

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96195146. X

[45] 授权公告日 2001 年 8 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1069357C

[22] 申请日 1996. 5. 20 [24] 颁证日 2001. 5. 2

[21] 申请号 96195146. X

[30] 优先权

[32] 1995. 5. 24 [33] FR [31] 95/06200

[86] 国际申请 PCT/FR96/00748 1996. 5. 20

[87] 国际公布 W096/37646 法 1996. 11. 28

[85] 进入国家阶段日期 1997. 12. 29

[73] 专利权人 航空发动机的结构和研究公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 皮埃尔·奥尔里 多米尼克·库佩

勒诺·迪瓦尔 阿米纳·泽杜克

[56] 参考文献

EPA0432439 2091. 6. 19 B02G3/16

EPA0555134 2093. 8. 11 D04H1/00

JPA03059131 2091. 3. 14 D02G3/04

审查员 21 53

[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

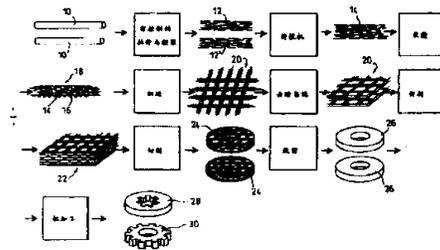
代理人 孙 征

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 用于加工复合零件的纤维预成型料的复
合纱线及其制备方法

[57] 摘要

一种纱线, 由不连续平行纤维形成; 这些纤维不加捻, 且被包绕着纤维的损失材料的包绕纱线握持在一起。所述的纤维包括一种至少由两种不同性质的纤维组成的紧密复合物, 这两种不同性质的纤维选自碳纤维或者预氧化聚丙烯腈基的碳母体纤维, 或者各向异性或各向同性树脂基的碳母体纤维, 或者酚醛或纤维素基的碳母体纤维, 以及陶瓷纤维或者陶瓷母体纤维。纤维的复合物在它的碳态下包括重量至少占 15% 的高强度纤维, 这种高强度纤维的抗拉强度至少为 1500MPa 并且模量至少为 150Mpa, 还包括重量至少占 15% 的杨氏模量最大为 100GPa 的纤维。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种用于加工复合零件的纤维预成型料的纱线,该纱线包括不连续的平行纤维,这些纤维是没有被加捻的,并且被包绕着纤维的损失材料的包绕纱线握持在一起;其特征在于:所述纱线是一种复合纱线,其中纤维包括从以下纤维中选出的至少两种不同性质的纤维的一种紧密复合物;这些纤维是:预氧化的聚丙烯腈基的碳纤维或碳母体纤维,各向异性树脂基的碳纤维或碳母体纤维,酚醛基的碳纤维或碳母体纤维,纤维素基的碳纤维或碳母体纤维,以及陶瓷纤维或者陶瓷母体纤维;并且还在于:纤维复合物包括碳纤维或碳母体纤维,这些纤维在碳态下,包括重量至少占15%的纤维的复合物并且构成抗拉强度至少为1500MPa,模量至少为150Gpa的高强碳纤维。

2.根据权利要求1所述的一种纱线,其特征在于:处在碳态的纤维是高强度纤维,并且是从聚丙烯腈母体和各向异性树脂母体基的纤维中选出的。

3.根据权利要求1或2所述的一种纱线,其特征在于:纤维复合物包括碳纤维或碳母体纤维,这些纤维在碳态下是高强度碳纤维,并且包括重量至少占30%的纤维复合物。

4.根据权利要求1所述的一种纱线,其特征在于:在碳态下,高强度纤维的抗拉强度至少为2000Mpa。

5.根据权利要求1所述的一种纱线,其特征在于:在碳态下,高强度纤维的模量至少为200Gpa。

6.根据权利要求1所述的一种纱线,其特征在于:纤维的复合物包括碳纤维或碳母体纤维,这些纤维在碳态下,包括重量至少占15%的纤维的复合物,并且构成了杨氏模量最大为100GPa的低模量碳纤维。

7.根据权利要求6所述的一种纱线,其特征在于:在碳态下,低模量碳纤维包括重量至少占30%的纤维复合物。

8.根据权利要求6所述的任何一种纱线,其特征在于:纤维在碳态下是低模量碳纤维,并且是从酚醛母体纤维,各向同性树脂母体纤维和纤

纤维素母体纤维选出的。

9.根据权利要求1所述的一种纱线，其特征在于：陶瓷纤维或陶瓷母体纤维是陶瓷状态的碳化硅纤维。

10.加工复合材料零件的纤维预成型料的一个方法，包括以下几个步骤：

提供一种包括平行不连续纤维的纱线，该纱线是没有加捻的并被包绕着纤维的损失材料的包绕纱线所握持；

- 用所述纱线形成一种二维纤维织物；
- 叠置用所述的纤维织物形成的线网；
- 清除包绕纱线；以及

·针刺叠置的线网，通过从纱线中拉出的纤维穿过一系列叠置的线网把它们彼此连接起来，其特征在于，至少部分二维纤维织物是由根据权利要求1到9中的任何一个所述的一种复合纱线形成的。

