

新产品 新技术

微胶囊包覆的抗臭氧剂

Walter H. Waddell等

摘要: 橡胶制品臭氧老化防护的方法很多。通过微胶囊包覆技术控制抗臭氧剂释放速率, 可以显著延长橡胶制品的使用寿命。介绍了臭氧老化防护技术以及微胶囊包覆抗臭氧剂的研究成果, 如微胶囊的制备方法、囊壁材料的选择、囊壁/囊芯材料用量的最佳比例及老化试验结果。微胶囊包覆抗臭氧剂是一种很有意义的新技术。

关键词: 微胶囊; 抗臭氧剂; 老化; 橡胶

1 橡胶的臭氧老化及防护

臭氧会与橡胶表面的碳-碳双键发生反应生成臭氧氧化物。如果橡胶制品暴露在臭氧中并受到应力, 就会导致臭氧基团所在位置的聚合物分子链断裂, 橡胶制品表面产生裂纹。这些新的断面上又会有更多的碳-碳双键与臭氧发生反应, 从而加速了橡胶制品的老化。

加入化学助剂可以提高橡胶制品静态和动态下的抗臭氧老化能力。理想的抗臭氧剂能够迁移到橡胶制品的表面直接与臭氧反应, 并降低裂纹的扩展速率。但是, 抗臭氧剂在与橡胶制品表面的臭氧反应过程中或者在橡胶制品清洗、摩擦时会被逐渐消耗而减少。许多带有大官能团的化合物如三甲基二氢化喹啉、N,N'-二取代对苯二胺、金属二硫代氨基甲酸盐、N取代硫脲、三噻硫化物等都具有抗臭氧老化的作用, 而且其中很多已经在广泛应用。

在轮胎工业中用量最大、最有效的抗臭氧剂是N,N'-二取代对苯二胺。其中, 含有5~7个碳原子烃基的N-烷基-N'-苯基对苯二胺的抗臭氧老化效果最好, 可使橡胶制品的抗臭氧老化性能显著提高, 但是对苯二胺在橡胶中的溶解度有限, 所以橡胶制品抗臭氧老化性能的提高也受到了限制。另外, 对苯二胺会使制品的表面变色, 因此, 对于制品表面要求较高的轮胎和橡胶制品, 此类抗臭氧剂的用量不宜太大。

橡胶的防老化方法有很多。一般主要采取改

变轮胎的结构设计、胶料配方(尤其是胎面胶配方), 使用长效抗臭氧剂活性对苯二胺有效改善抗臭氧性能, 以达到延长轮胎使用寿命的目的。在胶种方面, 可使用具有抗臭氧化作用的弹性体如氯丁橡胶和三元乙丙橡胶, 以降低二烯烃类橡胶(如天然橡胶和聚丁二烯橡胶)的含量; 如果使用普通胶种, 则应主要控制抗臭氧剂在橡胶中的扩散。

1.1 抗臭氧剂的作用机理

抗臭氧剂对橡胶的防护理论包括净化理论、保护膜理论、再结合和自愈合膜理论。净化理论模型要求抗臭氧剂分散在橡胶的表面, 并且快速与臭氧反应, 反应速度一定要大于臭氧与不饱和弹性体中碳-碳双键的反应速度。保护膜理论是指抗臭氧剂与臭氧的反应物在表面形成一层薄膜以此来保护橡胶制品。再结合理论是指抗臭氧剂防止聚合物链断裂或促使断裂键再结合。自愈合膜理论是抗臭氧剂与橡胶臭氧氧化物或两性离子反应, 在橡胶表面形成低相对分子质量、惰性的易流动的自愈合膜。多项试验研究结果表明, 净化理论和保护膜理论机理与橡胶制品的老化防护过程是吻合的。

1.2 抗臭氧剂扩散的控制

长期以来, 研究重点一直是通过调整抗臭氧剂在橡胶中的溶解度来调节抗臭氧剂表面膜的再生速度, 为此合成了一系列更大相对分子质量的N,N'-二取代对苯二胺。其结构的变化包括:

