



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118541241 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 23

(21) 申请号 202280088754.X

(22) 申请日 2022.12.29

(30) 优先权数据

63/266,272 2021.12.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/082597 2022.12.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/130051 EN 2023.07.06

(71) 申请人 圣戈班磨料磨具有限公司

地址 美国马萨诸塞州

申请人 法国圣戈班磨料磨具公司

(72) 发明人 A·玛通 范华 K·麦克尼尔

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

专利代理师 胡秋阳 黄健

(51) Int.Cl.

B24D 11/02 (2006.01)

B24D 3/10 (2006.01)

G09K 3/14 (2006.01)

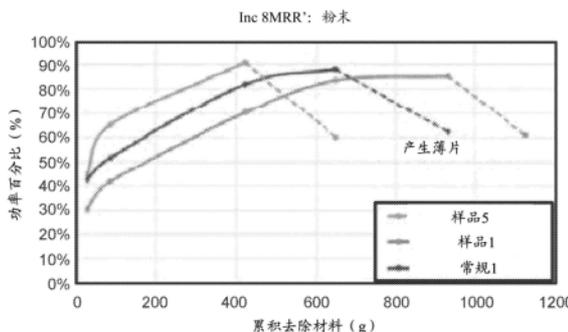
权利要求书2页 说明书35页 附图13页

(54) 发明名称

磨料制品及其形成方法

(57) 摘要

一种磨料制品,该磨料制品包括:背衬;覆盖该背衬的多个成形磨料颗粒;其中该磨料制品还具有:1) 根据Incone1磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;2) 根据Incone1磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或3) :1) 和2) 的组合。



1. 一种磨料制品,所述磨料制品包括:
背衬;
覆盖所述背衬的多个成形磨料颗粒;并且
其中所述磨料制品具有不大于0.28的切屑效率因数。
2. 根据权利要求1所述的磨料制品,其中切屑效率因数为不大于0.27或不大于0.26或不大于0.25或不大于0.24或不大于0.23或不大于0.22或不大于0.21或不大于0.20或不大于0.19或不大于0.18或不大于0.17或不大于0.16或不大于0.15。
3. 根据权利要求1所述的磨料制品,其中切屑效率因数为至少0.001或至少0.005或至少0.01或至少0.02或至少0.03或至少0.05。
4. 根据权利要求1所述的磨料制品,所述磨料制品还具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值。
5. 根据权利要求1所述的磨料制品,所述磨料制品还具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值,或者对于不大于700g的累积材料去除而言不大于24或不大于23或不大于22的最大切屑众数灰度值。
6. 根据权利要求1所述的磨料制品,所述磨料制品还具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言至少10或至少15或至少18的最大切屑众数灰度值,或最大切屑众数灰度值。
7. 根据权利要求4所述的磨料制品,其中根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少550g或至少575g或至少600g或至少650g或至少700g或至少750g或至少800g或至少850g或至少900g或至少950g的累积去除材料,切屑众数灰度值为小于25。
8. 根据权利要求7所述的磨料制品,其中根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于2000g或不大于1600g或不大于1300g的累积去除材料,切屑众数灰度值为小于25。
9. 根据权利要求1所述的磨料制品,其中厚度比(Tg/Ta)为不大于1.45或不大于1.43或不大于1.40或不大于1.38或不大于1.35或不大于1.33或不大于1.30或不大于1.28或不大于1.25或不大于1.23或不大于1.20或不大于1.18或不大于1.15或不大于1.13或不大于1.10或不大于1.08或不大于1.05或不大于1.03。
10. 根据权利要求1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括成形磨料颗粒,所述成形磨料颗粒在主体的长度和宽度的平面中观察时具有3-PT星形二维形状。
11. 根据权利要求1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括具有至少3个外角的主体,其中所述外角的角度总和小于180度。
12. 根据权利要求1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有直立取向的磨料颗粒的直立部分,其中所述直立部分包括所述磨料颗粒的总数中的至少10%。
13. 一种磨料制品,所述磨料制品包括:
背衬;
覆盖所述背衬的多个成形磨料颗粒;并且
其中所述磨料制品还具有:
根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;

根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或

1) 和2) 的组合。

14. 一种磨削方法,所述磨削方法包括:

相对于工件移动经涂覆的磨料制品,所述经涂覆的磨料包括背衬和覆盖所述背衬的多个成形磨料颗粒,其中所述经涂覆的磨料制品还具有:

其中所述磨料制品具有不大于0.28的切屑效率因数;

根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;

根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或

1)、2) 和3) 的任何组合。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述工件包括金属或金属合金。

磨料制品及其形成方法

技术领域

[0001] 以下涉及磨料制品,并且具体涉及经涂覆的磨料制品以及形成经涂覆的磨料制品的方法。

发明内容

[0002] 根据一个方面,一种磨料制品包括:背衬;覆盖该背衬的多个成形磨料颗粒;并且该磨料制品具有不大于0.28的切屑效率因数。

[0003] 在另一方面,一种磨料制品包括:背衬;覆盖该背衬的多个成形磨料颗粒;并且该磨料制品还具有:1)根据Incone1磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;2)根据Incone1磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或3):1)和2)的组合。

[0004] 在再一方面,一种磨削方法包括:相对于工件移动经涂覆的磨料制品,该经涂覆的磨料包括背衬和覆盖背衬的多个成形磨料颗粒,其中该经涂覆的磨料制品还包括:1)不大于0.28的切屑效率因数;2)根据Incone1磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;3)根据Incone1磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或4):1)、2)和3)的任何组合。

附图说明

[0005] 通过参考附图,可更好地理解本公开,并且本公开的许多特征和优点对于本领域技术人员而言变得显而易见。

[0006] 图1包括根据实施方案的磨料制品的截面的横截面图像。

[0007] 图2A包括根据实施方案的经涂覆的磨料制品的一部分的俯视图图示。

[0008] 图2B包括根据实施方案的经涂覆的磨料制品的一部分的俯视图图示。

[0009] 图3包括具有随机取向的磨料颗粒的磨料制品的一部分的示例性图像。

[0010] 图4A包括根据实施方案的背衬上的磨料颗粒的侧视图图示。

[0011] 图4B包括根据实施方案的背衬上的具有倾斜角的颗粒的侧视图图示。

[0012] 图4C包括图4B的颗粒的自上而下图示。

[0013] 图4D包括根据实施方案的背衬上的具有倾斜角的颗粒的侧视图图示。

[0014] 图4E包括图4D的颗粒的自上而下图示。

[0015] 图5A包括根据实施方案的成形磨料颗粒的透视图图示。

[0016] 图5B包括根据实施方案的成形磨料颗粒的自上而下视图图示。

[0017] 图6A包括3-PT星形磨料颗粒的图像。

[0018] 图6B包括图6A的成形磨料颗粒的侧视图的图示。

[0019] 图6C包括3-PT星形磨料颗粒的图像。

[0020] 图7包括根据实施方案的成形磨料颗粒的透视图图示。

[0021] 图8A包括根据实施方案的受控高度磨料颗粒的透视图图示。

- [0022] 图8B包括根据实施方案的非成形颗粒的透视图图示。
- [0023] 图9A包括经涂覆的磨料制品的自上而下视图。
- [0024] 图9B包括被编辑成突出显示磨料细粒的图9A的图像。
- [0025] 图9C包括被进一步编辑成按取向对细粒进行颜色编码的图9B的图像。
- [0026] 图10包括包含有色底胶层的磨料制品的图像。
- [0027] 图11包括各种磨料制品的切屑众数灰度值相对于累积去除材料的图。
- [0028] 图12a和图12b包括各种磨料制品的粉末分数相对于累积去除材料的图。
- [0029] 图13包括具有有色底胶层的磨料制品的图像。

具体实施方式

[0030] 以下涉及形成磨料制品(诸如固定磨料制品,并且更具体地,经涂覆的磨料制品)的方法。这些磨料制品可用于各种工件的各种材料去除操作。

[0031] 图1包括根据实施方案的经涂覆的磨料制品100的图像。如图1所示,经涂覆的磨料制品100可包括背衬101。经涂覆的磨料制品100还可包括覆盖背衬的粘合剂层,诸如底胶105。经涂覆的磨料制品100还可包括多个磨料颗粒102和103。经涂覆的磨料制品还可包括复胶106和顶胶107。底胶105可具有平均厚度 T_a 。底胶105还可包括在磨料颗粒的侧面处的平均厚度 T_g 。在磨料颗粒的侧面处的示例底胶厚度可在图1中以虚线110示出。

[0032] 在实施方案中,底胶可包括可促进改善磨料制品的制造或性能的特定材料。在实施方案中,底胶可包括硅灰石、PF树脂、水或它们的组合。

[0033] 在实施方案中,底胶可具有可促进改善磨料制品的制造或性能的特定粘度。在实施方案中,粘度可为至少3500cps或至少3750cps或至少4000cps或至少4250cps或至少4500cps或至少4750cps或至少5000cps或至少5250cps。在实施方案中,粘度可为不大于7000cps或不大于6750cps或不大于6500cps或不大于6250cps或不大于6000cps或不大于5750。应当理解,底胶粘度可在以上提及的上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少3500cps并且不大于7000cps或至少5000cps并且不大于6000cps。

[0034] 平均底胶厚度可根据以下程序来测量。从中间切割磨料制品,以露出横截面。然后将制品切割成2英寸的片段,并安装在环氧树脂圆盘上。然后对两个2英寸的片段成像,并且使用成像软件通过在层中着色来识别底胶层。图10包括包含有色底胶层的磨料制品的示例图像。使用图像分析来覆盖垂直网格线,并且识别并分离与底胶层重叠的线段。每个线段对应于底胶厚度测量。取所有片段的平均值。每个两英寸的样品片段产生大约150-200个重叠线段,导致每个样品有超过300个测量。

[0035] 直立细粒附近的平均底胶厚度可根据以下程序来测量。平均底胶厚度的相同横截面图像也可用于直立细粒附近的平均底胶厚度。仅考虑显示横截面矩形区域并且短边与底胶接触的直立细粒。例如,在图1中,将考虑细粒102,但不考虑细粒103。附加地,仅考虑分离的细粒。对于直立细粒附近的平均底胶厚度测量,不考虑与另一细粒接触的直立细粒。从接触细粒侧面的底胶的最高点向下到细粒两侧上接触背衬的底胶的最低点进行测量。使测量线垂直于背衬平面。

[0036] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定平均厚度的底胶。在实施方案中,底胶的平均厚度 T_a 可为至少50微米或至少60微米

或至少70微米或至少80微米或至少90微米或至少100微米或至少110微米或至少120微米或至少130微米或至少140微米或至少150微米或至少160微米。在另一实施方案中,底胶的平均厚度Ta可为不大于1mm或不大于800微米或不大于700微米或不大于600微米或不大于500微米或不大于400微米或不大于300微米或不大于275微米或不大于250微米或不大于225微米或不大于200微米。应当理解,Ta可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少50微米并且不大于800微米或至少80微米并且不大于300微米。

[0037] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的在磨料颗粒的侧面处的特定平均厚度Tg的底胶。在实施方案中,Tg可为至少50微米或至少60微米或至少70微米或至少80微米或至少90微米或至少100微米或至少110微米或至少120微米或至少130微米或至少140微米或至少150微米。在另一实施方案中,Tg可为不大于1mm或不大于800微米或不大于700微米或不大于600微米或不大于500微米或不大于400微米或不大于300微米。应当理解,Tg可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少50微米并且不大于800微米或至少80微米并且不大于300微米。

[0038] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的在磨料颗粒的侧面处的特定厚度标准偏差STDT的底胶。在实施方案中,STDT可为至少1微米或至少2微米或至少3微米或至少4微米或至少5微米或至少7微米或至少10微米或至少12微米或至少15微米或至少18微米或至少20微米或至少22微米或至少25微米或至少28微米或至少30微米。在另一实施方案中,STDT可为不大于100微米或不大于90微米或不大于85微米或不大于80微米或不大于75微米或不大于70微米或不大于65微米或不大于60微米或不大于55微米或不大于50微米或不大于45微米或不大于40微米或不大于35微米或不大于30微米或不大于25微米或不大于20微米或不大于15微米或不大于10微米。应当理解,STDT可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少5微米并且不大于100微米或至少10微米并且不大于45微米。

[0039] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的在磨料颗粒的侧面处的特定厚度标准偏差STDTg的底胶。在实施方案中,STDTg可为至少1微米或至少5微米或至少10微米或至少15微米或至少20微米或至少25微米或至少30微米。在另一实施方案中,STDTg可为不大于100微米或不大于90微米或不大于85微米或不大于80微米或不大于75微米或不大于70微米或不大于65微米或不大于60微米或不大于55微米或不大于50微米或不大于45微米或不大于40微米或不大于35微米或不大于30微米。应当理解,STDTg可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少5微米并且不大于100微米或至少10微米并且不大于45微米。

[0040] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定厚度比Tg/Ta的底胶。在实施方案中,Tg/Ta可为不大于1.45或不大于1.43或不大于1.40或不大于1.38或不大于1.35或不大于1.33或不大于1.30或不大于1.28或不大于1.25或不大于1.23或不大于1.20或不大于1.18或不大于1.15或不大于1.13或不大于1.10或不大于1.08或不大于1.05或不大于1.03。在另一实施方案中,Tg/Ta可为至少0.70或至少0.80或至少0.90或至少0.98或至少1.00或至少1.03或至少1.05或至少1.08。应当理解,Tg/Ta可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少0.8并且不大于1.45或至少0.98并且不大于1.20。

[0041] 图2A包括根据实施方案的经涂覆的磨料制品200的一部分的图示。如图2所示,经涂覆的磨料制品200可包括具有纵向轴线280和横向轴线281的背衬201。磨料制品200可包括:背衬201,该背衬具有主表面;和磨料层,该磨料层形成覆盖背衬的主表面的磨料表面。磨料层可形成粘附到背衬的主表面的单个磨料颗粒202和203层。图2B还包括具有磨料颗粒202和203的经涂覆的磨料的一部分的图示。

[0042] 在实施方案中,磨料颗粒可相对于彼此具有随机旋转取向。通过从给定磨料制品的随机采样区域创建测量取向的柱状图或分布来评估旋转取向的随机性。用于测量基底上的颗粒的旋转取向的过程开始于获得颗粒上不包括覆盖层的经涂覆的磨料样品,或者清洁经涂覆的磨料样品以暴露颗粒,使得颗粒清晰可见。如果经涂覆的磨料制品包括覆盖颗粒的层(例如,复胶、顶胶等),则可进行温和的喷砂操作以选择性地去除覆盖层并暴露出下面的磨料颗粒。在喷砂操作期间应当小心以确保颗粒不被损坏或移动。选择性去除操作可分阶段进行,以确保仅去除覆盖层而不损坏或改变下面的颗粒。

[0043] 在获得颗粒暴露的样品后,使用合适的装置,诸如分辨率为338像素/cm的Cannon Powershot S110相机,对样品的至少两个随机选择的区域成像。根据这些图像,使用MATLAB图像分析软件对每个颗粒相对于样品边缘的位置和取向进行分类。颗粒的取向是基于自上而下相对于经涂覆的磨料的边缘观察时磨料颗粒的主轴线的角度。应当使用相同的轴线来评估所有样品图像。每个颗粒的取向由-90度与+90度之间的取向角限定。然后将取向角绘制在取向角(x轴)对频率(y轴)的图中,以创建取向角的柱状图。如果柱状图具有基本上平坦的轮廓,使得任何给定取向角的频率几乎与任何其他取向角的频率相同,则柱状图表明颗粒大致不具有主要取向模式,因此,颗粒具有随机取向。图3包括具有随机取向的磨料颗粒的磨料制品的一部分的示例性图像。

[0044] 应当注意,虽然本文的某些实施方案可具有以随机取向布置的颗粒,但其他实施方案可包括以非随机或受控分布布置的颗粒。

[0045] 根据一个实施方案,磨料颗粒202可在第一位置覆盖背衬201,该第一位置具有相对于横向轴线281的第一旋转取向,该横向轴线限定背衬201的宽度并且垂直于纵向轴线280。具体地,磨料颗粒202可具有由平行于横向轴线281的横向轴线284与磨料颗粒202的尺寸之间的第一旋转角限定的预定旋转取向。值得注意的是,本文中提及的尺寸可指自上而下观察时延伸穿过磨料颗粒202的中心点221的磨料颗粒202的平分轴线231。此外,预定旋转取向可被定义为与延伸穿过中心点221的横向轴线284的最小角度241。如图2A所示,磨料颗粒202可具有预定旋转角,该旋转角被定义为在平分轴线231与横向轴线281之间的最小角度241,其中该横向轴线平行于横向轴线284。应当理解,横向轴线281也可以是径向轴线,其中背衬201具有圆形或椭圆形形状。根据实施方案,限定磨料颗粒202相对于横向轴线284的旋转取向的角度241可以是在至少0度与不大于90度之间的范围内的任何值。

[0046] 如图2A进一步所示,磨料颗粒203可位于覆盖背衬201并具有预定旋转取向的第二位置处。值得注意的是,磨料颗粒203的预定旋转取向可表征为平行于背衬的横向轴线281的横向轴线285与延伸穿过磨料颗粒203的中心点222的磨料颗粒203的平分轴线232之间的最小角度。根据实施方案,旋转角208可以是在至少0度至90度的范围内的任何值。

[0047] 根据实施方案,磨料颗粒202可具有由旋转角241限定的预定旋转取向,该预定旋转取向不同于由旋转角208限定的磨料颗粒203的预定旋转取向。具体地,磨料颗粒202的旋

转角241与磨料颗粒203的旋转角208之间的差可限定预定旋转取向差。在具体情况下,预定旋转取向差可为在至少0度并且不大于90度的范围内的任何值。

[0048] 图2B包括根据实施方案的经涂覆的磨料制品的一部分的俯视图图示。如图所示,磨料制品200可包括布置在背衬201上的不同位置处的多个磨料颗粒,其中磨料颗粒253限定颗粒在背衬上的随机分布。此外,磨料颗粒253相对于彼此具有随机旋转取向,使得磨料颗粒253的旋转取向以随机方式逐粒变化。根据一个方面,磨料颗粒的随机旋转取向使得一组中的一个磨料颗粒的旋转角不能用于预测任何紧邻颗粒的旋转取向。因此,具有随机旋转取向的一组磨料颗粒不具有关于它们的旋转角的任何短程(即,紧邻)或长程有序。应当理解,使用本文实施方案的系统 and 过程附着到背衬的任何颗粒可相对于彼此具有随机旋转取向。

[0049] 本文实施方案的经涂覆的磨料制品的磨料颗粒的总含量(重量或数量)的至少大部分可在背衬上具有随机旋转取向。在再其他情况下,成形磨料颗粒的总数中的至少10%或至少20%或至少30%或至少40%或至少50%或至少60%或至少70%或至少80%或至少90%或者基本上所有成形磨料颗粒具有随机旋转取向。在一个实施方案中,背衬上的所有磨料颗粒具有随机旋转取向。