11.根据权利要求10所述的一种方法，其特征在于：针刺的预成型料在超过1300℃的温度下进行热处理。

12.根据权利要求10所述的一种方法，其特征在于：针刺的预成型料在大约1600℃的温度下进行热处理。

13.根据权利要求10到12中的任何一个所述的一种方法：用来加工复合材料摩擦盘的纤维预成型料，其特征在于：所述线网平行于盘的摩擦表面。

14.根据权利要求13所述的一种方法，其特征在于：至少一部分二维纤维织物是由低模量碳纤维的一种复合纱线形成的，该纤维的杨氏模量最大为100GPa，并且复合纱线的组成纤维的直径和/或针刺过程中织针的定向都被选定，从而在针刺过程中能优选地携带低模量碳纤维。

15.根据权利要求14所述的一种方法，其特征在于：使用了一种包含高模量碳纤维的复合纱线，纤维的杨氏模量至少为150GPa，直径至少为8μm。

16.根据权利要求14所述的一种方法，其特征在于：二维纤维织物是由至少沿两个方向延伸的纱线形成的，并且沿第一个方向取向的纱线包

括一种纤维的复合物，该纤维包含杨氏模量最大为 100GPa 的低模量碳纤维；并且在于：针刺是使用一定取向的织针来进行的，选择织针取向是为了使它们优选地抓住沿第一方向取向的纱线纤维。

17.用于复合材料零件的一种纤维预成型料，它包括叠置的两维纤维织物，通过从纤维织物中拉出的纤维彼此互连且相对线网横向延伸，其特征在于：组成纤维织物的纤维包括一种至少是由两种不同性质的纤维组成的紧密复合物，这两种不同性质的纤维选自具有一种预氧化聚丙烯腈母体的碳纤维，具有一种各向异性树脂母体的碳纤维，具有一种各向同性树脂母体的碳母体，具有一种酚醛母体的碳纤维，具有一种粘胶纤维和陶瓷纤维的碳纤维，并且纤维复合物包括重量至少占 15% 的高强度碳纤维，其抗拉强度至少为 1500MPa，模量至少为 150Gpa。

18.根据权利要求 17 所述的一种预成型料，其特征在于：高强度碳纤维的抗拉强度至少为 2000Mpa。

19.根据权利要求 17 或 18 所述的一种预成型料，其特征在于：高强度碳纤维的模量至少为 200Gpa。

20.根据权利要求 17 所述的一种预成型料，其特征在于：纤维复合物包括重量至少占 15% 的低模量碳纤维，其杨氏模量最大为 100Gpa。

21.根据权利要求 19 所述的一种预成型料，其特征在于：从纤维织物中拉出的并且相对线网横向延伸的纤维主要是最大杨氏模量为 100Gpa 的低模量碳纤维。

22.根据权利要求 1 到 9 中任何一个所述的纱线的加工方法，其特征在于：它包括以下几个步骤：

- 提供几束连续长丝，每束都是由相同性质的长丝构成的，这些长丝选自一种聚丙烯腈基的碳或碳母体，一种各向异性树脂基的碳或碳母体，一种各向同性树脂基的碳或碳母体，一种酚醛基的碳或碳母体，一种纤维素基的碳或者碳母体或者一种陶瓷或者陶瓷母体；

- 对每束纤维进行有控制地拉伸与分裂以获得不连续的平行纤维；

- 紧密复合至少两束彼此性质不同的分裂了的纤维，以获得一种复合纱线，其中复合的不连续纤维彼此平行并且不加捻，该复合物包括碳纤维

或者碳母体纤维，这些纤维在碳态下包括重量至少占 15% 的纤维的复合物，并且构成了抗拉强度至少为 1500MPa，模量至少为 150GPa 的高强度碳纤维，以及

·用损失材料的包绕纱线包绕不连续复合纤维从而保证获得复合纱线的完整性。

23.根据权利要求 22 所述的一种方法，其特征在于：纤维的紧密复合物是通过把分裂纤维束穿过针梳机生产的。

24.根据权利要求 22 或 23 所述的一种方法，其特征在于：纤维在碳态下是从预氧化聚丙烯腈母体纤维和各向异性树脂母体纤维中选出的高强度纤维。

25.根据权利要求 22 所述的一种方法，其特征在于：纤维复合物包括碳纤维或者碳母体纤维，碳纤维或碳母体纤维在碳态下包括重量至少占 30% 的纤维复合物并且构成高强度碳纤维。

26.根据权利要求 22 所述的一种方法，其特征在于：纤维复合物包括碳纤维或碳母体纤维，在碳态下，包括重量至少占 15% 的纤维的复合物并且构成了杨氏模量最大为 100GPa 的低模量碳纤维。

27.根据权利要求 26 所述的一种方法，其特征在于：纤维的复合物包括碳纤维或者碳母体纤维，碳纤维或者碳母体纤维在碳态下包括重量至少占 30% 的纤维的复合物并构成低模量碳纤维。

