光的危害”, 长期接触会引起白内障。紫外线吸收耐磨涂料就是为了兼有消除这种危害而设计的, 其原理是加入紫外线吸收剂, 如例 7^[44]。

例 7: $\text{KH}-560$ 、2,4-二羟基二苯酮、三乙酰丙酮铝于甲苯中混匀, 加热蒸出 MeOH , 得组分 A。涂料组成: 30% 胶体硅 220 份, Ac_2O 1 份, $\text{MeSi}(\text{OMe})_3$ 270 份, 室温下反应 24h, 以 i - BuOH 稀释至固含量 20%, 加入 1.8 份的 A 组分, 即得涂料。

此外还有用环氧树脂^[45]、甲基丙烯酸羟乙

酯^[30]、甲基丙烯酸乙二醇双酯^[18,37]等进行改性处理的。

4 JD 涂覆液的制备及涂层性能

作者以 $\text{KH}-560$ 和 $\text{Si}(\text{OEt})_4$ (TEOS) 为主要原料制备了一种有机硅耐磨涂料, 得到了性能较好的耐磨涂层。

4.1 涂料的组成

A 组分

$\text{KH}-560$: 30ml

TEOS : 80ml

醇类溶剂 1: 80ml

B 组分

H_2O : 90ml

醇类溶剂 1: 60ml

醇类溶剂 2: 40ml

催化剂: 2.5ml

流平剂: 适量

固化剂: 适量

其他助剂: 适量

A 的粘度 $1.5 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ (20℃), 中性; B 的粘度为 $3.4 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$, pH 为 2。A、B 皆为无色透明, 室温下可长期存放。使用时将 A、B 等体积混合, 搅拌均匀, 室温下陈化 2~3 天 (粘度变为 $6 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$)。所得涂料无色透明, pH 在 6 左右, 含固量 14%。

4.2 涂层的性能

本涂料对 PSt 、 PC 、 $\text{CR}-39$ 等光学树脂适用性良好, 对 PS 、 PC 还有增透作用。涂于 JD 光学树脂表面的涂层性能如下^[54]。

涂层厚度: $0.8 \sim 6 \mu\text{m}$

增透: 2%~5%

减反射: 2%~3%

铅笔硬度: 5~6H

耐擦伤转数: 8000 转

附着力: 1 级 (交叉划格法为 100/100)

表面状况: 均匀平整 (起伏 $5 \sim 7 \text{nm}$)

颜色: 无色透明

5 参考文献

- 1 Wolpert H D . Photonics Spectra 1983, (2):68
- 2 内尾瞬二. Plastics Age, 1980 (6):86
- 3 Sumitomo Chemical Co. Ltd. JP 80 99 930. 1980
- 4 Haluska Ioren et al. Soc Plast Tech Pap, 1977(12):23
- 5 黄祥成. 光学技术, 1985 (2):2
- 6 李应选. 光学技术, 1992 (4):33
- 7 毛文凡. 光学技术, 1989 (4):2
- 8 薛涛, 赵俊民. 化学镀膜技术. 北京: 国防工业出版社, 1982. 135
- 9 黎新章, 李一龙. 光学技术, 1991 (3):16
- 10 Stengle Edward J . US 3 935 346. 1976
- 11 Clark Harold Arthur. BE 821403. 1975
- 12 Frye Robert Bruce. DE 3016 021. 1980
- 13 Steinberger Helmut. et al. DE 2 914 427. 1980
- 14 General Electric Co. Neth Appl. 79 03334. 1980
- 15 Humphrey James Stevenson Jr. FR 2 456 615. 1980
- 16 Vaughn Howard Alton Jr. FR 2 474 044. 1981
- 17 Sumitomo Chemical Co Ltd. JP 81 152 762. 1981
- 18 Chung Rack Hun. FR 2 496 679. 1982
- 19 James R. US 4 355 135. 1982
- 20 Frye Robert Bruce. US 4477519. 1984
- 21 Leclaire Yves. EP 429 325. 1991
- 22 Ichikawa Yoshio. JP 03 290 483. 1991
- 23 White William H, et al. PCT Int Appl WO 83 01 256. 1983
- 24 Ashlock Lysander Thomas, et al EP 35 609. 1981
- 25 Ashlock Lysander Thomas, et al. US 4 500 669. 1985
- 26 Sawaragi Fujio. DE 4 118 826. 1991
- 27 Yamada Shinichi. EP 499 492. 1992
- 28 Iriyo Takenki, et al. JP 02 274 781. 1990
- 29 Yoshida Masaru. JP 76 42 092. 1976
- 30 Oshida Masaru. JP 76 28 287. 1976
- 31 Nozari Mohammad S. DE 2 609 148. 1976
- 32 Kaetsr Isao, et al. JP 79 76 699. 1979
- 33 Hashimoto Kaname. et al. DE 3 021 018. 1980
- 34 Lampin Jean Pierre. EP 89 279. 1983
- 35 Suwa Seidkoshi Co Ltd. JP 58 141 250. 1983
- 36 Toray Industries. Inc. JP 59 49 960. 1984
- 37 Nguyen Van T. et al. US 4482 656. 1984
- 38 Daicel Chemical Industries Ltd. JP 59 115 337. 1984
- 39 Ascarelli Paolo, et al. EP 146 995. 1985
- 40 Lin Chia Cheng. et al. EP 263 428. 1988
- 41 Philipp Gottfried, et al. DE 3 828 098. 1990
- 42 Yajima Hidedazu. JP 03 172 369. 1991
- 43 Tayama Suehiro, et al. JP 04 114 040. 1992
- 44 Kimura Hiroshi, et al. JP 60 166 355. 1985
- 45 Sakurauchi Katsuo, et al. JP 01 159 246. 1989
- 46 原燃料化学工业部涂料技术训练班组织编写. 涂料工艺. 第 9 分册. 1983. 173
- 47 战凤昌, 李悦良等编. 专用涂料. 北京: 化学工业出版社, 1988
- 48 高长有, 郑大方, 杨柏等. 高等学校化学学报, 1995, 16(1): 147
- 49 吴巧林. 涂料与应用, 1992 (1):26
- 50 李应选. 光学技术, 1992 (4):33
- 51 Kimock Fred M, et al. PCT Int Appl WO 92 06 843. 1992
- 52 Briggs D. Journal of Materials Science. 1976 (11):1270
- 53 Kaetsu I, Yoshima M. J of Applied Science. 1979. 24:235
- 54 高长有, 杨柏, 沈家骥. 功能材料, 1994, 25(4):313
- 55 汪盛藻. 涂料工业, 1989 (1):38

Organosilicone Transparent Abrasion - resistant Coating

Gao Changyou, Yang Bai, Shen Jiacong

(Department of Chemistry, Jilin University, Changchun 130023)

Summery Organosilicones, solvents, inorganocolloids and other additives which comprise organosilicone abrasion - resistant coatings are summeried in detail; the coatings which have antifogging, tintable, antistatic or UV - absorbing abilities are introduced; the main properties of JD coating are listed.

Key words Organosilicone. Abrasion - resistant coating. Transparent layer. Preparation