[0050] 图4A包括根据实施方案的背衬上的磨料颗粒的侧视图图示。本文实施方案中所公开的方法可促进形成具有特定磨料颗粒分布和取向的经涂覆的磨料制品。值得注意的是,不希望束缚于特定理论,注意到本文所公开的过程的投射速率和效率可促进改善对粘附到背衬的磨料颗粒的倾斜角的控制。为了更好地理解这些特征,图4A提供了不同取向的三个磨料颗粒的侧视图图示。应当理解,如本文更详细地描述的,本文实施方案的经涂覆的磨料制品可具有各种含量的处于所描绘的取向的颗粒。第一颗粒402可具有相对于背衬401的表面以特定倾斜角404延伸的颗粒轴线403。颗粒轴线403可平行于第一颗粒402的纵向轴线,该纵向轴线限定第一颗粒402的长度。第一颗粒402代表具有在大于65度至90度的范围内的倾斜角404的直立取向的颗粒。第二颗粒411可具有相对于背衬401的表面以特定倾斜角413延伸的颗粒轴线412。颗粒轴线412可平行于第二颗粒411的纵向轴线,该纵向轴线限定第二颗粒411的长度。第二颗粒411代表具有在大于5度至65度的范围内的倾斜角413的倾斜取向的颗粒。第三颗粒421可具有相对于背衬401的表面以特定倾斜角423延伸的颗粒轴线422。颗粒轴线422可平行于第三颗粒421的纵向轴线,该纵向轴线限定第三颗粒421的长度。第三颗粒421代表具有在0度至不大于5度(即,不大于5度)的范围内的倾斜角423的平坦取向的颗粒。图4B包括根据实施方案的背衬上的具有特定倾斜角的颗粒的侧视图图示。如图所示,颗粒431可以是如本文实施方案所述的成形磨料颗粒。颗粒431可具有如本申请中稍后所定义的纵向轴线436。背衬433可限定基本上平面的表面,并且具有垂直于背衬433的基本上平面的表面延伸的轴线434。倾斜角435是背衬433的平面表面与平行于颗粒431的纵向轴线436延伸的轴线432之间的最小角度。某些颗粒可具有沿各种表面的纵向轴线,这可导致不同的倾斜角。在此类情况下,限定最大角度的轴线是倾斜角。

[0051] 图4C包括图4B的颗粒的自上而下图示。在某些情况下,自上而下视图可提供用于识别倾斜方向的适当有利位置,并且因此可适用于测量倾斜角。

[0052] 图4D包括根据实施方案的背衬上的具有特定倾斜角的颗粒的侧视图图示。如图所示,颗粒441可具有如本申请中稍后所定义的纵向轴线446。颗粒441可为磨料颗粒,并且更

具体地,可为非成形磨料颗粒。背衬443可限定基本上平面的表面,并且具有垂直于背衬443的基本上平面的表面延伸的轴线444。倾斜角445可以是平行于纵向轴线446延伸的轴线442与背衬443的表面之间的最小角度。应当理解,某些颗粒(诸如等轴颗粒)将不具有倾斜角。

[0053] 图4E包括图4D的颗粒的自上而下图示。自上而下视图可用于评估颗粒的倾斜角。如图所描绘的,自上而下视图可能是用于评估倾斜角的最佳视图,因为侧视图可能不一定确保识别出最小角度。自上而下图示和侧视图图示的组合可适用于识别和评估倾斜角445。

[0054] 在一个方面,经涂覆的磨料制品可包括多个磨料颗粒,其中磨料颗粒的倾斜角是受控的,这可促进改善经涂覆的磨料的性能。例如,成形磨料颗粒的至少一部分具有大于45度的倾斜角。在另外的方面,包括成形磨料颗粒的总数中的至少10%或至少20%或至少30%或至少40%或至少50%或至少60%或至少70%或至少80%或至少90%的一部分或者基本上所有成形磨料颗粒具有大于45度的倾斜角。

[0055] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定百分比的直立颗粒。直立颗粒可被定义为具有65度至90度的倾斜角的颗粒。在实施方案中,直立磨料颗粒可包括磨料颗粒的总数中的至少10%,或磨料颗粒的总数中的至少20%或至少30%或至少40%或至少50%或至少55%或至少57%或至少60%或至少62%或至少65%或至少67%或至少70%或至少72%或至少75%或至少77%或至少80%或至少82%或至少85%或至少87%或至少90%。在另一实施方案中,直立磨料颗粒可包括磨料颗粒的总数中的不大于99.9%,或磨料颗粒的总数中的不大于99%或不大于98%或不大于97%或不大于96%或不大于95%。应当理解,直立颗粒的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少20%并且不大于99%或至少50%并且不大于95%。

[0056] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定百分比的倾斜颗粒。倾斜颗粒可被定义为具有5度至65度的倾斜角的颗粒。在实施方案中,倾斜磨料颗粒可包括磨料颗粒的总数中的至少1%,或磨料颗粒的总数中的至少2%或至少3%或至少4%或至少5%或至少6%或至少7%或至少8%或至少9%或至少10%或至少11%或至少12%或至少13%或至少14%或至少15%或至少16%或至少17%或至少18%或至少20%或至少25%。在另一实施方案中,倾斜磨料颗粒可包括磨料颗粒的总数中的不大于90%,或磨料颗粒的总数中的不大于85%或不大于80%或不大于75%或不大于70%或不大于65%或不大于60%或不大于55%或不大于50%或不大于45%或不大于40%或不大于35%或不大于30%或不大于25%或不大于20%或不大于18%或不大于15%或不大于12%或不大于10%。应当理解,倾斜颗粒的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少5%并且不大于80%或至少15%并且不大于35%。

[0057] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定百分比的良好取向的颗粒。良好取向的颗粒可被定义为具有5度至90度的倾斜角的颗粒,并且包括倾斜颗粒和直立颗粒。在实施方案中,良好取向的磨料颗粒可包括磨料颗粒的总数中的至少60%,或磨料颗粒的总数中的至少62%或至少65%或至少67%或至少70%或至少72%或至少75%或至少77%或至少80%或至少82%或至少85%或至少87%或至少90%或至少92%或至少95%。在另一实施方案中,良好取向的磨料颗粒可为磨料颗粒的总数中的不大于99.9%或不大于99%或不大于98%或不大于97%或不大于96%或不大于

95%。应当理解,良好取向的颗粒的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少5%并且不大于80%或至少15%并且不大于35%。

[0058] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定百分比的下落颗粒。下落颗粒可被定义为具有0度至5度的倾斜角的颗粒。在实施方案中,下落磨料颗粒包括磨料颗粒的总数中的至少0.1%,或磨料颗粒的总数中的至少0.2%或至少0.4%或至少0.6%或至少0.8%或至少1%或至少1.5%或至少2%或至少2.5%或至少3%或至少3.5%或至少4%或至少4.5%或至少5%。在另一实施方案中,下落磨料颗粒可包括磨料颗粒的总数中的不大于20%,或磨料颗粒的总数中的不大于18%或不大于15%或不大于12%或不大于10%或不大于9%或不大于8%或不大于7%或不大于6%或不大于5%。应当理解,下落颗粒的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少0.2%并且不大于15%或至少1%并且不大于9%。

[0059] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定百分比的反转颗粒。反转颗粒可被定义为具有5度至90度的倾斜角以及延伸到底胶中的尖端、拐角或点以及与磨料颗粒的另一端上的尖端相对的一个或多个平面表面(诸如基部)的颗粒。仅在其纵向轴线的一端具有尖端并且在纵向轴线的相对端具有至少一个平面表面的颗粒可反转。可处于反转取向的示例性颗粒形状包括三角形、3-PT星形、五边形和金字塔形。在其纵向轴线的两端具有平面表面的颗粒(例如,棒或圆柱、矩形棱柱)和在其纵向轴线的两端具有点的颗粒(例如,牙签形、菱形、4-PT星形)不能处于反转取向。反转颗粒不是直立的、倾斜的、下落的或良好取向的。在实施方案中,反转磨料颗粒占磨料颗粒的总数中的至少0.1%,或磨料颗粒的总数中的至少0.2%或至少0.4%或至少0.6%或至少0.8%或至少1%或至少1.5%或至少2%或至少2.5%或至少3%或至少3.5%或至少4%或至少4.5%或至少5%。在另一实施方案中,反转磨料颗粒可包括磨料颗粒的总数中的不大于20%,或磨料颗粒的总数中的不大于18%或不大于15%或不大于12%或不大于10%或不大于9%或不大于8%或不大于7%或不大于6%或不大于5%。应当理解,反转颗粒的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少0.2%并且不大于15%或至少1%并且不大于9%。

[0060] 在实施方案中,经涂覆的磨料颗粒可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的直立颗粒(Pst)与倾斜颗粒(Ps1)的特定比率(Pst/Ps1)。在实施方案中,Pst/Ps1可为至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少5.4或至少5.6。在另一实施方案中,Pst/Ps1可为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10。应当理解,Pst/Ps1可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少1.2并且不大于95或至少2.0并且不大于40。

[0061] 在实施方案中,经涂覆的磨料颗粒可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的直立颗粒(Pst)与下落颗粒(Pf)的特定比率(Pst/Pf)。在实施方案中,Pst/Pf可为至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少

5.4或至少5.6或至少5.8或至少6.0或至少6.2或至少6.4或至少6.6或至少6.8或至少7.0或至少7.2或至少7.4或至少7.6或至少7.8或至少8.0。在另一实施方案中,Pst/Pf可为不大于1000或不大于800或不大于500或不大于200或不大于100或不大于95。应当理解,Pst/Pf可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少2.0并且不大于500或至少2.6并且不大于95。

[0062] 在实施方案中,经涂覆的磨料颗粒可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的倾斜颗粒(Ps1)与下落颗粒(Pf)的特定比率(Ps1/Pf)。在实施方案中,Ps1/Pf可为至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少5.4或至少5.6。在另一实施方案中,Ps1/Pf可为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6。应当理解,Ps1/Pf可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少2.0并且不大于95或至少2.6并且不大于70。

[0063] 在实施方案中,经涂覆的磨料颗粒可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的直立颗粒(Pst)与反转颗粒(Pi)的特定比率(Pst/Pi)。在实施方案中,Pst/Pi可为至少1或至少2.0或至少3.0或至少4.0或至少5.0或至少6或至少7或至少8或至少9或至少10或至少12或至少15或至少18或至少20或至少25或至少30或至少40或至少50。在另一实施方案中,Pst/Pi可为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6。应当理解,Pst/Pi可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少2.0并且不大于80或至少6并且不大于20。

[0064] 在实施方案中,经涂覆的磨料颗粒可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的倾斜颗粒(Ps1)与反转颗粒(Pi)的特定比率(Ps1/Pi)。在实施方案中,Ps1/Pi可为至少0.6或至少0.7或至少0.8或至少0.9或至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少5.4或至少5.6。在另一实施方案中,Ps1/Pi可为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6或不大于4或不大于3或不大于2或不大于1.5。应当理解,Ps1/Pi可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少2.0并且不大于95或至少2.6并且不大于70。

[0065] 在实施方案中,经涂覆的磨料颗粒可具有可促进改善磨料制品的性能和/或制造的下落颗粒(Pf)与反转颗粒(Pi)的特定比率(Pf/Pi)。在实施方案中,Pf/Pi可为至少0.6或至少0.7或至少0.8或至少0.9或至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0。在另一实施方案中,Pf/Pi可为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6或不大于4或不大于

3或不大于2或不大于1.5。应当理解, P_f/P_i 可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少2.0并且不大于95或至少2.6并且不大于70。

[0066] 本文实施方案已经提及颗粒,这些颗粒可包括磨料颗粒、次级颗粒或它们的任何组合。各种类型的磨料颗粒和/或次级颗粒可用于本文实施方案中所述的磨料制品。图5A包括根据实施方案的成形磨料颗粒的透视图图示。成形磨料颗粒500可包括主体501,该主体包括主表面502、主表面503,以及在主表面502与主表面503之间延伸的侧表面504。如图5A所示,成形磨料颗粒500的主体501可为薄成形主体,其中主表面502和主表面503大于侧表面504。此外,主体501可包括从一点延伸到基部并且穿过主表面502或主表面503上的中点550的纵向轴线510。纵向轴线510可限定主体沿主表面并且穿过主表面502的中点550的最长尺寸。

[0067] 在某些颗粒中,如果主体的主表面的中点不明显,则可以自上而下地观察主表面,围绕主表面的二维形状绘制最接近的圆,并且使用圆的中心作为主表面的中点。图5B包括图5A的成形磨料颗粒的自上而下图示。值得注意的是,主体501包括具有三角形二维形状的主表面502。围绕三角形绘制圆560以便于将中点550定位在主表面502上。

[0068] 再次参考图5A,主体501还可包括限定主体501的宽度的横向轴线511,该横向轴线在相同的主表面502上大致垂直于纵向轴线510延伸。最后,如图所示,主体501可包括垂直轴线512,该垂直轴线在薄成形主体的情况下可限定主体501的高度(或厚度)。对于薄成形主体,纵向轴线510的长度大于垂直轴线512的长度。如图所示,厚度512可沿侧表面504在主表面502与主表面503之间延伸,并且垂直于由纵向轴线510和横向轴线511限定的平面。应当理解,本文中提及的磨料颗粒的长度、宽度和高度可指从较大组(包括例如固定到固定磨料的一组磨料颗粒)的合适的采样大小的磨料颗粒获得的平均值。

[0069] 图5A包括具有如由上主表面502或主表面503的平面限定的二维形状的成形磨料颗粒的图示,该成形磨料颗粒具有大致三角形的二维形状。应当理解,本文的实施方案的成形磨料颗粒不限于此,并且可包括其他二维形状。例如,本文的实施方案的成形磨料颗粒可包括具有二维形状的主体的颗粒,该二维形状由来自包括以下形状的形状组的主体主表面限定:多边形、规则多边形、不规则多边形、包括弧形或弯曲边或边的一部分的不规则多边形、椭球体、数字、希腊字母字符、拉丁字母字符、俄语字母字符、日本汉字字符、具有多边形形状的组合的复杂形状、包括中心区域和从中心区域延伸的多个臂(例如,至少三个臂)的形状(例如,星形),以及它们的组合。特定的多边形形状包括矩形、梯形、四边形、五边形、六边形、七边形、八边形、九边形、十边形,以及它们的任何组合。在另一种情况下,最终形成的成形磨料颗粒可具有二维形状的主体,该二维形状为诸如不规则四边形、不规则矩形、不规则梯形、不规则五边形、不规则六边形、不规则七边形、不规则八边形、不规则九边形、不规则十边形,以及它们的组合。不规则多边形形状是其中限定多边形形状的边中的至少一个边相对于另一个边在尺寸(例如,长度)上不同的形状。如本文的其他实施方案中所示,某些成形磨料颗粒的二维形状可具有特定数量的外部点或外部拐角。例如,当在由长度和宽度限定的平面中查看时,成形磨料颗粒的主体可具有二维多边形形状,其中主体包括具有至少4个外部点的二维形状(例如,四边形),具有至少5个外部点的二维形状(例如,五边形)、具有至少6个外部点的二维形状(例如,六边形)、具有至少7个外部点的二维形状(例如,七边形),具有至少8个外部点的二维形状(例如,八边形)、具有至少9个外部点的二维形

状(例如,九边形)等。

[0070] 图7包括根据另一实施方案的成形磨料颗粒的透视图图示。值得注意的是,成形磨料颗粒700可包括主体701,该主体包括表面702和表面703,这些表面可被称为端面702和端面703。主体还可包括在端面702与端面703之间延伸并且耦接到端面702和端面703的主表面704、705、706、707。图7的成形磨料颗粒为具有纵向轴线710的细长成形磨料颗粒,该纵向轴线沿主表面705延伸并且穿过端面702与端面703之间的中点740。对于具有可识别的二维形状的颗粒,诸如图5和图7的成形磨料颗粒,纵向轴线是将容易理解的限定穿过主表面上的中点的主体长度的尺寸。例如,在图7中,成形磨料颗粒700的纵向轴线710平行于限定如图所示的主表面的边缘在端面702与端面703之间延伸。这样的纵向轴线与杆的长度将被限定的方式一致。值得注意的是,纵向轴线710并不在连接端面702和端面703的拐角与限定主表面705的边缘之间对角地延伸,尽管这样的线条可限定最大长度的尺寸。就主表面具有起伏或与完美平面表面相比的微小缺陷而言,可以使用忽略起伏的自上而下的二维图像来确定纵向轴线。

[0071] 应当理解,表面705被选择用于示出纵向轴线710,因为主体701具有如由端面702和端面703限定的大致正方形的横截面轮廓。因此,表面704、705、706和707可相对于彼此具有大约相同的大小。然而,在其他细长磨料颗粒的情况下,表面702和表面703可具有不同的形状,例如矩形形状,并且因此,表面704、705、706和707中的至少一者可相对于其他表面更大。在此类情况下,最大表面可限定主表面,并且纵向轴线将沿这些表面中的最大表面延伸穿过中点740并且可平行于限定主表面的边缘延伸。如图进一步所示,主体701可包括在由表面705限定的相同平面内垂直于纵向轴线710延伸的横向轴线711。如图进一步所示,主体701还可包括限定磨料颗粒高度的竖直轴线712,其中竖直轴线712在垂直于由表面705的纵向轴线710和横向轴线711限定的平面的方向上延伸。

[0072] 应当理解,类似于图5的薄成形磨料颗粒,图7的细长成形磨料颗粒可具有各种二维形状,诸如关于图5的成形磨料颗粒所限定的那些形状。主体701的二维形状可由端面702和端面703的周边的形状限定。细长成形磨料颗粒700可具有本文实施方案的成形磨料颗粒的任何属性。

[0073] 图8A包括根据实施方案的受控高度磨料颗粒(CHAP)的透视图图示。如图所示,CHAP 800可包括主体801,该主体包括第一主表面802、第二主表面803,以及在第一主表面802与第二主表面803之间延伸的侧表面804。如图8A所示,主体801可具有薄的、相对平面的形状,其中第一主表面802和第二主表面803大于侧表面804并且基本上彼此平行。此外,主体801可包括延伸穿过中点820并且限定主体801的长度的纵向轴线810。主体801还可包括第一主表面802上的横向轴线811,该横向轴线延伸穿过第一主表面802的中点820,垂直于纵向轴线810,并且限定主体801的宽度。

[0074] 主体801还可包括竖直轴线812,该竖直轴线可限定主体801的高度(或厚度)。如图所示,竖直轴线812可沿侧表面804在第一主表面802与第二主表面803之间沿大致垂直于由第一主表面上的轴线810和轴线811限定的平面的方向延伸。对于薄成形主体,诸如图8A所示的CHAP,长度可等于或大于宽度,并且长度可大于高度。应当理解,本文中提及的磨料颗粒的长度、宽度和高度可以指从一批磨料颗粒的合适的采样大小的磨料颗粒获得的平均值。

