



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118372187 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 23

(21) 申请号 202410463067.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2017.05.10

B24D 18/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

G09K 3/14 (2006.01)

62/334,296 2016.05.10 US

(62) 分案原申请数据

201780039178.9 2017.05.10

(71) 申请人 圣戈本陶瓷及塑料股份有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 R·鲍尔 E·莫克

J·H·泽雷宾斯基

Y·波桑特-洛克斯 F·弗雷米

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

专利代理师 章蕾

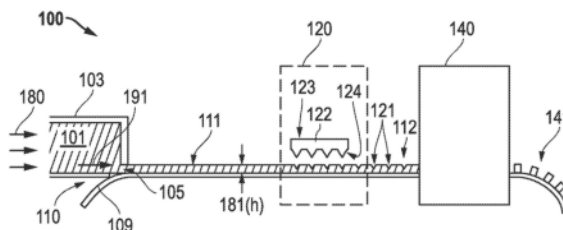
权利要求书2页 说明书47页 附图46页

## (54) 发明名称

磨料颗粒及其形成方法

## (57) 摘要

本申请涉及磨料颗粒及其形成方法。一种磨料颗粒具有包含第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,使得大部分所述侧表面包括多个微脊。



1. 一种用于制作磨料颗粒的方法,其包括:

a) 将混合物形成为主体,所述主体呈具有至少0.1mm高度的层,其中所述混合物包括含有氧化铝的陶瓷;

b) 使所述主体的至少一部分变形以产生至少一个裂纹起裂点,其中变形包括使一形式接触所述主体的表面;以及

c) 在受控的裂化条件下干燥所述主体,其中受控的裂化条件包含从所述至少一个裂纹起裂点开始的受控的裂纹扩展,且其中所述干燥包含将所述主体破裂来产生多个前体磨料颗粒;

其中所述前体磨料颗粒的各者包含具有第一主表面、第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,且其中所述侧表面包括自所述第一主表面或所述第二主表面的平面观察的不规则二维形状。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中干燥所述主体包括在所述磨料颗粒中的至少一个的侧表面的至少一部分上形成微脊。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中干燥所述主体包括在所述磨料颗粒中的至少一个的侧表面的大部分上形成微脊。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中使所述主体的至少一部分变形包含在所述主体的至少一部分中形成受控的特征分布。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述受控的特征分布包含随机的特征分布。

6. 根据权利要求4所述的方法,其中所述受控的特征分布包含在所述主体的至少一部分中形成的互连的凹陷网络。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中干燥包含通过控制以下中的至少一个在所述主体中产生受控的裂化条件:

干燥温度在至少20°C且不大于250°C的范围内;

相对湿度在至少10%且不大于90%的范围内;

流速在至少0.1m/秒且不大于5m/秒的范围内;或

其任何组合。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述主体采用具有第一主表面、第二主表面和侧表面的层的形式,并且其中所述第一主表面限定宽度(w),所述侧表面限定高度(h),并且其中所述层的纵横比(w:h)至少为10:1,并且其中所述第一主表面的表面积至少为10cm<sup>2</sup>。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中形成所述多个前体磨料颗粒而不粉碎所述主体或不使所述主体有意振动以诱导所述主体裂化。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中所述磨料颗粒中的至少一个的主体包含具有不规则轮廓的侧表面部分。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述磨料颗粒的所述主体的所述侧表面包括至少1.25的平均各向异性因子。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中所述平均各向异性因子为至少1.30且不大于20。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中所述侧表面包括至少0.75且不大于10的各向异性因子标准偏差。

14. 根据权利要求11所述的方法,其中所述侧表面包括从所述第一主表面延伸的第一

区域和从所述第二主表面延伸的第二区域,并且其中所述第一区域和所述第二区域在所述侧表面上邻接,并且其中所述第二区域包括比所述第一区域大的平均各向异性因子。

## 磨料颗粒及其形成方法

[0001] 本申请为申请日2017年05月10日,申请号201780039178.9,名称为“磨料颗粒及其形成方法”的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 以下涉及磨料颗粒,并且更具体地涉及具有某些特征的磨料颗粒和形成这种磨料颗粒的方法。

### 背景技术

[0003] 结合磨料颗粒的磨料制品可用于各种材料去除操作,包含研磨、精加工、抛光等。取决于磨料材料的类型,这种磨料颗粒可以用于使制造商品的各種材料成形或对其进行研磨。迄今已配制某些类型的具有特定几何形状的磨料颗粒,如三角形磨料颗粒和结合这种物体的磨料制品。参见例如美国专利号5,201,916;5,366,523;和5,984,988。

[0004] 以前,已经采用三种基本技术来生产具有特定形状的磨料颗粒,所述磨料颗粒是融合、烧结和化学陶瓷。在融合过程中,磨料颗粒可以通过冷却辊成形,所述磨料颗粒的面可以雕刻或不雕刻,熔融材料浇注到模具中,或者散热材料浸入氧化铝熔体中。参见例如美国专利号3,377,660。在烧结过程中,磨料颗粒可由粒度最大为10微米的耐火粉末形成。可以将粘合剂与润滑剂和合适的溶剂一起添加到粉末中以形成可以成形为各种长度和直径的薄片或棒的混合物。参见例如美国专利号3,079,242。化学陶瓷技术涉及将胶体分散体或水溶胶(有时称为溶胶)转化为凝胶或限制组分的移动性的任何其它物理状态、干燥和烧制以获得陶瓷材料。参见例如美国专利号4,744,802和4,848,041。关于磨料颗粒的相关公开内容以及形成结合这种颗粒的磨料制品的相关方法可在以下网址获得:<http://www.abel-ip.com/publications/>。

[0005] 行业继续要求改进的磨料材料和磨料制品。

### 发明内容

[0006] 根据一方面,磨料颗粒包含包括第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,其中所述侧表面包括至少1.25的平均各向异性因子。

[0007] 根据另一方面,磨料颗粒包含包括第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,其中所述第一主表面包括第一突起,所述第一突起被安置成邻接第一侧表面部分并沿所述第一侧表面部分的至少一部分延伸,并且进一步包括无纹理区域,所述无纹理区域延伸穿过所述主体的中心区域,其中所述无纹理区域限定所述第一主表面的大部分总表面积。

[0008] 在又另一方面,磨料颗粒包含包括第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,其中大部分所述侧表面包括多个微脊。

[0009] 根据又另一方面,磨料颗粒集合包含第一磨料颗粒,所述第一磨料颗粒包括包含第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,其中所述第一磨料颗粒的所述主体包括第一二维形状,并且其中所述第一主表面包括第一突起,所述第一突起邻接所述侧表面的第一侧表面部分的至少一部分并沿着所述至少一部分延伸,并且其中所述主体进一步包括延伸穿过所述主体的中心区域的无纹理区域,其中所述无纹理区域限定所述第一主表面的大部分总表面积,并且进一步包含第二磨料颗粒,所述第二磨料颗粒包括第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,其中所述第二磨料颗粒的所述主体包括与所述第一磨料颗粒的所述二维形状相比不同的二维形状。

[0010] 在又另一方面,磨料颗粒集合包括磨料颗粒,其中所述磨料颗粒集合中的每个颗粒包含具有第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体;并且其中磨料颗粒集合的大部分颗粒包括沿着所述侧表面的至少一部分延伸的多个微脊。

[0011] 根据仍另一方面,磨料颗粒集合包括磨料颗粒,其中所述磨料颗粒集合的颗粒包含具有第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,并且其中所述侧表面包含在所述主体的外角之间延伸的多个侧表面部分,并且其中所述主体的至少45%的侧表面部分包含多个微脊。

[0012] 一方面包含磨料颗粒集合,其中所述磨料颗粒集合中的每个磨料颗粒包含具有第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第一主表面之间延伸的侧表面的主体,其中所述第一主表面和所述第二主表面基本上彼此平行;并且其中所述磨料颗粒集合包括至少3.5的平均非凸性因子和至少2.4的非凸性因子标准偏差。

[0013] 另一方面包含磨料颗粒集合,其中所述磨料颗粒集合的每个磨料颗粒包括具有第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,并且其中所述磨料颗粒集合包括至少1.25的平均各向异性因子。

[0014] 并且又另一方面包含磨料颗粒集合,其中所述磨料颗粒集合中的每个磨料颗粒包括具有第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面的主体,其中所述主体包括如限定为沿所述第一主表面与所述第二主表面之间的所述侧表面的距离的高度,其中所述磨料颗粒集合包括不大于100微米的标准高度偏差,并且其中所述磨料颗粒集合包括至少3.5的平均非凸性因子。

## 附图说明

[0015] 通过参考附图,可以更好地理解本公开,并且其众多特征和优点对于本领域技术人员来说是显而易见的。

[0016] 图1包含根据实施例的形成磨料颗粒的方法的示意图。

[0017] 图2A包含根据实施例的用于形成磨料颗粒的系统的自顶向下视图。

[0018] 图2B包含根据实施例的包含特征的主体的一部分的横截面视图。

[0019] 图3A、图3B和图4A-4L包含根据实施例的用于修改主体的形式的自顶向下图示和

透视图图示。

- [0020] 图5包含成形的磨料颗粒的透视图图示。
- [0021] 图6包含随机成形的磨料颗粒的透视图图示。
- [0022] 图7A包含根据实施例的受控高度磨料颗粒的透视图图示。
- [0023] 图7B包含根据实施例的受控高度磨料颗粒的透视图图示。
- [0024] 图7C包含根据实施例的磨料颗粒的自顶向下视图图示。
- [0025] 图7D包含根据实施例的涂覆磨料的一部分的侧视图图示。
- [0026] 图8A包含根据实施例的磨料颗粒的图像。
- [0027] 图8B包含根据实施例的磨料颗粒的自顶向下图像。
- [0028] 图8C包含图8B的磨料颗粒的主表面的一部分的表面轮廓图。
- [0029] 图8D包含图8B的颗粒的主表面的一部分的表面轮廓图。
- [0030] 图9A到图9E包含根据本文实施例的磨料颗粒的图像。
- [0031] 图10包含根据实施例的涂覆磨料制品的横截面图示。
- [0032] 图11包含根据实施例的粘结磨料制品的横截面图示。
- [0033] 图12A到图12J包含根据实施例的来自磨料颗粒集合的磨料颗粒的自顶向下图像。
- [0034] 图13A到图13R包含根据实施例的来自磨料颗粒集合的磨料颗粒的自顶向下图像。
- [0035] 图14A到图14J包含根据实施例的来自磨料颗粒集合的磨料颗粒的自顶向下图像。
- [0036] 图15A包含根据实施例的在侧表面上包含多个微脊的磨料颗粒的图像。
- [0037] 图15B包含图15A的根据实施例的磨料颗粒的侧表面的图像。
- [0038] 图16包含根据实施例的包含缩放微脊的磨料颗粒的侧表面的一部分的图像。
- [0039] 图17包含根据实施例的包含扩展微脊的磨料颗粒的侧表面的一部分的图像。
- [0040] 图18包含根据实施例的磨料颗粒的侧视扫描电子显微镜 (SEM) 图像。
- [0041] 图19包含图18的磨料颗粒的侧壁的放大的SEM图像。
- [0042] 图20包含图18的测量主体和第二区域的高度标记的侧视图图像。
- [0043] 图21A包含侧壁的一部分的扫描电子显微镜 (SEM) 图像。
- [0044] 图21B包含如使用傅立叶变换分析的图21A的图像。
- [0045] 图22A包含根据实施例的磨料颗粒的自顶向下X射线显微镜 (XRM) 图像。
- [0046] 图22B包含图22A的二进制图像。
- [0047] 图22C包含图22B的使用通过成像处理软件进行的凸包分析的转换图像。
- [0048] 图23A包含来自样品CS1的磨料颗粒的自顶向下XRM图像。
- [0049] 图23B包含来自样品CS1的磨料颗粒的侧表面的一部分的SEM图像。
- [0050] 图24A包含来自样品CS2的磨料颗粒的自顶向下图像。
- [0051] 图24B包含来自样品CS2的磨料颗粒的侧表面的一部分的SEM图像。
- [0052] 图25A包含来自样品CS3的磨料颗粒的自顶向下SEM图像。
- [0053] 图25B包含来自样品CS1的磨料颗粒的侧表面的一部分的SEM图像。

### 具体实施方式

[0054] 以下涉及形成磨料颗粒的方法和这种磨料颗粒的特征。磨料颗粒可以用于各种磨料制品, 包含例如粘结的磨料制品、涂覆的磨料制品等。可替代地, 本文实施例的磨料颗粒