(1)用 N 萘基代替 N 苯基,如 N-(1,3-二甲基丁基)-N'萘基对苯二胺;(2)用羧酸或羧酸丙酯代替中央苯环;(3)用 N 过氧化苯基-N'异丙基对苯二胺替代 N 苯环;(4)增加第三取代基,如 N 异丙基-N 硫苯基-N'苯基对苯二胺。对这些新品种抗臭氧剂的表面膜再生速率和扩散进行了研究。但是,结果表明,这些新品种抗臭氧剂的性能均不如 N-1,3-二甲基丁基-N'苯基对苯二胺(6PPD)。

通过在 N'苯环上增加一个烷基取代基或者增大 N 烷基基团的体积制得大相对分子质量的防老剂 6PPD 将其与 N 异丙基-N'苯基对苯二胺并用或者单独使用任意一种,添加到 NR/BR 并用比为 50/50 的炭黑填充的载重轮胎胎侧胶中,进行轮胎测试直到胎面磨损完。试验结果表明,在这两种抗臭氧剂中,至少有一种是大相对分子质量抗臭氧剂就可以达到满意的抗臭氧老化效果,改善胎侧表面裂口和褪色现象。

1.3 抗臭氧剂母胶

Evans 等将 6PPD 母胶用在胎侧胶中。母胶经加工粉碎成 50 μm 的母胶粒。防老剂母胶的成份包括 40 份 6PPD,50 份炭黑以及一种橡胶如异戊橡胶、顺丁橡胶、丁基橡胶、丁苯橡胶、氯丁橡胶、三元乙丙橡胶、聚降冰片烯橡胶或不同丙烯腈含量(最高为 55%)的丁腈橡胶。用高压液相色谱(HPLC)检测抗臭氧剂在不同丙烯腈含量的丁腈橡胶硫化胶中的分配系数(见表 1)。

从表 1 可以看出,丙烯腈含量高的丁腈橡胶

基体中抗臭氧剂的分配系数最高。6 份 6PPD 才能为橡胶制品提供足够的防臭氧老化保护。采用高丙烯腈含量的丁腈橡胶可以为橡胶制品提供最好的防臭氧老化保护(见表 2)。将含有 3 份 6PPD 和 3 份制成母胶粒的 6PPD 并用可提供更优异的全面防护。

表 2 抗臭氧剂母胶类型对耐臭氧老化寿命的影响	
母胶类型	耐臭氧老化寿命 / d
顺丁橡胶	20
聚降冰片烯橡胶	22
丁腈橡胶	
丙烯腈含量 18%	22
丙烯腈含量 21%	24
丙烯腈含量 24%	24
丙烯腈含量 32%	27
丙烯腈含量 45%	29
丙烯腈含量 55%	31
纯 6PPD 参比样	21

1.4 在胶料中添加白炭黑

Wadde 等人在炭黑补强的胎侧胶(NR/BR 比为 50/50)中加入沉淀法白炭黑以提高抗臭氧剂的效能。根据统计方法设计配方,以炭黑 N330、白炭黑、抗臭氧剂 6PPD 作为变量因子进行试验。结果表明,以适量白炭黑代替部分炭黑可以显著改善硫化胶的耐久性能,撕裂强度提高,臭氧龟裂、裂口增长减小,胶料滞后损失降低。另外,用 9 份沉淀法白炭黑代替 8 份炭黑 N330 2 份抗臭氧剂聚 1,2-二氢-2,2,4-三甲基喹啉代替 1 份 6PPD 橡胶制品表面褪色的现象有明显改善(见表 3)。

表 1 抗臭氧剂在不同胶种中的分配系数	
胶 种	抗臭氧剂分配系数
异戊橡胶	0.8
顺丁橡胶	1.1
丁基橡胶	0.2
丁苯橡胶	1.1
氯丁橡胶	0.9
三元乙丙橡胶	0.6
聚降冰片烯橡胶	1.7
丁腈橡胶	
丙烯腈含量 18%	2.2
丙烯腈含量 21%	2.7
丙烯腈含量 24%	2.9
丙烯腈含量 32%	3.5
丙烯腈含量 45%	4.0
丙烯腈含量 55%	4.4

