

探析废橡胶制造胶粉的方法及其应用

朱正发



为摆脱自然资源匮乏、能源危机的困境,减少废旧物品对环境的污染,世界各国已把工业生产的发展方向逐步转向对再生资源和二次能源的开发利用,对废旧物品回收利用的研究已成为当今世界性的科技热点。就橡胶工业而言,大多数的废旧橡胶来源于废旧轮胎。处理好废旧橡胶,对于充分利用再生资源、发展橡胶生产、改善人类的生存环境,是非常必要的。胶粉是指废旧橡胶制品经粉碎加工处理而得到的粉末状橡胶材料,广泛用于体育塑胶运动场、游乐场、橡胶地砖、防水卷材、防水涂料、公路改性沥青、橡胶制品、变性淀粉等领域。目前,再生或消耗废旧橡胶的方法是将废旧橡胶加工成再生胶和胶粉。因为它能变废为宝,让废旧橡胶重新具有使用价值,因此受到社会的广泛关注。

1 废橡胶的功用及其预加工

在我国,每年产生的废旧轮胎大约为1.4亿条,而且每年以两位数的速度在增长。如果对这些废旧轮胎处理不当,就会产生严重环境污染问题,同时也造成了橡胶资源的严重浪费。将废旧轮胎制成胶粉不但解决了废旧轮胎的环境污染问题,而且还产生了一种再利用资源,使橡胶资源的综合利用在一定程度上得

到了可持续发展。我国是一个橡胶资源极为匮乏的国家,对废旧橡胶如何再回收利用显得更为重要,对胶粉制备技术的研究具有重要的战略意义。

废旧橡胶材料的数量在废旧高分子材料中仅次于废塑料,废旧橡胶的回收利用以废旧轮胎为主,废橡胶的利用有利于保护环境,实现资源的再利用,有利于社会经济的可持续发展。目前在发达国家废旧橡胶的回收利用方面废胶粉已逐步取代了再生胶的生产。

废橡胶就是指已经不能再用于正常产品使用的橡胶,其主要来源于报废的轮胎、胶管、胶鞋以及工业杂品等很多方面;另外就是橡胶企业在生产的过程当中所剩下来的边角料或是废品。当今世界各国都非常重视废旧橡胶制品的回收利用,目前,国内外废橡胶的主要利用方式是制造再生胶和胶粉,其关键工艺是粉碎。以往废橡胶经粉碎后制成的胶粉,都被用于制造再生胶。但近年来,国内外在胶粉的应用方面进行了大量的探索,发展了废胶粉的直接利用技术:把胶粉或“活化胶粉”直接掺入到胶料中,进而制造各种橡胶制品。胶粉的直接应用,特别是活化胶粉的应用,要求胶粉的细度达0.388mm以下,这就对粉碎提出了更高的要求。

废橡胶的再循环利用就是指对橡胶进行物理上的形态改变进行再利用,或是利用化学加式的方式让其

能形成其他的橡胶制品来进行再利用。粉末橡胶应用广泛,不仅能够作为改性剂用于粘合剂和聚合物领域,还可以用来纸杯橡胶制品。对于粉末橡胶的生产来说,重要的是成粉和隔离,成粉的方法有各种各样。粉碎法是粉末橡胶领域较早采用的一种技术,分为常温粉碎法和低温粉碎法,主要会用到的原料有块状、粒状生胶、废旧轮胎、废旧橡胶制品等。

对废旧橡胶进行物理上的形态改变一般可用于制造树木的保护材料、体育游戏材料、道路铺设、制造鞋底、轮胎翻修、牧场栅栏或是制造救生圈等等很多方面;而利用化学加工方式则能让废橡胶生成再生橡胶、胶粉、橡胶沥青等等很多,其也可以用于非橡胶行业。随着经济的不断发展,我国各行业的发展都呈现出一片欣欣向荣的势头。但是与此同时,许多工业企业进行生产后的废弃物也逐渐增多起来,比如说我国的橡胶产业,其在生产之后首先会产生很多余料或是废料,而且在产品投入使用后,随着时间的推移,产品会慢慢失效,然而橡胶资源却还存在,若不对废橡胶资源进行再利用,那么将会产生很大的浪费。