[0075] 与图5A、图5B和图7的成形磨料颗粒不同,图8A的CHAP不具有基于第一主表面802或第二主表面803的周边的容易识别的二维形状。此类磨料颗粒可以多种方式形成,包括但不限于使材料的薄层破裂以形成具有受控高度但具有不规则形成的平面的主表面的磨料颗粒。对于此类颗粒,纵向轴线被定义为在主表面上延伸穿过表面上的中点的最长尺寸。在主表面具有起伏的情况下,可以使用忽略起伏的自上而下的二维图像来确定纵向轴线。此外,如上文在图5B中所述,可使用最接近的拟合圆来识别主表面的中点以及识别纵向轴线和横向轴线。

[0076] 图8B包括非成形颗粒的图示,该非成形颗粒可以是细长的、非成形磨料颗粒或次级颗粒,诸如稀释细粒、填料、附聚物等。成形磨料颗粒可通过特定过程形成,包括模制、打印、浇铸、挤出等。成形磨料颗粒可被形成为使得每个颗粒具有相对于彼此的基本上相同的表面和边缘的布置。例如,一组成形磨料颗粒通常具有相同的布置和取向和/或相对于彼此的表面和边缘的二维形状。因此,成形磨料颗粒在相对于彼此的表面和边缘的布置方面具有相对较高的形状保真度和一致性。此外,恒定高度磨料颗粒(CHAP)也可通过特定过程形成,特定过程促进形成薄成形主体,这些薄成形主体在自上而下观察主表面时可具有不规则的二维形状。CHAP可具有比成形磨料颗粒更小的形状保真度,但可具有由侧表面分开的基本上平面并且平行的主表面。

[0077] 相比之下,与成形磨料颗粒和CHAP相比,非成形颗粒可通过不同的过程形成,并且具有不同的形状属性。例如,非成形颗粒通常通过粉碎过程形成,其中形成材料块,然后将其压碎并且筛分以获得特定大小的磨料颗粒。然而,非成形颗粒将具有大致随机的表面和边缘的布置,并且在表面和边缘的布置中将通常缺乏任何可识别的二维或三维形状。此外,非成形颗粒不一定具有彼此一致的形状,因此与成形磨料颗粒或CHAP相比具有明显较低的形状保真度。非成形颗粒通常由每个颗粒相对于其他非成形颗粒的表面和边缘的随机布置限定

[0078] 图8B包括非成形颗粒的透视图图示。非成形颗粒850可具有主体851,该主体包括沿主体851的外表面延伸的边缘855的大致随机的布置。主体还可包括限定颗粒的最长尺寸的纵向轴线852。当在二维中观察时,纵向轴线852限定了主体的最长尺寸。因此,与在主表面上测量纵向轴线的成形磨料颗粒和CHAP不同,当使用提供颗粒最长尺寸的视图的图像或有利位置以二维方式观察颗粒时,非成形颗粒的纵向轴线由主体上彼此最远的点限定。即,诸如图8B所示的细长颗粒但非成形颗粒应当以使得最长尺寸明显的视角来观察,以正确地评估纵向轴线。主体851还可包括垂直于纵向轴线852延伸并且限定颗粒宽度的横向轴线853。横向轴线853可在用于识别纵向轴线852的相同的平面中垂直于纵向轴线852延伸穿过纵向轴线的中点856。磨料颗粒可具有由竖直线854限定的高度(或厚度)。竖直线854可延伸穿过中点856,但方向垂直于用于限定纵向轴线852和横向轴线853的平面。为了评估高度,可能必须改变磨料颗粒的视角以从与用于评估长度和宽度的有利位置不同的有利位置观察颗粒。

[0079] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品的多个磨料颗粒102和103可包括成形磨料颗粒。在实施方案中,成形磨料颗粒可为3-PT星形磨料颗粒。磨料颗粒可具有长度(l)、宽度(w)和厚度(t),其中宽度 \geq 厚度并且长度 \geq 厚度。颗粒可具有基于主体的长度:宽度的主要纵横比。颗粒可具有基于主体的长度:厚度的次级纵横比。颗粒还可具有基于主体的宽度:厚

度的三级纵横比。颗粒102和颗粒103可以是主要纵横比大于1.1:1的细长磨料颗粒。

[0080] 在实施方案中,多个成形磨料颗粒可包括在主体的长度和宽度的平面中观察时具有3-PT星形二维形状的多个成形磨料颗粒。主体可包括至少3个外角和至少4个侧表面区段或至少5个侧表面区段或至少6个侧表面区段。在实施方案中,多个成形磨料颗粒可包括具有至少3个外角的主体,其中外角的角度之和小于180度。在实施方案中,多个成形磨料颗粒可包括具有至少3个外角的主体,其中外角中的每一个外角限定小于60度或小于59度或小于58度或小于57度或小于56度或小于55度的角度。在实施方案中,多个成形磨料颗粒可包括具有至少3个外角和至少3个内角的主体,其中内角中的每一个内角的内角角度值大于至少3个外角中的任一个外角的外角值中的任一个外角值。

[0081] 可使用“橡皮筋测试”来识别外角。如果橡皮筋围绕磨料颗粒的主体拉伸,则接触橡皮筋并导致橡皮筋偏转的拐角将是外角。

[0082] 本文实施方案的三尖星形磨料颗粒是特定类型的成形磨料颗粒。成形磨料颗粒可通过特定过程形成,包括模制、打印、浇铸、挤出等。成形磨料颗粒可被形成使得每个颗粒具有相对于彼此的基本上相同的表面和边缘的布置。例如,一组成形磨料颗粒通常具有相同的布置和取向和/或相对于彼此的表面和边缘的二维形状。因此,成形磨料颗粒在相对于彼此的表面和边缘的布置方面具有相对较高的形状保真度和一致性。此外,恒定高度磨料颗粒(CHAP)也可通过特定过程形成,特定过程促进形成薄成形主体,这些薄成形主体在自上而下观察主表面时可具有不规则的二维形状。CHAP可具有比成形磨料颗粒更小的形状保真度,但可具有由侧表面分开的基本上平面且平行的主表面。

[0083] 相比之下,与成形磨料颗粒和CHAP相比,非成形颗粒可通过不同的过程形成,并且具有不同的形状属性。例如,非成形颗粒通常通过粉碎过程形成,其中形成材料块,然后将其压碎并且筛分以获得特定大小的磨料颗粒。然而,非成形颗粒将具有大致随机的表面和边缘的布置,并且在表面和边缘的布置中将通常缺乏任何可识别的二维或三维形状。此外,非成形颗粒不一定具有彼此一致的形状,因此与成形磨料颗粒或CHAP相比具有明显较低的形状保真度。非成形颗粒通常由每个颗粒相对于其他非成形颗粒的表面和边缘的随机布置限定。

[0084] 图6A包括根据特定实施方案的3-PT星形磨料颗粒的俯视图图像。如图所示,当在两个尺寸上观察时,成形磨料颗粒600可限定星形主体。具体地,成形磨料颗粒600可包括主体601,该主体具有中心部分602和从中心部分602延伸的第一臂603、第二臂604和第三臂605。主体601可具有长度(l)和宽度(w),长度(l)被测量为沿颗粒的侧面的最长尺寸,宽度(w)被测量为通过主体601的中点690的侧面的中点653到第一臂603的第一尖端606之间的颗粒的最长尺寸。宽度可在垂直于长度尺寸的方向上延伸。主体601可具有厚度(t),该厚度在垂直于主体601的上表面或第一主表面610的方向上延伸,从而在上表面或第一主表面610与基部表面611之间限定第三侧表面656,如图6B所示,该图是图6A的颗粒的图像的侧视图图示。

[0085] 成形磨料颗粒600可具有由从中心部分602延伸的第一臂603、第二臂604和第三臂605限定的3-PT星形形式的主体601。根据一个特定实施方案,臂中的至少一个臂(包括例如第一臂603)可具有小于中心部分宽度612的中点宽度613。中心部分602可被定义为分别在第一侧表面654的中点651、第二侧表面655的中点652和第三侧表面656的中点653之间的区

域。第一臂603的中心部分宽度612可以是中点651与中点652之间的尺寸的宽度。中点宽度613可以是沿第一轴线660在中心部分宽度612的线与第一臂603的尖端606之间的中点处的线的宽度。在某些情况下,中点宽度613可为中心部分宽度612的不大于约90%,诸如不大于约80%、不大于约70%、不大于约5%或甚至不大于约60%。此外,中点宽度613可为中心部分宽度612的至少约10%,诸如至少约20%、至少约30%或甚至至少约40%。应当理解,中点宽度613相对于中心部分宽度612的宽度可在上述最小百分比和最大百分比中的任一者之间的范围内。

[0086] 此外,主体601可具有至少一个臂,诸如第一臂603,该臂在第一臂603的尖端606处具有小于中点宽度613的尖端宽度。在尖端606尖锐地形成的此类情况下,尖端宽度可被认为是0。在尖端606具有曲率半径的情况下,尖端宽度可被认为是由曲率半径限定的圆的直径。根据一个实施方案,尖端宽度614可为中点宽度613的不大于约90%,诸如不大于约80%、不大于约70%、不大于约60%、不大于约50%、不大于约40%、不大于约30%、不大于约20%或甚至不大于约10%。此外,在某些非限制性实施方案中,尖端宽度614可为中点宽度613的至少约1%,诸如至少约2%、至少约3%、至少约5%或甚至至少约10%。应当理解,尖端宽度614相对于中点宽度613的宽度可在上述最小百分比和最大百分比中的任一者之间的范围内。

[0087] 如图进一步所示,主体601可具有第一臂603,该第一臂包括第一尖端606,该第一尖端限定第一侧表面654与第二侧表面655之间的第一尖端角621。根据实施方案,第一尖端角可为小于约60度,诸如不大于约55度、不大于约50度、不大于约45度或甚至不大于约40度。此外,第一尖端角可为至少约5度,诸如至少约8度、至少约10度、至少约15度、至少约20度、至少约25度或甚至至少约30度。第一尖端角可在上述最小值和最大值中的任一者之间的范围内。

[0088] 主体601可包括第二臂604,该第二臂具有第二尖端607,该第二尖端限定第二侧表面655与第三侧表面656之间的第二尖端角622。第二尖端角可与第一尖端角基本上相同,诸如在角度数值的5%内。另选地,第二尖端角可相对于第一尖端角基本上不同。

[0089] 主体601可包括第三臂605,该第三臂具有第三尖端608,该第三尖端限定第一侧表面654与第三侧表面656之间的第三尖端角623。第三尖端角可与第一尖端角或第二尖端角基本上相同,诸如在角度数值的5%内。另选地,第三尖端角可相对于第一尖端角或第二尖端角基本上不同。

[0090] 主体601可具有总角度,该总角度是第一尖端角、第二尖端角和第三尖端角的值的总和,该总角度可小于约180度。在其他实施方案中,总角度可为不大于约175度,诸如不大于约170度、不大于约15度、不大于约150度,诸如不大于约140度、不大于约130度、不大于约125度或甚至不大于约120度。此外,在一个非限制性实施方案中,主体601可具有至少约60度,诸如至少约70度、至少约80度、至少约90度,诸如至少约95度、至少约100度或甚至至少约105度的总角度。应当理解,总和角度可在上述最小值和最大值中的任一者之间的范围内。

[0091] 如本文所述,主体601可具有在第一臂606与第三臂608之间延伸的第一侧表面654。在某些情况下,第一侧表面654可具有弧形轮廓。例如,暂时转到图6C,提供了根据实施方案的成形磨料颗粒的俯视图图像。值得注意的是,图6C的成形磨料颗粒可包括具有主体

681和在两点之间延伸的弧形侧表面682的3-PT星形。在具体情况下,侧表面682可具有凹形轮廓,该凹形轮廓限定朝向主体681的中心部分683向内延伸的弯曲部分。

[0092] 再次参考图6A,主体601可具有第一侧表面654,该第一侧表面具有第一侧区段658和第二侧区段659。第一侧区段658可在第一尖端606与中点651之间延伸,并且第二侧区段659可在第三尖端608与中点651之间延伸。第一侧区段658和第二侧区段659可限定可以是钝角的内角662。例如,内角662可大于约90度,诸如大于约95度、大于约100度、大于约110度或甚至大于约120度。此外,在一个非限制性实施方案中,内角662可不大于约320度,诸如不大于约300度或甚至不大于约270度。应当理解,内角可在上述最小值和最大值中的任一者之间的范围内。

[0093] 第一侧区段658可延伸第一侧表面654的长度的相当大部分。例如,第一侧区段658可延伸第一侧表面654的总长度的至少约20%,诸如至少约25%、至少约30%、至少约35%或甚至至少约40%。此外,在一个非限制性实施方案中,第一侧区段658可具有在中点651与第一尖端606之间的长度(1s1),该长度是侧表面654的总长度的不大于约80%,诸如不大于约75%、不大于约70%或甚至不大于约5%。应当理解,第一侧区段658的长度可在上述最小百分比和最大百分比中的任一者之间的范围内。

[0094] 第二侧区段659可延伸第一侧表面654的长度的相当大部分。例如,第二侧区段659可延伸第一侧表面654的总长度的至少约20%,诸如至少约25%、至少约30%、至少约35%或甚至至少约40%。此外,在一个非限制性实施方案中,第二侧区段659可具有在中点651与第三尖端608之间的长度(1s2),该长度为侧表面654的总长度(作为第一尖端606与第三尖端608之间的直线)的不大于约80%,诸如不大于约75%、不大于约70%或甚至不大于约5%。应当理解,第二侧区段659的长度可在上述最小百分比和最大百分比中的任一者之间的范围内。

[0095] 主体601可包括侧表面654、655和656与上表面或第一主表面610之间的第一平均侧表面角631。主体还可包括侧表面654、655和656与第二主表面或基部表面612之间的第二侧表面角632。

[0096] 在实施方案中,磨料颗粒可包括可促进改善磨料颗粒的性能和/或制造的特定第一侧表面角。在实施方案中,第一侧表面角可在至少70度并且不大于94度的范围内,或在至少80度并且不大于93度的范围内,或在至少83度并且不大于92度的范围内,或在至少85度并且不大于91度的范围内。

[0097] 在实施方案中,磨料颗粒可包括可促进改善磨料颗粒的性能和/或制造的特定第二侧表面角。在实施方案中,第二侧表面角可在至少70度并且不大于94度的范围内,或在至少80度并且不大于93度的范围内,或在至少83度并且不大于92度的范围内,或在至少85度并且不大于91度的范围内。

[0098] 虽然3-PT星形的前述主体601已经被示出为具有上表面610,该上表面具有二维形状,如在主体的长度和宽度的平面中所观察到的,该二维形状与主体601的基部表面或第二主表面611的二维形状基本上相同,但是也设想其他形状。例如,在一个实施方案中,主体在基部表面处的横截面形状可限定来自以下各项组成的组的基部表面形状:3-PT星形、4-PT星形、十字形、多边形、椭球体、数字、希腊字母字符、拉丁字母字符、俄语字母字符、具有多边形形状的组合的复杂形状以及它们的组合。此外,主体在上表面处的横截面形状可

限定上表面形状,该上表面形状可不同于基部表面形状并且选自以下各项的组:3-PT星形、4-PT星形、十字形、多边形、椭球体、数字、希腊字母字符、拉丁字母字符、俄语字母字符、具有多边形形状的组合的复杂形状以及它们的组合。

[0099] 在具体情况下,上表面形状可具有基部表面形状的弧形形式。例如,上表面形状可限定弧形3-PT二维形状,其中弧形3-PT二维形状限定具有圆形端部的臂。具体地,与对应尖端在上表面处的曲率半径相比,在基部表面处限定的臂可在尖端处具有更小的曲率半径。

[0100] 如在本文其他实施方案中所述,应当理解,主体601的臂中的至少一个臂可形成为具有扭转,使得该臂围绕中心轴线扭转。例如,第一臂603可围绕轴线660扭转。此外,主体601可形成为使得至少一个臂以弧形路径从中心区域延伸。

[0101] 在实施方案中,多个成形磨料颗粒可限定第一组磨料颗粒。在实施方案中,第一组磨料颗粒可包括至少两种不同类型的成形磨料颗粒,其中该两种不同类型的成形磨料颗粒基于选自以下各项的组的至少一种特性而彼此不同:粒径、二维形状、三维形状、组成、硬度、韧度、脆碎度、密度、粒度、附聚状态、横向位置、纵向位置、旋转取向或它们的任何组合。

[0102] 在实施方案中,磨料制品可包括不同于第一组磨料颗粒的第二组磨料颗粒。第二组磨料颗粒可基于选自以下各项的组的至少一种特性而不同于第一组磨料颗粒:粒径、二维形状、三维形状、组成、硬度、韧度、脆碎度、密度、粒度、附聚状态、横向位置、纵向位置、旋转取向或它们的任何组合。在另外的实施方案中,第二组磨料颗粒包括稀释磨料颗粒。在另一实施方案中,第二组颗粒可包括随机成形或非成形磨料颗粒。

[0103] 成形磨料颗粒可通过特定过程形成,包括模制、打印、浇铸、挤出等。成形磨料颗粒可被形成为使得每个颗粒具有相对于彼此的基本上相同的表面和边缘的布置。例如,一组成形磨料颗粒通常具有相同的布置和取向和/或相对于彼此的表面和边缘的二维形状。因此,成形磨料颗粒在相对于彼此的表面和边缘的布置方面具有相对较高的形状保真度和一致性。相比之下,与成形磨料颗粒相比,非成形颗粒可通过不同的过程形成,并且具有不同的形状属性。例如,非成形颗粒通常通过粉碎过程形成,其中形成材料块,然后将其压碎并且筛分以获得特定大小的磨料颗粒。然而,非成形颗粒将具有大致随机的表面和边缘的布置,并且在表面和边缘的布置中将通常缺乏任何可识别的二维或三维形状。此外,非成形颗粒不一定具有彼此一致的形状,因此与成形磨料颗粒相比具有明显较低的形状保真度。非成形颗粒通常由每个颗粒相对于其他非成形颗粒的表面和边缘的随机布置限定。

[0104] 在实施方案中,磨料制品可包括可促进改善磨料制品的性能或制造的特定百分比的破裂的磨料颗粒。如本文所定义的,多个成形磨料颗粒中的裂纹包括在放大(使得颗粒的宽度等于视野的50%至95%)后可见的裂纹。在实施方案中,磨料制品可包括具有至少3个内角的多个成形磨料颗粒,其中成形磨料颗粒的总数中的不大于50%或不大于45%或不大于40%或不大于35%或不大于30%或不大于25%或不大于20%或不大于18%或不大于16%或不大于14%或不大于12%或不大于10%或不大于9%或不大于8%或不大于7%或不大于6%或不大于5%或不大于4%或不大于3%或不大于2%或不大于1%在第一主表面上的内角处具有裂纹。在实施方案中,磨料制品可包括具有至少3个内角的多个成形磨料颗粒,其中成形磨料颗粒的总数中的不大于50%或不大于45%或不大于40%或不大于35%或不大于30%或不大于25%或不大于20%或不大于18%或不大于16%或不大于14%或不大于12%或不大于10%或不大于9%或不大于8%或不大于7%或不大于6%或不大于5%或不

