

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

D06M 15/55

B29B 15/10



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200380100511.0

[43] 公开日 2005 年 11 月 2 日

[11] 公开号 CN 1692199A

[22] 申请日 2003.10.24

[21] 申请号 200380100511.0

[30] 优先权

[32] 2002.10.31 [33] JP [31] 319003/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/013639 2003.10.24

[87] 国际公布 WO2004/040055 日 2004.5.13

[85] 进入国家阶段日期 2004.12.1

[71] 申请人 东邦泰纳克丝株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 坂尻浩一 佐伯尚郎 武藤进一

西村功 松木寿嗣

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

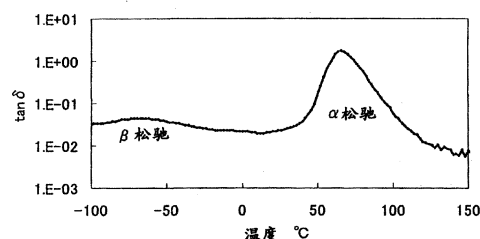
代理人 陈 昕

权利要求书 1 页 说明书 14 页 附图 1 页

[54] 发明名称 碳纤维辫

[57] 摘要

本发明公开了一种在含有由 2 种以上环氧树脂构成的上浆剂的上浆剂组合物 100 质量份中, 添加了规定的固化剂 30 质量份的评价用组合物, 于 130℃ 进行热处理 2 小时, 把得到的评价用固化物, 进行动态粘弹性测定, 所得到的 α 松弛峰的 $\tan\delta$ 值和 β 松弛峰的 $\tan\delta$ 值的乘积 $\alpha_{\tan\delta} \cdot \beta_{\tan\delta}$ 在 0.07 ~ 0.2 的上述上浆剂组合物中浸渍碳纤维而形成碳纤维辫。上浆剂组合物的浸渍量达到 0.3 ~ 5.0 质量% 是优选的。



1. 一种碳纤维辫,是在上浆剂组合物中浸渍碳纤维而形成碳纤维辫,其中,在含有由2种以上环氧树脂构成的上浆剂的上浆剂组合物100质量份中,添加了规定的固化剂30质量份的评价用组合物,于130℃进行热处理2小时,把得到的评价用固化物,进行动态粘弹性测定,所得到的 α 松弛峰的 $\tan \delta$ 值和 β 松弛峰的 $\tan \delta$ 值的乘积 $\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$ 在0.07~0.2。

2. 按照权利要求1中所述的碳纤维辫,其中,上浆剂组合物在30℃的粘度为100~10000泊。

3. 按照权利要求1中所述的碳纤维辫,其中,上述上浆剂组合物中所含的上浆剂,相对于上述环氧树脂,含有低于30质量%的PO/EO嵌段共聚物。

4. 按照权利要求1中所述的碳纤维辫,其中,上浆剂组合物的含量为0.3~5.0质量%。

5. 按照权利要求1中所述的碳纤维辫,其中,构成碳纤维辫的单纤维数为1000~50000根。

6. 按照权利要求1中所述的碳纤维辫,其中,构成碳纤维辫的碳纤维,用X线光电分光法测定的表面氧浓度比O/C为0.05~0.3。

碳纤维辫

技术领域

本发明涉及用作树脂增强材料等的碳纤维辫 (carbon fiber strand)。更详细地说, 涉及采用该碳纤维辫制造碳纤维增强树脂等复合材料时, 碳纤维 (carbon fiber) 充分粘合在基体树脂上, 可以制造出基体树脂和碳纤维的层间剪断强度 (ILSS) 优良的复合材料的碳纤维辫。

背景技术

由于碳纤维与其他纤维相比, 具有强度及弹性模量高, 质轻的特点, 多用作以热塑性树脂或热固性树脂作为基体树脂的复合材料的增强材料。用该碳纤维增强的复合材料, 由于质轻、强度高, 已广泛在航空、宇宙产业为首的等各种产业上应用。

作为采用热固性树脂制造复合材料的方法, 是把作为中间基材进行预浸渍, 赋予所希望的形状后进行成型的方法。另外, 可以采用下列方法制造复合材料: 采用碳纤维辫和热固性树脂的拉拔成型法、树脂传递模塑法 (RTM)、绕丝法 (FW)、片状模塑料法 (SMC)、团状模塑料法 (BMC)、手动卧置法等。