废旧橡胶制品中一般都会有纤维和金属等非橡胶骨架材料,加之橡胶制品种类繁多,所以在废旧橡胶粉碎前都要进行预先加工处理,其中包括分拣、去除、切割、清洗等加工。对废旧橡胶还要进行检验、分类,对不同类别、不同来源的废橡胶及其制品按要求分类,最理想是采用回收管理循环方法,根据废胶来源有目的地进行处理。对于废轮胎这类体积较大的制品,则要除去胎圈,亦有采用胎面分离机将胎面与胎体分开。胶鞋主要回收鞋底,内胎则要除去气门咀等。经过分拣和除去非橡胶成分的废橡胶,由于长短不一,厚薄不均,不能直接进行粉碎,必须对废橡胶切割。国外对轮胎普遍采用整胎切块机切成 $25\times 25\text{mm}$ 不等胶块。大的胶块则重新返回切割机上再次切割。废橡胶特别是轮胎、胶鞋类制品,由于长期与地面接触,夹杂着很多泥沙等杂质,则应先采用转桶清洗机进行清洗,以保证胶粉的质量。

2 废橡胶的常温粉碎法

常温粉碎法是指在一般的温度下进行操作的方

法,制成的粉末橡胶离子多为不规则的几何球形,表面凹凸不平,多数情况下呈现毛刺状,因此和相容性较好的基体树脂或是生胶胶混料结合力较大。常温粉碎法也分为湿法和干法,其中辊筒粉碎法是常用的干法粉碎。

再生胶的生产来源于废旧橡胶以及制品,多年来人们普遍认为,将废橡胶碎成胶粉的方法大致可分为常温法、低温法和化学法三种。橡胶在常温粉碎方面已取得历史性突破,高效常温粉碎技术取得成功,工艺装备完全实现国产化,已建成投资少、能耗低、全部自动化的万吨生产线。常温助剂法制取精细胶粉的技术,能生产200目以上微细胶粉,其技术达到世界一流水平。常温辊轧法是最原始,最常用的,也是在我国最普及的一种方法。

就胶粉以及再生胶的生产总量而言,我国的废橡胶粉碎尚以常温辊轧法为主。一般采用双沟辊粗碎,双光辊或沟光辊细碎。再生胶生产企业大都采用一段粉碎法,粗碎和细碎在同一台机器上完成;齿盘法机器既用作粗碎,又用作细碎。这种设备由上下两个带齿的圆盘组成,废胶粒由上部中央的供料口送入,我国开发出一系列新型盘式粉碎机,有卧式磨盘机,在常温下能生产40~120目以上的各种胶粉,并投入工业化生产;切碎法主要使用切碎机,是用来切碎有钢丝的子午线轮胎。将手掌大小的胶块喂入刀式切碎机,胶粒可以进入切碎机进一步粉碎。该机的滚刀有爪式和梭式两种。打磨法以废橡胶为原料一次性制备微细胶粉设备,每小时产量180~240kg,每吨胶粉耗电不超过400度。废橡胶中占主要数量的是废轮胎,而在废轮胎中钢丝子午胎又占大多数,废轮胎破碎机成破碎子午线轮胎成为关键设备。

随着我国环保事业的发展,再生胶厂家使用环保设备得到大力的支持,在生产中使用日益广泛,而且随着现代技术的发展,现代设备所具备的性能大大提高,而且设备的更新速度加快,同时不断有更多更加环保的方法被推广使用。常温粉碎法主要是利用剪切对废旧橡胶进行切断、压碎,一般分为粗碎和细碎两个工序。常温粉碎中以常温辊轧法和轮胎连续粉碎法最为常用。常温粉碎法是世界上胶粉生产的主要方法,具有较好的技术经济性。