大于4%或不大于3%或不大于2%或不大于1%在第一主表面上的内角处具有裂纹。在实施方案中,磨料制品可包括具有主体的多个成形磨料颗粒,该主体具有至少3个内角,并且其中成形磨料颗粒的总数中的至少0.01%或至少0.5%或至少1%或至少2%或至少3%或至少4%或至少5%或至少8%或至少10%在第一主表面上的内角处具有裂纹。在实施方案中,磨料制品可包括具有主体的多个成形磨料颗粒,该主体具有至少3个内角,并且其中成形磨料颗粒的总数中的至少0.01%或至少0.5%或至少1%或至少2%或至少3%或至少4%或至少5%或至少8%或至少10%在第二主表面上的内角处具有裂纹。应当理解,在内角处具有裂纹的多个成形磨料颗粒的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少0.5%并且不大于50%或至少5%并且不大于30%。

[0105] 在实施方案中,磨料制品可包括可促进改善磨料制品的制造和/或性能的特定材料的多个成形磨料颗粒。在实施方案中,磨料制品可包括多个成形磨料颗粒,该多个成形磨料颗粒包括陶瓷材料。在实施方案中,磨料制品可包括多个成形磨料颗粒,该多个成形磨料颗粒包括氮化物、氧化物、碳化物、硼化物、氧氮化物、氧硼化物、金刚石、含碳材料或它们的任何组合中的至少一者。在实施方案中,磨料制品可包括多个成形磨料颗粒,该多个成形磨料颗粒包括氧化物化合物或复合物,诸如氧化铝、氧化锆、氧化钛、氧化钪、氧化铬、氧化铈、氧化硅、氧化镁、稀土氧化物或它们的任何组合。

[0106] 在实施方案中,多个成形磨料颗粒可包括可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定百分比的氧化铝。在实施方案中,成形磨料颗粒可包括至少80重量%氧化铝或至少90重量%氧化铝或至少91重量%氧化铝或至少92重量%氧化铝或至少93重量%氧化铝或至少94重量%氧化铝或至少95重量%氧化铝或至少96重量%氧化铝或至少97重量%氧化铝。在实施方案中,成形磨料颗粒可包括不大于99.5重量%氧化铝或不大于99重量%氧化铝或不大于98.5重量%氧化铝或不大于97.5重量%氧化铝或不大于97重量%氧化铝或不大于96重量%氧化铝或不大于94重量%氧化铝。应当理解,多个成形磨料颗粒中氧化铝的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少80重量%并且不大于99重量%或至少93重量%并且不大于97重量%。

[0107] 在实施方案中,多个成形磨料颗粒中的每个成形磨料颗粒可具有可促进改善磨料制品的制造和/或性能的特定密度。在实施方案中,多个成形磨料颗粒中的每个成形磨料颗粒可具有至少95%理论密度的密度。

[0108] 在实施方案中,多个成形磨料颗粒中的每个成形磨料颗粒可具有可促进改善磨料颗粒的制造和/或性能的特定粒度。在实施方案中,多个成形磨料颗粒中的每个成形磨料颗粒可具有根据未校正截距法测量的不大于1微米或不大于0.8微米或不大于0.6微米或不大于0.4微米或不大于0.2微米的平均细粒(微晶)大小。在实施方案中,多个成形磨料颗粒中的每个成形磨料颗粒可具有至少0.01微米或至少0.05微米的平均细粒(微晶)大小。应当理解,多个成形磨料颗粒的粒度可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少0.01微米并且不大于1微米或至少0.05微米并且不大于0.8微米。

[0109] 在实施方案中,磨料制品可包括可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定密度的成形磨料颗粒。在实施方案中,磨料制品的每平方厘米的多个成形磨料颗粒的密度可为不大于约70个颗粒/cm²或不大于65个颗粒/cm²或不大于60个颗粒/cm²或不大于55个颗粒/cm²或不大于约50个颗粒/cm²。在实施方案中,磨料制品的每平方厘米的多个成形磨料颗

粒的密度为至少5个颗粒/cm²或至少10个颗粒/cm²。应当理解,多个成形磨料颗粒的密度可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少5个颗粒/cm²并且不大于60个颗粒/cm²或至少10个颗粒/cm²并且不大于50个颗粒/cm²。

[0110] 在实施方案中,磨料制品可包括可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定密度的良好取向的磨料颗粒。在实施方案中,磨料制品的每平方厘米的良好取向的磨料颗粒的密度可为至少42个细粒/cm²或至少43个细粒/cm²或至少44个细粒/cm²或至少45个细粒/cm²或至少46个细粒/cm²或至少47个细粒/cm²或至少48个细粒/cm²或至少49个细粒/cm²或至少50个细粒/cm²或至少51个细粒/cm²或至少52个细粒/cm²或至少53个细粒/cm²或至少54个细粒/cm²。在实施方案中,磨料的每平方厘米的良好取向的磨料颗粒的密度可为不大于100个细粒/cm²或不大于95个细粒/cm²或不大于90个细粒/cm²或不大于85个细粒/cm²或不大于80个细粒/cm²或不大于75个细粒/cm²或不大于70个细粒/cm²或不大于65个细粒/cm²或不大于60个细粒/cm²。应当理解,良好取向的磨料颗粒的密度可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少42个颗粒/cm²并且不大于60个颗粒/cm²或至少49个颗粒/cm²并且不大于70个颗粒/cm²。

[0111] 在实施方案中,磨料制品可包括可促进改善磨料制品的性能和/或制造的特定重量的底胶。在实施方案中,磨料制品可包括至少多于11bs./rm或至少21bs./rm或至少31bs./rm或至少41bs./rm或至少51bs./rm或至少61bs./rm或至少71bs./rm或至少81bs./rm或至少91bs./rm或至少101bs./rm或至少111bs./rm或至少121bs./rm或至少131bs./rm或至少141bs./rm或至少151bs./rm或至少161bs./rm。在另一实施方案中,磨料制品可包括不大于201bs./rm或不大于19.51bs./rm或不大于191bs./rm或不大于18.51bs./rm或不大于181bs./rm或不大于17.51bs./rm或不大于171bs./rm。应当理解,底胶的重量可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如至少91bs./rm并且不大于201bs./rm或至少121bs./rm并且不大于18.51bs./rm。

[0112] 在实施方案中,经涂覆的磨料制品可包括包含磨料颗粒的磨料表面。在实施方案中,磨料表面的总表面积的一定百分比可包括多个成形磨料颗粒。在实施方案中,磨料表面的总表面积的不大于90%或不大于80%或不大于70%或不大于60%或不大于50%或不大于40%或不大于30%或不大于20%包括多个成形磨料颗粒。在实施方案中,磨料表面的总表面积的至少1%或至少5%或至少8%或至少10%或至少15%或至少20%或至少25%或至少30%或至少35%或至少40%或至少45%或至少50%包括多个成形磨料颗粒。应当理解,包括多个成形磨料颗粒的磨料表面的总表面积的百分比可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少5%并且不大于50%或至少15%并且不大于80%。

[0113] 在实施方案中,磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能的特定切屑效率因数。切屑效率因数是磨料制品磨削效率的量度,由所产生的切屑类型所指示。测量切屑效率因数的详细描述可在以下实施例章节中找到。在实施方案中,磨料制品可具有不大于0.28或不大于0.27或不大于0.26或不大于0.25或不大于0.24或不大于0.23或不大于0.22或不大于0.21或不大于0.20或不大于0.19或不大于0.18或不大于0.17或不大于0.16或不大于0.15的切屑效率因数。在实施方案中,磨料制品可具有至少0.001或至少0.005或至少0.01或至少0.02或至少0.03或至少0.05的切屑效率因数。应当理解,切屑效率因数可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少0.001并且不大于0.27、至少0.05并

且不大于0.15或至少0.02并且不大于0.25。

[0114] Inconel磨削颜色测试如下。将磨料制品安装到具有以1600rpm或7500sfpm运行的18"实心不锈钢接触轮的常规背台磨削机上。磨料用于磨削锻造Inconel 718矩形棒,尺寸为1/4"乘1"。操纵工件以使工件与接触轮上的样品以1/4"接触宽度接触,使得去除少量工件;然后将工件与接触轮分离。每次磨削持续约1秒并除去约5.2g的材料。该过程设定为产生 $8\text{in}^3/\text{min}/\text{in}$ 的平均材料去除(单位为单位时间单位接触宽度去除的材料体积)。将该过程重复多次。在磨削期间,将金属杯放置在磨削机的粉尘收集系统内,而不完全堵塞该系统。在每5次磨削后,从金属杯中收集切屑。然后清洗并更换杯子。一旦样品厚度减小到小于0.045英寸或SGE升高到 $3.3\text{HP}/\text{in}^3/\text{min}$ 以上,就停止该过程。

[0115] 使用灯箱中的DSLR相机拍摄每个切屑收集物的图像。相机设置在灯箱中40mm-45mm的高度处。使用Digicam软件操作相机。该相机设定有实施例章节中表4中的参数。

[0116] 然后使用ImageJ软件分析图像。使用ImageJ自由形状工具来识别包含切屑的图像区域。ImageJ测量特征用于测量每个图像的含切屑部分的平均灰度值和众数灰度值。如图11A和图11B所示,为了示例性目的,将切屑众数灰度值对累积去除材料作图。较浅颜色的切屑对应于较低的SGE和更有效的磨削。

[0117] 在对切屑样品成像后,对每个切屑样品整体称重,然后筛分。每个切屑样品首先使用筛目#16筛进行筛分。用手摇动筛约5分钟,直到几乎所有比筛小的切屑都通过。对减小的#30、#60、#80和#120的筛孔大小重复该过程。对通过#120目筛的切屑分数称重,然后除以所述样品中切屑的总质量,得到每个样品在每个磨削区间的粉末分数。如图12所见,将粉末分数相对于累积去除材料作图。切屑效率因数可通过测量粉末分数对累积去除材料的线性拟合的斜率来计算。

[0118] 在实施方案中,磨料制品可产生可促进改善磨料制品的性能的对于特定累积量的去除材料而言小于25的切屑众数灰度值。切屑众数灰度值可根据Inconel磨削颜色测试来测量。在实施方案中,磨料制品可具有:根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料,或根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少550g或至少575g或至少600g或至少650g或至少700g或至少750g或至少800g或至少850g或至少900g或至少950g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值。在实施方案中,磨料制品可具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于2000g或不大于1600g或不大于1300g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值。应当理解,累积去除材料的量可在最小量和最大量中的任一者之间,包括例如至少500g并且不大于2000g或至少600G并且不大于1600g或至少850g并且不大于1300g。

[0119] 在实施方案中,磨料制品可具有可促进改善磨料制品的性能的根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言的特定最大切屑众数灰度值。在实施方案中,根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积去除材料,最大切屑众数灰度值可为小于25,或者对于不大于700g的累积材料去除,最大切屑众数灰度值可为不大于24或不大于23或不大于22。在实施方案中,磨料制品可具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言至少10或至少15或至少18的最大切屑众数灰度值。

[0120] 在实施方案中,磨料制品可具有1) 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g

的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;2) 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或3):1)和2)的组合。

[0121] 在另一方面,实施方案可包括一种磨削方法。该磨削方法可包括相对于工件移动经涂覆的磨料制品,该经涂覆的磨料包括背衬和覆盖背衬的多个成形磨料颗粒。在实施方案中,工件可包括金属或金属合金。

[0122] 在实施方案中,该方法可包括磨料制品,该磨料制品具有可促进改善磨料制品的性能的特定切屑效率因数。切屑效率因数是磨料制品磨削效率的量度,由所产生的切屑类型所指示。在实施方案中,磨料制品可具有不大于0.28或不大于0.27或不大于0.26或不大于0.25或不大于0.24或不大于0.23或不大于0.22或不大于0.21或不大于0.20或不大于0.19或不大于0.18或不大于0.17或不大于0.16或不大于0.15的切屑效率因数。在实施方案中,磨料制品可具有至少0.001或至少0.005或至少0.01或至少0.02或至少0.03或至少0.05的切屑效率因数。应当理解,切屑效率因数可在上述最小值和最大值中的任一者之间,包括例如但不限于至少0.001并且不大于0.27、至少0.05并且不大于0.15或至少0.02并且不大于0.25。

[0123] 在实施方案中,该方法可包括磨料制品,该磨料制品具有可促进改善磨料制品的性能的对于至少500g的累积去除材料而言的特定切屑众数灰度值。切屑众数灰度值可根据Inconel磨削颜色测试来测量。在实施方案中,磨料制品可具有:根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料,或根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少550g或至少575g或至少600g或至少650g或至少700g或至少750g或至少800g或至少850g或至少900g或至少950g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值。在实施方案中,磨料制品可具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于2000g或不大于1600g或不大于1300g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值。应当理解,累积去除材料的量可在最小量和最大量中的任一者之间,包括例如至少500g并且不大于2000g或至少600G并且不大于1600g或至少850g并且不大于1300g。

[0124] 在实施方案中,该方法可包括磨料制品,该磨料制品具有可促进改善磨料制品的性能的根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言的特定最大切屑众数灰度值。在实施方案中,根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积去除材料,最大切屑众数灰度值可为小于25,或者对于不大于700g的累积材料去除,最大切屑众数灰度值可为不大于24或不大于23或不大于22。在实施方案中,磨料制品可具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言至少10或至少15或至少18的最大切屑众数灰度值。

[0125] 在实施方案中,该方法可包括磨料制品,该磨料制品具有:1) 不大于0.28的切屑效率因数;2) 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;3) 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或4):1)、2)和3)的组合。

[0126] 许多不同方面和实施方案都是可能的。本文描述了那些方面和实施方案中的一些。在阅读本说明书之后,技术人员将理解,那些方面和实施方案仅是例示性的并且不限制本发明的范围。实施方案可以根据如下列出的实施方案中的任一个或多个实施方案。

[0127] 实施方案

- [0128] 实施方案1.一种磨料制品,所述磨料制品包括:
- [0129] 背衬;
- [0130] 覆盖所述背衬的多个成形磨料颗粒;并且
- [0131] 其中所述磨料制品具有不大于0.28的切屑效率因数。
- [0132] 实施方案2.根据实施方案1所述的磨料制品,其中切屑效率因数为不大于0.27或不大于0.26或不大于0.25或不大于0.24或不大于0.23或不大于0.22或不大于0.21或不大于0.20或不大于0.19或不大于0.18或不大于0.17或不大于0.16或不大于0.15。
- [0133] 实施方案3.根据实施方案1所述的磨料制品,其中切屑效率因数为至少0.001或至少0.005或至少0.01或至少0.02或至少0.03或至少0.05。
- [0134] 实施方案4.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值。
- [0135] 实施方案5.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值,或者对于不大于700g的累积材料去除而言不大于24或不大于23或不大于22的最大切屑众数灰度值。
- [0136] 实施方案6.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还具有根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言至少10或至少15或至少18的最大切屑众数灰度值,或最大切屑众数灰度值。
- [0137] 实施方案7.根据实施方案4所述的磨料制品,其中根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少550g或至少575g或至少600g或至少650g或至少700g或至少750g或至少800g或至少850g或至少900g或至少950g的累积去除材料,切屑众数灰度值为小于25。
- [0138] 实施方案8.根据实施方案7所述的磨料制品,其中根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于2000g或不大于1600g或不大于1300g的累积去除材料,切屑众数灰度值为小于25。
- [0139] 实施方案9.根据实施方案1所述的磨料制品,其中厚度比(Tg/Ta)为不大于1.45或不大于1.43或不大于1.40或不大于1.38或不大于1.35或不大于1.33或不大于1.30或不大于1.28或不大于1.25或不大于1.23或不大于1.20或不大于1.18或不大于1.15或不大于1.13或不大于1.10或不大于1.08或不大于1.05或不大于1.03。
- [0140] 实施方案10.根据实施方案1所述的磨料制品,其中厚度比(Tg/Ta)为至少0.70或至少0.80或至少0.90或至少0.98或至少1.00或至少1.03或至少1.05或至少1.08。
- [0141] 实施方案11.根据实施方案1所述的磨料制品,其中底胶在细粒侧面的平均厚度(Tg)为至少50微米或至少60微米或至少70微米或至少80微米或至少90微米或至少100微米或至少110微米或至少120微米或至少130微米或至少140微米或至少150微米。
- [0142] 实施方案12.根据实施方案1所述的磨料制品,其中底胶在细粒侧面的平均厚度(Tg)为不大于1mm或不大于800微米或不大于700微米或不大于600微米或不大于500微米或不大于400微米或不大于300微米。
- [0143] 实施方案13.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述底胶包括不大于100微米或不大于90微米或不大于85微米或不大于80微米或不大于75微米或不大于70微米或不大于65微米或不大于60微米或不大于55微米或不大于50微米或不大于45微米或不大于40微

米或不大于35微米或不大于30微米的在所述磨料颗粒的所述侧面处的厚度标准偏差(STDTg)。

[0144] 实施方案14.根据实施方案13所述的磨料制品,其中所述底胶包括至少1微米或至少5微米或至少10微米或至少15微米或至少20微米或至少25微米或至少30微米的在所述磨料颗粒的所述侧面处的厚度标准偏差(STDTg)。

[0145] 实施方案15.根据实施方案1所述的磨料制品,其中底胶的平均厚度(Ta)为至少50微米或至少60微米或至少70微米或至少80微米或至少90微米或至少100微米或至少110微米或至少120微米或至少130微米或至少140微米或至少150微米或至少160微米。

[0146] 实施方案16.根据实施方案1所述的磨料制品,其中底胶的平均厚度(Ta)为不大于1mm或不大于800微米或不大于700微米或不大于600微米或不大于500微米或不大于400微米或不大于300微米或不大于275微米或不大于250微米或不大于225微米或不大于200微米。

[0147] 实施方案17.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述底胶包括不大于100微米或不大于90微米或不大于85微米或不大于80微米或不大于75微米或不大于70微米或不大于65微米或不大于60微米或不大于55微米或不大于50微米或不大于45微米或不大于40微米或不大于35微米或不大于30微米或不大于25微米或不大于20微米或不大于15微米或不大于10微米的厚度标准偏差(STDT)。

[0148] 实施方案18.根据实施方案17所述的磨料制品,其中所述底胶包括至少1微米或至少2微米或至少3微米或至少4微米或至少5微米或至少7微米或至少10微米或至少12微米或至少15微米或至少18微米或至少20微米或至少22微米或至少25微米或至少28微米或至少30微米的厚度标准偏差(STDT)。

[0149] 实施方案19.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括成形磨料颗粒,所述成形磨料颗粒在主体的长度和宽度的平面中观察时具有3-PT星形二维形状。

[0150] 实施方案20.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括具有长度(l)、宽度(w)和厚度(t)的主体,其中所述宽度>所述厚度,并且所述长度>所述厚度。

[0151] 实施方案21.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括主体,所述主体包括第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面和在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面,其中所述主体包括至少3个外角,并且其中所述侧表面包括至少4个侧表面区段或至少5个侧表面区段或至少6个侧表面区段。

[0152] 实施方案22.根据实施方案19所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒或细长磨料颗粒包括所述侧表面与所述第一主表面之间的平均侧表面角,所述平均侧表面角为至少70度并且不大于94度或在至少80度并且不大于93度的范围内或在至少83度并且不大于92度的范围内或在至少85度并且不大于91度的范围内。