作为用于热固性树脂类复合材料制造的热固性基体树脂, 可以举出, 例如环氧树脂、不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂、酚醛树脂等, 其中, 由于环氧树脂可以制造耐热性、物性等平衡良好的复合材料, 所以是优选的。

作为环氧树脂, 可以举出以双酚 A 型环氧树脂、四缩水甘油基胺、三缩水甘油基胺等作为原料制造的多官能性环氧树脂、漆型环氧树脂等, 特别是双酚 A 型环氧树脂, 由于具有粘接性、物性等优良的各种性能, 已广泛用作基体树脂。

在制造预浸渍材料时，把碳纤维辩按规定的工序进行加工。在该加工工序中，由于碳纤维辩被导向装置摩擦，使易产生起毛状。结果是，其后的工序中操作性变差。为了避免此问题，通常给碳纤维辩赋予上浆剂（sizing agent）。碳纤维辩的表面通过涂布浆料，可以提高单纱的收缩性、耐摩擦性及处理性。

一般情况下，上浆剂的选择要考虑与基材树脂的粘合性，当基材树脂为环氧树脂时，用环氧树脂作上浆剂（特公昭 62-56266 号公报、特开平 7-197381 号公报）。

当基材树脂为不饱和基材树脂时，有人提出使用乙烯基酯树脂作为上浆剂。然而，在这些提案中，由于没有考虑上浆剂和碳纤维的粘合性，所以，上浆剂和碳纤维的粘合性不充分。

另一方面，为了改善上浆剂和碳纤维的粘合性，提出了具有能与存在于碳纤维表面官能团反应的极性基的上浆剂（特开昭 56-167715 号公报、特开昭 63-50573 号公报、特开平 11-93078 号公报、特开 2001-20181 号公报）。使用含这些上浆剂的碳纤维辩制造的复合材料的层间剪断强度（ILSS）的测定值显示优良的值。还有，复合材料的层间剪断强度（ILSS）的测定值是表示碳纤维-基体树脂间粘合性能的指标之一。然而，采用含这些上浆剂的碳纤维辩制造的复合材料，当在纤维轴向施加张力时，张力不在整个碳纤维上分散，而在较少数的碳纤维上集中。结果是，该较少数的碳纤维依次反复发生断裂，结果使整个复合材料受到破坏。因此，现状是该复合材料的纤维轴向强度不像期待的那样大，其结果是层间剪断强度下降。

发明内容

本发明人为了解决上述问题，对赋予碳纤维的上浆剂组合物进行各种探讨的结果发现，在上浆剂组合物中添加固化剂，进行热处理得到的上浆剂组合物的固化物，以其作为试样，通过该试样的动态粘弹性测定得到的 α 松弛峰的 $\tan \delta$ 值（ $\alpha_{\tan \delta}$ ）和 β 松弛峰的 $\tan \delta$ 值（ $\beta_{\tan \delta}$ ）的乘积值（ $\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$ ），对用赋予上述上浆剂的碳纤维和树脂制造的

复合材料的纤维轴垂直方向强度有大的影响。更详细地的探讨结果发现, $\alpha_{\tan\delta}$ 及 $\beta_{\tan\delta}$ 的各个单独的值, 与复合材料的纤维轴垂直方向的强度之间无相关性。

本发明基于上述发现完成本发明, 本发明的目的是提供一种可以制造与纤维轴垂直方向的破坏强度有很大关系的、层间剪断强度优良的碳纤维增强树脂复合材料的碳纤维辫。

达到上述目的的本发明, 如下所述。

[1] 一种碳纤维辫, 其中, 在含有由 2 种以上环氧树脂构成的上浆剂的上浆剂组合物 100 质量份中, 添加了规定的固化剂 30 质量份的评价用组合物, 于 130℃ 热处理 2 小时, 把得到的评价用组合物进行动态粘弹性测定, 在得到的 α 松弛峰的 $\tan\delta$ 值和 β 松弛峰的 $\tan\delta$ 值的乘积 $\alpha_{\tan\delta} \cdot \beta_{\tan\delta}$ 在 0.07 ~ 0.2 的上述上浆剂组合物中浸渍碳纤维而形成碳纤维辫。