粗碎和细碎同时进行的方式：进行该操作的两个辊筒其中一个表面带有沟槽，另一个表面无沟槽，即为沟光辊机。首先通过输送带将洗涤后的胶块送入两辊筒间进行破胶，然后将破碎后的胶块和胶粉落入设备底部的往复筛中过筛，达到粒度要求的从筛网落下，通过输送机入仓；未达到要求的胶块，通过翻料再进入沟光辊机中继续进行破碎。粗碎和细碎在两台设备上进行的方式：粗碎在两只辊筒表面都带有沟槽的沟辊机上进行，粗碎过的胶块大小一般在6~8mm。然后进入光辊细碎机上进行细碎，其粒度一般为0.8~1.0mm(26~32目)。胶粉工厂粉碎设备与传统的再生胶粉碎设备不同，都是专用的废橡胶破碎机、中碎机、细碎机。

常温粉碎法是废橡胶经过预加工后进行常温粉碎，一般分粗碎和细碎。中国的再生胶工厂中常采用两种粉碎方式，一种是粗碎和细碎在同一台设备上完成；另一种是粗碎和细碎在两台不同的设备上完成。前者适合于小型工厂的生产厂生产。常温粉碎法利用机械式带齿牙对辊的钢磨，将废橡胶原料放在对辊中间进行压撵，在对辊下加装较细的震动筛网，通过筛网的橡胶颗粒形成胶粉。加工时须经多次往返压撵得到20~30目左右的胶粉，粉碎胶粉时产生高热，使每个橡胶颗粒外层部分生成焦炭。这种方法的优点是设备投资少，见效快。

3 废橡胶的冷冻粉碎法、湿法或溶液法

低温粉碎法是指冷冻到玻璃化转变温度以下的废橡胶经过低温作用，具备玻璃态高聚物的冲击脆性，然后对其经行机械粉碎非方法。那么根据制冷方式的不同，低温粉碎法可以分为液氮制冷低温粉碎法和空气膨胀制冷低温粉碎法。这种方法制成的粉末橡胶表面光滑，受热氧化程度低，但是生成成本高，主要用于高性能制品。

低温粉碎法是根据所采用的冷冻介质不同可分为液氮低温粉碎法和空气膨胀制冷粉碎法。其都是利用低温作用使橡胶达到玻璃化温度变脆然后用机械力将其粉碎。液氮法液氮消耗量大，成本高；空气膨胀制冷粉碎法采用的制冷介质为空气，较液氮法节能、节水、效率高、成本较低。低温冷冻粉碎法的基本原理

是：橡胶等高分子产材料处在玻璃化温度(T_g)以下时它本身脆化，此时受机械作用很易被粉碎成粉末状物质，硫化胶粉即按此原理制成的。

由于采用冷冻法生产，无高温气味，所以不产生二次污染。并通过微细胶粉和粗粉的热交换过程达到了充分利用能源、降低能耗即降低产品成本的目的。为了有效地消除逐渐威胁着人类生存环境的越来越多的废旧轮胎所形成的黑色污染,将其低温粉碎制取有广泛用途的精细胶粉。另外,液化天然气(LNG)在气化过程中,放出大量的冷能。如不加以利用会造成冷污染。针对目前粉碎技术能耗高、过程(火用)损大等问题,可以利用LNG冷能的低温粉碎技术。利用LNG冷能的废旧轮胎低温粉碎工艺流程中,先利用中间冷媒在换热器中与LNG换热回收冷能,然后再将低温中间冷媒输送到冷冻室和低温粉碎机中,用于胶粒的冷冻和粉碎。

冷冻粉碎法将废橡胶冷冻至橡胶玻璃脆化温度点以下，使其变硬、变脆进行粉碎而得到胶粉。冷却方法有液氮制冷，有的选用压缩空气膨胀制冷，加工时先制成粗料，再粉碎成细料。冷冻粉碎的工艺简单、无污染、加工细度均匀，缺点是设备投资大，加工成本高等。