28.根据权利要求 26 所述的一种方法，其特征在于：纤维在碳态下是低模量碳纤维，并选自酚醛母体纤维，各向同性树脂碳母体纤维和纤维素母体纤维。

29.根据权利要求 22 所述的一种方法，其特征在于：陶瓷纤维或者陶瓷母体纤维在陶瓷状态下是碳化硅纤维。

说明书

用于加工复合零件的纤维预成型料的复合纱线及其制备方法

本发明涉及加工复合材料零件的纤维预成型料，尤其是一种用于此类加工的纱线。

本发明的一个应用领域是应用于诸如离合盘，并主要是闸盘的复合材料摩擦盘的纤维预成型料。

目前赛车使用碳-碳(C-C)复合材料闸盘，飞机的转子和定子多盘闸系统中也大规模地应用。

复合C-C闸盘的制造包括加工碳纤维的纤维预成型料以及用一种碳基质致密预成型料，该碳基质填充预成型料中大部分的可初始接近的内孔。

传统的致密是通过化学蒸汽或化学液体的渗透来实现的，也就是说通过热处理进行液态碳母体浸渍和碳母体转化来实现的。

通常，通过叠置两维纤维织物形成的线网和交织针刺来制造纤维预成型料。两维纤维织物可以是机织物或预针刺的单向针布。线网在叠加的地方针刺起来，最好是如法国专利FR-A-2584106所描述的那样保持均匀的针刺厚度。线网被叠平并被缝成平片，环形闸盘预成型料从该处被切割。为了避免浪费大量材料，由两维纤维织物切割得到的并列的环形段形成线网，分隔环形区的线从一个线网偏离到下一个线网。

由碳纤维制成的机织物式的或者单向针布式的两维纤维织物不适合连续的或加捻的碳长丝，它们形成纱线而不是把纤维横向放置在叠置的线网上。解决这个问题的一种方法是把一个碳纤维网与两维织物联结起来，该网提供的纤维能被织针携带。另一方案包括针刺由纤维形成的两维织物，这些纤维不是碳纤维而是更适合针刺的碳母体纤维。碳母体通过对针刺的预成型料的热处理得以转换。

欧洲专利EP-A-0489637描述了制造用于加工预成型料的两维纤

维织物，该预成型料必须是由不连续的并且彼此平行的未加捻纤维（短纤）复合成的一种纱线形成的，纱线完整性是通过损失材料的包绕纱线来保证的。通过溶解或加热清除包绕纱线以放开不连续纤维并且使之可以针刺，即使当纤维处在碳状态时也是这样。而且，放开纤维可以使它们延伸进入整个预成型料容积，从而使得在致密阶段孔隙更容易且更均匀地接近基质。这样致密会更彻底和更均匀。

对于闸盘，纤维的材质构成了预成型料，用于加工预成型料的两维织物的结构，这些织物形成线网被连到了一起，尤其是针刺参数，致密前预成型料经过的热处理，基质的性质，致密模量，都显著地影响盘的机械和摩擦性能。

尤其是在飞机制动的情况中，使用的盘不仅要具有能经受住冷热状态下的应力的机械性能，而且具有能使它们在不同环境中工作良好的摩擦性能，这些不同的环境包括：滑行冷态时制动（起飞前跑道上滑行），滑行热态时制动（着陆后跑道上滑行），在正常着陆过程中制动，以及紧急制动（在起飞跑道的尽头阻止起飞）。然而，在能量吸收更适中的应用中，理想情况是，盘的摩擦表面能非常迅速地达到足够的温度，这样，复合材料的导热系数比飞机在紧急制动所需要的导热系数更有限。

由申请人进行的试验台试验已经证实，预成型料中纤维性质对闸盘的性能影响很大，本发明的目的就是提供一种纱线，它尤其适合加工复合材料零件的纤维预成型料，但并不只是闸盘。本发明的进一步目的是提供一种加工这种纱线的方法。

本发明的一个方面，用于加工复合材料零件的纤维预成型料的一种纱线包括不连续的平行纤维，这些纤维是无捻度的，并且通过包绕着纤维的损失材料的包绕纱线被握持在一起，其特征在于，该纱线是一种复合纱线，其中的纤维包括至少由两种不同性质纤维组成的相似的复合物。这两种不同性质的纤维是从以下物质中选出来的，它们是聚丙烯腈基的碳纤维或碳母体纤维，各向异性树脂基的碳纤维或碳母体纤维，各向同性基的碳纤维或碳母体纤维，酚醛基的碳纤维或碳母体纤维，纤维素基的碳纤维或碳母体纤维以及陶瓷纤维或陶瓷母体纤维，并且其特征在于，纤维的复合物包括碳纤维或碳母体纤维，在碳态下，它们包括重量至少占 15 % 而且最好至



少为 30 % 的纤维复合物，构成高强碳纤维，其抗拉强度，至少 1500MPa，模量至少 150GPa，最好至少是 200GPa。

“碳纤维或碳母体纤维”这里指的是处于初始母体状态的纤维，例如处在聚丙烯腈状态或通过碳化完成母体转换后处于碳态的纤维，或者处于初始母体状态和碳态的中间状态，例如预氧化 (pre-oxidized) 或半碳化 (Semi-carbonized) 的纤维。类似的，“陶瓷纤维或陶瓷母体纤维”指的是处于初始母体状态或者在完成母体的转换后处于陶瓷状态的纤维，或者是处于初始母体状态和陶瓷状态的中间状态，例如在半陶瓷化 (Semi-ceramized) 状态的纤维。