[2] 上述 [1] 中所述的碳纤维辫, 其中, 上浆剂组合物在 30℃ 的粘度为 100 ~ 1000 泊。

[3] 上述 [1] 中所述的碳纤维辫, 其中, 上浆剂组合物中所含的上浆剂, 相对于上述环氧树脂, 含有低于 30 质量% 的 PO/E0 嵌段共聚物。

[4] 上述 [1] 中所述的碳纤维辫, 其中, 上浆剂组合物的含量为 0.3 ~ 5.0 质量%。

[5] 上述 [1] 中所述的碳纤维辫, 其中, 构成碳纤维辫的单纤维数为 1000 ~ 50000 根。

[6] 上述 [1] 中所述的碳纤维辫, 其中, 构成碳纤维辫的碳纤维, 用 X 线光电分光法测定的表面氧浓度比 O/C 为 0.05 ~ 0.3。

在本发明中, 由于用规定的条件固化的上浆剂组合物 $\alpha_{\tan\delta} \cdot \beta_{\tan\delta}$ 在 0.07 ~ 0.2 之间的上浆剂组合物浸渍碳纤维而形成碳纤维辫, 所以, 通过将该碳纤维辫用作增强材料, 可以制造层间剪断强度优良的碳纤维增强复合材料。

附图简单说明

图1是使上浆剂组合物固化的评价用固化物的动态粘弹性曲线之一例的简图。

具体实施方式

本发明的碳纤维辫是碳纤维中浸渍了上浆剂组合物而制成的。

碳纤维辫是由多根碳单纤维(carbon single fiber, 单丝)集束而成。碳纤维辫由1000~50000根碳纤维构成是优选的。碳单纤维, 达到30~5000分特(dtex)者是优选的。

构成上述碳纤维辫的碳单纤维具体例子, 可以举出聚丙烯腈(PAN)类碳纤维、沥青类碳纤维、人造丝类碳纤维等。这些碳纤维中, 从处理性能、制造工序的通过性能等考虑, PAN类碳纤维是特别优选的。在这里, PAN类碳纤维以丙烯腈构造单位作为主要成分, 含衣康酸、丙烯酸、丙烯酸酯等乙烯基单体单位10摩尔%以下的共聚物作为碳纤维是一般的。

在用碳纤维辫和基体用树脂制造复合材料时, 为了提高碳纤维和基体树脂的粘合性, 因此, 构成碳纤维辫的碳纤维, 用X线光电分光法测定的碳纤维表面的氧浓度比O/C达到0.05~0.3是优选的。表面的氧浓度比O/C低于0.05的碳纤维, 由于碳纤维和基体树脂的粘合性差, 因此, 成为采用它制造的复合材料物性下降的原因。另一方面, 表面的氧浓度比O/C高于0.3的碳纤维, 由于碳纤维本身的强度下降, 因此是不优选的。

为了把碳纤维表面的氧浓度比O/C控制在上述范围内, 在碳纤维制造工序中使原料纤维炭化制造碳纤维后, 把得到的碳纤维进行表面处理来实现。

作为表面处理, 有液相处理、气相处理等。从生产效率、处理的均匀性、稳定性等观点考虑, 液相电解表面处理是优选的。这些表面处理方法本身是公知的方法。

作为用于控制表面处理程度而采用的指标, 采用X线光电分光法(XPS)测定的碳纤维表面的氧浓度比O/C是优选的。

在本发明中，O/C 可用日本电子公司制造的 X 线光子分光器 ESCA JPS-9000MX，依下述记载求出。即，把预先除去了上浆剂的碳纤维，放入保持在 10~6Pa 低压的上述 ESCA 测定室中。然后，以 Mg 作对极，对碳纤维照射在电子线加速电压 10kV、10mA 的条件下发生的 X 线，记录通过该照射从碳纤维表面的碳原子、氧原子放出的光电子光谱。O/C 从这些的面积比算出。