冷冻粉碎工艺有两种：一种是低温冷冻粉碎工艺；另一种是低温和常温并用粉碎工艺。低温冷冻粉碎工艺是利用液氮为制冷介质，使废橡胶深冷后用锤式粉碎机或辊筒粉碎机进行低温粉碎。微细橡胶粉生产线即是采用低温和常温并用粉碎工艺进行生产的。利用液氮深冷技术把废旧轮胎加工成80目以上的微细橡胶粉，其生产过程中的温度、速度、过载均为闭环连锁微机控制，对环境无污染。该生产线的生产全过程均采用以压缩空气为动力的送料器和封闭式管道输送，除废旧轮胎投入和产品包装时与空气接触外，全线均为封闭状态。

再生胶是橡胶、炭黑、油及原胶中其它成分的混合物，是一种线型高分子与多种有机化合物、无机化合物等体系共同交联后的网络结构。一般的再生过程是：废橡胶经过机械剪切粉碎，在软化剂、活化剂、催化剂作用下，通过热、氧化处理和后期机械加工，使其成为具有塑性的并可以进行再交联的再生胶。这些因素的配合和各种因素间的匹配是一个复杂的过

程。需要在再生过程中存在最佳因素的匹配的选取，过程速度间的综合平衡。在这个过程中，物理降解和化学降解的诸多因素对再生胶的生产过程都有相互影响。

化学粉碎法又称为化学机械粉碎法。化学粉碎法也离不开机械，只不过是在胶粉生产过程中加入化学试剂，以便更有利于废橡胶的粉碎。机械粉碎法是将胶块用微粒粉碎机碾碎成直径为1mm以下的粉末状物，然后过筛，并加入隔离剂以防黏附。亦可采用冷冻粉碎的方法，以制得粒子更细的粉末橡胶。材料化学即利用物体之间的相互运动所产生的挤压和切应力使物料得以粉碎和磨细的方法，也称为研磨法。常用的设备有胶体磨或全球磨机。粉碎法仅仅适用于脆而易碎的物质，对于柔韧性的物质必须硬化后再分散。

湿法或溶液法选择合适的液体介质使橡胶变脆，然后在胶体磨上进行研磨。按其使用液体介质分水悬浮粉碎和溶剂膨胀粉碎两种。水悬浮粉碎为表面处理的胶粉在水中研磨后进行干燥；溶剂粉碎则采用有机溶剂使胶粉溶胀后研磨，然后除去溶剂，干燥得胶粉。湿法或溶液法生产胶粉粒度细，应用性能好，但其生产要求高，需使用大量液体介质。近年来，世界经济发达国家在废橡胶回收利用技术在用法生产超微细胶粉过程中，胶粉的温度术上的重大突破是制造不同细度的胶粉，以取代再生胶，广泛应用于交通、建筑、橡胶制品等领域。

4 废橡胶的胶粉的活化与改性

所谓活化胶粉是为了提高胶粉配合物的性能而对其表面进行化学处理的胶粉。胶粉的活化改性方法很多，大致分为：接枝方法；互穿聚合物网络(IPN)法；表面降解再生法；低聚物改性法；调整硫化体系；其他活化方法。例如，饱和量硫化促进剂处理法。这种方法是采用2~3份的硫化促进剂对420 μm (40目)的胶粉进行机械处理制得，通过处理的胶粉其表面均匀地附着了一层硫化促进剂，从而使胶粉与基质胶料界面处的交联键增加，使整个胶料配合物硫化后成为一个均匀的交联物，这种胶粉应用于轮胎，虽然其静态性能略有下降，但是其动态性能提高。将胶粉直接与其他橡胶共混，所得产品的性能都将随胶粉的加入而急剧下

降，这主要是胶粉与其他成型加工的高聚物之间的界面结合能力较差所致。因此，界面改性是胶粉应用的关键技术之一。活化胶粉是为了提高胶粉配合物的性能而对其表面进行化学处理的胶粉。目前胶粉的活化改性方法很多，大致分为：接枝方法；互穿聚合物网络(IPN)法；机械力化学法；活气体改性法；聚合物涂层改性；核-壳改性；再生胶脱硫改性及辐射法等。辐射法有微波法和 γ 射线法，其中微波法是一种非化学的、非机械的一步脱硫改性法，利用微波切断胶粉的硫交联键而不切断碳碳键，使胶粉表面脱硫而改活化。