表 3 白炭黑对胎侧胶性能的影响			
项 目	炭黑	炭黑/白炭黑	炭黑/白炭黑/抗臭氧剂
硫化特性			
焦烧时间 t ₉₀ /min	6.1	6.2	6.9
M _L / (dN·m)	2.7	3.1	3.1
M _H / (dN·m)	17.2	15.7	15.9
t ₉₀ /min	8.0	8.2	8.8
t ₉₀ /min	11.7	12.6	12.9
硫化胶物理性能			
20%定伸应力 /MPa	0.62	0.63	0.62
100%定伸应力 /MPa	1.5	1.3	1.3
300%定伸应力 /MPa	8.1	6.2	5.7
拉伸强度 /MPa	23.2	23.1	23.2
拉断伸长率 %	633	691	737
撕裂强度 / (kN·m ⁻¹)	19.0	22.6	23.0
老化 12 d 后臭氧老化速率	8.7	7.7	7.3
老化 7 d 后光吸收度(400 nm)	0.55	0.42	0.38

2 微胶囊包覆

2 1 微胶囊简介

微胶囊一般为直径为 50 nm~2 mm的球形颗粒,由聚合物赋形剂基体(胶囊壁或套)和胶囊中被称为核物质的活性成分组成。直径在纳米级的微胶囊一般被称为纳米囊,以强调其体积小。

近几十年来,微胶囊包覆技术日益流行,特别是在医药工业中。每年都有数以千计的相关专利及文献发布。微胶囊技术已经在无碳复写纸、液晶、防火材料、粘合剂、香料、动物饲料、洗涤剂、药物、人工肾、杀虫剂、灭藻剂、化妆品和化肥等诸多领域中得到应用。

微胶囊包覆技术的主要优点如下:(1)将不相容的成份分离;(2)增强稳定性,保护核物质免受环境影响;(3)将液体物质转变为固体物质;(4)屏蔽气味,隔离活性成分等;(5)降低对环境的危害;(6)胶囊作为包装物;(7)可以控制活性成分的释放速度。

微胶囊可以选用多种单体和聚合物作为原料,以多种聚合方法制成(见表 4),因此通过改变原料和制备方法可以得到许多成分和结构特点不同的微胶囊。通常,制备方法的选择很大程度上根据原料的特点来决定(见表 5)。

2 2 微胶囊包覆抗臭氧剂

对于橡胶工业来说,控制加工助剂的释放和

延缓助剂的释放是一项很有意义的技术。 Benko E van等将微胶囊包覆的 6PHD用于轮胎的胎侧胶配方中。试验配方如下:天然橡胶 40.0 顺丁橡胶 60.0 SAF炭黑 50.0 环烷油 10.0 脂肪酸 2.0 石蜡 1.0 氧化锌 3.0 硫黄 1.75 促进剂 1.0 抗臭氧剂 指定。

采用微胶囊包覆的抗臭氧剂延缓释放体系应着重考虑以下几方面:

(1)胶囊壁材料与抗臭氧剂 6PPD不能发生化学反应;(2)胶囊壁要保证 6PHD不会过早释放;(3)胶囊壁材料不会与胶料配方中的主要成分起反应;(4)6PHD必须在预设的条件下也就是在轮胎或橡胶制品的使用过程中释放;(5)微胶囊不会对轮胎或橡胶制品的主要功能产生影响。

2 2 1 微胶囊包覆抗臭氧剂的制备方法

制备微胶囊包覆抗臭氧剂 6PPD采用以下方法:(1)溶剂蒸发、喷雾干燥法;(2)熔融分散;(3)凝聚、相分离法。

喷雾干燥是将囊芯物质抗臭氧剂和聚合物囊壁材料通过雾化装置引入到干燥室顶部,雾化器周围有大量高流速空气,溶剂被快速蒸发,带有干燥微胶囊的空气流经旋风分离器分离后,将微胶囊收集在一起。

熔融分散技术是将抗臭氧剂和做胶囊壁的可溶性高聚物置于热的液体中不断搅拌,使温度达到高聚物熔点之上,但抗臭氧剂和高聚物互不相溶,高聚物包覆在抗臭氧剂上,冷却变硬,然后进入雾化干燥装置干燥。