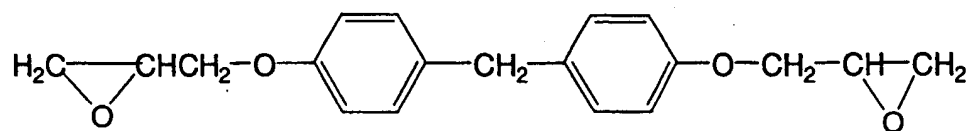
放出的光电子比例因各元素而异。采用日本电子公司制造的 X 线光子分光器 ESCA JPS-9000MX 时，起因于装置特性而决定的换算系数为 2.69。

如上所述，根据需要实施表面处理的碳纤维，充分加以洗涤、除去表面处理中附着的电解质是优选的。

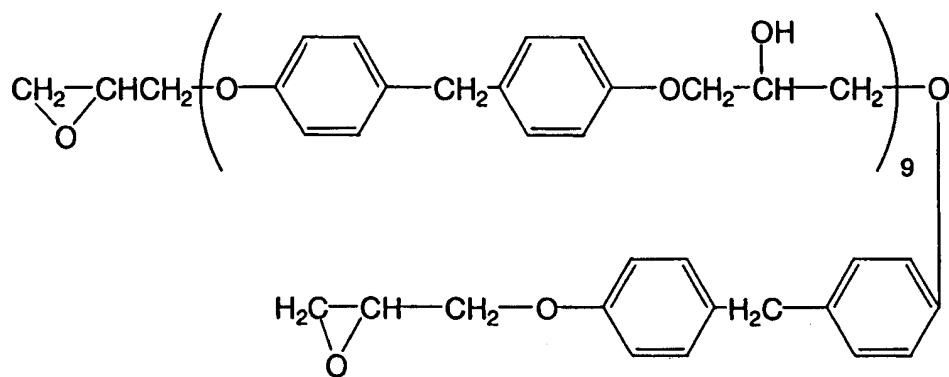
在本发明中，浸渍在碳纤维中的上浆剂组合物，以 2 种以上，优选由 2~5 种环氧树脂构成的环氧树脂类上浆剂混合物作为主成分。作为碳纤维增强树脂的基体树脂，已广泛采用环氧树脂，从这点看，其是上浆剂组合物中含 50 质量%以上，优选 60 质量%以上，特别优选 70 质量%以上的 2 种以上环氧树脂混合物。

对于作为环氧树脂类上浆剂，没有特别限定，可采用市场销售的环氧树脂类上浆剂。具体的可以举出双酚 A 型环氧树脂、双酚 F 型环氧树脂、二聚酸型环氧树脂、缩水甘油酯型环氧树脂、氨基环氧或漆型等多官能性环氧树脂、苯乙烯·丁二烯共聚物等弹性体改性环氧树脂、聚氨酯改性环氧树脂等改性环氧树脂。优选上述环氧树脂在室温下为液体的环氧树脂。