橡胶粉表面活化改性的意义在于：废旧轮胎通过物理方法分离轮胎中的钢丝、纤维，并通过标准目数的筛子筛分获得硫化橡胶粉。硫化胶粉表面惰性强，与基质相容性差，因而难以在基质中均匀分散，直接或过多的填充往往容易导致材料的力学性能（尤其是拉伸强度）下降。因此，还必须对胶粉表面改性，以改善其表面的物理化学性能，增强其与基质，即有机高分子材料的相容性，提高其在有机基质中的分散性，以提高材料的物理机械性能。

聚苯乙烯是用量最大的通用塑料之一，但由于本身分子结构的原因，导致其脆性大、抗冲击性能较差，对聚苯乙烯进行增韧改性一直是人们所研究的热点。而胶粉作为一种具有很好弹性的粉体材料，可以采用胶粉与聚苯乙烯共混以提高其韧性，同时扩大了胶粉的应用范围，具有重要的实际应用价值和环保价值。胶粉生产由于其简单高效、成本低、环境友好，必将成为我国废旧橡胶回收再利用的主要途径。聚苯乙烯是用量最大的通用塑料之一，但由于本身分子结构的原因，导致其脆性大、抗冲击性能较差，对聚苯乙烯进行增韧改性一直是人们所研究的热点。而胶粉作为一种具有很好弹性的粉体材料，可以采用胶粉与聚苯乙烯共混以提高其韧性，同时扩大了胶粉的应用范围，具有重要的实际应用价值和环保价值。

液体高分子材料加硫化剂处理法。这种方法是采用12份左右的液体不饱和可硫化的高分子材料与硫化剂共混，然后对胶粉进行机械处理制得。可采用的液体高分子材料有液体丁腈橡胶、液体丁苯橡胶、液体乙丙橡胶等，至于采用哪种液体高分子材料可根据胶

胶种类和用途而定。通过处理的胶粉,能使其与基质胶料很好地交联,并根据所用的液体高分子种类而赋予其耐油、耐臭氧等特性。根据应用试验,在物理性能不超过允许的范围内,可高比例掺用(40~80%)。橡胶沥青是轮胎橡胶粉粒在充分拌合的高温条件下(180℃以上)与基质沥青充分溶胀反应形成的改性沥青胶结材料。橡胶粉不发生裂解,吸收基质沥青中轻质组分,一方面直接改善基质沥青,另一方面达到橡胶与沥青充分复合的效果。

胶粉改性沥青中橡胶粉的含量在15%以上,溶胀反应后,橡胶颗粒的体积比重在30%~40%左右,胶结料和混合料都能显著表现出橡胶的物理、力学、化学性能。胶粉沥青的改性机理胶粉作为改性剂加入到沥青中,一般不发生化学反应。但是在沥青中的轻质组分的作用下,胶粉体积胀大,即发生溶胀。胶粉溶胀后表现出有别于胶粉又不同于沥青的界面性质。

溶胀与降解基质沥青在高温(185℃以上)时与胶粉共混,在高速剪切机的剪切搅拌下,胶粉吸收、吸附沥青中的轻质组分饱和烃和芳香烃。轻质组分扩散进入橡胶网络,使橡胶溶胀,同时,在高温搅拌条件下,橡胶体型网状大分子结构适度氧化降解,变成大量的小体型网状结构和少量链状物,从而获得部分塑性和粘性,但同时也失去部分原有橡胶的弹性。

与再生胶的生产相比,胶粉生产流程简化,对环境友好。通过粉碎设备生产出橡胶胶粉,并在生产过程中对胶粉进行活化改性处理,得到粒径60目以上,的活性胶粉。将该胶粉掺杂到相应的混炼胶中,当掺杂比例达到30%时,制品仍能保持较好性能。