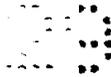
具有不同性质的纤维复合物使得纤维预成型料更好地用作复合材料零件。本发明的一个必要特征在于，复合作用不是通过使用不同性质的纱线生产纤维预成型料来完成的，而是在组成纱线的纤维状态，通过使用它们的一种紧密复合物完成的。

例如对于网盘，纤维的紧密复合物指“第三体”，在整个表面上是均匀的并且最有效地融合了不同性质纤维的各种性能，该“第三体”是摩擦过程中在不同摩擦表面的界面处产生的。

通过至少部分来自一种复合纱线形成一个二维纤维织物，并通过叠置由纤维织物形成的线网，以及在清除包绕纱线后针刺叠置的线网，产生了一种用于复合材料零件的纤维预成型料。

在叠置前或者在叠置过程中，清除包绕纱线从而放置在每层线网后，能连续完成针刺，如前引述的 FR - A - 2 584 106 所述。

当用来生产纤维预成型料的复合纱线包括处于初始状态的纤维或者是处于初始状态和最后的碳或陶瓷状态之间的中间状态时，通过热处理，纤维被转换成了碳或陶瓷。在致密工艺前，加工针刺预成型料的任何阶段，在复合纱线上，在完成的预成型料上，在任何中间阶段都可以进行热处理。当复合纱线为碳态的纤维时，针刺纤维预制成型料在高于 1300 ℃，到 2300 ℃ 的温度下进行热处理。这种热处理通过化学变化稳定纤维，尤其是，通过消除剩余的氮稳定了纤维的组分；通过结构变化，即完善石墨平板到更大或更小的范围；通过组织变化，即这些针布相对纤维轴线的定向以及这些针布和它们的转曲相对纤维表面的设置，稳定了纤维。热处理最好是在



大约 1600 ℃ 进行。

应用高强度碳纤维提供了复合材料所需的机械性能。这些纤维的重量百分比最好不低于 30 %。

比较有利的情况是，纤维的复合物包括碳纤维或者碳母体纤维，它们在碳态下又包括重量至少占 15 % 的纤维的复合物并构成杨氏模量最大为 100GPa 的低模量纤维。低模量碳纤维选自酚醛母体碳纤维，各向同性树脂母体碳纤维和纤维素母体碳纤维。

在碳态下，低模量碳纤维的重量百分比最好不低于 30 %。

对碳态的纤维而不是母体状态的纤维进行针刺时，正如申请人已证实的那样，使用低模量碳纤维是有利的，这些纤维被优选地并主要是通过织针被拉过叠置的线网。在它应用到闸盘范围内，当预成型线网平行于摩擦表面时，大量存在的低模量纤维直接垂直于摩擦表面，这意味着盘的横向刚度不太高。这意味着当这些表面不是几何平面和平行，例如伴随着不平整的磨损的时候，盘能产生足够的弹性变形来保证整个摩擦表面，而不只是局部范围内的摩擦。

事实上，低模量碳纤维被织针移动，这可能产生另一情况，当高模量碳纤维 - 如那些预氧化聚丙烯腈碳母体纤维或者那些各向异性树脂碳母体纤维在不连续并且无捻度时，有断裂的趋势。当高模量碳纤维的直径更大时，这种情况就更明显。这样，当复合纱线中高模量碳纤维直径大于 $8\mu\text{m}$ ，最好是大于 $10\mu\text{m}$ 时，低模量碳纤维几乎独家选择针刺。这样就保证了纤维预成型料的较低的刚度和复合材料零件直接垂直于线网。

通过针刺优选低模量碳纤维的更深一层的意义在于形成一种二维纤维织物，其中复合纱线沿一个方向延伸并具有一定比例低模量碳纤维，并且使用一定取向的织针，选择一定取向是为了可优选地抓住该方向的复合纱线的纤维。

另一方面，本发明提供了一种生产如上所述的复合纱线的方法。

本发明提供了一种方法，具有以下步骤：

提供几束连续长丝，每束长丝是由从下列物质中选出的具有同样性质的长丝组成的，它们是聚丙烯腈基的碳或碳母体，各向异性树脂基的碳或碳母体，各向同性树脂基的碳或者碳母体，酚醛基的碳或碳母体，纤维素



基的碳或碳母体；以及陶瓷或陶瓷母体；

有控制地拉伸和分裂每个纤维束从而获得彼此平行的不连续纤维；

把彼此不同的至少两束分裂纤维的纤维细致地复合起来，从而获得一种复合纱线，其中复合的不连续纤维彼此平行并且没有被加捻，该复合物包括碳纤维或碳母体纤维，它们在碳态下包括重量至少占 15 % 的纤维的复合物，最好是至少为 30 %；并构成了抗拉强度至少为 1500MPa，最好至少为 200MPa，和模量至少为 150GPa，最好至少为 200Gpa 的高强度碳纤维；以及用一种损失材料包绕纱线把复合不连续纤维包绕起来以保证获得复合纱线的整体性。