相分离技术是将囊芯材料抗臭氧剂加入到已溶解的囊壁材料高聚物胶浆中,形成抗臭氧剂微粒,然后使高聚物凝聚析出而包覆在抗臭氧剂的外部。

2 2 2 抗臭氧剂的活性

改变 NR/BR胶料中抗臭氧剂 6PHD的用量,进行臭氧老化试验,确定一个基准,以便比较抗臭氧剂 6PPD的功效。胶料在臭氧浓度为 50×10^{-6} ,温度为 40℃的条件下放置 4 h然后检测胶料表面抗臭氧剂 6PPD的含量。当抗臭氧剂 6PPD在胶料中的含量达到其在胶料中的溶解度最高值时,会在胶料表面形成一层连续的保护膜;超过这一溶解度极限将会喷霜(见图 1)。

表 4 单体及高聚物的微胶囊制备方法

原料类型	制备方法
单体	悬浮聚合法,乳液聚合法,分散聚合法,沉淀聚合法,悬浮缩聚法,乳液缩聚法,界面缩聚法,沉淀缩聚法
高聚物	悬浮交联法,凝聚/相分离法,溶剂蒸发抽提法,高聚物沉淀法,高聚物螯合法,高聚物凝胶法,高聚物熔化分散冷凝法

表 5 根据高聚物选择的制备方法

高聚物	制备方法
聚酰胺	表面缩聚法
聚烷基氰基丙烯酸	乳液聚合法
白蛋白,多聚糖	悬浮交联法
凝胶,阿拉伯胶,乙基乙酸	凝聚法
生物降解聚酯	溶解蒸发法
纤维素乙酸盐	溶解抽提法
合成高聚物	溶解蒸发法
聚苯乙烯,聚碳酸酯,聚酯,聚苯乙 烯甲基异丁烯酸盐,硅树脂	溶解抽提法

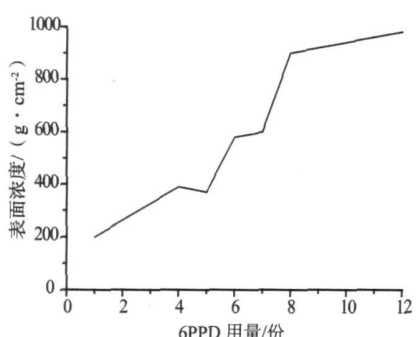


图 1 胶料在臭氧浓度 50×10^{-6} 条件下放置 4 h后的 6PPD表面浓度

硫化胶在臭氧环境下连续屈挠直到产生裂口。结果表明,抗臭氧剂 6PPD的用量为 4~5份时,胶料的耐屈挠性能有显著的提高;而用量继续增加,甚至高达 12份时,胶料的耐屈挠性能也无明显变化(见图 2)。

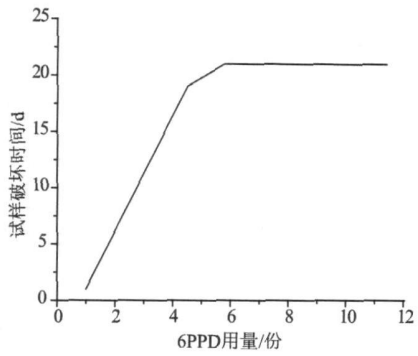


图 2 6PPD用量对胶料臭氧条件下屈挠寿命的影响

在胶料表面喷霜的 6PPD虽然也与臭氧反应,但并没有对胶料起保护作用。这一点通过用高压液相色谱(HPLC)对已裂口胶料的三氯甲烷回流抽提物进行分析得到了证明。不论 6PPD最初的用量是多少,所有胶料中 6PPD的剩余量是相近的。

2.2.3 微胶囊囊壁材料的选择

人们对 6PPD在各种聚合物中的溶解度进行了测试。将 2 g待选聚合物放入装有 10 g抗臭氧剂 6PPD的烧杯中,加热到 50℃,然后冷却到室温,其结果见表 6。

以溶剂蒸发技术成型微胶囊时,可以选用聚碳酸酯、丁苯橡胶、氯化橡胶和纤维素乙酸酯作为微胶囊囊壁材料,因为这些聚合物可以用常用溶剂。聚酰胺微型胶囊在喷雾干燥器中采用分散缩聚方法制备。聚酯微胶囊是在醇/烃类溶剂中,采