可以用于自由磨料技术,包含例如研磨和/或抛光浆料。

[0055] 图1包含根据实施例的用于形成磨料颗粒的系统的图示。可以通过形成包含陶瓷材料和液体的混合物101来引发形成磨料颗粒的过程。具体地,混合物101可以是由陶瓷粉末材料和液体形成的凝胶,其中凝胶可以表征为形状稳定的材料,即使在绿色(即,未烧制)状态下,所述形状稳定的材料有也能够保持给定形状。根据实施例,凝胶可以包含粉末材料,所述粉末材料是离散颗粒的整合网络。

[0056] 混合物101可以形成为具有特定含量的固体材料,如陶瓷粉末材料。例如,在一个实施例中,混合物101的固体含量可以在混合物101的总重量的至少25wt%且不大于75wt%的范围内。

[0057] 根据一个实施例,陶瓷粉末材料可以包含氧化物、氮化物、碳化物、硼化物、碳氧化物、氮氧化物及其组合。在特定情况下,陶瓷材料可以包含氧化铝。更具体地,陶瓷材料可以包含勃姆石材料,所述勃姆石材料可以是 $\alpha$ 氧化铝的前体。术语“勃姆石”在本文中通常用于表示包含矿物勃姆石的氧化铝水合物,通常为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 并且含水量为约15%、以及含水量高于15%的假勃姆石,如按重量计20%到38%。值得注意的是,勃姆石(包含假勃姆石)具有特殊且可识别的晶体结构、以及相应独特的X射线衍射图案,并且因此,区别于其它铝材料,包含其它水合氧化铝如ATH(氢氧化铝),所述ATH是本文中用于制造勃姆石颗粒材料的常见的前体材料。

[0058] 此外,混合物101可以形成为具有特定含量的液体材料。一些合适的液体可以包含有机材料。其它合适的材料可以包含水。根据一个实施例,混合物101可以形成为具有小于混合物101的固体含量的液体含量。在更具体的情况下,混合物101的液体含量可以在混合物101的总重量的至少约25wt%且不大于75wt%的范围内。可以控制混合物101的水含量以促进收缩时适当干燥,这可以有助于形成根据本文实施例的磨料颗粒。

[0059] 此外,为了促进加工和形成根据本文实施例的磨料颗粒,混合物101可以具有特定的储能模量。例如,混合物101的储能模量可以在至少约 $1 \times 10^4$  Pa且不大于约 $1 \times 10^7$  Pa的范围内。储能模量可以通过平行板系统使用ARES或AR-G2旋转流变仪和Peltier板温度控制系统测量。为了测试,可以将混合物101挤出在两个板之间的间隙内,所述两个板设定为彼此间隔约8mm。在将凝胶挤出到间隙中之后,限定间隙的两个板之间的距离减小到2mm,直到混合物101完全填充板之间的间隙。在擦去多余的混合物之后,间隙减小0.1mm并开始测试。所述测试是用仪器设置进行的振荡应变扫描测试,所述仪器设置的应变范围在0.1%到100%之间、在 $6.28 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  (1Hz)下、使用25mm平行板并且每十个记录10个点。在测试完成后1小时内,间隙再次降低0.1mm并重复测试。测试可以重复至少6次。第一次测试可能与第二次和第三次测试不同。只应报告每个样本的第二次和第三次测试的结果。可以通过将储能模量值除以 $6.28 \text{ s}^{-1}$ 来计算粘度。

[0060] 此外,为了促进加工和形成根据本文实施例的磨料颗粒,混合物101可以具有特定粘度,这可以促进后续加工(例如,改性)和形成期望的磨料颗粒。例如,混合物101的粘度可以为至少约 $4 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $5 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $6 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $8 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $10 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $20 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $30 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $40 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $50 \times 10^3$  Pa.s、至少约 $60 \times 10^3$  Pa.s、或甚至至少约 $65 \times 10^3$  Pa.s。在至少一个非限制性实施例中,混合物101的粘度可以不大于约 $1 \times 10^6$  Pa.s、不大于约 $5 \times 10^5$  Pa.s、不大于约 $3 \times 10^5$  Pa.s、或甚至

不大于约 $2 \times 10^5$  Pa.s。应理解,混合物101的粘度可以在上述任何最小值与最大值之间的范围内。

[0061] 此外,混合物101可以形成为具有特定含量的有机材料,包含例如可以与液体不同的有机添加剂,以促进加工和形成根据本文实施例的磨料颗粒。一些合适的有机添加剂可以包含稳定剂、增塑剂、表面活性剂、粘合剂,如果糖、蔗糖、乳糖、葡萄糖、UV可固化树脂等。

[0062] 本文的实施例可以使用具有特定含量的有机添加剂的混合物101。例如,与混合物101内的其它组分相比,混合物101内的有机材料的含量、特别是上述任何有机添加剂的含量可以是少量的。在至少一个实施例中,混合物101可以具有不大于混合物101的总重量的约30wt%的有机材料。在其它情况下,有机材料的量可以更少,如不大于约15wt%、不大于约10wt%、或甚至不大于约5wt%。此外,在至少一个非限制性实施例中,混合物101内有机材料的量可以是混合物101的总重量的至少约0.1wt%,如至少约0.5wt%。应理解,混合物101的有机材料的量可以在上述任何最小值与最大值之间的范围内。

[0063] 此外,混合物101可以形成为具有特定含量的酸和/或碱,以促进加工和形成根据本文实施例的磨料颗粒。一些合适的酸或碱可以包含硝酸、硫酸、柠檬酸、氯酸、酒石酸、磷酸、硝酸铵、柠檬酸铵。根据一个具体实施例,使用硝酸添加剂,混合物101的pH可以小于约5,更特别地在约2与约4的范围内。

[0064] 形成磨料颗粒的方法可以包含将混合物101形成为主体。参考图1,系统100可以包含模103并限定沉积区,其中混合物101形成为主体111。如所示出的,混合物101可以设置在模103的内部并且被配置成通过位于模103的一端的模开口105挤出。如进一步所示,成形可以包含在混合物101上施加力180(可转换成压力)以促进混合物101移动通过模开口105。根据一个实施例,在挤出过程中可以使用特定的压力。例如,压力可以为至少约10kPa,如至少约500kPa。而且,在至少一个非限制性实施例中,挤出期间使用的压力可以不大于约10MPa或不大于5MPa。应当理解,用于挤出混合物101的压力可以在上述任何最小值与最大值之间的范围内。

[0065] 在某些系统中,模103可以包含具有特定形状的模开口105。应当理解,模开口105可以成形为赋予混合物101和所得主体111特定的形状。此外,混合物101挤出通过模开口105,并且所得主体111可以具有与模开口105基本相同的横截面形状。根据一个实施例,模开口105可以具有矩形形状。在仍其它实施例中,模开口105可以成形为在混合物离开模103时在主体111的一个或多个表面中产生某些特征。这些特征可以包含受控的特征分布。因此,在某些情况下,混合物101从模103的挤出和主体111的改性可以同时发生。也就是说,混合物101可以离开模103并且形成为在一个或多个表面中具有某些特征的主体111,使得在主体111的形成期间,主体111也被改性为包含主体111的一个或多个表面中一个或多个特征。

[0066] 如图1中进一步所示,混合物101可以挤出到底物上。在图1的所示实施例中,底物采用位于模103下面的皮带109的形式,使得所得主体111呈材料层或材料片的形式。可以利用其它类型的底物。在特定情况下,混合物101可以直接挤出到皮带109上,这可以促进连续加工。

[0067] 根据一个特定实施例,皮带109可以形成为具有覆盖在底物上的薄膜,其中薄膜可以是离散且分离的材料层,所述材料层被配置成促进加工和形成磨料颗粒。所述方法可以

包含将混合物101直接提供到皮带的薄膜上以形成主体111。在某些情况下,薄膜可以包含聚合物材料,如聚酯。在至少一个特定实施例中,薄膜可以基本上由聚酯组成。

[0068] 在仍另一个实施例中,皮带109的上表面可以具有特定的粗糙度,这可以有助于形成根据本文实施例的磨料颗粒。例如,皮带109的表面的粗糙度可能影响干燥主体111的方式并且可以促进主体111的受控裂化。各种材料可以用于皮带109或用作皮带109表面上的涂层。一些合适的材料可以包含无机材料,如金属、金属合金、陶瓷、多晶材料、非晶相材料、单晶材料或其任何组合。在另一个实施例中,皮带109或皮带109的上表面可以包含有机材料,如聚合物,所述聚合物可以包含材料,如环氧树脂、树脂、热固性材料、热塑性塑料、聚酰亚胺、聚酰胺及其组合。应当理解,皮带109的上表面可以包含在本文的实施例中描述的一个或多个特征,所述一个或多个特征可以用于在主体111的一部分中形成特征分布,如与具有这种特征的皮带109的上表面接触的主体111的一部分。例如,皮带109的各方面如表面粗糙度、皮带的材料等可以适合于主体111的特定方面和形成过程,以促进如本文实施例中所述的磨料颗粒的合适形成。

[0069] 在一些实施例中,皮带109可以在使混合物101移动通过模开口105的同时平移。如系统100中所示,混合物101可以沿方向191挤出。皮带109的平移方向110可以相对于混合物的挤出方向191成角度。虽然平移方向110与挤出方向191之间的角度在系统100中示出为基本正交,但是可以设想其它角度,包含例如锐角或钝角。此外,虽然混合物101被示出为沿方向191挤出,所述方向相对于皮带109的平移方向110成角度,但是在替代性实施例中,皮带109和混合物101可以沿基本上相同的方向挤出。

[0070] 皮带109可以以特定速率平移以促进加工。对于根据本文实施例的某些方法,与混合物101在方向191上的挤出速率相比,可以控制皮带109的平移速率以促进适当的加工。例如,皮带109的平移速率可以与挤出速率基本相同,以确保形成合适的主体111。

[0071] 对于某些实施例,可以挤出混合物101以形成如在由主体111的高度和宽度限定的平面中所观察的呈具有大致矩形横截面形状的主体111形式的主体111。虽然主体111被示出为片材,但是应当理解,所述过程不限于此,并且混合物可以形成具有任何期望形状的主体。

[0072] 由混合物101形成主体111的过程可以包含控制特定特征和工艺参数,以促进具有本文实施例中提供的一个或多个特征的磨料颗粒的合适形成。例如,在某些情况下,由混合物101形成主体111的过程可以包含形成具有特定高度的主体111。此外,应注意,可以通过改变模103与皮带109的表面之间的距离来控制主体111的高度181。可替代地,所述过程可以使用刮刀或类似技术来控制主体111的高度181。另外,将混合物101形成为主体111可以包含部分地基于混合物101的粘度来控制主体111的尺寸。在至少一个实施例中,主体111形成为具有第一主表面的较大层材料,所述第一主表面的主表面积为至少 $10\text{cm}^2$ ,如至少 $20\text{cm}^2$ 、或至少 $50\text{cm}^2$ 、或至少 $100\text{cm}^2$ 、或至少 $500\text{cm}^2$ 、或至少 $1\text{m}^2$ 。值得注意的是,形成主体111的过程可以在不使用模具或其它生产工具的情况下进行,以形成包含在生产工具的开口内的多个单独和不离散的凝胶部分。

[0073] 此外,为了促进加工和形成根据本文实施例的磨料颗粒,主体111可以具有特定粘度,所述特定粘度可以具有上述关于混合物101的粘度的任何值。

[0074] 主体111可具有特定尺寸,包含例如长度(l)、宽度(w)和高度(h)。根据实施例,主

体111可以具有在平移皮带109的方向上延伸的长度,所述长度可以大于宽度,其中主体111的宽度是在垂直于皮带109的长度且垂直于片材的长度的方向上延伸的尺寸。主体111可以具有高度181,其中长度和宽度大于主体111的高度181。这样,根据一个实施例,长度>宽度>高度。

[0075] 值得注意的是,主体111的高度181可以从皮带109的表面垂直延伸的尺寸。根据一个实施例,主体111可以形成为具有高度181的特定尺寸,其中高度可以从多次测量得到的主体111的平均高度。例如,主体111的高度181可以为至少约0.1mm,如至少约0.5mm。在其它情况下,主体111的高度181可以更大,如至少约0.8mm、至少约1mm、至少约1.2mm、至少约1.6mm,或甚至至少约2mm。而且,在一个非限制性实施例中,主体111的高度181可以不大于约10mm、不大于约5mm、或甚至不大于约2mm。应当理解,主体111的平均高度可以在上述任何最小值与最大值之间的范围内。