纱线束以细条形式存在是有利的，并且由至少两条不同性质的纤维条形成的纤维的紧密复合物受穿过针梳机的通道的影响。

从下面对几个象征性的并且不是限制性的例子的描述，对本发明将会有更好的理解。

图 1 是一个流程图，它图示了应用由本发明的复合纱线形成的预成型料加工一种复合碳-碳材料的闸盘的方法；以及

图 2 是一个示意图，图示了一种针刺模式，它能优选针刺纤维织物中某些纱线的组成纤维。

下面的例子涉及复合材料闸盘的加工，它构成本发明的优选的应用领域，并且不是一个唯一的应用。

在所有这些例子中，图 1 所示的方法用来加工一种复合纱线，至少含一根复合纱线的一根或多根纱线来生产二维纤维织物，用二维纤维织物来加工纤维预成型料，并由此来生产出复合材料闸盘。

在本发明所叙述的术语中，复合纱线指的是由不同性质的纤维构成的一种纱线。

为生产复合纱线，使用了几束丝束或细条形式的连续长丝，每束丝都是由相同性质的长丝形成的，并且对应于复合纱线的组分选择不同性质的丝束。根据丝束的直径选择不同丝束或者细条的长丝的数量，从而使得复合纱线中的纤维复合物重量占有合适的比例。

如上所述，复合纱包括碳纤维或者碳母体纤维；在碳态下，它们包括重量百分比至少为 15 % 的纤维的复合物，最好至少为 30 %，并且组成了



高强度纤维，如丙烯腈（PAN）母体碳纤维，或者各向异性树脂母体碳纤维。进一步，尤其是应用到闸盘上，复合纱线最好包括碳纤维或碳母体纤维；在碳态下包括重量至少占 15 % 的低模量碳纤维；最好至少占 30 %，这些低模量碳纤维如酚醛母体纤维，纤维素母体纤维或者各向同性树脂母体纤维。

“高强度碳纤维”术语在这里指的是这样一种碳纤维，其抗拉强度至少为 1500MPa，较好至少是 2000MPa，最好至少为 2500MPa；模量至少为 150GPa，较好至少为 200GPa，最好至少为 230GPa。“低模量碳纤维”术语指的是杨氏模量最大为 100MPa，最好最大为 70MPa 的碳纤维。纤维不只是碳纤维，也可是陶瓷纤维，例如由必要成份碳化硅，氧化铝，二氧化硅，硅酸盐，硅铝酸盐等组成的纤维。

不同性质的复丝细条或复丝束，例如两细条 10，10'，经历一个有控制的拉伸和分裂操作就转变成了由彼此平行的不连续长丝形成的细条 12，12'。有控制地拉伸和分裂复丝束的方法在 FR - A - 2 608 641 中有描述。

分裂细条 12，12' 中的不同性质的纤维被紧密地复合起来，形成由彼此平行且没有加捻的不连续纤维构成的单细条 14，通过把分裂的细条 12，12' 穿过一个针梳机，即，使供给辊和拉伸辊之间的分裂细条 12，12' 中的一层纤维经过一系列梳针或肋片。这是纺织工业中的一个众所周知的操作。

构成细条 14 的纤维束的凝聚力是通过使用一种损失材料的包绕纱线 16 的包绕来保证的，从而可获得彼此保持相互平行的不连续纤维，且没有加捻的被包绕的复合纱线 18（或复合包绕纱线）。构成包绕纱线的“损失材料”这里指的是任何能被清除而不会在复合纱线上留下残余物以及任何不会损坏纱线纤维的材料。例如，该损失材料可以是可溶性聚合物如聚乙烯醇（PVA）。或者通过热处理能彻底清除的聚合物，如聚醋酸乙烯酯或聚乙烯。包绕作用使复合纱线具有经历纺织操作尤其是在织造中所需要的性能。使用已知的机器，如德国 Spindelfabriке Suessen 公司生产的“Parafil”机器。

通过织造被包绕的复合纱线 18，形成了两维织物 20。特别地，通过

针织或编织被包绕的复合纱线也可以形成其它织物，或者是通过叠置和轻针刺几个单向针布，例如两片或三片针布来形成织物，针布中纱线的方向就逐步地相互偏离开来。

一旦织物形成，包绕纱线就被清除。当使用 PVA 纱线时，通过在水浴中水洗，排水及干燥来清除。如果包绕纱线是聚醋酸乙烯酯或聚乙烯，清除是通过热处理来进行的。

多层布 20 被叠置并被针刺起来以形成板 22，该板的厚度大致与要生产的闸盘的厚度相对应。清除包绕纱线使得复合纱线的纤维延伸进入布中使之能被直接针刺起来。针刺是在布叠置起来时进行的。每一新层都被针刺到垫层结构上，同时保持恒定的针刺深度，当定位并针刺完最后一层，能产生几个完成的针刺通道，如 FR - A - 2 584 106 所描述的那样。