[0153] 实施方案23.根据实施方案19所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒或细长磨料颗粒包括所述侧表面与所述第二主表面之间的平均侧表面角,所述平均侧表面角为至少70度并且不大于94度或在至少80度并且不大于93度的范围内或在至少83度并且不大

于92度的范围内或在至少85度并且不大于91度的范围内。

[0154] 实施方案24.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括具有至少3个外角的主体,其中所述外角的角度之和小于180度。

[0155] 实施方案25.根据实施方案24所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括具有至少3个外角的主体,其中所述外角中的每一个外角限定小于60度或小于59度或小于58度或小于57度或小于56度或小于55度的角度。

[0156] 实施方案26.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括具有至少3个外角和至少3个内角的主体,其中所述内角中的每一个内角的内角角度值大于所述至少3个外角中的任一个外角的外角值中的任一个外角值。

[0157] 实施方案27.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括具有至少3个内角的主体,并且其中所述多个成形磨料颗粒的总数中的不大于50%或不大于45%或不大于40%或不大于35%或不大于30%或不大于25%或不大于20%或不大于18%或不大于16%或不大于14%或不大于12%或不大于10%或不大于9%或不大于8%或不大于7%或不大于6%或不大于5%或不大于4%或不大于3%或不大于2%或不大于1%在内角处具有裂纹。

[0158] 实施方案28.根据实施方案27所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒中的每一个成形磨料颗粒包括具有至少3个内角的主体,并且其中所述多个成形磨料颗粒的总数中的至少0.01%或至少0.5%或至少1%或至少2%或至少3%或至少4%或至少5%或至少8%或至少10%在内角处具有裂纹。

[0159] 实施方案29.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括陶瓷材料。

[0160] 实施方案30.根据实施方案29所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括氮化物、氧化物、碳化物、硼化物、氧氮化物、氧硼化物、金刚石、含碳材料或它们的任何组合中的至少一者。

[0161] 实施方案31.根据实施方案29所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括氧化物化合物或复合物,诸如氧化铝、氧化锆、氧化钛、氧化钇、氧化铬、氧化锶、氧化硅、氧化镁、稀土氧化物或它们的任何组合。

[0162] 实施方案32.根据实施方案29所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括至少80重量%氧化铝或至少90重量%氧化铝或至少91重量%氧化铝或至少92重量%氧化铝或至少93重量%氧化铝或至少94重量%氧化铝或至少95重量%氧化铝或至少96重量%氧化铝或至少97重量%氧化铝。

[0163] 实施方案33.根据实施方案29所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括不大于99.5重量%氧化铝或不大于99重量%氧化铝或不大于98.5重量%氧化铝或不大于97.5重量%氧化铝或不大于97重量%氧化铝或不大于96重量%氧化铝或不大于94重量%氧化铝。

[0164] 实施方案34.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的每

个成形磨料颗粒包括至少95%理论密度的密度。

[0165] 实施方案35.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的每个成形磨料颗粒具有根据未校正截距法测量的不大于1微米或不大于0.8微米或不大于0.6微米或不大于0.4微米或不大于0.2微米的平均细粒(微晶)大小。

[0166] 实施方案36.根据实施方案35所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的每个成形磨料颗粒包括至少0.01微米或至少0.05微米的平均细粒(微晶)大小。

[0167] 实施方案37.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述磨料制品的每平方厘米的所述多个成形磨料颗粒的密度可为不大于约70个颗粒/cm²或不大于65个颗粒/cm²或不大于60个颗粒/cm²或不大于55个颗粒/cm²或不大于约50个颗粒/cm²。

[0168] 实施方案38.根据实施方案37所述的磨料制品,其中所述磨料制品的每平方厘米的所述多个成形磨料颗粒的密度为至少5个颗粒/cm²或至少10个颗粒/cm²。

[0169] 实施方案39.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括至少42个细粒/cm²或至少43个细粒/cm²或至少44个细粒/cm²或至少45个细粒/cm²或至少46个细粒/cm²或至少47个细粒/cm²或至少48个细粒/cm²或至少49个细粒/cm²或至少50个细粒/cm²或至少51个细粒/cm²或至少52个细粒/cm²或至少53个细粒/cm²或至少54个细粒/cm²的良好取向的颗粒的涂层密度。

[0170] 实施方案40.根据实施方案37所述的磨料制品,所述磨料制品包括不大于100个细粒/cm²或不大于95个细粒/cm²或不大于90个细粒/cm²或不大于85个细粒/cm²或不大于80个细粒/cm²或不大于75个细粒/cm²或不大于70个细粒/cm²或不大于65个细粒/cm²或不大于60个细粒/cm²的良好取向的颗粒的涂层密度。

[0171] 实施方案41.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述底胶包括不大于20lbs./rm或不大于19.5lbs./rm或不大于19lbs./rm或不大于18.5lbs./rm或不大于18lbs./rm或不大于17.5lbs./rm或不大于17lbs./rm的底胶增重。

[0172] 实施方案42.根据实施方案39所述的磨料制品,其中所述底胶包括至少多于1lbs./rm或至少2lbs./rm或至少3lbs./rm或至少4lbs./rm或至少5lbs./rm或至少6lbs./rm或至少7lbs./rm或至少8lbs./rm或至少9lbs./rm或至少10lbs./rm或至少11lbs./rm或至少12lbs./rm或至少13lbs./rm或至少14lbs./rm或至少15lbs./rm或至少16lbs./rm的底胶增重。

[0173] 实施方案43.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括包含所述磨料颗粒的磨料表面和至少一个粘合剂层,其中所述磨料表面的总表面积的不大于90%或不大于80%或不大于70%或不大于60%或不大于50%或不大于40%或不大于30%或不大于20%包括所述多个成形磨料颗粒。

[0174] 实施方案44.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述磨料表面的总表面积的至少1%或至少5%或至少8%或至少10%或至少15%或至少20%或至少25%或至少30%或至少35%或至少40%或至少45%或至少50%包括所述多个成形磨料颗粒。

[0175] 实施方案45.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒中的所述成形磨料颗粒的至少一部分包括随机旋转取向。

[0176] 实施方案46.根据实施方案45所述的磨料制品,其中包括成形磨料颗粒的总数中的至少10%或至少20%或至少30%或至少40%或至少50%或至少60%或至少70%或至少

80%或至少90%的一部分或者基本上所有所述成形磨料颗粒具有随机旋转取向。

[0177] 实施方案47.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述成形磨料颗粒的至少一部分具有大于45度的倾斜角。

[0178] 实施方案48.根据实施方案46所述的磨料制品,其中包括成形磨料颗粒的总数中的至少10%或至少20%或至少30%或至少40%或至少50%或至少60%或至少70%或至少80%或至少90%的一部分或者基本上所有所述成形磨料颗粒具有大于45度的倾斜角。

[0179] 实施方案49.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有直立取向的磨料颗粒的直立部分,其中所述直立部分包括所述磨料颗粒的总数中的至少10%,或所述磨料颗粒的总数中的至少20%或至少30%或至少40%或至少50%或至少55%或至少57%或至少60%或至少62%或至少65%或至少67%或至少70%或至少72%或至少75%或至少77%或至少80%或至少82%或至少85%或至少87%或至少90%。

[0180] 实施方案50.根据实施方案49所述的磨料制品,其中所述直立部分为所述磨料颗粒的总数中的不大于99.9%,或为所述磨料颗粒的总数中的不大于99%或不大于98%或不大于97%或不大于96%或不大于95%。

[0181] 实施方案51.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有倾斜取向的磨料颗粒的倾斜部分,其中所述倾斜部分包括所述磨料颗粒的总数中的至少1%,或所述磨料颗粒的总数中的至少2%或至少3%或至少4%或至少5%或至少6%或至少7%或至少8%或至少9%或至少10%或至少11%或至少12%或至少13%或至少14%或至少15%或至少16%或至少17%或至少18%或至少20%或至少25%。

[0182] 实施方案52.根据实施方案51所述的磨料制品,其中所述倾斜部分为所述磨料颗粒的总数中的不大于90%,或为所述磨料颗粒的总数中的不大于85%或不大于80%或不大于75%或不大于70%或不大于65%或不大于60%或不大于55%或不大于50%或不大于45%或不大于40%或不大于35%或不大于30%或不大于25%或不大于20%或不大于18%或不大于15%或不大于12%或不大于10%。

[0183] 实施方案53.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有直立取向的磨料颗粒的直立部分(Pst)和具有倾斜取向的磨料颗粒的倾斜部分(Ps1),并且还包含至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少5.4或至少5.6的所述直立部分相对于所述倾斜部分的比率(PSt/Ps1)。

[0184] 实施方案54.根据实施方案53所述的磨料制品,其中所述直立部分相对于所述倾斜部分的比率(PSt/Ps1)为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10。

[0185] 实施方案55.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有下落取向的磨料颗粒的下落部分,其中所述下落部分包括所述磨料颗粒的总数中的至少0.1%,或所述磨料颗粒的总数中的至少0.2%或至少0.4%或至少0.6%或至少0.8%或至少1%或至少1.5%或至少2%或至少2.5%或至少3%或至少3.5%或至少4%或至少4.5%或至少5%。

[0186] 实施方案56.根据实施方案55所述的磨料制品,其中所述下落部分为所述磨料颗粒的总数中的不大于20%,或为所述磨料颗粒的总数中的不大于18%或不大于15%或不大于

于12%或不大于10%或不大于9%或不大于8%或不大于7%或不大于6%或不大于5%。

[0187] 实施方案57.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有直立取向的磨料颗粒的直立部分(Pst)和具有下落取向的磨料颗粒的下落部分(Pf),并且还包括至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少5.4或至少5.6或至少5.8或至少6.0或至少6.2或至少6.4或至少6.6或至少6.8或至少7.0或至少7.2或至少7.4或至少7.6或至少7.8或至少8.0的所述直立部分相对于所述下落部分的比率(PSt/Pf)。

[0188] 实施方案58.根据实施方案57所述的磨料制品,其中所述直立部分相对于所述下落部分的所述比率(PSt/Pf)为不大于1000或不大于800或不大于500或不大于200或不大于100或不大于95。

[0189] 实施方案59.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有倾斜取向的磨料颗粒的倾斜部分(Ps1)和具有下落取向的磨料颗粒的下落部分(Pf),并且还包括至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少5.4或至少5.6的所述倾斜部分相对于所述下落部分的比率(Ps1/Pf)。

[0190] 实施方案60.根据实施方案59所述的磨料制品,其中所述倾斜部分相对于所述下落部分的比率(Ps1/Pf)为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6。

[0191] 实施方案61.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有反转取向的磨料颗粒的反转部分,其中所述反转部分包括所述磨料颗粒的总数中的至少0.1%,或所述磨料颗粒的总数中的至少0.2%或至少0.4%或至少0.6%或至少0.8%或至少1%或至少1.5%或至少2%或至少2.5%或至少3%或至少3.5%或至少4%或至少4.5%或至少5%。

[0192] 实施方案62.根据实施方案61所述的磨料制品,其中所述反转部分为所述磨料颗粒的总数中的不大于20%,或为所述磨料颗粒的总数中的不大于18%或不大于15%或不大于12%或不大于10%或不大于9%或不大于8%或不大于7%或不大于6%或不大于5%。

[0193] 实施方案63.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有直立取向的磨料颗粒的直立部分(Pst)和具有反转取向的磨料颗粒的反转部分(Pi),并且还包括至少1或至少2.0或至少3.0或至少4.0或至少5.0或至少6或至少7或至少8或至少9或至少10或至少12或至少15或至少18或至少20或至少25或至少30或至少40或至少50的所述直立部分相对于所述反转部分的比率(PSt/Pi)。

[0194] 实施方案64.根据实施方案63所述的磨料制品,其中所述直立部分与所述反转部分的比率(PSt/Pi)为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6。

[0195] 实施方案65.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有倾斜取向的磨料颗粒的倾斜部分(Ps1)和具有反转取向的磨料颗粒的反转部分(Pi),并且还包括至少0.6或至少0.7或至少0.8或至少0.9或至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少

3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0或至少5.2或至少5.4或至少5.6的所述倾斜部分相对于所述反转部分的比率($PS1/Pi$)。

[0196] 实施方案66.根据实施方案64所述的磨料制品,其中所述倾斜部分相对于所述反转部分的比率($PS1/Pi$)为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6或不大于4或不大于3或不大于2或不大于1.5。

[0197] 实施方案67.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有下落取向的磨料颗粒的下落部分(Pf)和具有反转取向的磨料颗粒的反转部分(Pi),并且还包括至少0.6或至少0.7或至少0.8或至少0.9或至少1或至少1.2或至少1.4或至少1.6或至少1.8或至少2.0或至少2.2或至少2.4或至少2.6或至少2.8或至少3.0或至少3.2或至少3.4或至少3.6或至少3.8或至少4.0或至少4.2或至少4.4或至少4.6或至少4.8或至少5.0的所述下落部分相对于所述反转部分的比率(Pf/Pi)。

[0198] 实施方案68.根据实施方案67所述的磨料制品,其中所述下落部分相对于所述反转部分的比率(Pf/Pi)为不大于100或不大于95或不大于90或不大于80或不大于70或不大于60或不大于50或不大于40或不大于30或不大于20或不大于10或不大于8或不大于6或不大于4或不大于3或不大于2或不大于1.5。

[0199] 实施方案69.根据实施方案1所述的磨料制品,所述磨料制品还包括具有直立取向的磨料颗粒的直立部分(Pst)和具有倾斜取向的磨料颗粒的倾斜部分($Ps1$),并且还包括由相对于所有所述磨料颗粒(即,100%)的所述直立部分(%)加所述倾斜部分(%)的总和表示的良好取向的百分比,其中所述良好取向的百分比为至少60%或至少62%或至少65%或至少67%或至少70%或至少72%或至少75%或至少77%或至少80%或至少82%或至少85%或至少87%或至少90%或至少92%或至少95%。

[0200] 实施方案70.根据实施方案69所述的磨料制品,其中所述良好取向的百分比为不大于99.9%或不大于99%或不大于98%或不大于97%或不大于96%或不大于95%。

[0201] 实施方案71.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒限定第一组磨料颗粒。

[0202] 实施方案72.根据实施方案71所述的磨料制品,其中所述第一组磨料颗粒包括至少两种不同类型的成形磨料颗粒,其中所述两种不同类型的成形磨料颗粒基于选自以下各项的组的至少一种特性而彼此不同:粒径、二维形状、三维形状、组成、硬度、韧度、脆碎度、密度、粒度、附聚状态、横向位置、纵向位置、旋转取向或它们的任何组合。

[0203] 实施方案73.根据实施方案71所述的磨料制品,所述磨料制品还包括不同于所述第一组磨料颗粒的第二组磨料颗粒。

[0204] 实施方案74.根据实施方案73所述的磨料制品,其中所述第二组磨料颗粒包括稀释磨料颗粒。

[0205] 实施方案75.根据实施方案73所述的磨料制品,其中所述第二组磨料颗粒包括随机成形磨料颗粒。

[0206] 实施方案76.一种具有根据实施方案1所述的特征的经涂覆的磨料制品,所述经涂覆的磨料制品包括:所述背衬,所述背衬具有主表面;和磨料层,所述磨料层形成覆盖所述背衬的所述主表面的磨料表面,其中所述磨料层基本上形成通过一个或多个粘合剂层粘附

到所述背衬的所述主表面的单个磨料颗粒层。

[0207] 实施方案77.根据实施方案73所述的磨料制品,其中所述第二组磨料颗粒基于选自以下各项的组的至少一种特性而不同于所述第一组磨料颗粒:粒径、二维形状、三维形状、组成、硬度、韧度、脆碎度、密度、粒度、附聚状态、横向位置、纵向位置、旋转取向或它们的任何组合。

[0208] 实施方案78.一种磨料制品,所述磨料制品包括:

[0209] 背衬;

[0210] 覆盖所述背衬的多个成形磨料颗粒;并且

[0211] 其中所述磨料制品还具有:

[0212] 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;

[0213] 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或

[0214] 1)和2)的组合。

[0215] 实施方案79.根据实施方案78所述的磨料制品,其中根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少550g或至少575g或至少600g或至少650g或至少700g或至少750g或至少800g或至少850g或至少900g或至少950g的累积去除材料,切屑众数灰度值为小于25。

[0216] 实施方案80.根据实施方案78所述的磨料制品,其中根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于2000g或不大于1600g或不大于1300g的累积去除材料,切屑众数灰度值为小于25。

[0217] 实施方案81.根据实施方案78所述的磨料制品,其中对于不大于700g的累积材料去除,最大切屑众数灰度值为不大于24或不大于23或不大于22。

[0218] 实施方案82.根据实施方案78所述的磨料制品,其中根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除,最大切屑众数灰度值为至少10或至少15或至少18。

[0219] 实施方案83.根据实施方案78所述的磨料制品,所述磨料制品还包括根据实施方案79、80、81和82所述的任何组合。

[0220] 实施方案84.根据实施方案78所述的磨料制品,其中所述多个成形磨料颗粒包括成形磨料颗粒,所述成形磨料颗粒在主体的长度和宽度的平面中观察时具有3-PT星形二维形状。

[0221] 实施方案85.根据实施方案78所述的磨料制品,其中所述磨料制品和/或多个成形磨料颗粒包括所述实施方案和本文实施方案的特征的任一种或多种组合。

[0222] 实施方案86.一种磨削方法,所述磨削方法包括:

[0223] 相对于工件移动经涂覆的磨料制品,所述经涂覆的磨料包括背衬和覆盖所述背衬的多个成形磨料颗粒,其中所述经涂覆的磨料制品还包括:

[0224] 其中所述磨料制品具有不大于0.28的切屑效率因数;

[0225] 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于至少500g的累积去除材料而言小于25的切屑众数灰度值;

[0226] 根据Inconel磨削切屑颜色测试,对于不大于700g的累积材料去除而言小于25的最大切屑众数灰度值;或

[0227] 1)、2)和3)的任何组合。

[0228] 实施方案87.根据实施方案86所述的方法,其中所述磨料制品和/或多个成形磨料颗粒包括所述实施方案和本文实施方案的特征的任一种或多种组合。

[0229] 实施方案88.根据实施方案86所述的方法,其中所述工件包括金属或金属合金。

[0230] 实施方案89.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述底胶包括硅灰石、PF树脂、水或它们的组合。

[0231] 实施方案90.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述底胶包括至少3500cps或至少3750cps或至少4000cps或至少4250cps或至少4500cps或至少4750cps或至少5000cps或至少5250cps的粘度。

[0232] 实施方案91.根据实施方案1所述的磨料制品,其中所述底胶包括不大于7000cps或不大于6750cps或不大于6500cps或不大于6250cps或不大于6000cps或不大于5750的粘度。

[0233] 实施例

[0234] 实施例1

[0235] 根据具有表1中列出的规格的以下程序制备样品1和比较样品1。用20.51bs./rm的以下组合物饱和背衬:

[0236] o胶乳:63.85%

[0237] oCab-o-sil:0.98%

[0238] o消泡剂:0.44%

[0239] o润湿剂:0.24%

[0240] o碳酸钙:31.93%

[0241] o染料(红色/粉红色):2.56%

[0242] 用7.11bs./rm的以下组合物回填饱和的背衬:

[0243] oPF树脂:59.13%

[0244] o消泡剂:0.3%

[0245] o润湿剂:0.66%

[0246] oSolmod Tamol 165A:2.01%

[0247] o硅灰石:19.71%

[0248] o红色染料:0.21%

[0249] o水:17.98%

[0250] 经由两次辊涂将底胶施加于饱和和回填的背衬。通过辊隙来控制底胶厚度以实现所需的增重。然后经由静电涂覆将磨料颗粒施加于湿的底胶和背衬。然后根据表1中的固化程序将背衬、底胶和细粒在烘箱中固化。根据表1中的规格,以与底胶相同的方式施加并固化复胶和顶胶。

[0251] 表1

[0252]

	样品 1	比较样品 1
背衬	1 层织造 PET	1 层织造 PET
底胶		
PF 树脂	49.34 重量%	49.34 重量%
硅烷 A1100	0.44 重量%	0.44 重量%
润湿剂	0.15 重量%	0.15 重量%
硅灰石	49.34 重量%	49.34 重量%
水	0.75 重量%	0.75 重量%
黑色染料	1 重量%	1 重量%
辊隙	0.41 英寸	0.41 英寸
增重	16lbs./rm	20lbs./rm
固化周期	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟
磨料颗粒		
类型	3-PT 星形, 氧化铝	3-PT 星形, 氧化铝
大小	36 砂	36 砂
增重	33lbs./rm	33lbs./rm
复胶		
PF 树脂	46.95 重量%	46.95 重量%
PET-3MP 多硫醇 (PTM)	4.69 重量%	4.69 重量%
消泡剂	0.09 重量%	0.09 重量%

	Solmod Tamol 165A	2.35 重量%	2.35 重量%
	水	3.54 重量%	3.54 重量%
	冰晶石	41.31 重量%	41.31 重量%
	增重	32lbs./rm	32lbs./rm
	固化周期	180°C下 20 分钟 200°C下 20 分钟 220°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟	180°C下 20 分钟 200°C下 20 分钟 220°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟
	顶胶		
	PF 树脂	23 重量%	23 重量%
[0253]	消泡剂	0.11 重量%	0.11 重量%
	Solmod Daxad 11	1.69 重量%	1.69 重量%
	水	7.77 重量%	7.77 重量%
	橙色颜料	2.78 重量%	2.78 重量%
	KBF ₄	64.48 重量%	64.48 重量%
	Cab-o-sil	0.17 重量%	0.17 重量%
	增重	30lbs./rm	30lbs./rm
	固化周期	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟

[0254] 常规样品1是3M™Cubitron™II布带984F 36+砂。

[0255] 平均底胶厚度根据以下程序来测量。从中间切割样品,以露出横截面。然后将样品切割成2英寸的片段,并安装在环氧树脂圆盘上。然后对两个2英寸的片段成像,并且使用成像软件通过在层中着色来识别底胶层。图13包括包含有色底胶层的磨料制品的示例图像。使用图像分析来覆盖竖直网格线,并且识别并分离与底胶层重叠的线段。每个线段对应于底胶厚度测量。取所有片段的平均值。每个两英寸的样品片段产生大约150-200个重叠线段,导致每个样品有超过300个测量。

[0256] 直立细粒附近的平均底胶厚度根据以下程序来测量。平均底胶厚度的相同横截面图像也用于直立细粒附近的平均底胶厚度。仅考虑显示横截面矩形区域并且短边与底胶接触的直立细粒。例如,在图1中,将考虑细粒102,但不考虑细粒103。附加地,仅考虑分离的细粒。对于直立细粒附近的平均底胶厚度测量,不考虑与另一细粒接触的直立细粒。从接触细粒侧面的底胶的最高点向下到细粒两侧上接触背衬的底胶的最低点进行测量。使测量线垂直于背衬平面。平均底胶厚度和直立细粒附近的平均底胶厚度的测量结果可在下表2中找到。

[0257] 表2

[0258]		S1	比较S1	常规S1
	Ta	155μm	157μm	128μm
	Ta的标准偏差	84μm	86μm	75μm
	Ta 95%置信区间	146μm-163μm	148μm-166μm	124μm-132μm

Tg	186 μ m	265 μ m	262 μ m
Tg的标准偏差	59 μ m	76 μ m	99 μ m
Tg 95%置信区间	167 μ m-206 μ m	233 μ m-297 μ m	225 μ m-299 μ m
Tg/细粒高度	0.16	0.22	0.22

[0259] 实施例2

[0260] 根据上述样品1的方法和表3中的规格制备样品2和样品3以及比较样品2。没有施加复胶或顶胶。样品2与样品1基本相同,但没有复胶或顶胶。

[0261] 回收的Cubitron细粒根据以下程序进行回收。获得3MTMCubitronTMII布带984F 36+砂。燃烧该带直到仅留下磨料颗粒和灰烬。然后使磨料颗粒和燃尽物浸泡在充满盐酸的400ml玻璃烧杯中。使用足够的酸以刚好覆盖细粒燃尽物。将内容物煮沸10分钟,然后让其冷却。然后用DI水稀释该溶液,然后将液体处理掉。然后让具有磨料颗粒的烧杯在60 $^{\circ}$ C-70 $^{\circ}$ C下干燥2小时。然后将颗粒和剩余的灰烬转移到250ml锥形瓶中。向烧瓶中加入50%氢氟酸,使得磨料颗粒刚好被覆盖。让颗粒浸泡30分钟。然后用DI水稀释酸,并处理掉液体。让烧瓶在60 $^{\circ}$ C-70 $^{\circ}$ C下干燥2小时。然后将烧瓶和内容物冷却至室温,并取出回收和酸洗的细粒。

[0262] 通过经由喷砂从常规样品1去除复胶和顶胶来制备常规样品2。

[0263] 表3

	样品 2	样品 3	比较样品 2
背衬	1 层织造 PET	1 层织造 PET	1 层织造 PET
底胶			
[0264] PF 树脂	49.34 重量%	49.34 重量%	49.34 重量%
硅烷 A1100	0.44 重量%	0.44 重量%	0.44 重量%
润湿剂	0.15 重量%	0.15 重量%	0.15 重量%
硅灰石	49.34 重量%	49.34 重量%	49.34 重量%
[0265] 水	0.75 重量%	0.75 重量%	0.75 重量%
黑色染料	1 重量%	1 重量%	1 重量%
辊隙	0.41 英寸	0.41 英寸	0.41 英寸
增重	16lbs./rm	16lbs./rm	20lbs./rm
固化周期	170 $^{\circ}$ C下 20 分钟 190 $^{\circ}$ C下 20 分钟 210 $^{\circ}$ C下 20 分钟 235 $^{\circ}$ C下 20 分钟	170 $^{\circ}$ C下 20 分钟 190 $^{\circ}$ C下 20 分钟 210 $^{\circ}$ C下 20 分钟 235 $^{\circ}$ C下 20 分钟	170 $^{\circ}$ C下 20 分钟 190 $^{\circ}$ C下 20 分钟 210 $^{\circ}$ C下 20 分钟 235 $^{\circ}$ C下 20 分钟
磨料颗粒			
类型	36 砂 3-PT 星形, 氧化铝	回收的 Cubitron	回收的 Cubitron
增重	33lbs./rm	43lbs./rm	44lbs./rm

[0266] 根据以下程序测量样品2和样品3、比较样品2和常规样品2中颗粒的取向。

[0267] 使用z-堆叠显微镜拍摄每个样品的图像。示例性图像可在图9A中找到。样品的图像包括可见的底胶901和磨料细粒,例如902、903、904、905。使用ImageJ软件来阈值化和识别细粒,例如902、903、904、905。必要时,手动分割重叠的细粒。被编辑成识别细粒的磨料的示例性图像可在图9B中找到。基于下表2中的标准,按取向对细粒进行颜色编码并计数。具有颜色涂覆的细粒的示例性图像可在图9C中找到。颗粒902处于直立取向;颗粒903处于倾

斜取向；颗粒904处于下落取向；并且颗粒905处于反转取向。细粒取向数据可在下表4中找到。图像包括每个样品的3.2cm²表面积。

[0268] 表4

[0269]		倾斜角	形状
	直立	65°-90°	从自上而下视图,视觉上呈矩形
	倾斜	5°-65°	从自上而下视图,视觉上呈等腰3-PT星形
	下落	0°-5°	从自上而下视图,视觉上呈等边3-PT星形
	反转	N/A	仅细粒的尖端与底胶接触

[0270] 表5

		直立	倾斜	良好取向	下落	反转	涂层密度	良好取向的涂层密度
[0271]	样品 2	73%	12%	85%	6%	10%	65 #/cm ²	57 #/cm ²
	样品 3	44%	42%	86%	10%	4%	66 #/cm ²	55 #/cm ²
	常规样品 2	35%	23%	58%	40%	2%	63 #/cm ²	37 #/cm ²

[0272]	比较样品 2	42%	17%	59%	40%	1%	70 #/cm ²	41 #/cm ²
--------	--------	-----	-----	-----	-----	----	----------------------	----------------------

[0273] 从表3中可看出,与比较样品和常规样品相比,样品2和样品3有更大百分比的颗粒处于期望取向。与所有其他样品相比,样品2包括显著更大数量的直立颗粒。

[0274] 实施例3

[0275] 根据上述样品1的方法和表6中的规格制备样品4和样品5。

[0276] 表6

[0277]

	样品 4	样品 5
背衬	1 层织造 PET	1 层织造 PET
底胶		
PF 树脂	49.34 重量%	49.34 重量%
硅烷 A1100	0.44 重量%	0.44 重量%
润湿剂	0.15 重量%	0.15 重量%
硅灰石	49.34 重量%	49.34 重量%
水	0.75 重量%	0.75 重量%
黑色染料	1 重量%	1 重量%
辊隙	0.41 英寸	0.41 英寸
增重	20lbs./rm	22lbs./rm
固化周期	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟
磨料颗粒		
类型	Ninja Dart, 氧化铝	Hipal
大小	36 砂	36 砂
增重	42lbs./rm	55lbs./rm
复胶		
PF 树脂	46.95 重量%	46.95 重量%
PET-3MP 多硫醇 (PTM)	4.69 重量%	4.69 重量%
消泡剂	0.09 重量%	0.09 重量%
Solmod Tamol 165A	2.35 重量%	2.35 重量%
水	3.54 重量%	3.54 重量%
冰晶石	41.31 重量%	41.31 重量%
增重	27lbs./rm	23lbs./rm
固化周期	180°C下 20 分钟 200°C下 20 分钟 220°C下 20 分钟	180°C下 20 分钟 200°C下 20 分钟 220°C下 20 分钟

	235°C下 20 分钟	235°C下 20 分钟
顶胶		
PF 树脂	23 重量%	23 重量%
消泡剂	0.11 重量%	0.11 重量%
Solmod Daxad 11	1.69 重量%	1.69 重量%
水	7.77 重量%	7.77 重量%
橙色颜料	2.78 重量%	2.78 重量%
KBF ₄	64.48 重量%	64.48 重量%
Cab-o-sil	0.17 重量%	0.17 重量%
增重	25lbs./rm	18lbs./rm
固化周期	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟	170°C下 20 分钟 190°C下 20 分钟 210°C下 20 分钟 235°C下 20 分钟

[0279] 使用样品1、样品4和样品5以及常规样品1来磨削锻造Inconel 718矩形棒,尺寸为1/4"乘1"。将样品安装到具有以1600rpm或7500sfpm运行的18"实心不锈钢接触轮的常规背台磨削机上。操纵工件以使工件与接触轮上的样品以1/4"接触宽度接触,使得去除少量工件;然后将工件与接触轮分离。每次磨削持续约1秒并除去约5.2g材料。该过程设定为产生 $8\text{in}^3/\text{min}/\text{in}$ 的平均材料去除(单位为单位时间单位接触宽度去除的材料体积)。将该过程重复多次。在磨削期间,将金属杯放置在磨削机的粉尘收集系统内,而不完全堵塞该系统。在每5次磨削后,从金属杯中收集切屑。然后清洗并更换杯子。一旦样品厚度减小到小于0.045英寸或SGE升高到 $3.3\text{HP}/\text{in}^3/\text{min}$ 以上,就停止该过程。

[0280] 使用灯箱中的DSLR相机拍摄每个切屑收集物的图像。相机设置在灯箱中40mm-45mm的高度处。使用Digicam软件操作相机。相机设定有表7中的以下参数。示例性切屑图像在图10中可见。

[0281] 表7

ISO	400
孔径	f/8
曝光	1/250s
曝光偏差	0
焦距	40mm
高度	40mm-45mm

[0283] 然后使用ImageJ软件分析图像。使用ImageJ自由形状工具来识别包含切屑的图像区域。ImageJ测量特征用于测量每个图像的含切屑部分的平均灰度值和众数灰度值。如图11A和图11B所示,将众数灰度值对累积去除材料作图。较浅颜色的切屑对应于较低的SGE和更有效的磨削。

[0284] 在对切屑样品成像后,对每个切屑样品整体称重,然后筛分。每个切屑样品首先使用筛目#16筛进行筛分。用手摇动筛约5分钟,直到几乎所有比筛小的切屑都通过。对减小的#30、#60、#80和#120的筛孔大小重复该过程。对通过#120目筛的切屑分数称重,然后除以所述样品中切屑的总质量,得到每个样品在每个磨削区间的粉末分数。如图12所见,将粉末

分数相对于累积去除材料作图。切屑效率因数可通过测量粉末分数对累积去除材料的线性拟合的斜率来计算。

[0285] 以上公开的主题应被认为是说明性的而非限制性的,并且所附权利要求旨在覆盖落入本发明的真实范围内的所有此类修改、增强和其他实施方案。因此,在法律允许的最大范围内,本发明的范围将由所附权利要求书及其等效物的最广泛允许解释来确定,并且不应由前述详细描述来约束或限制。

[0286] 说明书摘要是为了符合专利法而提供,并且是在理解其将不用于解释或限制权利要求书的范围或含义的情况下提交的。另外,在前述详细描述中,出于简化本公开的目的,可将各种特征分组在一起或在单个实施方案中描述各种特征。

[0287] 本公开不应被解释为反映所要求保护的实施方案需要比每个权利要求中明确记载的特征更多的特征的意图。而是,如以下权利要求书所反映,本发明主题可针对少于所公开实施方案中的任一者的所有特征。因此,所附权利要求被并入具体实施方式中,其中每个权利要求都独立地限定单独要求保护的主体。