[0076] 在从模103挤出混合物101之后,主体111可以沿着皮带109的表面在方向112上平移。沿着皮带109的主体111的平移可以促进进一步加工。例如,在形成主体111之后,主体111可以平移到改性区120,其中主体111的至少一部分被改性。使主体111改性的过程可以包含使用一个或多个过程,所述一个或多个过程可以有助于在进一步加工期间改变主体111内的应力产生。例如,使主体111改性的过程可以包含使主体111的部分改性,使得在进一步加工(例如,干燥)时,与改性相关联的主体111的部分可以是与那些区域相比具有更高应力集中的区域,所述区域不被改性,使得主体可能更可能在较高应力集中的区域中破裂,从而促进形成成形的前体颗粒。例如,使主体111改性的过程可以局部地改变干燥期间主体111中的应力产生。在一个实施例中,改性过程可以包含使主体111的至少一部分变形。主体111的改性可以促进在主体111中形成至少一个裂纹起裂点,使得可以在后续处理(例如,干燥)期间控制裂纹或缺陷的初始位置和在主体111内裂纹扩展的方向。在一个实施例中,使主体111改性的过程可以包含改变主体111的物理特征,如主体111的一个或多个表面和/或一个或多个尺寸的改变。

[0077] 在又一个实施例中,使主体111的至少一部分改性可以包含改变主体111的至少一部分的化学组合物。在某些情况下,使主体111改性可以包含改变主体111的流变特性。在某些情况下,使主体111改性的过程可以包含向主体111的至少一部分施加或提供至少一种添加剂,使得添加剂可以化学地和/或物理地改变主体111。添加剂可以促进主体变化,所述变化导致在进一步加工期间具有较高应力集中的区域,这可以促进主体111受控破裂。这种改性可以有助于改变主体111内的应力,使得主体111包含相对于具有较低应力的主体111内的其它区域的较高应力区域。可以通过控制与改性过程相关联的一个或多个参数来控制具有较高应力和较低应力的区域的分布,包括但不限于控制在主体中形成的特征的分布、控制一种或多种添加剂在主体内的分布等。值得注意的是,当使主体111改性的过程与其它过程(例如,某些干燥条件)结合时,它可以促进形成具有本文所述特征的磨料颗粒。

[0078] 改性和干燥的过程可以具有一个或多个可以控制的参数,并且促进形成各种类型的磨料颗粒。例如,可能影响最终形成的磨料颗粒的特性的某些参数可以包含但不限于:皮带109的上表面的组成、皮带109的上表面的表面粗糙度、在改性期间在主体111中形成的特征分布、在改性期间在主体111中形成的特征的分布的形状、尺寸和/或横截面形状、在改性期间使用的一种或多种添加剂的分布和类型、主体111的流变性质(例如,粘度等)、主体111

内的原料的尺寸、形状和组成、主体111的高度、特征的深度、干燥温度、相对湿度、干燥速率、干燥时间、通过干燥环境的平移速率、或其任何组合。

[0079] 在一个特定实施例中,改性过程可以包含在主体的至少一部分中形成受控的特征分布。例如,如包含图1的系统的自顶向下视图的图2A中所示出的,主体111的上表面112可以变形,使得可以在上表面112中形成一系列凹陷121。如图1和图2A所示,凹陷121可以采用沿着主体111的宽度(w)和长度延伸并且部分地延伸穿过主体111的高度181的线的形式。应当理解,虽然凹陷121被示出为线,但是可以使用凹陷121的其它形状和布置,这取决于最终形成的磨料颗粒的期望方面。例如,凹陷121可以形成为具有各种形状或轮廓,如弯曲的、直的、点及其组合。

[0080] 根据一个实施例,受控的特征分布可以被定义为具有至少一个重复单元的特征的图案或阵列。在另一个实施例中,受控的特征分布可以是随机的特征分布,使得对于特征的布置不存在可辨别的短程或长程有序。受控分布的其它实例可以包含放射状图案、螺旋图案、叶序图案、不对称图案、自避免随机分布或其任何组合。

[0081] 受控分布的特征可以包含各种形状和/或结构。例如,特征可以包含突起、凹陷、互连结构、离散和隔离结构或其任何组合中的至少一个。在至少一个实施例中,特征可以具有各种横截面形状,包含例如但不限于U形、V形等。在某些情况下,主体111的至少一部分可以形成为具有受控的特征分布,包含如图1和图2中所示的互连的凹陷网络。在任何实施例中,在主体111中形成的特征可以在形状和尺寸上彼此相同。此外,在另一个实施例中,至少两个特征可以基于形状、尺寸、轮廓、横截面形状等彼此不同。

[0082] 特征的尺寸、形状和间隔可以被控制并且促进形成前体磨料颗粒,并且因此促进最终形成期望尺寸的磨料颗粒。在一个特定实施例中,特征之间的尺寸、形状和间隔可以促进形成根据本文实施例的磨料颗粒。特征之间的期望间距可能影响待形成的磨料颗粒的目标平均粒度。在至少一个实施例中,特征可以形成为具有锐角或小曲率半径,这可以有效地将应力集中在主体111内的期望位置处并且进一步促进受控裂化以产生期望的磨料颗粒形状和尺寸,这可以包含具有本文实施例的特征的那些磨料颗粒。

[0083] 对于至少一个方面,可以控制主体111中的特征的尺寸以促进形成根据本文实施例的磨料颗粒。例如,特征可以包含具有长度(Lf)、宽度(Wf)和深度(Df)的至少一个特征。在至少一个实施例中,长度可以是最长尺寸,宽度可以是与长度在同一平面中的第二长度尺寸,并且深度可以是特征的最短尺寸,所述最短尺寸可以在垂直于由长度和宽度限定的平面的方向上。值得注意的是,在一个实施例中, $Lf \geq Wf \geq Df$ 。此外,在另一个实施例中,主体可以具有基于 $Lf \geq Df \geq Wf$ 的尺寸。

[0084] 根据至少一个实施例,特征可以采用在主体111内形成的凹陷的形式。图2B包含根据实施例的在形成特征之后主体111的一部分的横截面图示。如所示出的,特征121可以包含在主体111的体积内形成并延伸到所述体积中的凹陷231。特征121还可以包含在主体111内形成并且限定在主体111的上表面121上方延伸的区域的突起232。值得注意的是,凹陷231可以具有平均深度194(df),所述平均深度被定义为凹陷231的底表面195与主体111的上表面112之间的平均距离。在至少一个实施例中,凹陷231可以形成为具有平均深度194,所述平均深度是主体111的平均高度181的至少5%。在其它情况下,平均深度194可以更大,如主体111的平均高度181的至少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%、或至少55%、或至少60%、或至少65%、或至少70%、或至少75%、或至少80%、或至少85%、或至少90%、或至少95%。此外,在一个非限制性实施例中,平均深度194可以不大于主体111的平均高度181的99%,如不大于95%、或不大于90%、或不大于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15%、或不大于10%、或不大于5%。而且,应当理解,平均深度194可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。控制凹陷231的平均深度194可以促进具有本文实施例的特征的磨料颗粒的合适的处理和改进的形成。这种特征中的一种或多种可以存在于最终形成的磨料颗粒内。

[0085] 在又一个实施例中,突起232可以限定主体111的在主体111的上表面112上方延伸的区域。突起232可以具有相对于主体的平均高度181的平均高度234。例如,突起232的平均高度可以是主体111的平均高度181的至少5%。在其它情况下,突起232的平均高度234可以更大,如主体111的平均高度181的至少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%、或至少55%、或至少60%、或至少65%、或至少70%、或至少75%、或至少80%、或至少85%、或至少90%、或至少95%。此外,在一个非限制性实施例中,平均高度234可以不大于主体111的平均高度181的99%,如不大于95%、或不大于90%、或不大于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15%、或不大于10%、或不大于5%。应当理解,平均高度234可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。控制突起232的平均高度234可以促进具有本文实施例的特征的磨料颗粒的合适的处理和改进的形成。这种特征中的一种或多种可以存在于最终形成的磨料颗粒内。

[0086] 突起232可以由改性过程产生。在某些情况下,当形成一个或多个凹陷时,主体111的混合物移动,并且突起232可以导致凹陷231周围的区域。在其它情况下,主体111的材料可以粘附到用于使主体111改性的表面的形式上,并且当形式被拉离主体111时,主体111的一些材料可以粘附到形式上。形式与主体111之间的这种粘附可能导致形成突起。在某些情况下,可能希望在改性过程中限制由于形式与主体之间的粘附造成的突起的形成。

[0087] 根据一个实施例,使主体111改性的过程可以包含使主体111的至少一个表面改性。如图1所示,特征121可以形成在主体111的上表面112中。可以使用各种机构在主体111的一个或多个表面中形成特征121。例如,如图1所示,具有成形特征124的形式122可以在方向123上平移,使得成形特征124接触主体111的上表面112并根据成形特征124使主体111变形。这种过程的一些实例可以包含凹版辊压或压花。用于使主体111的表面变形的其它合适的过程可以包含压制、冲压、沉积、喷涂等。

[0088] 在至少一个实施例中,在主体111的表面的至少一部分(例如,上表面112)中形成的特征可以通过使形式接触待改性的主体111的表面来产生。所述形式可具有一个或多个特征(例如,突起、壁、开口等),所述一个或多个特征可以用于在主体111中产生相应的特征。简要地参照图3,提供了形式的自顶向下视图图示。如所示出的,在至少一个实施例中,形式300可以是包括彼此连接并在这些部分之间限定开口302的部分301的筛网。可以将形式300压入主体111的上表面112中并使主体111在由部分301接触的区域中变形。值得注意

的是,主体111可以通过形式300改性,使得主体111的上表面112的至少一部分可以变形为具有与形式300的特征相对应的特征。具体地,部分301可以压入主体111中以形成凹陷,所述凹陷可以在形式300的部分301的相同布置中相对于彼此布置。此外,取决于某些其它加工参数,凹陷301的形成可以同时形成突起,因为来自凹陷的材料被推开并移位,这可能导致在主体111的上表面112上形成突起。图3B包含图3A的形式的透视图图示。

[0089] 应当理解,各种其它形式可以与所述方法一起使用。形式通常可以具有特征的任何组合。形式的特征的形状、尺寸和布置可能影响所形成的磨料颗粒的尺寸和形状。此外,形式的特征可能影响磨料颗粒中存在的形状特征。本文的实施例中描述了这种形状特征。某些形式可以利用相互连接并限定开口的突起或壁的特定布置。图3A、图3B和图4A到图4F包含用于限定开口的具有互连突起或壁的形式。例如,图4A包含根据实施例的形式的自顶向下视图图示。图4B包含图4A的形式的透视图图示。图4A的形式包含呈壁的形式的一部分401,所述部分彼此连接并限定开口402,所述开口具有大致四边形,并且更具体地如从自顶向下观察的矩形二维形状。

[0090] 图4C包含根据实施例的形式的自顶向下视图图示。图4D包含图4C的形式的透视图图示。图4C包含呈壁的形式的一部分403,所述部分彼此连接并限定开口404,所述开口具有如自顶向下观察的大致不规则的多边形二维形状。

[0091] 图4E包含根据实施例的形式的自顶向下视图图示。图4F包含图4E的形式的透视图图示。如所示出的,所述形式可以具有部分431,所述部分彼此连接并在部分431之间限定开口432。开口432可以具有四边形形状,并且更具体地梯形形状,并且甚至更具体地直角梯形形状,其中开口432的形状包含至少两个直角(即,90度)。应当理解,本文实施例的形式可以包含具有形状、尺寸、布置、轮廓等的任何组合的部分。限定开口的形式的部分可以具有线性形状、弓形形状或其任何组合。虽然形式可以包含限定开口的互连的突起,但是可以使用不一定包含互连的突起其它形式。例如,突起可以包含一个或多个离散和分离的特征,这些特征可以通过间隙与相邻的突起分离。图4G到图4H包含根据实施例的具有不互连的突起的形式图示。

[0092] 图4G包含根据实施例的另一种形式的自顶向下视图图示。图4H包含图4G的形式的透视图图示。图4G的形式包含板410和从板410延伸的多个离散突起或销411。销411彼此间隔开并且可以以任何分布布置,以在主体111的至少一部分中产生离散和分离的凹陷的相应分布。销411示出为具有大致圆锥形形状。然而,应当理解,可以使用其它形状,包含例如但不限于圆柱形、截头圆锥形、金字塔形、截头锥形等。

[0093] 尽管本文实施例的形式已经示出为具有大致平坦的形状,但是应当理解,所述形式可以具有各种其它形状。例如,形式可以是辊子的形状,所述辊子被配置成在主体111上滚动并将特征赋予到主体111中。具有这种形状的形式可以适用于连续加工操作。