与闸盘尺寸近似的环形预成型料 24 是从针刺板 22 上切割产生的。

在化学蒸汽渗透炉中，通过裂解碳基质采取已知的方式使预成型料 24 致密。

然后致密的预成型料 26 被加工成闸盘，该闸盘具有精密的地面摩擦表面和带槽口的内侧或外侧边，该槽口用来与一个轮子或一个固定环的转子 28 或定子 30 啮合。

正如已经指出的那样，复合纱线可由碳纤维和任选的陶瓷纤维形成，或者是用碳母体纤维和任选的陶瓷母体纤维形成。在后一种情况下，纤维可由初始母体纺得，也可由处于初始状态和碳或者陶瓷状态之间的中间状态获得。这种中间状态可以是预氧化状态、或者半碳化态或者半陶瓷态。碳或陶瓷母体是通过热处理而发生转化，这是在形成针刺的预成型料以后形成的，例如在切割出针刺的块 22 前或之后。当切割出盘预成型料进行热处理时，必须考虑伴随着母体转变的收缩。当复合纱线的纤维处于母体状态时，为了避免不均匀的收缩量，必须仔细处理处于相同的母体状态或是在相似状态的纤维所构成的纱线。

例 1

参照图 1 所描述的操作方法，C - C 复合材料闸盘是这样生产出来的。

形成一种复合纱线，它包括重量占 75 % 的 PAN 母体碳纤维，该纤维



最初是来自 Tenax 销售的商标名为“Tenax HTA 5411”的一束 12000 长丝（12K），以及重量百分比为 25% 的酚醛母体碳纤维，该纤维来自 Kynol 出售的一束 2000（2K）长丝。PAN 母体碳纤维的杨氏模量大约为 230GPa，抗拉强度大约为 2000MPa，而酚醛母体碳纤维的杨氏模量大约为 60GPa，抗拉强度大约为 700MPa。通过把范围确定在低模量和高模量之间以及低强度和高强度之间，其数值大约为 150GPa 和 1500MPa，可以发现，PAN 母体纤维是高模量和高强度纤维，而酚醛母体纤维是低模量和低强度纤维。

有控制地拉伸和分裂丝束并紧密复合碳纤维之后所得的复合纱线被 45 分特的 PVA 包绕纱包绕起来。

通过织造被包绕的复合纱线产生了一种轧光的织造布。在 80℃ 的水中清洗 10 分钟，排水，干燥清除包绕纱之后，布的线网被叠置并针刺起来。裂解碳基质通过化学蒸汽渗透致密得到的板被切割形成环形预成型料。

在最终机加工之后，获得的两闸盘进行台上试验，该试验包括盘与盘相互摩擦进行模拟试验，依次是：

- 相应于“空中客车 A300”型飞机的冷态地面滑行的 5 个制动周期；
- 1 个正常的着陆周期；
- 相应于热态地面滑行的 5 个制动周期；以及
- 1 个紧急制动周期。

通过测量厚度和重量损失可以确定盘的磨损，并测量在紧急制动（超过 2500KJ/kg 的高能量）过程中的摩擦系数。还要测定在中间能量（大约 100KJ/kg 到 200KJ/kg）时的摩擦系数规律性。

例后列的表显示了与参考值相比较的定性值，这些参考值是通过两个按例 1 生产的制动盘进行相同的台上摩擦试验获得的，只有一个例外，即，所使用的碳纤维不是复合纱线而是一种单一的 PAN 母体碳纤维（不是紧密复合纤维）形成的纱线，并且针刺的环形预成型料在致密以前经历了 1600℃ 的热处理。

例 2

使用例 1 的方法，但是在致密以前，环形闸盘预成型料经历了 30 分钟的 1600℃ 的真空热处理。



通过消除剩余的氮，这种热处理稳定了预氧化 PAN 碳母体纤维从而稳定了预成型料的化学性能和尺寸。

例 3

按例 1 的方法，使用了一种复合纱线，它包括重量占 50 % 的 PAN 碳母体纤维和重量占 50 % 的各向异性树脂母体纤维；PAN 碳母体纤维最初来自一种 12K “Tenax HTA 5411”型丝束，各向异性树脂碳母体纤维最初来自一种 2K 长丝束，该长丝束是由日本公司 Nippon oil 销售的商标名为 “XNC15”。各向异性树脂碳母体长丝的直径为 $10\mu\text{m}$ ，杨氏模量为 160GPa，抗拉强度为 2000MPa。

树脂母体纤维的直径是这样的，以致于在实践中，它们并不被携带而有可能在针刺中被织针弄断，PAN 母体纤维则必须被携带。

例 4

使用例 3 的方法，但是在致密前，环形网盘预成型料要经历 10 分钟 1600℃ 的真空热处理。这种热处理稳定了 PAN 碳母体纤维并提高了各向异性树脂碳母体纤维的模量和强度。

例 5

按例 4 的方法，但是热处理温度提高到 2200℃ 以进一步提高树脂母体纤维的模量。

例 6

按例 3 的方法，但是使用了商标名为 “NUP 9 Eskainos” 最初来自日本 Nippon steel 公司出售的一种 2K 长丝束，它是直径为 $7\mu\text{m}$ 的各向异性树脂母体纤维。该长丝的杨氏模量为 160GPa，并且抗拉强度为 2500Mpa。