100

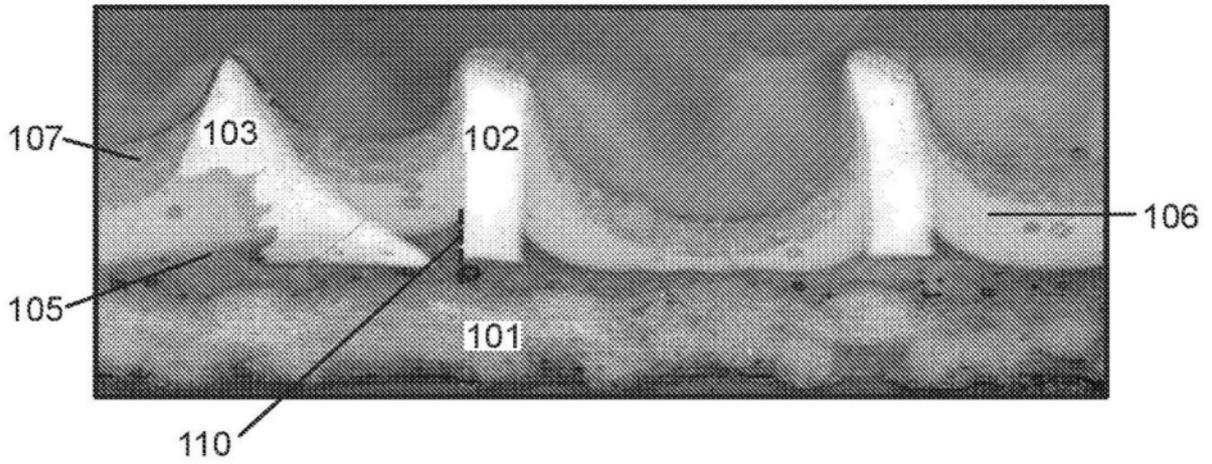


图1

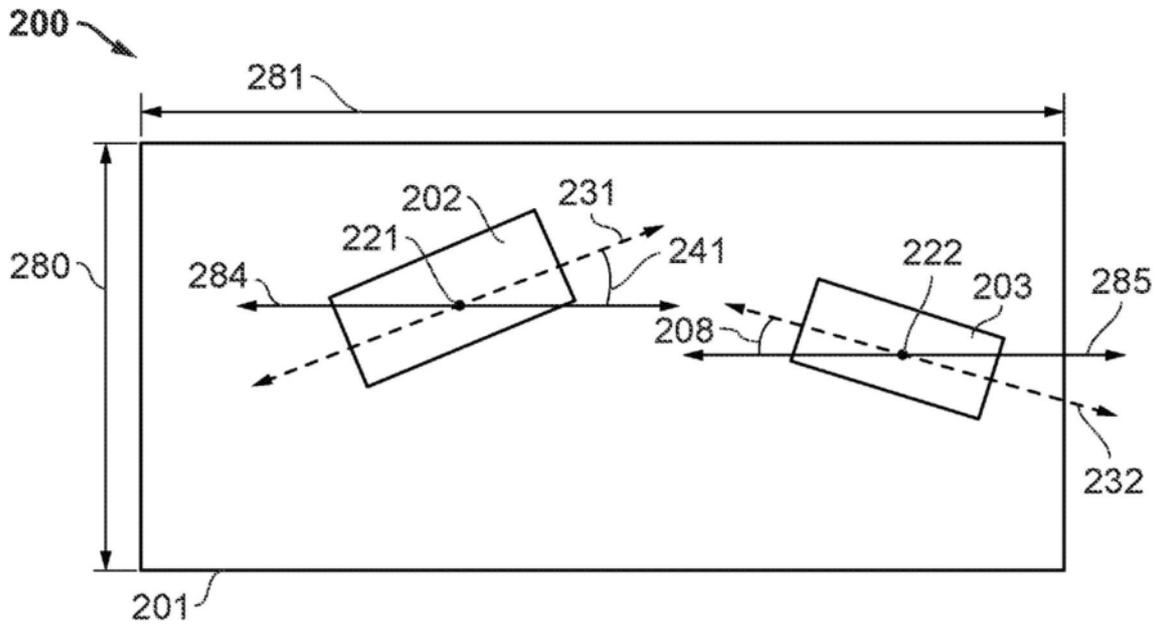


图2A

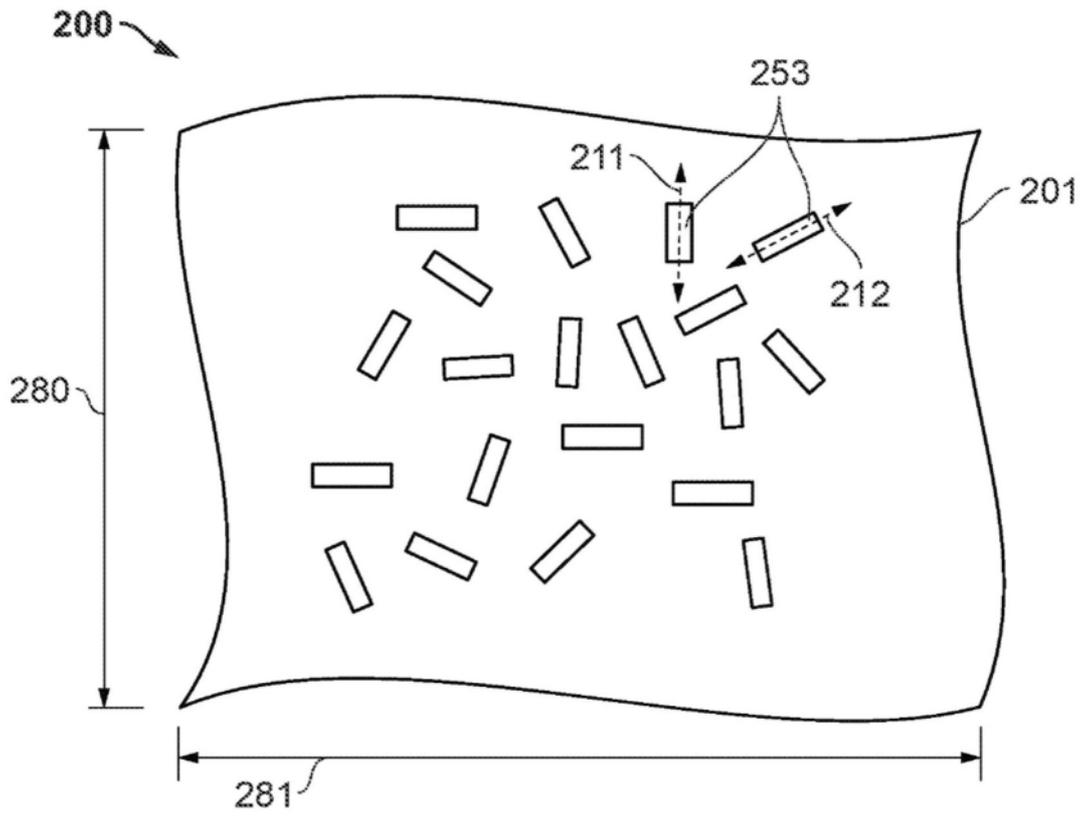


图2B

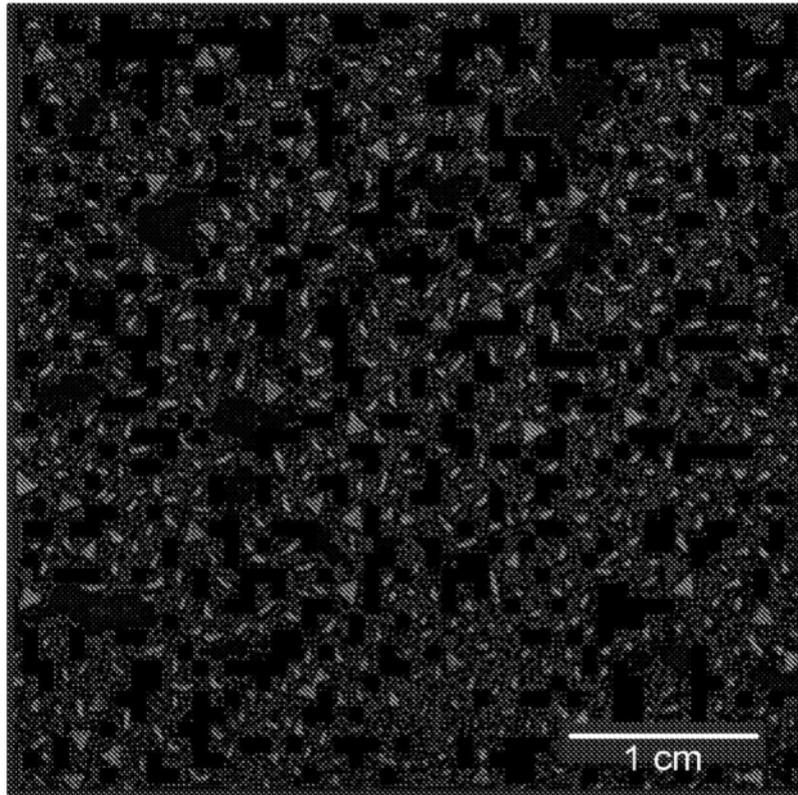


图3

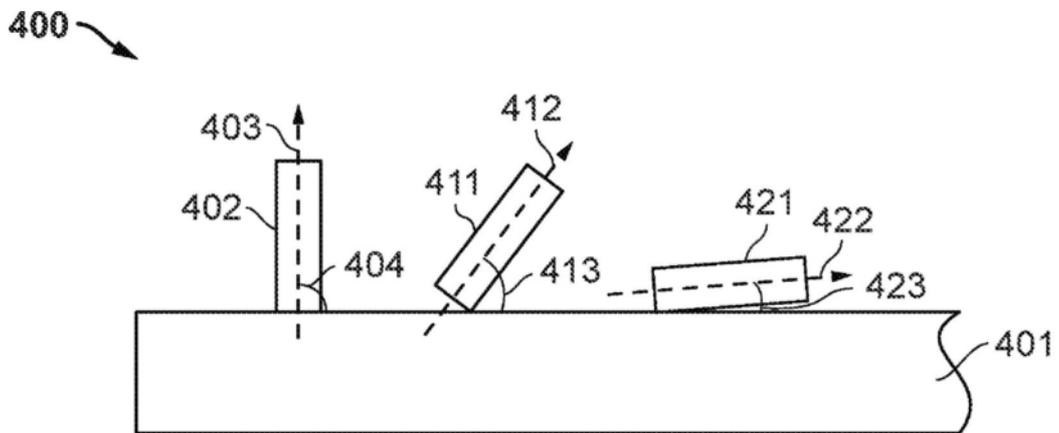


图4A

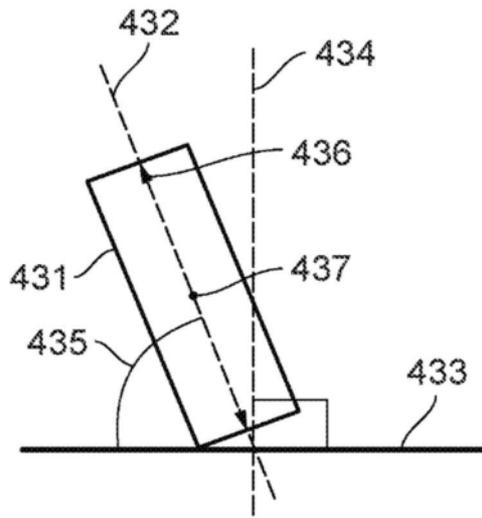


图4B

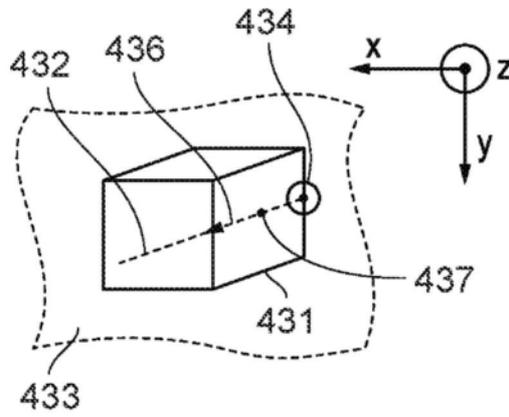


图4C

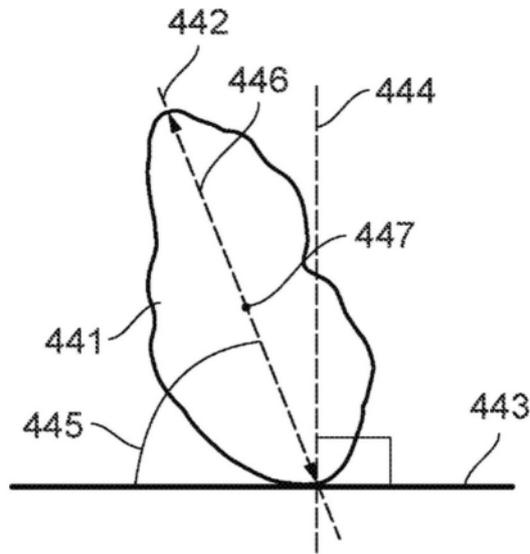


图4D

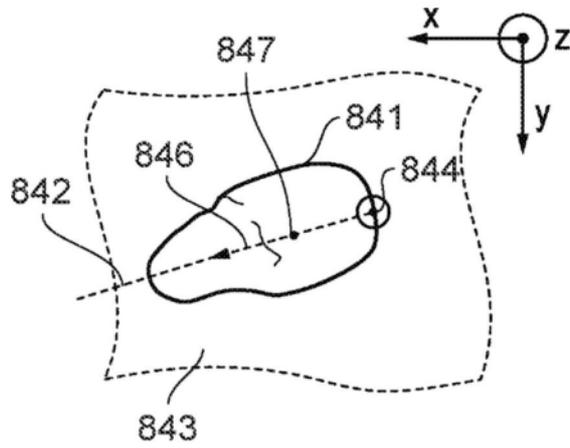


图4E

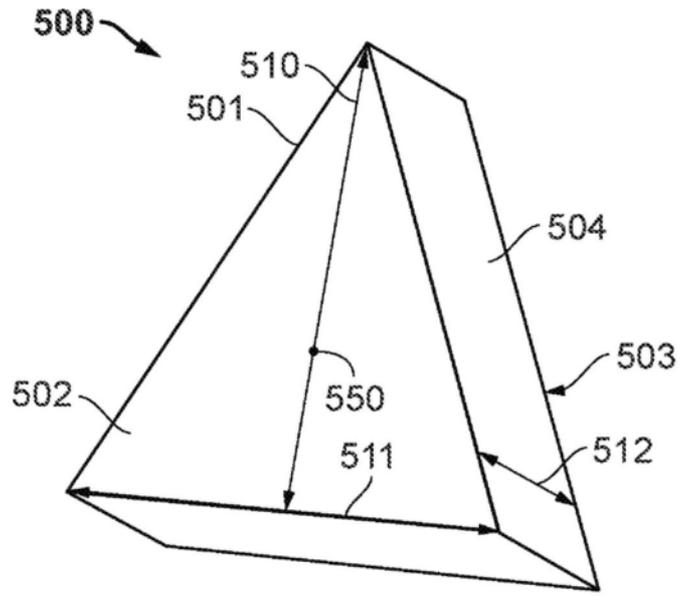


图5A

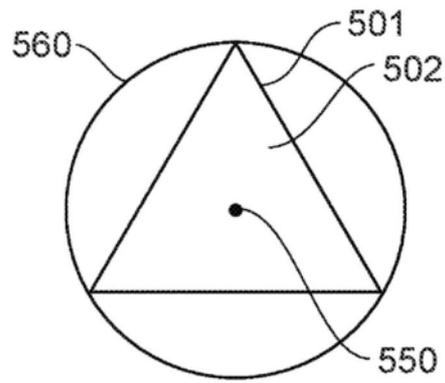


图5B

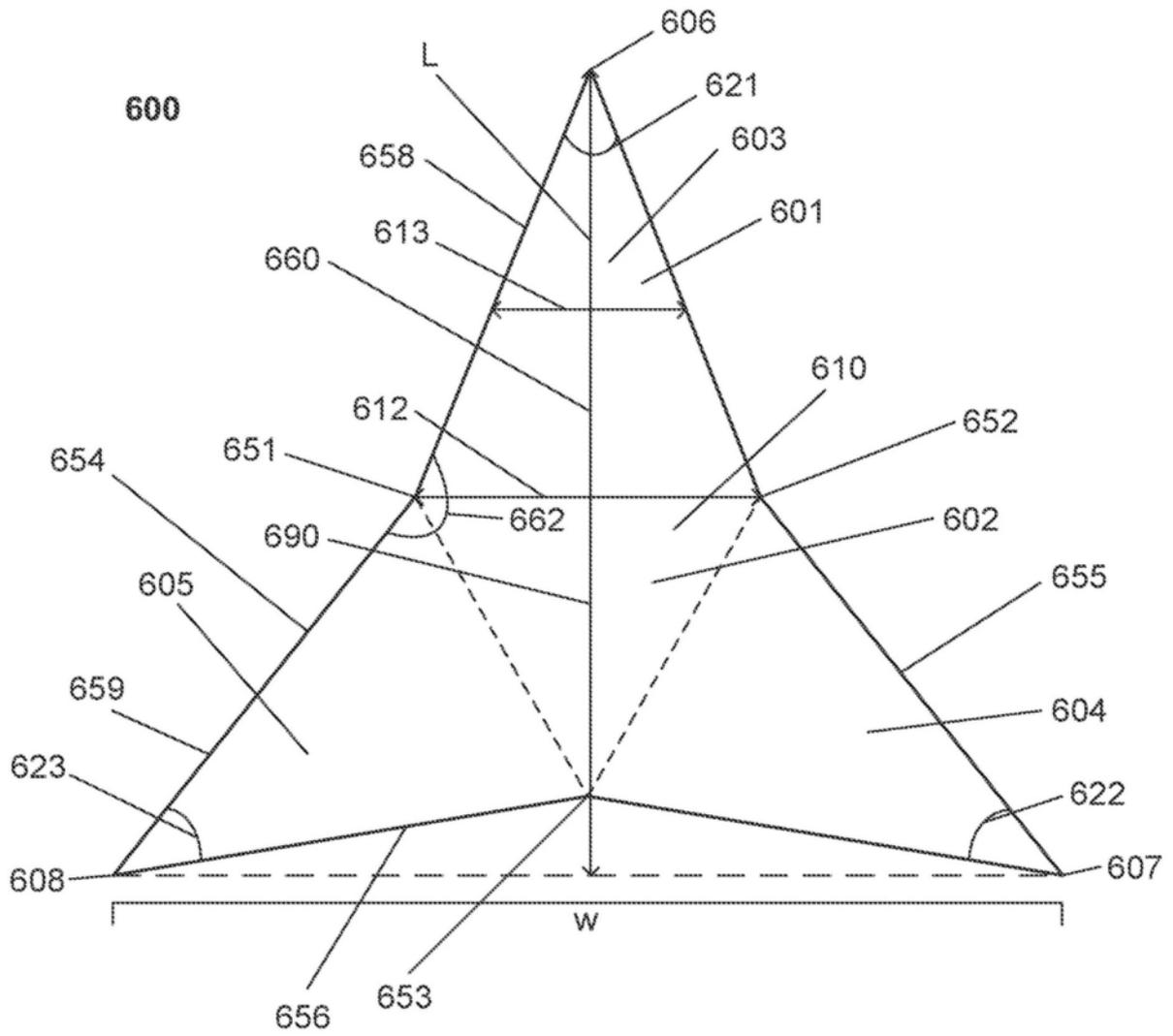


图6A

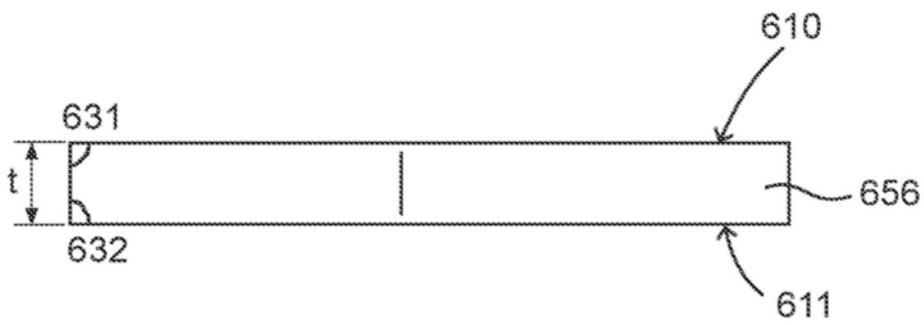