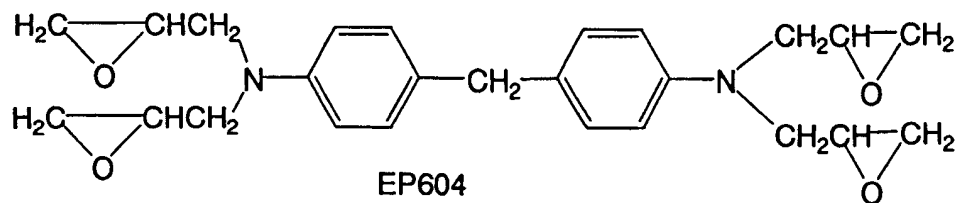
市场销售的环氧类上浆剂的化学结构式，可举出如下：



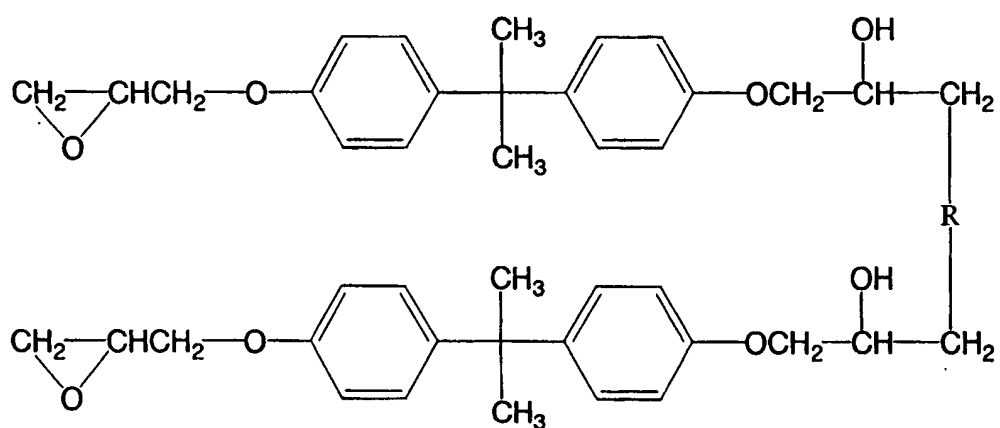
EP807



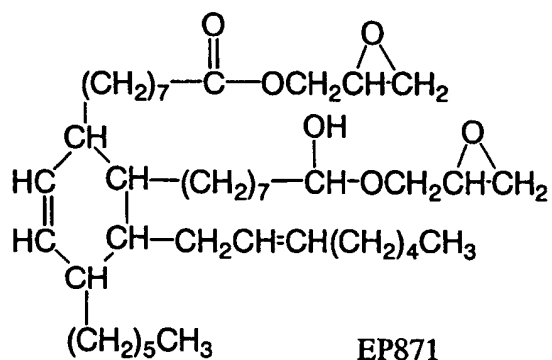
EP1007



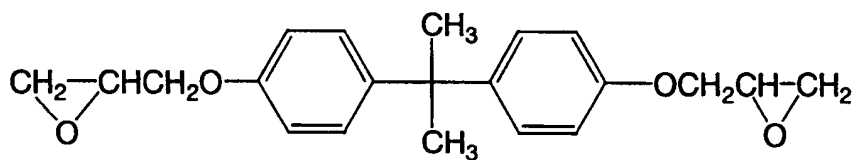
EP604



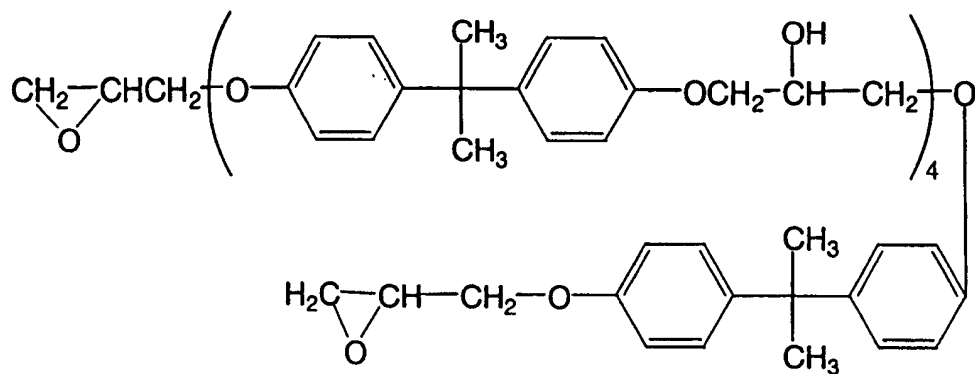
EP872



EP871



EP828



EP1002

在上述上浆剂组合物中，可以配合环氧类上浆剂以外的公知的上浆剂，还可以配合各种添加剂或辅助成分。

作为添加剂、辅助成分，可以举出公知的分散剂、表面活性剂、乳化剂、平滑剂、稳定剂等。

作为环氧类上浆剂以外的上浆剂，可以举出聚氨酯、聚酯、聚酰胺等树脂。

作为环氧类上浆剂以外的上浆剂，可以举出聚烷基醚、不饱和聚酯、乙烯基酯、丙烯酸树脂等公知的上浆剂

特别优选的环氧类上浆剂以外的上浆剂，可以举出环氧丙烷（P0）/环氧乙烷（E0）嵌段共聚物。P0/E0 嵌段共聚物用作乳化剂是公知的。具体的是，环氧丙烷和环氧乙烷的摩尔比在 2~8: 8~2，25℃的粘度在 5000~30000mPa·s 者是优选的。