[0094] 图4I包含根据实施例的形式的自顶向下视图图示。图4J包含图4I的形式的透视图图示。图4I的形式包含板412和从板412延伸的突起413的随机布置,所述随机布置可以用于在干燥之前在主体的表面的至少一部分中产生相应的凹陷。突起413具有随机形状和相对于板412上的其它突起413的随机间隔。

[0095] 图4K包含根据实施例的形式的自顶向下视图图示。图4L包含图4K的形式的透视图图示。图4K的形式包含板414和从板414延伸的突起415的随机布置,所述随机布置可以用于

在干燥之前在主体的表面的至少一部分中产生相应的凹陷。图4K的形式包含离散突起415,所述离散突起具有大致细长且线性的形状。突起415相对于板414上的其它突起415具有大致随机的间隔和朝向。

[0096] 此外,如图4K和图4L所示,突起415的上表面可以具有在两个倒角表面之间延伸的边缘。在其它实施例中,突起的上表面可以是大致平坦的,如图4E的突起431中所示。应当理解,突起的上表面可以给定任何合适的形状,以促进使主体适当地改性并形成所期望的磨料颗粒。上表面可以具有大致平坦的轮廓、边缘、倒圆或曲面轮廓、或任何其它形状。

[0097] 本文实施例的任何形式可以由特定材料制成。例如,一些合适的材料可以包含无机材料、有机材料、合成材料、天然材料或其任何组合。无机材料的一些实例可以包含金属、金属合金、玻璃、陶瓷、多晶、单晶或其任何组合。一些合适的有机材料可以包含聚合物,如环氧树脂、树脂、热固性塑料、热塑性塑料、聚酰亚胺、聚酰胺或其任何组合。所述形式可以是复合材料,包含本文所述材料的任何组合。所述形式的材料,特别是将与主体接触的突起材料,可以由特定材料制成,以限制混合物粘附到形式上的能力。在某些情况下,选择形式的材料以确保主体的材料(即,混合物)将不粘附到形式的材料上,使得可以有效地在主体的表面中形成具有适当的形状和分辨率的特征。限制主体与形式之间的粘附的形式可以限制在改性期间在主体中的意外变形,并且可以促进对从受控裂化过程形成的磨料颗粒的形状和尺寸的改善的控制。

[0098] 在至少一个实施例中,在将形式与主体接触之前,可以用材料涂覆形式的表面。这种涂覆材料可以是永久性的或暂时的。涂覆材料可以是无机材料、有机材料、天然材料、合成材料或其任何组合。例如,在一个特定实施例中,涂覆材料可以是油,如润滑剂。

[0099] 在又一个实施例中,形式的表面,并且特别地与主体的部分接触以引起改性的突起,可以涂覆有化学药剂,这将有助于在主体中适当形成特征。化学药剂可以是化学元素或化学组合物。化学药剂可以是如本文实施例中所述的可以辅助主体改性的添加剂,包含例如掺杂剂。化学药剂可以是添加到形式表面的永久或临时材料。化学药剂可以是无机材料、有机材料、天然材料、合成材料或其任何组合。

[0100] 应当理解,这些特征可以形成在其它表面中。例如,在替代性实施例中,配置成接触混合物101的皮带109的表面可以形成为具有特征。相应地,在将混合物101沉积到皮带109上的过程中,可以形成主体111,并且皮带109上的特征可以将特征赋予到主体111的与皮带109上的特征接触的表面中。这样,形成主体并使主体改性的过程基本上同时进行。这种替代性过程可以或可以不与单独的改性区120一起使用,其中主体111的其它表面可以如本文实施例中所描述的进行改性。例如,在一个实施例中,可以根据本文所述的任何技术使主体111的上表面112和与皮带109接触的主体111的下表面改性。

[0101] 在至少一个实施例中,皮带109可以具有上表面,所述上表面具有特定的表面粗糙度。皮带的上表面被配置成接触混合物101和主体111。皮带109可以不一定具有任何特征,但可以具有特定的表面粗糙度,这可以促进后续加工以形成磨料颗粒。值得注意的是,已经观察到具有一定粗糙度的某些材料可以有助于主体111干燥和受控裂化,以促进形成根据本文实施例的磨料颗粒。在至少一个实施例中,将混合物101形成为主体111包含在皮带上形成混合物101,其中皮带具有相对于混合物101的受控表面粗糙度和表面能,以促进来自受控裂化过程的多个前体磨料颗粒的受控裂化和形成。

[0102] 如本文所述,在另一个实施例中,使主体111改性的过程可以包含向主体111的至少一部分提供一种或多种添加剂。这些添加剂可以用于物理地或化学地改变主体111,使得在后续加工(例如,干燥)期间,添加剂可以促进主体受控裂化以形成前体磨料颗粒。一种或多种添加剂可以施加到主体111的一个或多个表面,包含例如主体111的任何外表面。用于施加一种或多种添加剂的一些合适的方法可以包含沉积、喷涂、印刷、喷砂、扫描、喷射、加热等。一种或多种添加剂可以作为固体颗粒、液体、气体或其组合添加。一种或多种添加剂可以作为添加剂组合物的一部分添加,所述添加剂组合物可以包含添加剂和其它材料,如载剂流体,所述载剂流体被配置成包含一种或多种添加剂以便于加工和将添加剂递送到主体111。

[0103] 一些合适的添加剂可以包含流变改性剂、掺杂剂、成孔剂、挥发剂等。掺杂剂的实例可以包含但不限于碱元素、碱土元素、稀土元素、铪(Hf)、锆(Zr)、铌(Nb)、钽(Ta)、钼(Mo)及其组合。在特定情况下,掺杂剂可以包含元素,如锂(Li)、钠(Na)、钾(K)、镁(Mg)、钙(Ca)、锶(Sr)、钡(Ba)、钪(Sc)、钇(Y)、镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、铈(Nb)、铪(Hf)、锆(Zr)、钽(Ta)、钼(Mo)、钒(V)、铬(Cr)、钴(Co)、铁(Fe)、锗(Ge)、锰(Mn)、镍(Ni)、钛(Ti)、锌(Zn)或其任何组合。流变改性剂的一些合适的实例可以包含有机材料、酸、碱或其任何组合。在各个处理阶段期间可以添加某些添加剂,如掺杂剂。例如,可以在混合物形成期间添加掺杂剂。可替代地,可以在前体磨料颗粒的一些干燥和/或一些煅烧之后将掺杂剂添加到前体磨料颗粒中。

[0104] 还应理解,混合物可以包含种子材料,如 $\alpha$ 氧化铝种子或氧化铁种子,所述种子材料可以促进在最终形成和烧结的磨料颗粒中形成高温相材料。

[0105] 成孔剂的一些合适的实例可以包含由有机材料或无机材料、珠、球、玻璃、陶瓷、玻璃陶瓷、天然材料等制成的中空颗粒。一些合适的无机材料可以包含氧化物、或含碳材料如石墨、盐如氯化钠、氯化钾、氯化镁、氯化钙、硅酸钠、碳酸钠、硫酸钠、硫酸钾、硫酸镁、或其任何组合。在某些情况下,成孔剂可以包含具有低挥发温度的材料,使得在合适的温度下进一步加工时,成孔剂挥发形成气体,从而在主体111中留下孔。一些示例性的含氧化物材料可以包含玻璃、玻璃陶瓷、陶瓷及其组合。其它示例性有机成孔剂可以包含蜡、种子和壳、磺基琥珀酸盐、萘、聚乙烯基、酮、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丙烯酸、含苯聚合物、醇酸树脂、聚烷基酯、环氧树脂、酚醛树脂、缩醛及其组合。合适的无机成孔剂可以包含中空颗粒,如由玻璃、陶瓷、玻璃陶瓷或其组合等材料制成的珠、球等。

[0106] 一些合适的挥发剂可以包含有机材料、天然存在的材料或其任何组合。挥发剂可以被配置成在某些温度下挥发以形成气相。这种挥发剂可以适合于在后续加工期间在主体111内产生孔隙,这可以促进主体受控开裂和具有本文实施例的一个或多个特征的磨料颗粒形成。

[0107] 一种或多种添加剂还可以包含使用一种或多种前体添加剂。前体添加剂是可以进行进一步加工以形成添加剂的一种或多种元素或化合物。在将前体提供给主体111之前,可以将一种或多种前体添加剂混合以形成一种或多种添加剂。在其它情况下,可以将一种或多种前体添加剂提供给主体111,并且后续处理可以促进在主体111内形成添加剂(即,原位添加剂形成)。例如,可以将一种或多种前体添加剂施加到主体111的至少一部分上,主体可以经受进一步处理(例如,加热),这可以促进由一种或多种前体添加剂在主体内形成一种

或多种添加剂。

[0108] 在一个实施例中,添加剂可以选择性地沉积在主体111的至少一部分上。例如,可以利用各种技术将一种或多种添加剂(或一种或多种前体添加剂)选择性地沉积到主体111的一部分上,使得主体111的受影响部分可以具有处理区域和未处理区域。处理区域定义为已施加一种或多种添加剂的区域,并且未处理区域定义为未施加一种或多种添加剂的主体111的区域。在主体上产生处理区域和未处理区域可以通过后续处理和形成具有本文实施例的一个或多个特征的磨料颗粒来促进受控裂化。应当理解,可能受到影响的主体111的部分可以是本文实施例中描述的适合于改性的任何部分,包含例如主体111的任何外表面。可以将添加剂施加到主体上,使得经处理部分限定如本文实施例中所述的受控分布。

[0109] 在使主体111的至少一部分改性之后,主体111可以经受进一步处理以促进磨料颗粒形成。如图1和图2所示,主体111可以从改性区120平移到干燥区140。在干燥区140内,可以使用特定的干燥条件来促进主体111受控裂化和前体磨料颗粒141形成。在一个实施例中,进行干燥以诱导主体裂化和多个前体磨料颗粒形成。根据一个实施例,干燥过程可以包含受控裂化条件,所述受控裂化条件被配置成使主体破裂成多个前体磨料颗粒,其中受控裂化条件包含从至少一个裂纹起裂点开始的受控的裂纹扩展。

[0110] 干燥过程可能导致根据本文实施例的磨料颗粒的任何一个或多个特征形成,包含这种特征,但不限于微脊、突起、凹陷及其任何组合。根据一个实施例,干燥所述主体可以包含在磨料颗粒中的至少一个的侧表面的至少一部分上形成微脊。在另一个实施例,干燥所述主体可以包含在大部分磨料颗粒的侧表面的至少一部分上形成微脊。在仍另一个实施例,干燥所述主体可以包含在大部分磨料颗粒的大部分侧表面上形成微脊。对于另一个实施例,干燥所述主体可以包含在磨料颗粒中的每一个的侧表面的至少一部分上形成微脊。

[0111] 如本文所述,改性过程可以在主体111内限定至少一个裂纹起裂点,并且干燥过程可以在某些过程参数下进行,以控制裂纹萌生和主体内裂纹扩展的方向。至少一个裂纹起裂点可以对应于在主体111内形成的一个或多个特征,包含例如但不限于突起、凹陷、互连结构、离散和隔离结构、或其任何组合。在某些情况下,至少一个裂纹起裂点可以邻接一个或多个特征。此外,可以进行干燥使得裂纹扩展沿着一个或多个特征的长度延伸,使得一个或多个特征基本上在裂纹的至少一部分长度上引导裂纹的方向。因此,在某些情况下,裂化过程导致形成前体磨料颗粒,所述前体磨料颗粒在主体内具有受控的特征分布的一部分,如主体的主表面,特征形成于所述主表面上。应当理解,使主体111改性的过程还可以包含形成多个裂纹起裂点,其中裂纹起裂点中的每一个与在主体111中形成的特征或在主体111的特定区域内提供的添加剂相关联。

[0112] 根据一个实施例,干燥条件可以与改性过程的某些参数结合,以使主体111能够受控裂化并使所期望磨料颗粒能够形成。干燥过程可以促进主体111受控裂化,使得裂纹萌生并在主体中生长,延伸穿过主体111,并将主体分成形成前体磨料颗粒的较小块。受控裂化是与常规方法(例如,模塑、印刷、粉碎、机械切片和搅拌或振动)不同的方法,因为在受控裂化期间,主体111在条件下被撕裂和破裂以产生目标形状的前体(即,绿色)磨料颗粒。在至少一个实施例中,所述方法仅依赖于改性和干燥以将主体111变为前体磨料颗粒的方法。所述方法不一定需要使用任何生产工具(例如,筛网或模具)来实现磨料颗粒的形成,特别是目标尺寸和形状的磨料颗粒。这种方法代表了一种用于产生具有高产量的目标晶粒尺寸和