图6B

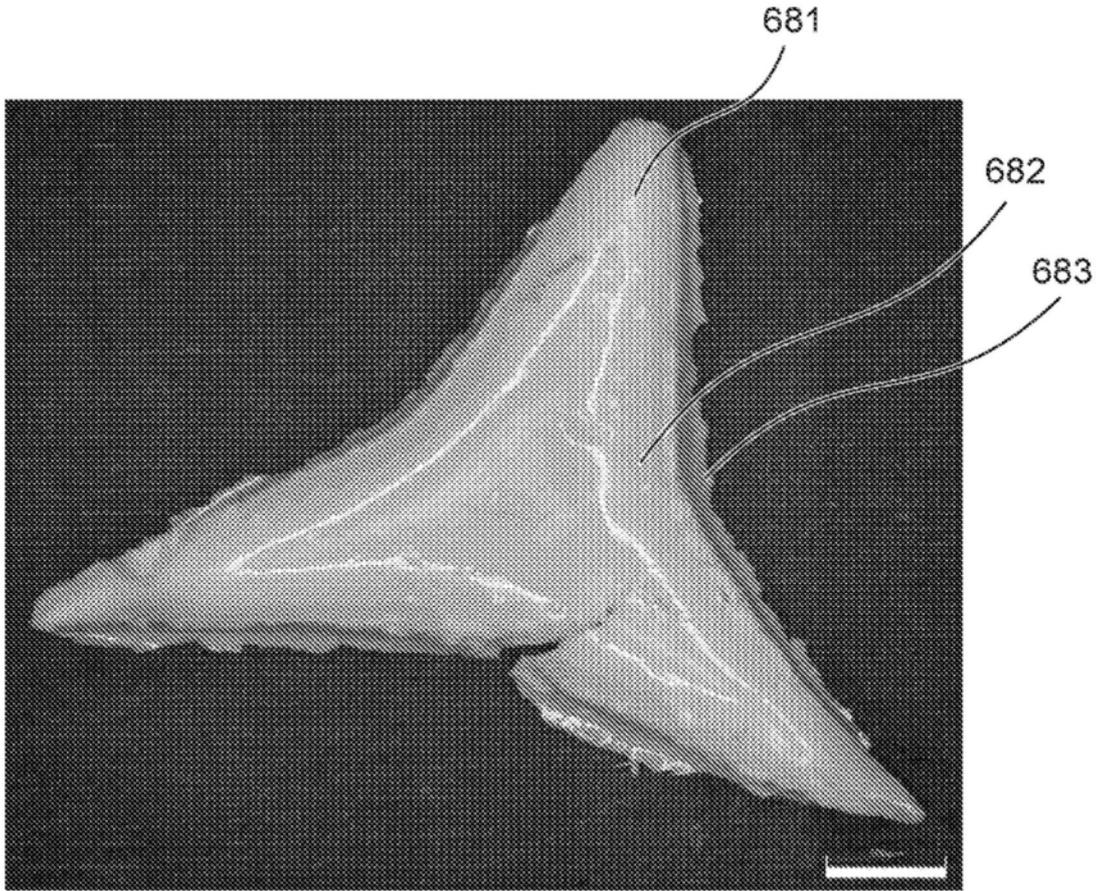


图6C

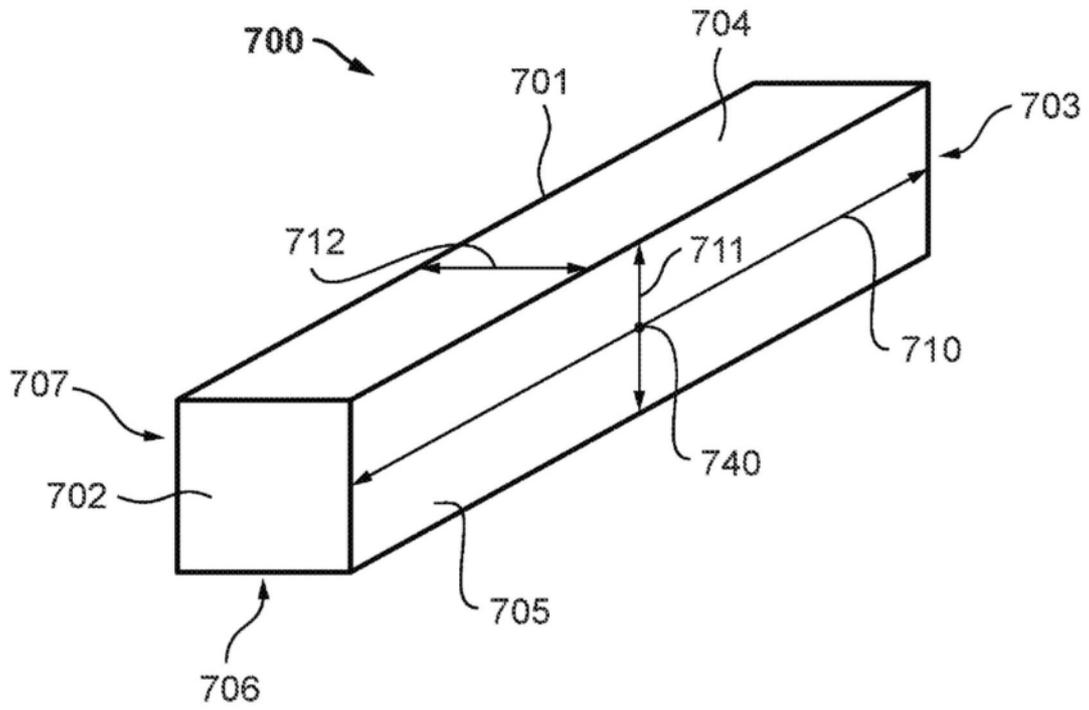


图7

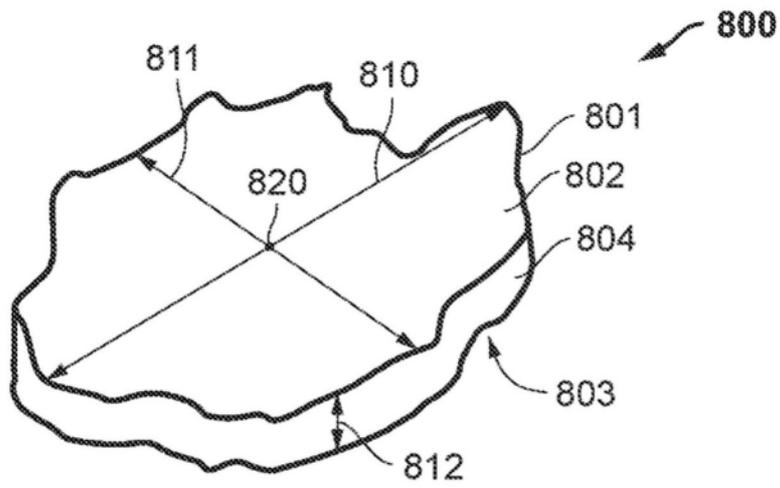


图8A

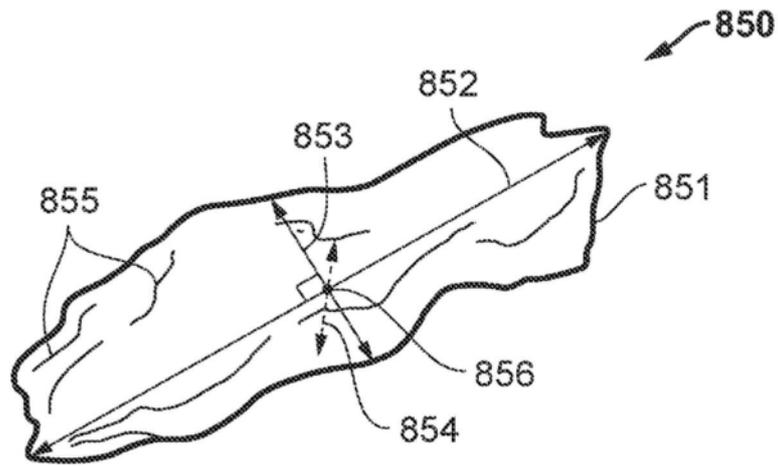


图8B

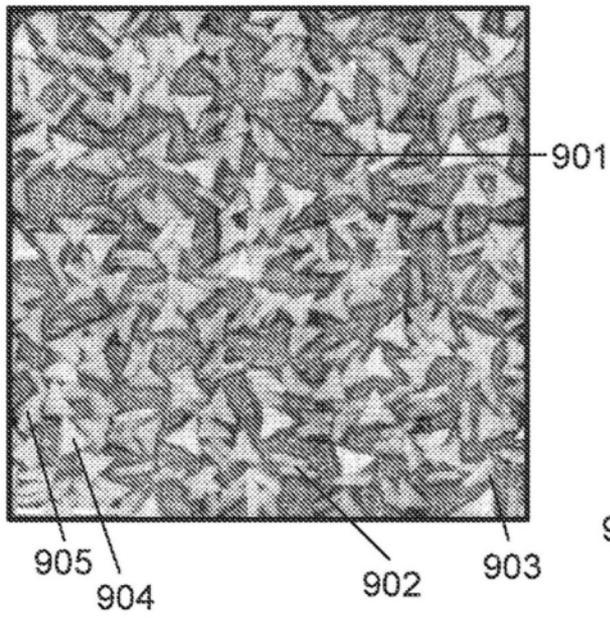


图9A

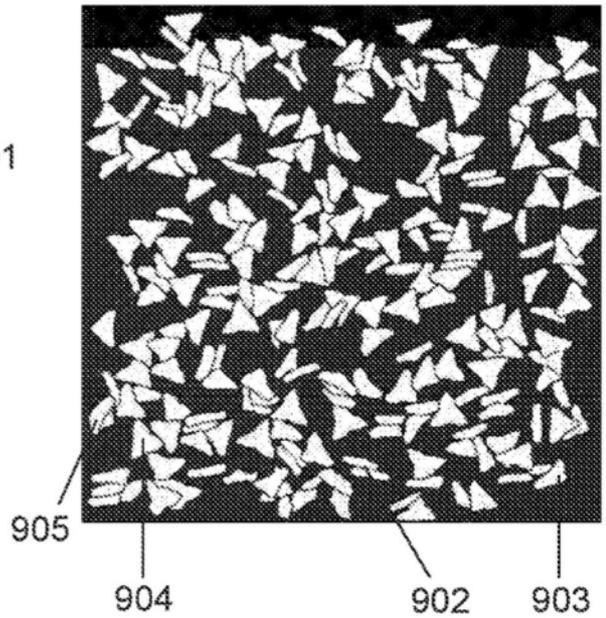


图9B

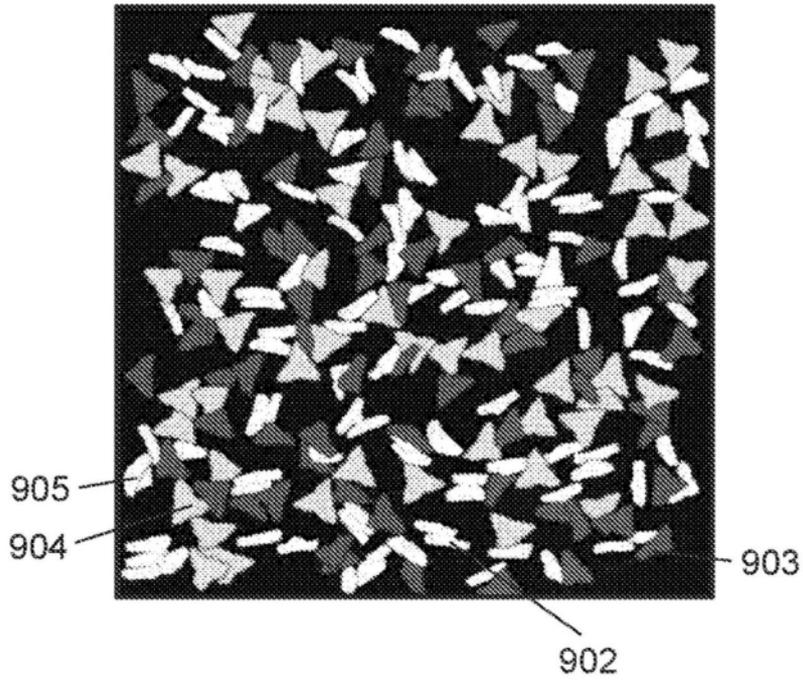


图9C

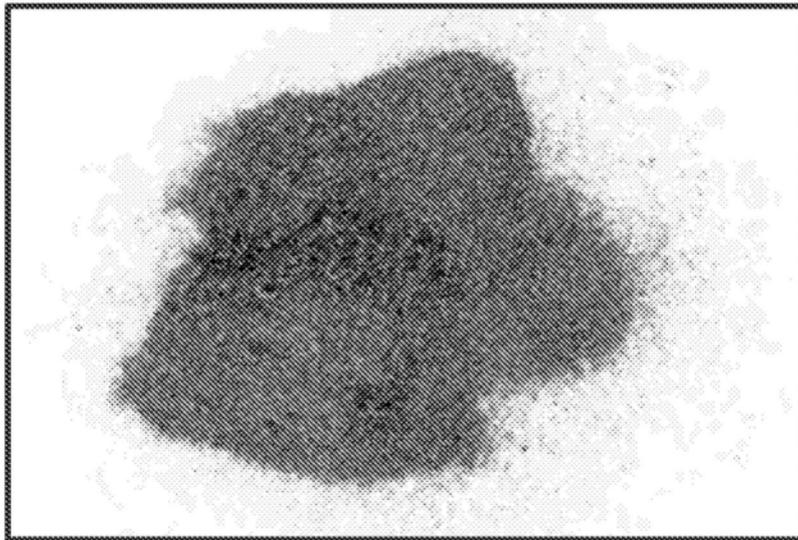


图10

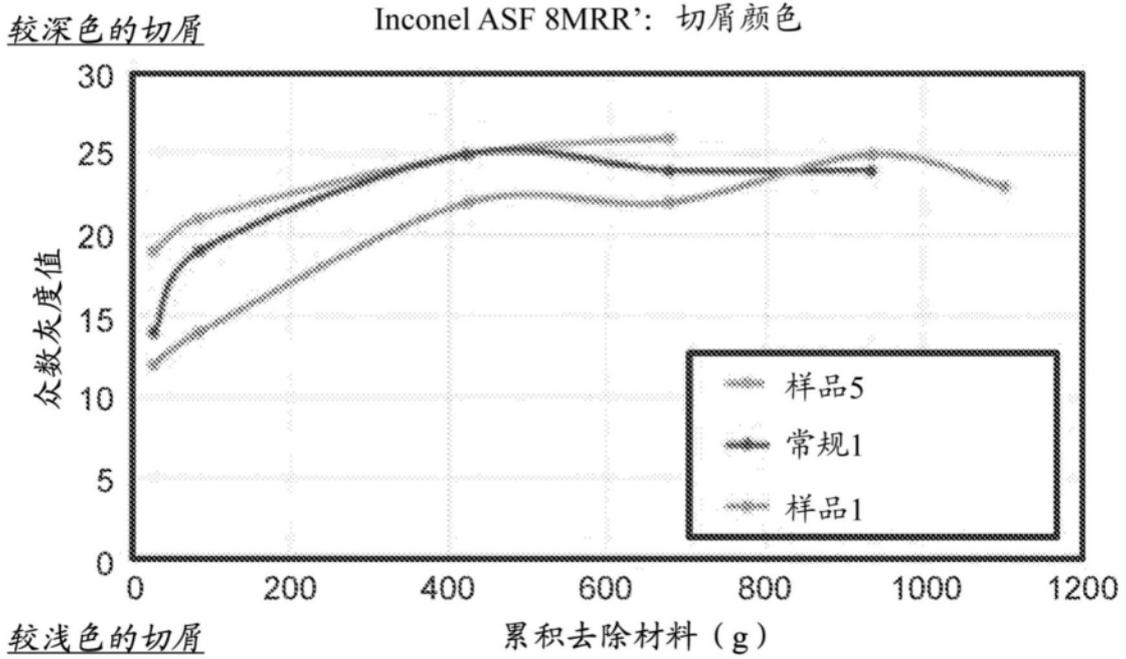


图11

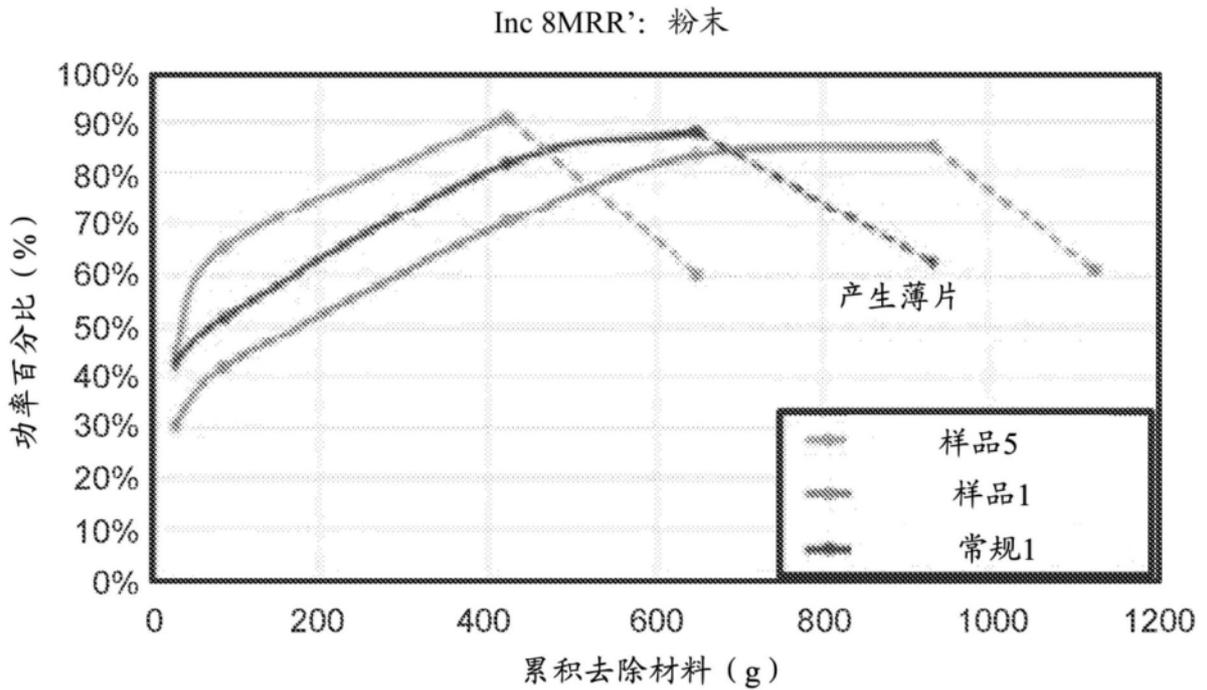


图12A

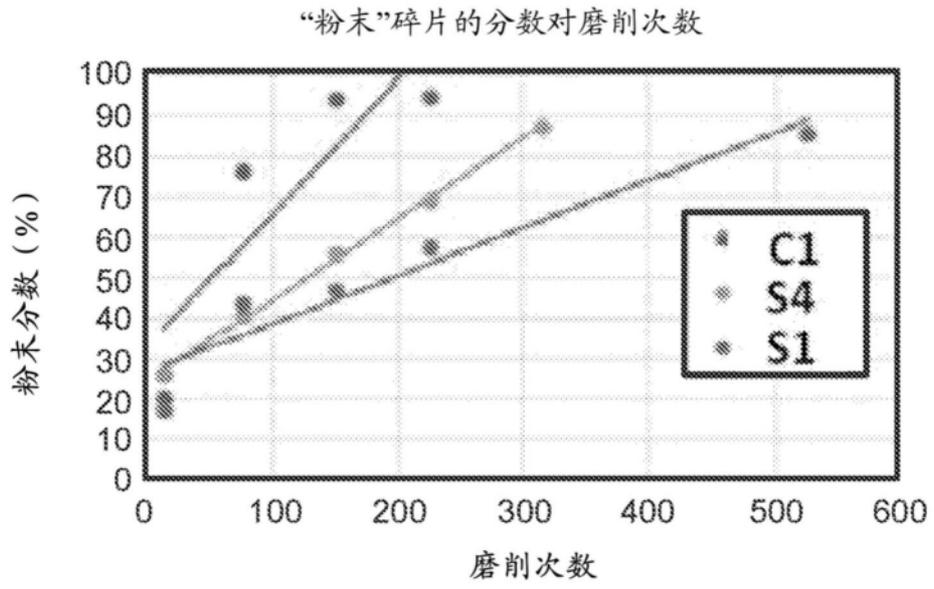


图12B

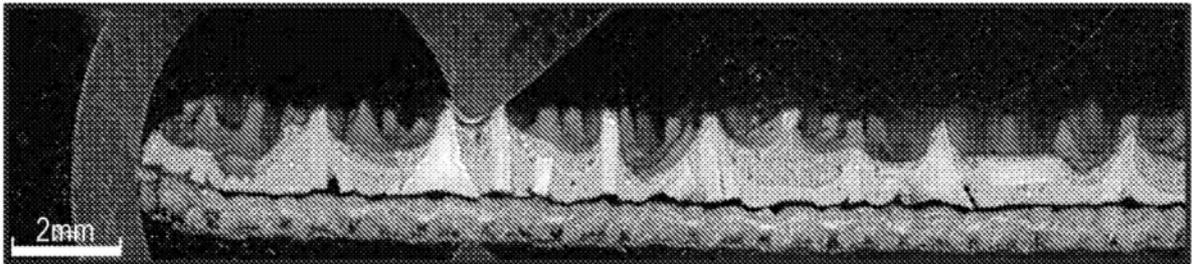


图13