在上述上浆剂组合物中，环氧丙烷（P0）/环氧乙烷（E0）嵌段共聚物的含量低于 30 质量%是优选的，更优选的是 5 质量%以上，低于 30 质量%。

通过在上浆剂组合物中配合上述环氧丙烷（P0）/环氧乙烷（E0）嵌段共聚物，当在用得到的碳纤维辫制造的复合材料中存在外部应力负荷时，外部应力不会集中在复合材料的狭窄的区域中，而被均匀分散。结果是，复合材料显示高的层间剪断强度。

作为平滑剂，可以举出在室温为液体的高级脂肪族类醚型聚环氧乙烷加成物、高级脂肪族聚环氧乙烷加成物、多元醇的高级脂肪酸酯类、多元醇的高级脂肪酸酯类聚环氧乙烷加成物等。这些是公知的平滑剂。

表面活性剂，非离子类、阳离子类、阴离子类的任何一种均可。通过在上浆剂组合物中添加平滑剂及表面活性剂等辅助成分，可以提高碳纤维的处理性、耐摩擦性、耐起毛性、上浆剂的浸渍性。

本发明中使用的上浆剂组合物，含有上述上浆剂及根据需要添加的添加剂及辅助成分。并且如下所述，在该上浆剂组合物中添加了规定的固化剂的评价用组合物，通过热处理得到的评价用固化物显示规定的动态粘弹性特性。

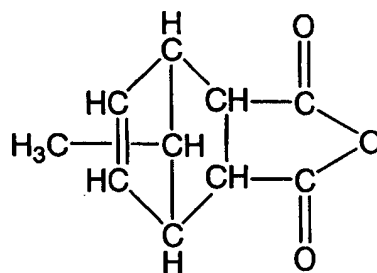
即,采用本发明中使用的上浆剂组合物所制造的评价用固化物,从图1所示的动态粘弹性测定曲线得到的 α 松弛峰的 $\tan \delta$ 值($\alpha_{\tan \delta}$)和 β 松弛峰的 $\tan \delta$ 值($\beta_{\tan \delta}$)的乘积($\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$)为0.07~0.2,更优选为0.07~0.15。

本发明人对优选的上浆剂组合物中的上述评价用固化物的 $\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$ 处于0.07~0.2范围内的理由考虑如下。即,从评价用固化物的动态粘弹性测定得到的 $\tan \delta$ 值是评价热能对外部应力逸散性的指标,从该值可以推定材料的韧性。具体的是,高 $\tan \delta$ 值的材料可以期待高的韧性。当上浆剂为环氧树脂时,主要存在归属于高分子主链分子运动的 α 松弛与归属于局部运动的 β 松弛。因此,本发明人认为通过使 $\alpha_{\tan \delta}$ 和 $\beta_{\tan \delta}$ 两者之积 $\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$ 加大,可以提高碳纤维增强树脂的物性。

在这里,当 $\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$ 小于0.07时,复合材料中的上浆剂组合物的固化物的韧性变低,碳纤维增强树脂的物性下降,是不优选的。

当 $\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$ 大于0.2时,复合材料中的上浆剂组合物的固化物的强度变低,难以在基体树脂和碳纤维的界面稳定存在。

添加至用于配制评价用组合物的上浆剂组合物中的固化剂,其化学结构如下所示。该化合物,是日立化成公司制造的商品名力ヤハード MCD的本领域技术人员熟知的环氧树脂固化剂。该固化剂的配合量,相对于上浆剂组合物100质量份为30质量份。热处理条件是130℃、2小时。



本发明中使用的上述上浆剂组合物在30℃的粘度达到100~10000泊是优选的。当粘度小于100泊时,浸渍上浆剂组合物的碳纤维辫过于柔软。此时,在预浸渍工序及长丝卷曲工序等中,单纱与导向辊接触时,容易发生起毛等。而当大于10000泊时,上浆剂组合物浸渍碳纤维的碳纤维辫过于固化,树脂对碳纤维辫的浸渍性变差。