形状的磨料颗粒的有效机制。此外,由于成形过程,所产生的磨料颗粒的特征在于某些独特的特征(例如,侧表面上的微脊和/或突起和/或凹陷等)。

[0113] 根据一个实施例,干燥可以包含在具有以下干燥温度的环境中干燥:至少20°C,如至少25°C、或至少30°C、或至少40°C、或至少50°C、或至少60°C、或至少70°C、或至少80°C、或至少90°C、或至少100°C、或至少110°C、或至少120°C、或至少130°C、或至少140°C、或至少150°C、或至少160°C、或至少170°C、或至少180°C、或至少190°C、或至少200°C、或至少210°C、或至少220°C、或至少230°C、或至少240°C。此外,在另一个非限制性实施例中,干燥可以在具有以下干燥温度的环境中进行:不大于250°C,如不大于240°C、或不大于230°C、或不大于220°C、或不大于210°C、或不大于200°C、或不大于190°C、或不大于180°C、或不大于170°C、或不大于160°C、或不大于150°C、或不大于140°C、或不大于130°C、或不大于120°C、或不大于110°C、或不大于100°C、或不大于90°C、或不大于80°C、或不大于70°C、或不大于60°C、或不大于50°C、或不大于40°C、或不大于30°C。应当理解,干燥可以在干燥温度在包含上述任何最低温度和最高温度的范围内的环境中进行,包含但不限于在至少20°C且不大于250°C的范围内,如在至少50°C且不大于150°C的范围内。上述温度可以是根据在干燥环境内统计相关数量的随机位置计算的平均温度。

[0114] 在又一个实施例中,干燥可以包含在具有以下相对湿度的环境中干燥主体:至少10%,如至少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%。而且,环境内的相对湿度可以不大于90%,如不大于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%。在至少一个实施例中,环境内的相对湿度可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内,包含例如至少10%且不大于70%、或在至少10%且不大于70%的范围内。上述相对湿度可以是根据干燥环境内的统计相关数量的随机位置计算的平均相对湿度。

[0115] 在又一个实施例中,干燥可以包含控制干燥环境内的气体(例如,空气)的流速。例如,根据一个实施例,通过干燥环境的气体的流速可以为至少0.1m/s,如至少0.2m/s、或至少0.5m/s、或至少0.7m/s、或至少1m/s、或至少1.2m/s、或至少1.5m/s、或至少1.7m/s、或至少2m/s、或至少2.2m/s、或至少2.5m/s、或至少2.7m/s、或至少3m/s、或至少3.2m/s、或至少3.5m/s、或至少3.7m/s、或至少4m/s、或至少4.2m/s、或至少4.5m/s。此外,在至少一个非限制性实施例中,气体(例如,空气、惰性气体、氧化气体、还原气体、或其任何组合)的流速可以不大于5m/s、或不大于4.7m/s、或不大于4.5m/s、或不大于4.2m/s、或不大于4m/s、或不大于3.7m/s、或不大于3.5m/s、或不大于3.2m/s、或不大于3m/s、或不大于2.7m/s、或不大于2.5m/s、或不大于2.2m/s、或不大于2m/s、或不大于1.7m/s、或不大于1.5m/s、或不大于1.2m/s、或不大于1m/s、或不大于0.7m/s、或不大于0.5m/s。应当理解,一种或多种气体的流速可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内,包含例如在包含至少0.1m/s且不大于5m/s的范围内。

[0116] 在又一个实施例中,干燥过程可以包含将辐射施加到主体111。辐射可以具有以下波长:至少0.1微米、或至少0.5微米、或至少1微米、或至少2微米、或至少3微米、或至少5微米、或至少10微米、或至少20微米、或至少50微米、或至少100微米、或至少200微米、或至少500微米、或至少700微米、或至少1mm。而且,在至少一个非限制性实施例中,辐射可以具有不大于1m的波长,如不大于0.8m、或不大于0.5m、或不大于0.1m、或不大于1cm、或不大于

1mm、或不大于500微米、或不大于100微米、或不大于10微米。应当理解,辐射可以具有在包含上述任何最小值和最大值的范围内的波长。例如,在一个实施例中,辐射可以具有在至少0.1微米到不大于1毫米的范围内的波长。而且,在其它实施例中,辐射可以具有在至少1mm到不大于1m的范围内的波长。

[0117] 在一个实施例中,干燥以进行主体111的受控裂化和前体磨料颗粒的形成的过程可以在不使用其它过程的情况下进行,包含但不限于旨在接触主体并将主体分成更小的部分的机械装置(例如,切片装置)、消融过程、振动过程、声学过程等。在至少一个实施例中,仅使用干燥过程并控制一种或多种干燥条件来完成由主体111形成前体磨料颗粒的过程,所述干燥条件包含干燥温度、相对湿度、干燥速率、辐射施加、或其任何组合。在至少一个实施例中,干燥过程可以包含使混合物破裂以产生磨料颗粒集合。在本文实施例中更详细地描述了磨料颗粒的集合。

[0118] 在形成前体磨料颗粒141之后,前体磨料颗粒141可以通过额外区平移以进行进一步处理。可替代地,可以将前体磨料颗粒141收集在皮带109的端部处的箱中以进行进一步处理。

[0119] 根据一个实施例,形成磨料颗粒的方法可以进一步包括煅烧过程,其中前体磨料颗粒经受特定的加热过程以除去水并形成煅烧的磨料颗粒。在至少一个实施例中,用于煅烧前体磨料颗粒的煅烧温度可以为至少600°C,如至少650°C、或至少700°C、或至少750°C、或至少800°C、或至少850°C、或至少900°C、或至少950°C、或至少1000°C、或至少1050°C。在仍另一个非限制性实施例中,煅烧温度可以不大于1100°C、或不大于1050°C、或不大于1000°C、或不大于950°C、或不大于900°C、或不大于850°C、或不大于800°C、或不大于750°C、或不大于700°C、或不大于650°C。应当理解,煅烧温度可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内,包含例如在包含至少600°C且不大于1100°C的范围内。

[0120] 在煅烧之后,可以对煅烧的磨料颗粒施加某些任选的方法。例如,可以使用浸渍方法,其中可以将一种或多种添加剂施加到煅烧的磨料颗粒上。添加剂可以包含本文实施例中描述的任何添加剂,包含但不限于一种或多种掺杂剂。

[0121] 在进行煅烧之后,可以将煅烧的磨料颗粒烧结以形成磨料颗粒。可以利用前体磨料颗粒141的烧结来使颗粒致密化。在特定情况下,烧结过程可以促进陶瓷材料的高温相形成。例如,在一个实施例中,煅烧的磨料颗粒可以包含氧化铝,并且进行烧结以形成氧化铝的高温相,如 $\alpha$ 氧化铝。在至少一个实施例中,烧结可以在包含至少1100°C到不大于2000°C的范围内的烧结温度下进行。在烧结温度下烧结的持续时间可以在包含至少5分钟到不大于10小时的范围内。

[0122] 非成形磨料颗粒通常通过本文公开的不同方法形成,并且通常具有不同的形状属性。例如,通常通过粉碎方法形成非成形磨料颗粒,其中形成大量材料并且然后进行粉碎和筛分以获得一定尺寸的磨料颗粒。然而,非成形磨料颗粒将具有通常随机布置的表面和边缘,并且通常在表面和围绕主体的边缘的布置中缺乏任何可识别的二维形状或三维形状。此外,相同组或批次的非成形磨料颗粒通常相对于彼此缺乏一致的形状,使得当彼此相比时,表面和边缘是随机布置的。因此,与成形磨料颗粒相比,非成形晶粒或粉碎晶粒具有显著更低的形状保真度。

[0123] 通过本文实施例形成的磨料颗粒可以是具有受控的二维形状的受控高度的磨料

颗粒,如在颗粒的长度和宽度的平面中自顶向下观察的。通常,本文实施例的磨料颗粒可以具有两个或更多个表面,如第一主表面和第二主表面,所述第一主表面和所述第二主表面可以基本上彼此平行并且可以包含如本文实施例中公开的特征。值得注意的是,彼此平行延伸并限定主体的长度和宽度的第一主表面和第二主表面的布置通常给出颗粒的平坦形状和受控高度。磨料颗粒的主体可以进一步包含在第一主表面与第二主表面之间延伸的侧表面。取决于用于形成颗粒的加工条件,侧表面可以具有各种轮廓。值得注意的是,如本文所述,所述方法可以用于形成一批磨料颗粒,其中所述批磨料颗粒可以包含两种或更多种不同形状的磨料颗粒。

[0124] 图5包含成形的磨料颗粒的透视图图示。已知成形的磨料颗粒通过各种现有技术方法制成,包含例如模塑、印刷等。成形的磨料颗粒500可以包含主体501,所述主体包含主表面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5所示,成形的磨料颗粒500的主体501是具有大致等边三角形形状的薄形主体,其中主表面502和503大于侧表面504。此外,主体501可以包含轴线510,所述轴线从点延伸到基部并穿过主表面502上的中点550。轴线510可以限定延伸穿过主表面502的中点550的主表面的最长尺寸,所述最长尺寸可以是取决于几何形状的主体的长度或宽度,但是在图5所示的实施例中限定宽度。主体501可以进一步包含轴线511,所述轴线限定在相同的主表面502上大致垂直于轴线510延伸的主体501的尺寸,在所示的等边三角形实施例中限定主体501的长度。最后,如所示出的,主体501可以包含竖直轴线512,所述竖直轴线在薄的成形主体的情况下可以限定主体501的高度(或厚度)。对于薄形主体,轴线510的长度等于或大于竖直轴线512。如所示出的,高度512可以沿着主表面502与主表面503之间的侧表面504延伸并且垂直于由轴线510和511限定的平面。通常形成成形的磨料颗粒以从形状中去除不规则性,使得批内的成形的磨料颗粒中的每一个相对于彼此具有大致相同的尺寸和形状。

[0125] 图5包含具有如由上主表面502或主表面503的平面限定二维形状的成形的磨料颗粒的图示,所述成形的磨料颗粒具有大致三角形的二维形状,如等边三角形。

[0126] 图6包含细长颗粒的图示,所述细长颗粒是非成形磨料颗粒。细长磨料颗粒可以是非成形磨料颗粒,所述非成形磨料颗粒具有主体651和限定颗粒的最长尺寸的纵向轴线652、垂直于纵向轴线652延伸并限定颗粒的宽度的横向轴线653。此外,细长磨料颗粒可以具有如由竖直轴线654限定的高度(或厚度),所述竖直轴线可以大致垂直于由纵向轴线652和横向轴线653的组合限定的平面延伸。如进一步所示,细长、非成形的磨料颗粒的主体651可以具有通常随机布置的边缘655,所述边缘沿主体651的外表面延伸并限定所述外表面。此外,非成形磨料颗粒不具有可容易识别的表面布置或具有可相对于彼此容易识别的形状和/或布置的表面。

[0127] 如将理解的,细长磨料颗粒可以具有由纵向轴线652限定的长度、由横向轴线653限定的宽度、以及限定高度的竖直轴线654。如将理解的,主体651可以具有长度:宽度的主纵横比,使得长度大于宽度。此外,主体651的长度可以大于或等于高度。而且,主体651的宽度可以大于或等于高度654。

[0128] 图7A包含根据实施例的受控高度磨料颗粒(CHAP)的透视图图示。如所示出的,CHAP 700可以包含主体701,所述主体包含第一主表面702、第二主表面703以及在第一主表面702与第二主表面703之间延伸的侧表面704。如图7A所示,主体701可以具有薄的相对平

坦的形状,其中第一主表面702和第二主表面703大于侧表面704并且基本上彼此平行。此外,主体701可以包含轴线710,所述轴线是第一主表面710上的最长尺寸并限定长度。主体701可以进一步包含轴线711,所述轴线在第一主表面702上限定主体701的第二最长尺寸,所述轴线垂直于轴线710延伸并限定主体701的宽度。最后,如所示出的,主体701可以包含竖直轴线712,所述竖直轴线可以限定主体701的高度(或厚度)。对于薄形主体,轴线710的长度可以等于或大于竖直轴线712。如所示出的,由竖直轴线712限定的高度可以沿着第一主表面702与第二主表面703之间的侧表面704在大致垂直于由轴线710和711限定的平面的方向上延伸。应当理解,本文提及的磨料颗粒的长度、宽度和高度可以参考从一批磨料颗粒的磨料颗粒的合适取样尺寸获得的平均值。主体可以进一步包含在主体的第一主表面102上的中点713,所述中点通常限定第一主表面702的中心内的点。