用相分离法通过凝聚作用制备的。纤维素乙酸酯和氯化橡胶制备微胶囊还有待更深入的研究。部分微胶囊试制结果见表 7。

表 6 微胶囊囊壁高聚物材料与 6PPD的相容性

聚合物	试验条件	
	15 min× 50℃	冷却
聚己酸内酯 PCI300	不溶	不溶
聚碳酸酯	不溶	不溶
聚酰胺	不溶	不溶
丁苯橡胶	凝胶化	大块沉淀
聚乙烯醇缩丁醛	凝胶化	凝胶化
氯化橡胶、氯化聚丙烯 S20	部分溶解	絮状凝胶
纤维素乙酸酯 CA398-10	粒状悬浮	部分溶解
玉米蛋白	粒状悬浮	部分溶解
聚酯	不溶	不溶
硬脂酸锌	液面漂浮颗粒	可溶

表 7 微胶囊试制结果

聚合物	壁/核用量比	溶剂	胶囊生成情况
聚碳酸酯	1/1	二氧化碳	粘附到喷雾干燥室内壁
纤维素乙酸酯	2/1~4/1	丙酮/二氧化碳	粉状胶囊
丁苯橡胶	1/1	甲苯	粘附到喷雾干燥室内壁
聚酰胺	1/1	乙醇/水	粘附到喷雾干燥室内壁
氯化橡胶	2/1	丙酮/二氧化碳	细的粉末胶囊
聚酯	1/1	甲苯/乙醇	直径 1 μm胶囊

用纤维素乙酸酯、氯化橡胶或聚酯制备微胶囊,测试其 6PPD的抽提性能。微胶囊中含 0.1 g 6PPD将微胶囊放入装有 100 mL水/乙腈(体积比为 70/30)混合溶液的烧杯中,静置 24 h后比较溶液中 6PPD的含量,并与标准工作曲线对比,标准曲线是将 0.01~0.2 g的 6PPD溶解于 100 mL的水/乙腈(体积比为 70/30)混合液后用 HPLC测定出来的。将胶囊从溶剂中分离后洗涤,再放入 100 mL水/乙腈溶剂中,静置 24 h,在 5、10、20、30、45 d重复上述步骤。试验结果见图 3。

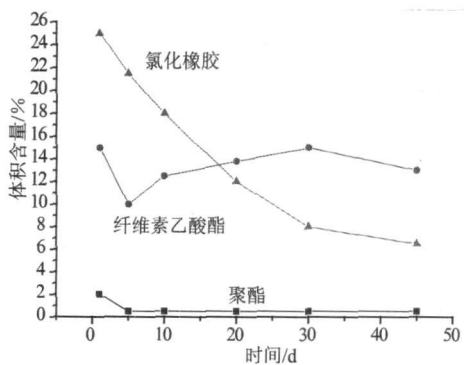


图 3 释放到溶液中的 6PPD量与时间的关系

试验表明,氯化橡胶延迟释放 6PPD的时间约为 10 d即使 45 d后聚酯亦没有明显释放 6PPD而纤维素乙酸酯在 45 d内能如预期缓慢连续地释放活性 6PPD。

45 d后将微胶囊溶于甲苯和二氯甲烷溶液中,测定残余 6PPD的含量。氯化橡胶微胶囊的 6PPD含量小于 10%,纤维素乙酸酯微胶囊 6PPD含量为 21%,聚酯微胶囊 6PPD含量为 92%。

试验表明,使用数均相对分子质量 30 000 ~ 60 000以及粘度 1.14 ~ 22.8 Pa·s 的纤维素乙酸酯对 6PPD的释放速率没有明显影响。Eastman Kodak纤维素乙酸酯 398-10D的数均相对分子质量为 40 000 喷雾干燥回收的微胶囊的直径都小于 50 μm。