在本发明中，用上述上浆剂组合物浸渍上述碳纤维，得到本发明的碳纤维辫。

碳纤维辫中的上述上浆剂组合物的浸渍量达到 0.3~5.0 质量%是优选的，1.0~4.0 是更优选的。

当碳纤维辫中的上浆剂组合物的浸渍量低于 0.3 质量%时，碳纤维辫的集束性变差。另外，采用该碳纤维辫制造的复合材料中的碳纤维和基体树脂的粘合性变得不充分，复合材料的剪断强度下降。

当上浆剂组合物的含量大于 5.0 质量%时，碳纤维辫的开纤性 (spreadability) 变差。结果是，复合材料制造时，基体树脂对碳纤维辫的浸渍性下降，是不优选的。

上浆剂组合物对碳纤维的浸渍方法，喷雾法、浸液法、转印法等本领域技术人员周知的方法可任意选择。浸液法，从通用性、效率性、浸渍均匀性优良考虑是优选的。在浸液法中，把碳纤维浸渍在上浆剂组合物液中时，采用设置在上浆剂组合物液中的液没辊或液浸辊，使碳纤维的开纤及绞股互相反复进行，上浆剂组合物充分浸渍至碳纤维辫内部，是优选的。

作为上浆剂组合物的浸渍方法，可以举出在丙酮等溶剂中溶解、含有 2 种以上环氧树脂等的上浆剂组合物的溶液中浸渍碳纤维的溶剂法；以及，在采用乳化剂使上浆剂组合物在水中乳化的水系乳化剂中浸渍碳纤维的乳化法。从对人体的安全性及防止自然环境污染的观点看，乳化法是优选的。

在碳纤维浸渍上浆剂组合物后，通常是接着把浸渍了上浆剂的碳纤维送至干燥工序，把在上浆剂组合物浸渍时附着在碳纤维上的分散溶剂的水或溶剂加以干燥。作为干燥工序采用的干燥方法，可以举出使浸渍了上浆剂组合物的碳纤维通过干燥炉的方法；接触过热辊的方法等。对干燥温度未作特别限定，但在使用通用的水系乳化剂的上浆剂组合物时，通常设定在 80℃~200℃。另外，也可在干燥工序后再设置 200℃ 以上的热处理工序，以调整碳纤维辫中的上浆剂组合物的粘度。

下面通过实施例更具体的说明本发明。

实施例

各物性值用以下的方法进行测定

<动态粘弹性测定>

把上浆剂 100 质量份、固化剂(日立化成公司制造,カヤハード MCD) 30 质量份以此比例混合成的评价用组合物,用金属模具于 130℃成型·固化 2 小时,得到评价用固化物。把该评价用固化物裁断,使达到长 30mm、宽 6mm、厚 3mm,作为动态粘弹性测定用试片。

动态粘弹性采用 UBM 公司制造的动态粘弹性测定装置、型号: Rhogel E-4000 进行测定。测定条件: 升温速度 4℃/分、频率 10Hz、测定温度范围 -100℃~200℃。

从图 1 所示的动态粘弹性测定曲线,求出 α 松弛峰的 $\tan \delta$ 值 ($\alpha_{\tan \delta}$) 和 β 松弛峰的 $\tan \delta$ 值 ($\beta_{\tan \delta}$), 算出这些的乘积 $\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$ 。

<层间剪断强度 (ILSS)>

在チバガイギー公司制造的 EPN1138(商品名: 酚醛漆型环氧树脂) 70 质量份、日本环氧树脂公司制造的エピコート 834(商品名: 双酚 A 型环氧树脂) 12 质量份、该社制造のエピコート 1002(商品名: 双酚 A 型环氧树脂) 18 质量份以此比例混合的树脂组合物中,再添加该公司制造的固化剂 DICY(二氰基二酰胺) 5 质量份、保土谷化学公司制造的固化促进剂 DCMU(3-[3,4-二氯苯基]-1,1-二甲基脲) 10 质量份,配制预浸渍用树脂组合物。用膜涂布器把该树脂组合物在脱模纸上涂布,使树脂组合物涂布量达到 44g/m²,得到在脱模纸上面层压树脂组合物层的树脂膜。

在该树脂膜上等间隔地整齐地并列浸渍了上浆剂组合物的碳纤维辫后,进行加热,通过在该碳纤维辫上浸渍树脂膜树脂,制成单位重量 150g/m²、树脂浸渍率 37 质量%的单向 (UD) 预浸渍物。