[0129] 如图7A中进一步所示出的,主体701可以具有侧表面704,所述侧表面具有如在第一主表面702或第二主表面703的平面中观察的通常可识别的不规则多边形(七边形)二维形状。不规则的多边形形状是所有边长度彼此不相等的形状。值得注意的是,主体701具有六个角721、722、723、724、725和726(721到726)。外角721到726是将引起假想橡皮筋围绕主体701的侧表面704显著偏转至少10度或更大的部分。值得注意的是,当主体701具有可容易识别的外角721到726和在外角721到726之间延伸的七个侧表面部分731、732、733、734、735、736和737(731到737)时,侧表面部分731到737在轮廓内可以具有大量波纹度,使得侧表面部分731到737不是完全平坦的。此外,将侧表面部分731到737连结到第一主表面702和第二主表面703的边缘可以具有一些不规则的轮廓。

[0130] 应当理解,CHAP不限于此并且可以包含其它二维形状。例如,本文实施例的磨料颗粒可以包含具有主体的颗粒,所述主体具有如由来自包含多边形、不规则多边形、包含弓形或弯曲侧面或侧面的部分的不规则多边形的形状、或具有多边形形状、星形形状或具有从中心区域(例如,十字形主体)延伸的臂的的形状的复杂的形状、及其组合的组的主体的主表面限定的二维形状。本文公开的方法可以用于形成具有本文所述特征的成形的磨料颗粒。

[0131] 图7B包含根据实施例的另一种磨料颗粒的透视图图示。值得注意的是,磨料颗粒750是具有主体751的受控高度的磨料颗粒(CHAP),所述主体包含第一主表面752、第二主表面753以及在第一主表面752与第二主表面753之间延伸的侧表面754。如图7B所示,主体751可以具有薄的相对平坦的形状,其中第一主表面752和第二主表面753大于侧表面754并且基本上彼此平行。此外,主体751可以包含轴线761,所述轴线是第一主表面752上的最长尺寸并限定主体751的长度。主体751可以进一步包含轴线762,所述轴线在第一主表面702上限定主体751的第二最长尺寸,所述轴线垂直于轴线761延伸并限定主体701的宽度。最后,如所示出的,主体751可以包含竖直轴线763,所述竖直轴线可以限定主体701的高度(或厚度)。对于薄形主体,轴线761的长度可以等于或大于竖直轴线763。如所示出的,由竖直轴线763限定的高度可以沿着第一主表面752与第二主表面753之间的侧表面754在大致垂直于由轴线761和762限定的平面的方向上延伸。应当理解,本文提及的磨料颗粒的长度、宽度和高度可以参考从一批磨料颗粒的磨料颗粒的合适取样尺寸获得的平均值。

[0132] 如进一步所示,磨料颗粒750的主体751可以具有侧表面754,所述侧表面具有如在第一主表面752或第二主表面753的平面中观察的不规则的二维形状。不规则的二维形状是

不具有可识别的形状的形状,如多边形形状。不规则的二维形状的特征在于侧表面754,所述侧表面可以具有随机或不可预测的轮廓。可以根据本文实施例的方法形成这种磨料颗粒。主体751可以具有七个外角771、772、773、774、775、776和777(771到777)。外角771到777是将引起假想橡皮筋围绕主体751的侧表面754显著偏转至少10度或更大的部分。

[0133] 图7C包含根据实施例的磨料颗粒的自顶向下视图图示。图7D包含根据实施例的涂覆磨料的一部分的侧视图图示。如所示出的,磨料颗粒的主体781可以具有自顶向下观察的多边形二维形状。主体781可以具有四边形二维形状,并且更具体地直角梯形二维形状。主体781的形状包含侧表面部分782,所述侧表面部分与相邻的侧表面部分成角度,以在侧表面部分782与邻接的侧表面部分之间产生锐角783和钝角784。如图7D所示,颗粒791和792的形状在涂覆磨料的情况下可能是有利的,因为颗粒791和792存在多个朝向,其中颗粒的点指向远离背衬794。例如,在磨料颗粒791的朝向中,磨料颗粒791的倾斜表面793离背衬794最远,并且底表面795最靠近背衬794。因此,点796离背衬794最远,并且在磨料颗粒796上呈现合适的点以引发材料去除操作。关于磨料颗粒792的朝向,磨料颗粒792的倾斜表面799最靠近背衬794,并且底表面797离背衬794最远。因此,点798离背衬794最远,并且在磨料颗粒792上呈现合适的点以引发材料去除操作。

[0134] 根据本文实施例的任何磨料颗粒,磨料颗粒的主体的长度:宽度的一级纵横比可以为至少1.1:1,如至少1.2:1、或至少1.5:1、或至少1.8:1、或至少2:1、或至少3:1、或至少4:1、或至少5:1、或至少6:1、或甚至至少10:1。在另一个非限制性实施例中,所述主体的长度:宽度的一级纵横比可以不大于100:1,如不大于50:1、或不大于10:1、或不大于6:1、或不大于5:1、或不大于4:1、或不大于3:1、或甚至不大于2:1。应当理解,主体的主要纵横比可以在包含上述任何最小比率和最大比率的范围内。

[0135] 此外,本文实施例的任何成形的磨料颗粒的主体的宽度:高度的二级纵横比可以为至少1.1:1,如至少1.2:1、或至少1.5:1、或至少1.8:1、或至少2:1、或至少3:1、或至少4:1、或至少5:1、或至少8:1、或甚至至少10:1。此外,在另一个非限制性实施例中,宽度:高度的二级纵横比可以不大于100:1,如不大于50:1、或不大于10:1、或不大于8:1、或不大于6:1、或不大于5:1、或不大于4:1、或不大于3:1、或甚至不大于2:1。应当理解,宽度:高度的第二纵横比可以在包含上述任何最小比率和最大比率的范围内。

[0136] 在另一个实施例中,任何磨料颗粒的主体的长度:高度的三级纵横比可以为至少1.1:1,如至少1.2:1、或至少1.5:1、或至少1.8:1、或至少2:1、或至少3:1、或至少4:1、或至少5:1、或至少8:1、或甚至至少10:1。此外,在另一个非限制性实施例中,长度:高度的三级纵横比可以不大于100:1,如不大于50:1、或不大于10:1、或不大于8:1、或不大于6:1、或不大于5:1、或不大于4:1、或不大于3:1。应当理解,三级纵横比可以在包含任何最小比率和最大比率及以上的范围内。

[0137] 本文实施例的磨料颗粒可以具有包含结晶材料以及更具体地多晶材料的主体。值得注意的是,多晶材料可以包含磨料晶粒。在一个实施例中,磨料颗粒的主体可以基本上不含有机材料,包含例如粘合剂。在至少一个实施例中,磨料颗粒可以基本上由多晶材料组成。

[0138] 磨料颗粒的主体内包含的磨料晶粒(即,微晶)的平均晶粒尺寸通常可以不大于20微米,如不大于18微米、或不大于16微米、或不大于14微米、或不大于12微米、或不大于10微

米、或不大于8微米、或不大于5微米、或不大于2微米、或不大于1微米、或不大于0.9微米、或不大于0.8微米、或不大于0.7微米、或甚至不大于0.6微米。仍然,磨料颗粒的主体内包含的磨料晶粒的平均晶粒尺寸可以为至少0.01微米,如至少0.05微米、或至少0.06微米、或至少0.07微米、或至少0.08微米、或至少0.09微米、或至少0.1微米、或至少0.12微米、或至少0.15微米、或至少0.17微米、或至少0.2微米、或甚至至少0.5微米。应当理解,磨料晶粒的平均晶粒尺寸可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0139] 根据一个实施例,磨料颗粒的主体可以具有如通过在主体上可测量的最大尺寸(即,长度)测量的至少100微米的平均粒度。事实上,磨料颗粒的主体的平均粒度可以为至少150微米,如至少200微米、或至少300微米、或至少400微米、或至少500微米、或至少600微米、或至少800微米、或甚至至少900微米。而且,磨料颗粒的主体的平均粒度可以不大于5mm,如不大于3mm、或不大于2mm、或甚至不大于1.5mm。应理解,磨料颗粒的主体的平均粒度可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0140] 在又一个实施例中,颗粒材料的主体的平均粒度可以选自一组预定的筛分尺寸。例如,主体的平均粒度可以不大于约5mm,如不大于约3mm、不大于约2mm、不大于约1mm、或甚至不大于约0.8mm。此外,在另一个实施例中,所述主体的平均粒度可以为至少约0.1微米、或至少1微米、或至少0.1毫米、或至少0.5毫米。应理解,主体的平均粒度可在上述任何最小值与最大值之间的范围内。

[0141] 用于磨料工业的颗粒通常在使用前分级为给定的粒度分布。这种分布通常具有从粗颗粒到细颗粒的粒度范围。在磨料领域中,此范围有时被称为粗、对照和细级分。根据磨料工业公认的分级标准分级的磨料颗粒规定了数值限制内每个标称等级的粒度分布。此类行业公认的分级标准(即,磨料行业规定的标称等级)包含被称为美国国家标准协会(ANSI)标准、欧洲磨料产品生产者联合会(FEPA)标准和日本工业标准(JIS)标准的那些标准。ANSI等级名称(即,指定的标称等级)包含:ANSI 4、ANSI 6、ANSI 8、ANSI 16、ANSI 24、ANSI 36、ANSI 40、ANSI 50、ANSI 60、ANSI 80、ANSI 100、ANSI 120、ANSI 150、ANSI 180、ANSI 220、ANSI 240、ANSI 280、ANSI 320、ANSI 360、ANSI 400和ANSI 600。FEPA等级名称包含P8、P12、P16、P24、P36、P40、P50、P60、P80、P100、P120、P150、P180、P220、P320、P400、P500、P600、P800、P1000和P1000。JIS等级名称包含JIS8、JIS12、JIS16、JIS24、JIS36、JIS46、JIS54、JIS60、JIS80、JIS100、JIS150、JIS180、JIS220、JIS240、JIS280、JIS320、JIS360、JIS400、JIS600、JIS800、JIS1000、JIS1500、JIS2500、JIS4000、JIS6000、JIS8000和JIS10,000。可替代地,可以使用符合ASTM E-1 1“用于测试目的的金属丝布和筛网的标准规范(Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes)”的美国标准测试筛来将磨料颗粒分级为标称筛分等级。ASTM E-1 1规定了使用安装在框架中的编织金属丝布的媒体来设计和构造测试筛以根据指定的粒度对材料进行分类的要求。典型的名称可以表示为-18+20,这意味着颗粒通过符合ASTM E-1 1规范的18号筛的测试筛,并保留在符合ASTM E-1 1规范的20号筛的测试筛上。在各种实施例中,颗粒材料可以具有包括以下的标称筛分等级:-18+20、-20/+25、-25+30、-30+35、-35+40、-40+45、-45+50、-50+60、-60+70、-70/+80、-80+100、-100+120、-120+140、-140+170、-170+200、-200+230、-230+270、-270+325、-325+400、-400+450、-450+500或-500+635。可替代地,可以使用自定义网格尺寸,例如-90+100。颗粒材料的主体可以呈如本文更详细描述的形成磨料颗粒的形式。

[0142] 用于磨料颗粒的主体的一些合适材料可以包含氮化物、氧化物、碳化物、硼化物、氮氧化物、氧硼化物、碳氧化物、碳基材料、金刚石、天然存在的矿物、含稀土材料、天然矿物、合成材料或其任何组合。在特定情况下,磨料颗粒可以包含氧化物化合物或络合物,如氧化铝、氧化锆、氧化钛、氧化钇、氧化铬、氧化锆、氧化硅、氧化镁、稀土氧化物或其任何组合。在一个特定实施例中,主体可以包含主体的总重量的至少95wt %的氧化铝。在至少一个实施例中,主体可以基本上由氧化铝组成。仍然,在某些情况下,主体可以包含不大于主体的总重量的99.5wt %的氧化铝。根据一个实施例,主体可以基本上由 $\alpha$ 氧化铝组成。在某些情况下,主体可以被形成使得其包含不大于约1wt %的任何低温氧化铝相。如本文所用,低温氧化铝相可以包含过渡相氧化铝、铝土矿或水合氧化铝,包含例如三水铝石、勃姆石、水铝石、以及含有此类化合物和矿物的混合物。某些低温氧化铝材料还可以包含一些含量的氧化铁。此外,低温氧化铝相可以包含其它矿物,如针铁矿、赤铁矿、高岭石和锐钛矿。

[0143] 此外,在特定情况下,磨料颗粒的主体可以由种子溶胶-凝胶形成。在至少一个实施例中,本文实施例的任何磨料颗粒的主体可以基本上不含铁、稀土氧化物及其组合。本文提及的具有某些特征(例如,组合物)的主体也将被理解是指一批可以具有相同特征(例如,组合物)的磨料颗粒。