树脂母体纤维的直径允许它们在针刺过程中被织针携带。

例 7

按例 6 的方法，但是在致密前，同例 4 一样，环形网盘预成型料经历 1600℃ 的真空热处理。

例 8

按照例 7 的方法，但是热处理温度提高到 2200℃。

例 9

按例 1 的方法，使用了一种复合纱线，它包括来自一种 12K “Tenax



HTA 5411”型丝束的重量占 85 % 的 PAN 碳母体纤维和重量占 15 % 的由碳化硅组成的纤维，这种碳化硅中氧含量占总重量的 12 %。这种纤维的直径为 8 μ m，因此是可针刺的，它们是由日本 UBE 公司出售的商标名为“Tyranno Lox M”，并且没有上油。

例 10

按例 9 的方法，用碳化硅纤维取代了“Tyranno Lox M”纤维，这种碳化硅纤维带有重量比为 0.4 % 的剩余含氧量，它由日本 Nippon 公司出售，商标名为“Nicalon”。这些纤维的直径为 14 μ m，因此实际不能被针刺。

例 11

使用例 10 的方法，但是在致密前，环形网盘预成型料要经历 30 分钟的 1600 $^{\circ}$ C 的真空热处理。这种热处理稳定碳纤维和碳化硅纤维，碳化硅中较低的含氧量使得这种稳定得以实现。

例 12

按照例 1 的方法，使用一种复合纱线，它包括取自例 6 的重量占 50 % 的各向异性树脂碳母体纤维和重量占 50 % 的取自例 1 的酚醛碳母体纤维。

例 13

使用例 12 的方法，但是在致密以前，环形网盘预成型料要经历 30 分钟 1600 $^{\circ}$ C 的真空热处理。这种处理提高了各向异性树脂碳母体纤维的模量和强度。

例 14

使用例 13 的方法，但是热处理温度提高到 2200 $^{\circ}$ C，这进一步提高了树脂母体纤维的模量。

例 15

使用例 3 的方法，但是各向异性碳母体纤维被抗拉强度为 800MPa，杨氏模量为 60Gpa 的纤维素碳母体纤维所代替。

表

例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
磨损	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	3	2	1	1
HE COF	= 2	1	1	= 1	1	= 2	2	3	1	1	2	-			
ME COF	的														



规律 1 = = = = = = = 1 2 2 1 = = 3

在表中:

HE COF = 高能量摩擦系数

ME COF = 中间能量摩擦系数

关于磨损

- 符号 = 表示相对参考值 \pm 大约 10 % 的磨损;
- 符号 1 表示减少 10 % 到 20 % 的磨损值;
- 符号 2 表示减少 20 % 到 30 % 的磨损值;
- 符号 3 表示减少了超过 30 % 的磨损值;

关于摩擦系数:

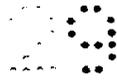
- 符号 - 表示相对参考值降低 5 % 到 10 %;
- 符号 = 表示 \pm 大约 5 % 的数值;
- 符号 1 表示增加 5 % 到 10 %;
- 符号 2 表示增加 10 % 到 15 %; 以及
- 符号 3 表示增加值超过了 15 %.

在上述例子中, 全部使用单一复合纱线来加工二维纤维织物, 该二维纤维织物再用来生产预成型料。

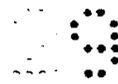
当然, 可以使用不同的复合纱线, 例如在织造布中, 使用第一种复合纱线作为经纱而其它纱线作为纬纱, 或者在单向叠置针布中, 第一层针布使用第一种复合纱线而其它的针布使用另外的纱线。可以设想, 在布或者单向针布中, 在一个方向使用一种复合纱线而另一个方向使用另一种复合纱线。

在二维纤维织物中两个方向上使用不同的纱线意味着可以通过选择织针的取向来选择被针刺携带的纤维。

这样, 如示意简图 2 所示, 带平行于布 20 的纬纱 18a 的叉 32a 平面的叉形针刺实际上不会提升纬纱中的纤维, 而几乎只提升经纱 18b 中的纤维。理想情况下, 被针刺携带的纤维具有某种特别的性能, 因为上述原因在闸盘中的具有低模量的纤维, 只需要经纱 18b 包括相对较高比例的直径不太大的纤维即可。如果选出的用于经纱的其它纤维的直径足够大, 使它们不被针刺的话, 那么只有这些纤维被携带。如果倒刺在同样的平面上, 那么