生产橡胶粉的企业主要原料是废旧鞋边料、牛筋底及部分有色旧橡胶,共混后,后经两次破碎、研磨、筛选等工序生产出40~60目的橡胶粉,主要应用到防水材料生产领域,或作为一种添加物,作为生产电缆皮的原料之一。研究表明,一定粒度的胶粉在一定性能要求下,胶粉的掺用量受到较大限制。对胶粉表面进行化学处理,可以提高其利用价值。胶粉的活化改性方法很多,大致分为:饱和量硫化促进剂处理法;液体高分子材料加硫化剂处理法;接枝方法;互穿聚合物网络(IPN)法;表面降解再生法;低聚物改性法等。

饱和量硫化促进剂处理法是采用2~3份的硫化促进剂对420 μm (40目)的胶粉进行机械处理。通过处理的胶粉,其表面均匀地附着一层硫化促进剂,从而使胶粉与基质胶料界面处的交联键增加,使整个胶料配合物硫化后成为一个均匀的交联物。这种胶粉应用于轮胎,虽然其静态性能略有下降,但是其动态性能提高。不饱和羧酸可以与橡胶基体中和胶粉中的氧化锌原位生成不饱和羧酸盐,且可以进行均聚,并与橡胶基体发生接枝等反应,能增强胶粉和橡胶基体间的界面结合。废旧橡胶加工成胶粉是废旧橡胶再利用的主导方向。但胶粉具有致密的交联网络结构,表面呈惰性,与橡胶或塑料基体相容性很差,直接添加导致复合材料的性能下降。因此,需对胶粉进行表面改性以提高胶粉与高分子材料基体的界面结合,是将胶粉应用到高分子材料中的必要前提。目前胶粉的改性方法主要有机械力化学法、聚合物涂层法、再生脱硫法、接枝或互穿聚合物网络改性法等。

液体高分子材料加硫化剂处理法,是采用12份左右的液体不饱和可硫化的高分子材料与硫化剂共混,然后对胶粉进行机械处理。可采用的液体高分子材料有液体丁橡胶、液体丁苯橡胶、液体乙丙橡胶等,至于采用哪种液体高分子材料则可根据胶粉种类和用途而定。

废旧橡胶是固体废弃物的一种,其数量在废旧高分子材料中居第二位。用废旧橡胶生产精细胶粉已成为废旧橡胶再利用的主导方向。废胶粉的应用范围较广,其中利用废胶粉制备胶粉/树脂热塑性弹性体或共混物是减少废旧橡胶污染的有效途径之一,但废胶粉与其他树脂的相容性较差,不经改性直接与树脂共混,会导致共混材料的力学性能急剧下降。因此,采用对废胶粉进行表面改性,并与极性树脂PVC或CPE共混,可以制得性能较好的共混材料。废旧胶粉是通过机械、化学、冷冻等方法将废橡胶制品粉碎,形成具有一定细度的废橡胶粉末。根据用途和研究方向的不同,可以选择直接利用或改性利用胶粉。胶粉的性质和结构研究是其改性和应用的基础,主要包括胶粉的粒径、组成和表面形貌等信息。随着橡胶工业的发展,对生胶的需求量越来越大,因此近几年来国内外对再生橡胶资源的开发和利用已日益重视,对胎面胶胶粉作填料用于轮胎胎冠胶

中的报道也很多,我国沈阳、高密、天津、上海目前也均有商品化的胶粉供应。胶粉在轮胎胎面中的应用具有广泛的前景和巨大的经济效益。

5 废橡胶的胶粉应用实例

汽车工业的发展和汽车保有量的激增,不但造成中东部雾霾天气的罪魁祸首,而且产生了大量废旧轮胎,造成严重的“黑色污染”,所以对废旧轮胎的回收利用成为重中之重。胶粉的利用主要分两大部分:一种是使胶粉直接成型或都是混合新橡胶合并使用,这还是利用在橡胶工业的范围内;另一种是应用于非橡胶工业领域。