[0144] 根据某些实施例,某些磨料颗粒可以是组合复合物,使得至少两种不同类型的晶粒包含在磨料颗粒的主体内。应当理解,不同类型的晶粒是对于彼此具有不同组合物的晶粒。例如,可以形成磨料颗粒的主体,使得其包含至少两种不同类型的晶粒,其中晶粒的类型选自以下组:氮化物、氧化物、碳化物、硼化物、氮氧化物、氧硼化物、碳氧化物、碳基材料、金刚石、天然存在的矿物、含稀土材料、天然矿物、合成材料及其组合。

[0145] 磨料颗粒的主体可以包含可以呈元素或化合物(例如,氧化物)的形式的添加剂,如掺杂剂。某些合适的添加剂可以包含本文所述的任何材料。磨料制品的主体可以包含特定含量的一种或多种添加剂(例如,掺杂剂)。例如,主体可以包含不大于主体的总重量的约30wt %的添加剂。在仍其它实施例中,添加剂的量可以更少,如不大于约25wt %、或不大于约20wt %、或不大于约18wt %、或不大于约15wt %、或不大于约12wt %、或不大于约10wt %、或不大于约8wt %、或不大于5wt %、或不大于2wt %。此外,添加剂的量可以是主体的总重量的至少约0.5wt %,如至少约1wt %、至少约2wt %、或至少约3wt %、或至少约4wt %、或至少约5wt %、或至少约8wt %、或甚至至少约10wt %。应理解,主体内添加剂的量可在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0146] 磨料颗粒的主体可以特别致密。例如,主体的密度可以为理论密度的至少约95%,如理论密度的至少约96%或甚至至少约97%。

[0147] 图8A包含根据实施例的磨料颗粒的自顶向下图像。如所示出的,磨料颗粒800包含主体801,所述主体包含第一主表面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可以具有薄的相对平坦的形状,其中第一主表面802和第二主表面803大于侧表面804。如在第一主表面802的平面中自顶向下观察的,主体801可以具有基本上四边形的二维形状。

[0148] 主体801可以具有侧表面804,所述侧表面可以包含多个侧表面部分,这些侧表面部分通过主体的外角而彼此分开。第一侧表面部分813可以限定侧表面804的一部分,所述侧表面可以安置在第一外角815与第二外角816之间。如所示出的并且根据实施例,第一侧

表面部分813可以是限定主体801的周边的侧表面804的总长度的一部分。

[0149] 根据一个实施例,主体801可以包含多个侧表面部分,其中侧表面部分中的每一个延伸的长度为主体的总长度的至少5%,如至少10%、或至少15%、或至少20%、或至少25%。在另一个非限制性实施例中,侧表面部分中的每一个可以延伸的长度不大于主体的长度的80%,如不大于70%、或不大于60%、或不大于50%、或不大于40%、或不大于30%。应当理解,侧表面部分的长度可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0150] 如图8A中进一步所示,主体801可以包含一个或多个特征,所述一个或多个特征被布置在相对于侧表面804的一个或多个侧表面部分的第一主表面802上。如进一步所示并且根据一个实施例,第一主表面802可以进一步包含第一侧表面区域812,所述第一侧表面区域被安置在第一侧表面部分813与第一突起811之间。第一突起811可以邻接第一侧表面区域812和第一侧表面部分813。第一突起811可以沿着第一侧表面部分813和第一侧表面区域812延伸。如所示出的,第一突起811可以限定在第一主表面802的高度上方垂直延伸的上表面中的凸起部分、第一侧表面区域812、和/或延伸穿过主体801的中心区域851的无纹理区域850。可以在改性过程期间形成第一突起811。例如,第一突起811可以是突起,所述突起可以是在改性过程期间混合物移动以形成附近凹陷的结果。可替代地,第一突起811可能是由于形式与形成主体的混合物之间的粘附而造成的结果,使得在从主体移除形式时,主体的一部分粘附到形式上并被向上拉以产生第一突起811。

[0151] 在至少一个实施例中,第一突起811可以延伸侧表面804的限定主体801的周边的总长度的一部分。在一个特定实施例中,第一突起811可以延伸第一侧表面部分813的总长度的至少30%,所述总长度被测量为第一外角815与第二外角816之间的距离。在另一个实施例中,第一突起811可以延伸第一侧表面部分813的总长度的至少40%、或第一侧表面部分813的总长度的至少50%、或至少60%、或至少70%、或至少80%、或甚至至少90%。在一个特定实施例中,第一突起811可以在第一侧表面部分813的整个长度上彼此平行地延伸。仍然,在另一个非限制性实施例中,第一突起811可以延伸第一侧表面部分813的总长度的不大于99%,如第一侧表面部分813的总长度的不大于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%。应当理解,第一突起811可以延伸的长度在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0152] 根据一个实施例,第一主表面802可以包含延伸穿过主体的中心区域851的无纹理区域850。无纹理区域850可以包含主体801的第一主表面802的中点852。值得注意的是,第一突起811可以邻接无纹理区域850的一部分。

[0153] 值得注意的是,在某些情况下,第一主表面802上的特征(例如,凹陷和突起)可以定位在主体801的周边附近,使得主体801包含在主体的中心区域851内的至少一个无纹理区域850。而且,在至少一个实施例中,无纹理区域850的至少一部分可以邻接侧表面的一部分(例如,第四侧表面部分843),使得不存在介入无纹理区域850与侧表面的至少一部分之间的特征。在另一个实施例中,第一突起811可以与第一主表面802的无纹理区域850间隔开。

[0154] 在又一个实施例中,无纹理区域850可以具有与主体801的二维形状基本相同的二维形状。例如,如图8A所示,主体801可以具有如由侧表面804的周边限定的大致四边形形状,并且无纹理区域850也可以具有大致四边形形状。应当理解,在某些情况下,如在由主体

的长度和宽度限定的平面中自顶向下观察的,主体801可以具有通常可识别的二维多边形形状,并且无纹理区域850可以具有相同的通常可识别的二维多边形形状。此外,在其它情况下,无纹理区域850的二维形状和主体801的二维形状可以彼此不同。

[0155] 在至少一个实施例中,无纹理区域850可以限定第一主表面802的很大一部分,包含例如第一主表面802的至少大部分表面区域。在至少一个实施例中,无纹理区域850可以占据第一主表面总表面积的至少10%,如至少20%、或至少30%、或至少40%、或至少50%、或至少60%、或至少70%、或甚至至少80%。这种评估可以通过使用光学显微镜以合适的放大率(例如,如图8A所示)观察颗粒并使用成像分析软件(例如,ImageJ)测量第一主表面802的面积和无纹理区域850的面积来进行。在一个非限制性实施例中,无纹理区域850可以占据第一主表面802的表面积的不大于95%,如不大于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%。应当理解,无纹理区域850可以占据的第一主表面850的表面积的百分比在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0156] 无纹理区域850可以具有明显不同的波纹度和/或表面粗糙度。例如,无纹理区域850的波纹度( $R_w$ )可以不同于与第一凹陷811和第一突起812相关联的第一主表面802的区域内的波纹度。此外,在至少一个实施例中,无纹理区域850的表面粗糙度( $R_a$ )可以不同于与第一突起811相关联的第一主表面802的表面粗糙度。

[0157] 在某些情况下,第一主表面802中的任何特征可以邻接无纹理区域850。例如,第一突起811可以邻接无纹理区域850。无纹理区域是缺少在使主体改性的过程中形成的特征(例如,突起和/或凹陷)的区域。无纹理区域850可以具有一些表面轮廓,如曲率(例如,凹曲率),但是通常缺少在侧表面部分附近的主体中形成的特征。此外,在某些实施例中,无纹理区域850可以具有基本平坦的轮廓。

[0158] 根据另一个实施例,第一侧表面部分813和第一突起811可以具有与如在第一主表面802的平面中观察的轮廓基本相同的轮廓。例如,如图8A所示,第一侧表面部分813和第一突起811可以具有大致线性的形状并且彼此平行地延伸。在其它实施例中,与第一突起811的轮廓相比,第一侧表面部分813可以具有显著不同的轮廓。

[0159] 如图8A进一步所示,主体801可以具有与第一侧表面部分813不同的第二侧表面部分823。具体地,第二侧表面部分823可以通过至少一个外角如第二外角816与第一侧表面部分分离。第二侧表面部分823可以在第二外角816与第三外角817之间延伸。如图8A所示,第一侧表面部分813可以邻接第二外角816的一侧,并且第二侧表面部分823可以邻接与第一侧表面部分813相对的第二外角816。可以根据假设的橡皮筋测试来定义外角,其中外角是侧表面804上的任何角,如果包裹在主体804的侧表面周围,则橡皮筋将围绕所述角显著偏转(例如,限定至少10度或更大的偏转角)。

[0160] 在至少一个实施例中,任何突起或凹陷可以与一个或多个侧表面部分相交。例如,第一突起811可以形成为使得其与第二侧表面部分823相交。而且,如图8A所示,第一突起811可以与第二外角816相交。

[0161] 第一主表面802可以包含在平行于第二侧表面部分823的方向上延伸的第二突起821。如所示出的并且根据实施例,第二侧表面部分823可以是限定主体801的周边的侧表面804的总长度的一部分。如进一步所示并且根据一个实施例,第一主表面802可以进一步包

含第二侧表面区域822,所述第二侧表面区域被安置在第二侧表面部分823与第二突起821之间。第二侧表面区域822可以邻接第二侧表面部分823并沿着所述第二侧表面部分延伸。

[0162] 第二突起821可以邻接第二侧表面区域822。如所示出的并且根据一个实施例,第二突起821和第二侧表面区域822可以彼此平行地延伸并且平行于第二侧表面部分823。在至少一个实施例中,第二突起821和第二侧表面区域822可以相对于第二侧表面部分823的至少一部分彼此平行地延伸。第二突起821和第二侧表面区域822可以延伸限定主体801的周边的侧表面804的总长度的一部分。在一个特定实施例中,第二突起821可以延伸第二侧表面部分823的总长度的至少30%,所述总长度被测量为第二外角816与第三外角817之间的距离。在另一个实施例中,第二突起821可以延伸第二侧表面部分823的总长度的至少40%、或第二侧表面部分813的总长度的至少50%、或至少60%、或至少70%、或至少80%、或甚至至少90%。在一个特定实施例中,第二突起821可以延伸第二侧表面部分823的整个长度。仍然,在另一个非限制性实施例中,第二突起821可以延伸第二侧表面部分823的总长度的不大于99%,如第二侧表面部分823的总长度的不大于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%。应当理解,第二突起821可以延伸的长度在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0163] 根据另一实施例,如在第一主表面802的平面中观察的,第二侧表面部分823和第二突起821可以具有彼此基本相同的轮廓。例如,如图8A所示,第二侧表面区域822和第二突起821可以具有大致线性的形状并且沿着第二侧表面部分823的方向彼此平行地延伸。在其它实施例中,如在第一主表面802的平面中观察的,至少第二突起821和第二侧表面区域822可以具有基本上不同的轮廓。也就是说,与第二突起821和第二侧表面区域822的轮廓相比,第二侧表面部分823可以具有显著不同的轮廓。

[0164] 根据一个实施例,主体的主表面上的任何特征可以彼此相交。例如,如图8A所示,第一突起811可以与第二突起821相交。值得注意的是,第一突起811和第二突起821可以靠近外角如第二外角816彼此相交,所述第二外角将第一侧表面部分813与第二侧表面部分823分离。如图8A进一步所示,第二侧表面区域822可以与第一突起811相交并邻接所述第一突起。此外,根据一个实施例,第一侧表面区域812可以与第二突起821相交并邻接所述第二突起。

[0165] 在至少一个实施例中,第一主表面802可以包含侧表面833的第三部分。第三侧表面部分833可以与第一侧表面部分813和第二侧表面部分823不同。具体地,第三侧表面部分833可以通过至少一个外角与第一侧表面部分813和第二侧表面部分823分离。根据图8A所示的实施例,第三侧表面部分833可以通过第二外角816和第三外角817与第一侧表面部分分离。第三侧表面部分833可以通过第三外角817与第二侧表面部分823分离。第三侧表面部分833可以在第三外角817与第四外角818之间延伸。

[0166] 在至少一个实施例中,第二突出部821和第二侧表面区域822可以靠近第三外角817与第三侧表面部分833相交。具体地,第三侧表面部分833可以与侧表面813和823的第一部分和第二部分不同,因为不存在沿着第三侧表面部分833延伸的第三突起。第一主表面802包含第三侧表面区域832,所述第三侧表面区域沿第三侧表面部分833延伸并邻接所述第三侧表面部分。第三侧表面区域832可以具有本文所述的其它侧表面区域的任何特征。第三侧表面区域832可以采用在无纹理区域850的表面上方垂直延伸的脊的形式,并且可以具