使用倒刺针也可以获得类似的效果。



说明书附图

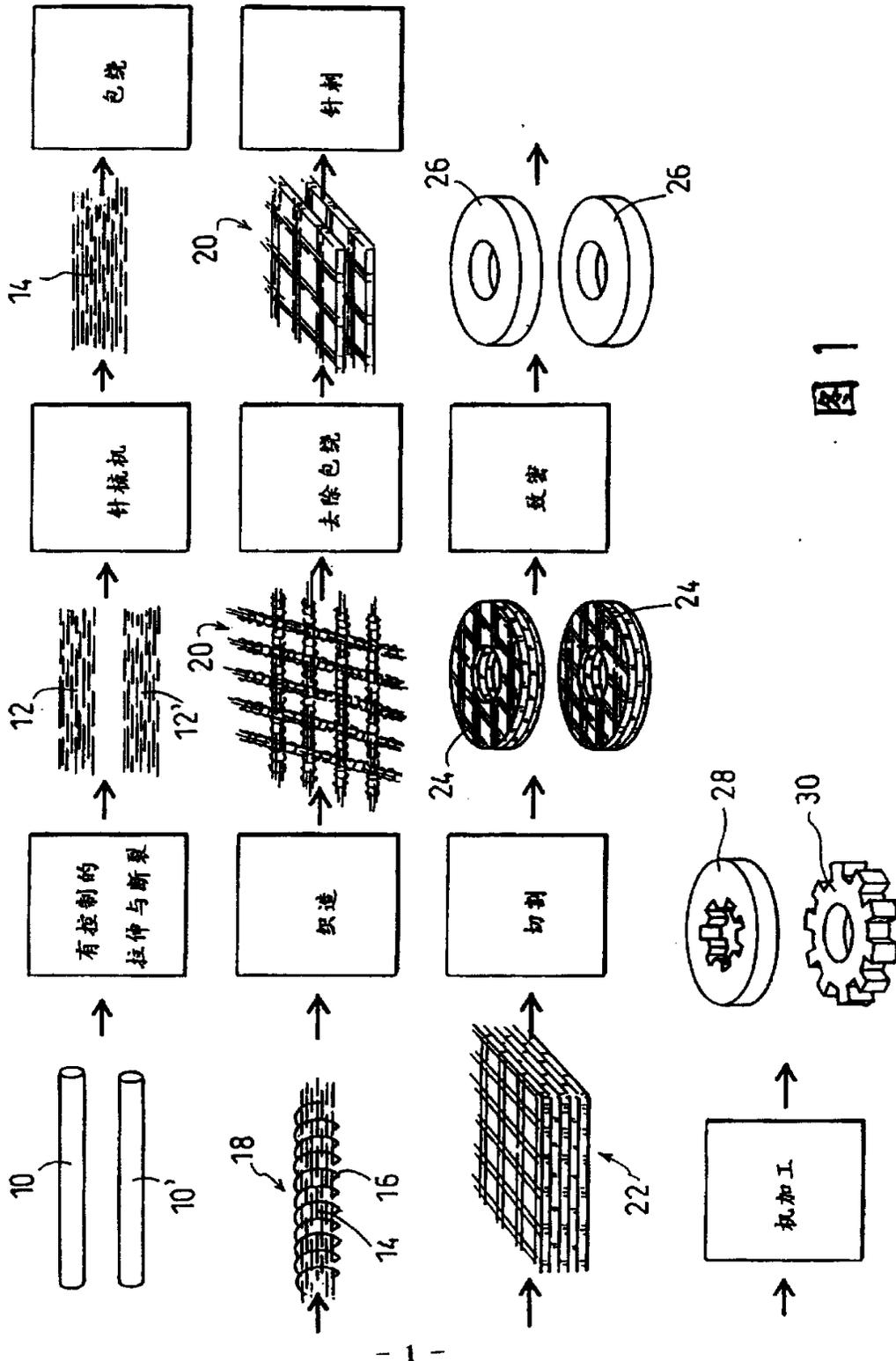


图 1

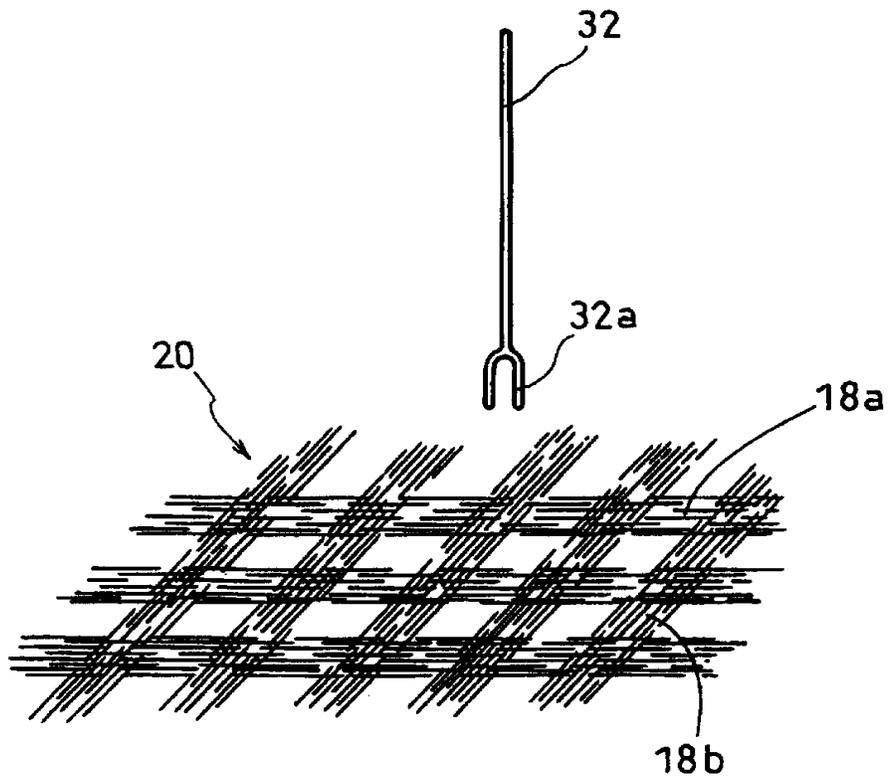


图 2