废弃橡胶回收通过生产精细胶粉及其与橡胶并用的方法实现废旧橡胶循环使用资源化,可有效地避免生产再生胶的二次污染,因此被认为是极具潜力的途径。现在全球范围内越来越多的厂商采用胶粉替代原生材料,不仅有益于环境保护,而且更重要的是因为使用胶粉能够有效的降低成本、提高性能,得到其它材料得不到的效果。它可以作为橡胶、填料及复合材料被广泛的用于轮胎、胶管、胶带、胶鞋、橡胶工业制品、电线、电缆及建筑物材料等。胶粉还可以和塑料并用,如聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚氨脂等,以提高性能,降低成本。

胶粉是一种粉粒状材料,所以对胶粉来说粒子尺寸(比表面积)、表面形态及基团和本身的成分对于它的使用性能将有重要影响。胶粉越细,其性能越好。越细的胶粉其硫化胶的拉伸强度、伸长率和磨耗等越接近于未加胶粉的。而耐疲劳性、抗裂口增长等性能均比未加胶粉的高,越细的提高幅度越大。目前废旧橡胶的处理和利用主要包括回收和加工、轮胎翻修、再生胶和胶粉制备。其中,胶粉利用将是今后废旧轮胎回收利用的主要途径。从目前来讲,技术最成熟、利用效率最高的还是在工程上使用的橡胶沥青混凝土。但其对胶粉的消耗量有限,不能满足废旧轮胎增长的要求。将废旧轮胎加工成橡胶粉掺入水泥混凝土中,是其利用的一个极具吸引力的方向。利用废旧轮胎胶粉的轻质和韧性特点可以提高水泥混凝土韧性、抗冲击性、抗收缩性、耐久性、隔音隔热、减震降噪等方面的性能。

一般胶粉主要在低档制品中大量掺用,也可以少量的地用于胎面以减少轮胎的动态生热寿命,例如鞋的中底掺100份甚至更多。在建材中应用,如铺设运动场地,铺设轨道床基,减震、减噪声等场合。在沥青产品中高温下加胶粉混匀用于铺路面和屋顶防水层效果均很好,在高档产品中有时可用少量超细胶粉,超细胶粉由于能提高撕裂、疲劳等性能,所以在某些制品中还特别要求掺用,例如,在胎面胶中掺入细度100目以上的胶粉能提高轮胎的行驶里程。表面活化的胶粉比未活化的胶粉性能还会进一步的提高,应用将进一步扩大。

在利用胶粉制造橡胶制品时其一般选用粒径在0.3~1.0mm之间的胶粉。若是用来制造轮胎或是帘布层胶料其掺用比例要控制在10%~20%之间;若是做军用鞋底,则其掺用比例一般在30%左右;若用来做密封圈或是三角带等其掺用比例一般要控制在40%左右。

胶粉尽管是一种交联结构材料,表面活性差,但仍存在一定量的不饱和键,可以在配入硫化剂、软化剂等助剂后直接模压硫化成型。其成型制品可用作对力学性能要求不高的各类垫片和吸音材料。如:要制成各种装饰材料,可采用复合工艺,即在胶粉片材上复合各种色彩的橡胶膜片以掩饰其黑色;或采用染色技术对胶粉染色后,成型加工出各种彩色制品。胶粉也可直接成型制品,其工艺简单、生产成本低,但性能一般,仅适合一般要求制品。胶粉还可直接用作胶料造粒用隔离剂、废水处理过滤材料、离子交换剂和土壤改良剂等多种用途。

隔音壁一般是用来使噪音降低而制造的。声音的本质就是空气中气体分子的震动,带动耳膜等组织的震动,静音的方法有多种,一种是阻隔空气(震动)和耳朵声音感受器之间的联系,另一种是将声源控制在一定范围内,阻止声音向规定之外的空间传播,隔音壁就是后者,再有是消灭音源,只要耳膜不震动就听不到了。隔音壁的原理就是阻隔声音(或说是空气的震动)穿透隔音壁,实现途径有吸收和反射两种,当然最好的方法是吸收,所以会在里面填充吸音材料。吸引材料的最关键的是有空隙,这样才能不使声音穿过去,比如泡沫、海面等,作成球型是为增