把制成的 UD 预浸渍物加以层压,使成型后厚度达到 3mm,放入金属模具,于 130℃,用 686kPa (7kg/cm²) 的压力成型 2 小时,制成单向

的碳纤维增强成型板(CFRP板)。该 CFRP 板的 ILSS 按照 ASTM-D-2344 进行测定。测定温度为室温。

实施例 1~8, 比较例 1~3

把通过 X 线光子分光法测定的碳纤维的表面氧浓度比 O/C 为 0.2 的不含上浆剂的碳纤维辩(东邦テナックス公司制造的ベスファイト, 24000 单丝)在填料浴中连续浸渍。上浆剂组合物水乳化剂, 是按表 1 所示的配合比把分子量不同的双酚 A 型环氧树脂(日本环氧树脂公司制造のエピコート 828、1002)、双酚 F 型环氧树脂(日本环氧树脂公司制造のエピコート 807)、二聚酸型环氧树脂(日本环氧树脂公司制造のエピコート 871)、4 官能性氨基环氧树脂(日本环氧树脂公司制造のエピコート 604)、缩水甘油酯型环氧树脂(日本环氧树脂公司制造のエピコート 191P)、弹性体改性的环氧树脂(日本环氧树脂公司制造のエピコート YX310)加以改变的上浆剂 100 质量份, 用 PO/E0 嵌段共聚物(狮王公司制造的商品名レオコン ED274R, 粘度在 25℃为 6900mPa·s) 20 质量份进行乳化的水乳化剂。

然后, 把浸渍了上浆剂组合物乳化剂的碳纤维辩的水分干燥除去(150℃, 3 分), 得到碳纤维辩。此时, 调整浴浓度, 得到表 1 中列举的碳纤维辩。采用这些碳纤维辩, 进行上面举出的 ILSS 评价试验。其结果汇总在表 1、2 中。

另一方面, 把上述各上浆剂组合物, 按照上述<动态粘弹性测定>中所述的方法进行热处理, 使固化, 制成动态粘弹性测定用试片。采用这些试片进行测定, 从得到的动态粘弹性曲线算出上浆剂组合物的 $\alpha_{\tan\delta} \cdot \beta_{\tan\delta}$ 。结果示于表 1、2。

如表 1 所示, $\alpha_{\tan\delta} \cdot \beta_{\tan\delta}$ 在 0.07~0.2 范围的实施例 1~5 任何一个 ILSS 均高。然而, 如表 2 所示, $\alpha_{\tan\delta} \cdot \beta_{\tan\delta}$ 在上述范围外的比较例 1~6, ILSS 均低。

表 1

	实施例							
	1	2	3	4	5	6	7	8
上浆剂组合物 配合比 质量份								
EP828	—	—	70	—	—	60	35	10
EP191P	70	—	—	70	—	—	—	—
EP807	—	—	—	—	80	—	35	40
EP871	—	50	—	—	—	—	—	50
EP604	—	—	—	—	—	40	—	—
EP4007	—	50	—	30	20	—	—	—
EP1002	30	—	30	—	—	—	30	—
$\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$	0.076	0.072	0.074	0.091	0.092	0.070	0.085	0.19
上浆剂组合物 质量%	3.4	2.7	1.3	2.3	1.6	2.6	2.0	3.0
ILSS MPa	100	98	99	105	102	97	100	99

表 2

	实施例						
	1	2	3	4	5	6	7
上浆剂组合物 配合比 质量份							
EP828	40	—	50	—	—	—	10
EP191P	—	—	—	—	50	—	—
EP807	—	40	—	50	—	—	20
EP871	—	—	—	—	—	20	70
EP604		—	—	—	—	—	—
EP4007	—	—	50	50	50	80	—
EP1002	60	60	—	—	—	—	—
$\alpha_{\tan \delta} \cdot \beta_{\tan \delta}$	0.049	0.061	0.044	0.054	0.062	0.063	0.23
上浆剂组合物 质量%	3.3	2.5	2.0	2.5	1.3	1.8	1.3
ILSS MPa	91	93	90	89	91	88	85

图1