2.2.4 微胶囊囊壁与囊芯材料的最佳用量比

人们对喷雾干燥法制造纤维素乙酸酯微胶囊的溶剂体系、溶剂与聚合物的比例、囊壁与囊芯材料的比例进行了研究以确定其最佳组合。选择胶囊壁与囊芯材料用量比为 1/1和 3/1两种试样。溶剂为丙酮/二氯甲烷 (4/1),溶剂与聚合物的用量比为 18/1。在 Brabender塑化仪混炼初始阶段或开炼机混炼的最后一步将 6份 6PPD加入到胶料中,然后硫化。6PPD的加入使胶料的硫化速度加快,这与预期结果相同。如果在混炼初期加入微胶囊包覆的 6PPD用量越大,胶料硫化速度越快。然而,在混炼后期加入 6PPD胶囊时,胶料硫化速度不受 6PPD用量影响。通过对胶料进行显微镜观察,证实混炼初期加入的 6PPD胶囊已经不存在了,而在后期加入的大部分仍以完好的胶囊形式存在。将在混炼后期加入 6PPD微胶囊的胶料割口,放在臭氧浓度为 50×10^{-6} 的环境中进行动态试验,每 5 d用 HPLC测定一次胶料表面 6PPD的浓度。

试验表明,微胶囊包覆的 6PPD的释放速率明显低于 6PPD直接加入胶料中的释放速率,并且与微胶囊囊壁/囊芯材料用量比呈函数关系,见图 4。

胶囊壁/囊芯材料用量比为 1/1时,添加了微胶囊 6PPD的胶料试样在 20 d后表面出现明显的裂口,25 d后完全损坏;胶囊壁/囊芯材料用量比为 3/1时,试样在第 10 d表面就出现了裂口,但

一直到第 30 d也没有被破坏。试验证明,抗臭氧剂 6PPD在橡胶基体中的释放延迟或者作用在胶料表面的应力消除可以延长橡胶制品的使用寿命。

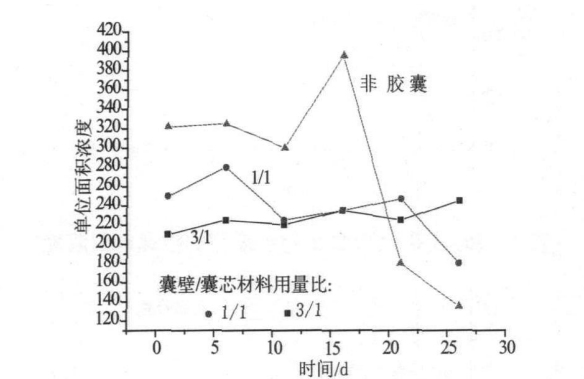


图 4 胶料表面 6PPD浓度与微胶囊囊壁/囊芯材料用量比的关系

在另一个试验中,直接加入 2.5 份 6PPD和 3.5 份囊壁/囊芯材料用量比为 3/1的 6PPD微胶囊的胶料,暴露在臭氧环境中,直到第 25 d胶料也没有出现大的裂纹,第 30 d后没有被完全破坏,结果见表 8。

表 8 不同方式添加 6PPD胶料的臭氧试验结果

项 目	臭氧老化裂口等级					
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
6份普通 6PPD	0	0	0	2	5	—
6份微胶囊 6PPD(囊壁 / 囊芯用量比为 1/1)	0	0	0	2	5	—
6份微胶囊 6PPD(囊壁 / 囊芯用量比为 1/1)	0	1	1	2	2	5
2.5份普通 6PPD+3.5份微胶囊 6PPD(囊壁 /囊芯用量比为 3/1)	0	0	0	0	2	3

注:等级:0—无裂纹,1—很轻微裂纹,2—轻微裂纹,3—有一些裂纹,4—许多大裂纹,5—试样破坏。

对于胶囊壁/囊芯材料用量比的影响,人们做了进一步的研究,将胶囊壁/囊芯材料用量比在 1/1 ~ 4/1范围内的微胶囊用于橡胶中进行试验。结果表明,囊壁/囊芯材料用量比为 1/1的微胶囊的延缓释放作用很小。然而,经过 HPLC测定表明,囊壁/囊芯材料用量比为 2/1和 3/1的微胶囊的延缓释放作用很好(见图 5),其抗老化效果明显比直接加入抗臭氧剂 6PPD的抗老化效果好(见图 6),囊壁/囊芯材料用量比为 4/1的微胶囊没有表现出特殊的优势。