加缝隙，使吸收效率更高。也有其他结构的。这不在于什么能转化为什么能的问题，只是把空气分子的动能转化为吸音材料中的动能了，能量的性质并没有改变。通常来说，隔音壁是建立在住宅区、公路两端、机场或是建筑工地等需要进行隔音设置的地方。胶粉可用于制造复合隔音壁，这种隔音壁不仅有良好的噪音吸收及反射性，而且对于抗风化及应力能力也非常高。在施工的过程当中，因其面积小、质量轻等特点，使其在运输、组装及解体方面都变得非常简便。

胶粉是一种高弹性材料，因此，将胶粉与其它铺装材料混合在一起用于高速公路、飞机场、运动场等路面铺装，能明显改善路面质量并延长其使用寿命。胶粉与沥青等混合材料铺装的高速公路，具有耐磨、防冻、防滑、稳定性好以及维修费用低等优点。在美国、加拿大等国已成功地将胶粉、沥青混合材料用于高速公路铺装。我国也进行了实际铺装公路的应用，汽车在此路面上行驶，具有平稳、舒适、噪音低等优点。同样，用胶粉、沥青混合材料来铺装的飞机跑道，可增加跑道的弹性和耐磨性，从而使飞机起落平稳、安全可靠提高、跑道缩短及运动场，既能保证比赛安全，又可提高运动成绩。如：我国举办的亚运全会，其田径场塑胶跑道中就含有50%的胶粉。据了解，若要建造一个用于田径比赛的综合性运动场则要耗费上千条的轮胎胶粉。因此，利用胶粉制造弹性运动场无疑是对废橡胶的最大化利用。

用胶粉对沥青进行改性铺设公路应用很广。用胶粉改性沥青铺设的公路在很多发达国家如加拿大、美国、比利时、法国、荷兰等国均有应用。在我国很多省市如江西、湖北、北京等都已进行过用胶粉来铺设路面的实验。实践表明，利用胶粉进行改性后的沥青进行路面的铺设不仅可以使路面的龟裂及软化现象

得到缓解，而且还可使路面出现结冰及打滑的现象减少，这样不但将行驶的安全性给提高了，还使得路面的使用寿命也延长了。据统计，与普通的沥青路面相比，利用胶粉进行改性的沥青进行路面铺设其寿命至少延长了1倍，而且1万条废轮胎所产生的胶粉可铺设1.63km的路面，这在很大程度上提高了废橡胶的利用率。胶粉不仅用于铺设公路路面，其还可用于制造飞机跑道。在铺设飞机跑道的材料中加入硫化的胶粉就可使跑道的弹性及摩擦性大大拉加，而且可将其抗日晒及抗冰冻能力给提高。此外胶粉还会用来制作屋顶的防水材料或是用来做电线、电缆等很多其他橡胶制品。

目前我国对于废橡胶资源的利用已取得了一定成绩，胶粉的应用领域也十分广泛，对于废橡胶的回收利用来说，可谓是作出了一大贡献，但随经济的不断发展会促进橡胶产品的快事生产，从而导致废橡胶资源越来越多，而我国对于废橡胶资源的再利用速度很难赶上废橡胶资源的产生量。因此，在对于废橡胶资源的利用方面，我们不仅要加大其利用最大化，而且要提高有关生产及科技水平，从根源上减少废橡胶资源的产生。

6 结束语

总之，橡胶是关系到国计民生的重要物资，我国的年需求量大幅度攀升。利用废旧橡胶制做生产橡胶产品所需原材料橡胶粒，既节省资源，又减少成本，故被称为朝阳产业。废橡胶资源当中最大的成分胶粉的利用，给我国废橡胶资源的利用提供了一条道路。胶粉的生产和应用集节约橡胶资源、节约能源、保护环境为一体，具有广阔的开发前景。