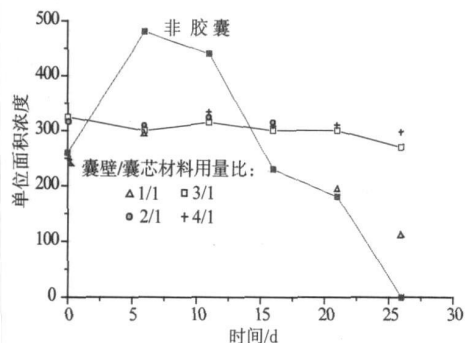


图 5 加入不同 6PPD 的胶料表面的抗臭氧剂浓度

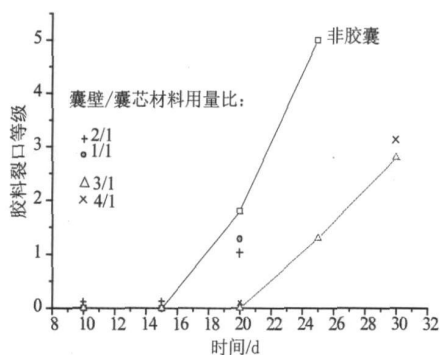


图 6 加入不同 6PPD 的胶料臭氧老化性能

在胶料中直接混入抗臭氧剂 6PPD 进行动态拉伸 (伸长率 25%) 臭氧老化试验和屋顶老化试验。6PPD 的用量从 4 份增加到 6 份, 试样的寿命无明显的变化。而将 3.5 份 6PPD 微胶囊 (囊壁/囊芯材料用量比为 3/1) 以及 2.5 份 6PPD 加入到

胶料, 总的 6PPD 用量仍然为 6 份, 但是胶料寿命提高了两倍多 (见表 9)。

表 9 屋顶臭氧老化试验结果

项 目	臭氧老化裂口等级					
	2个月	4个月	6个月	8个月	10个月	12个月
6份普通 6PPD	0	1	4	5	—	—
2.5份普通 6PPD + 3.5份微胶囊 6PPD	0	0	0	0	2	4

3 结论

橡胶制品臭氧老化防护的方法很多。微胶囊包覆抗臭氧剂是一种很有意义的新技术, 它可以有效地延长橡胶制品持续暴露在臭氧环境中甚至动态屈挠状态下的使用寿命。微胶囊囊壁使抗臭氧剂 N-(1,3-二甲基丁基)-N' 苯基对苯二胺延缓释放到胶料中, 有效地阻止了由环境因素引起的抗臭氧剂过早地损耗。微胶囊相当于抗臭氧剂的蓄水池, 可以保证橡胶制品在使用后期仍能得到有效的防护。用纤维素乙酸酯做微胶囊囊壁材料, 可使抗臭氧剂释放速率与胶料性能的平衡达到最佳状态, 它制备的微胶囊直径小于 50 μm 。将加入微胶囊包覆的抗臭氧剂的橡胶制品在实际使用环境中进行测试, 结果显示橡胶制品的使用寿命显著延长。将这项技术应用到胎侧胶中, 可以延长胎侧胶的使用寿命。

(北京橡胶工业研究设计院 陈 宏摘译)

玲珑集团 1425×450—34 42 PR I6T 无内胎工程机械轮胎通过鉴定

日前, 玲珑集团 1425×450—34 42 PR I6T 矿用型低断面无内胎工程机械轮胎顺利通过了山东省经贸组织的鉴定。

鉴定委员会一致认为, 1425×450—34 42 PR I6T 矿用型低断面无内胎工程机械轮胎设计资料齐全, 数据真实可靠, 轮胎各项性能指标均达到国家标准, 质量处于国际领先水平。

1425×450—34 42 PR I6T 矿用型低断面无内胎工程机械轮胎采用加厚块状花纹设计, 充气

外直径为 1397 mm, 充气断面宽为 485 mm。该轮胎采用非对称胎侧, 提高了胎侧侧向抗冲击、抗刺扎、抗切割性能, 特别适用于在隧道、矿山和建筑等多岩石工地或路况较差、环境恶劣的条件下作业。另外, 独特的胎冠胶配方提高了轮胎的耐磨性能, 降低了生热, 轮胎的平均使用寿命延长了 80%。

经用户使用证明, 1425×450—34 42 PR I6T 矿用型低断面无内胎工程机械轮胎实用效果好, 经济效益显著。该产品的开发成功, 标志着玲珑集团在巨型工程机械轮胎领域的自主研发能力有了进一步提高。

刘纯宝