有本文实施例中描述的突起的任何特征。此外,如所示出的,第三侧表面区域832可以邻接延伸通过主体801的中心区域851的无纹理区域850。相应地,第三侧表面区域832可以靠近第三外角817与第二突起821相交。

[0167] 在至少一个实施例中,第一主表面802可以包含侧表面843的第四部分。第四侧表面部分843可以与第一侧表面部分813、第二侧表面部分823和第三侧表面部分833不同。具体地,第四侧表面部分843可以通过至少一个外角与第一侧表面部分813、第二侧表面部分823和第三侧表面部分833分离。根据图8A所示的实施例,第四侧表面部分843可以通过第一外角815与第一侧表面部分813分离。第四侧表面部分843可以通过所有外角815、816、817和818与第二侧表面部分823分离。第四侧表面部分843可以通过第四外角818与第三侧表面部分833分离。第四侧表面部分843可以在第四外角818与第一外角815之间延伸。

[0168] 在至少一个实施例中,第四侧表面部分843可以与侧表面813、823和833的其它部分不同,因为它限定了无特征的边缘844。无特征的边缘844限定第一主表面802与第四侧表面部分843之间的接合,并且不包含通常在成形过程中形成的任何特征,如突起和/或凹陷。更具体地,在一个实施例中,无特征的边缘844可以邻接延伸通过主体801的第一主表面802的中心区域851的无纹理区域850。因此,在中心区域851的无纹理区域850与第四侧表面部分843之间不存在介入特征(例如,突起或凹陷)。应当理解,本文实施例的磨料颗粒可以包含可以与一个或多个有特征的边缘相交的一个或多个无特征的边缘,其中有特征的边缘包括沿着如本文实施例所述的侧表面的一部分延伸的至少一个特征(例如,突起或凹陷)。

[0169] 如进一步所示,来自邻接侧表面部分的某些特征可以与第四侧表面部分843相交。例如,第一突起811可以靠近第一外角815与第四侧表面部分843相交。

[0170] 图8B包含根据实施例的磨料颗粒的自顶向下图像。图8C包含图8B的磨料颗粒的主表面的一部分的表面轮廓图。图8D包含图8B的颗粒的主表面的一部分的表面轮廓图。图8B的图像使用Nanovea 3D表面轮廓仪使用白光色差技术获得。对于每个轮廓(X常数或Y常数),Y步长为 $5.00\mu\text{m}$ (在X常数的情况下)并且X步长为 $5.00\mu\text{m}$ (在Y常数的情况下)。Z分辨率为 $7.28\text{nm}$ 。总探测长度取决于晶粒大小,并使用随线扫描提供的比例尺进行测量。

[0171] 如所示出的,磨料颗粒850包含主体851,所述主体包含第一主表面852、第二主表面(未示出)以及在第一主表面852与第二主表面之间延伸的侧表面(图8B的视图中未示出)。如图8B所示,如在第一主表面852的平面中自顶向下观察的,主体851具有基本上四边形的二维形状。

[0172] 如图8B中进一步所示,主体851可以包含一个或多个特征,所述一个或多个特征被布置在相对于侧表面的一个或多个侧表面部分的第一主表面852上。例如,第一主表面852可以包含在平行于第一侧表面部分854的方向上延伸的第一突起853。第一侧表面部分854可以限定侧表面的一部分,所述侧表面可以安置在第一外角855与第二外角856之间。如所示出的并且根据实施例,第一侧表面部分853可以是限定主体的周边的侧表面的总长度的一部分。第一突起853可以邻接第一侧表面部分854并且沿着第一侧表面部分854延伸。如所示出的,第一突起852可以限定在第一主表面852的高度上方垂直延伸的第一主表面852中的凸起部分和延伸穿过主体851的中心区域891的无纹理区域890。第一突起853可以具有本文实施例中描述的突起的任何特征。上表面852可以进一步包含第一侧表面区域856,所述第一侧表面区域安置在第一突起853与第一侧表面部分854之间。

[0173] 值得注意的是,图8C包含沿轴线881的第一主表面852的表面轮廓图。表面轮廓图使用Nanovea 3D表面轮廓仪使用白光色差技术获得。对于每个轮廓(X常数或Y常数),Y步长为 $5.00\mu\text{m}$ (在X常数的情况下)并且X步长为 $5.00\mu\text{m}$ (在Y常数的情况下)。Z分辨率为 $7.28\text{nm}$ 。总探测长度取决于晶粒大小,并使用随线扫描提供的比例尺进行测量。

[0174] 如图中所示,第一突起853在第一主表面852上方延伸。如所示出的,第一突起853可以与无纹理区域890直接接触。第一突起853可以沿第一侧表面部分854的整个长度在第一外角855与第二外角856之间延伸。此外,如自顶向下观察的(如图8B中所提供的),第一突起853可以具有与第一侧表面部分854基本相同的轮廓。第一突起853和第一侧表面部分854可以具有如图8B所示的弓形轮廓。应当注意,并非本文实施例的所有磨料颗粒将包含某些磨料颗粒中描绘的每个特征,并且磨料颗粒可以包含某些特征的不同组合。

[0175] 如图8B进一步所示并且根据一个实施例,主体851可以进一步包含在第一主表面852上方延伸的第二突起863。第二突起863可以在平行于第二侧表面部分864的方向上延伸。第二侧表面部分864可以限定侧表面的一部分,所述侧表面可以安置在第二外角856与第三外角857之间。如所示出的并且根据实施例,第二侧表面部分863可以是限定主体851的周边的侧表面的总长度的一部分。第二突起863可以邻接第二侧表面部分864并且沿着第二侧表面部分864延伸。如所示出的,第二突起862可以限定在第一主表面852的高度上方垂直延伸的第一主表面852中的凸起部分和延伸穿过主体851的中心区域891的无纹理区域890。第二突起863可以具有本文实施例中描述的突起的任何特征。上表面852可以进一步包含第二侧表面区域866,所述第二侧表面区域安置在第二突起863与第二侧表面部分864之间。

[0176] 值得注意的是,图8D包含沿轴线882的第一主表面852的表面轮廓图,并且使用用于产生图8C的图的相同技术获得。

[0177] 根据图8B所示的实施例,第二突起863可以沿第二侧表面部分864的整个长度在第二外角856与第三外角857之间延伸。此外,如自顶向下观察的(如图8B中所提供的),第二突起863可以具有与第二侧表面部分864基本相同的轮廓。第二突出部863和第二侧表面部分864各自可以具有大致平坦的轮廓并且在大致线性的方向上延伸,如图8B所示。在图8B所示的实施例中,第一突起853和第二突起863在靠近第二外角856的区域865处彼此相交。

[0178] 主体851的第一主表面852可以进一步包含第一凹陷867,所述第一凹陷可以邻近第二突起863并沿第二突起863的大部分长度延伸。第一凹陷867可以定位在第二突起863与无纹理区域890之间。第一凹陷867可以进一步沿着第二突起863和第二侧表面部分864的方向延伸。此外,在图8B的实施例中,第一凹陷867可以在平行于第二突起863和第二侧表面部分864的方向上延伸。另外,第二突起863可以安置在第二侧表面部分864与第一凹陷867之间。

[0179] 第二突起863可以进一步邻接第一凹陷867。如所示出的并且根据一个实施例,第二突起863和第一凹陷867可以延伸限定主体801的周边的侧表面的总长度的一部分。在一个特定实施例中,第二突起863和/或第一凹陷867可以延伸第二侧表面部分864的总长度的不大于30%,所述总长度被测量为外角856与外角857之间的距离。在另一个实施例中,第二突起863和/或第一凹陷867可以彼此平行地延伸第二侧表面部分864的总长度的至少40%、或第二侧表面部分864的总长度的至少50%、或至少60%、或至少70%、或至少80%、或甚至至少90%。在一个特定实施例中,第二突起863和/或第一凹陷867可以彼此平行地延伸第二

侧表面部分864的整个长度。而且,在另一个非限制性实施例中,第二突起863和/或第一凹陷867可以彼此平行地延伸第二侧表面部分864的总长度的不大于99%,如第二侧表面部分864的总长度的不大于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%。应当理解,第二突起863和/或第一凹陷867可以彼此平行地延伸的长度在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0180] 应当理解,其它磨料颗粒可以包含多于一个凹陷。例如,本文实施例的颗粒可以在表面上具有一个或多个凹陷,并且这种凹陷可以与主体的上表面的多于一个其它部分相关联并且邻接所述多于一个其它部分,包含例如一个或多个突起、无纹理区域等。一个或多个突起可以安置在凹陷与侧表面部分之间。同样地,一个或多个凹陷可以安置在突起与无纹理区域之间。

[0181] 如图8D所示,第一凹陷867可以具有显著的深度,所述深度限定第一主表面852的一部分,所述部分竖直地定位在与无纹理区域890相关联的第一主表面和与第二突出863相关联的第一主表面852的部分下方。如进一步所示,第一凹陷867可以与区域868中的第一突起853的一部分相交并邻接所述部分。值得注意的是,第一凹陷867可以终止于第一突起853的交叉处。

[0182] 如图8B进一步所示,主体851的第一主表面852可以包含在第三外角857与第四外角858之间延伸的第三侧表面部分874。主体可以进一步包含在第四外角858与第一外角855之间延伸的第四侧表面部分884,使得主体可以具有大致四边的形状,其中第一侧表面部分854和第四侧表面部分884具有弓形轮廓。第二侧表面部分864和第三侧表面部分874可以具有基本上平坦的轮廓并且在大致线性的方向上延伸。应注意,第二侧表面部分864和第三侧表面部分874可以具有边缘的轮廓中的一些微小的不规则性。

[0183] 第一主表面852可以进一步包含位于第四外角858附近的第三突起883。第三突起883可以延伸第四侧表面部分884的长度的一部分。如图8B进一步所示,与第一突起853和第二突起863相比,第三突起883可以具有更圆的形状。此外,第三突起883可以邻接无纹理区域890。

[0184] 图9A到图9E包含根据本文实施例的其它磨料颗粒的图像。图9A到图9E提供了关于本文实施例的磨料颗粒的其它特征的细节。例如,图9A包含磨料颗粒900,所述磨料颗粒包含具有第一主表面902、第二主表面903以及在第一主表面902与第二主表面903之间延伸的侧表面904的主体901。具体地,在某些实施例中,特征可以与侧表面的一部分相交,所述特征沿着所述侧表面延伸。例如,第一主表面902包含沿第一侧表面部分913的一部分延伸的第一突起911。如所示出的,第一突起911可以与第一侧表面部分913相交。如进一步所示,与第一侧表面部分913相比,第一突起911可以具有不同的轮廓,这进一步促进第一突起911与第一侧表面部分913之间相交。具体地,第一凹陷911可以具有大致线性的轮廓,并且第一侧表面部分913可以具有包含凹形部分的弯曲轮廓,所述凹形部分使得第一侧表面部分913与第一突起911相交。

[0185] 图9B包含磨料颗粒920,所述磨料颗粒包含具有第一主表面922、第二主表面923以及在第一主表面922与第二主表面923之间延伸的侧表面924的主体921。具体地,在某些实施例中,主表面之一与侧表面之间的边缘可以具有限定锯齿状和尖锐区域的不规则轮廓。例如,第二主表面923和侧表面924可以在边缘925处接合,其特征限于限定锯齿状和尖锐区

域的不规则轮廓。

[0186] 此外,在一个实施例中,第一主表面922可以具有第一表面积(A1),并且第二主表面923可以具有第二表面积(A2)。根据一个实施例,第一表面积可以与第二表面积不同。值得注意的是,在至少一种情况下,A1可以小于A2。在更具体的情况下,第一表面积(A1)与第二表面积(A2)之差可以由比率(A1/A2)限定,其中A1/A2可以不大于1,如不大于0.9、或不大于0.8、或不大于0.7、或不大于0.6、或不大于0.5、或不大于0.4、或不大于0.3、或不大于0.3、或不大于0.2、或不大于0.1。此外,在另一个非限制性实施例中,比率(A1/A2)可以为至少0.01,如至少0.05、或至少0.1、或至少0.2、或至少0.3、或至少0.4、或至少0.5、或至少0.6、或至少0.7、或至少0.8、或甚至至少0.9。应当理解,比率(A1/A2)可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0187] 虽然图8A到图8D和图9A到图9E的磨料颗粒的所有图像都已包含具有大致矩形的二维形状的颗粒,但是应当理解,与这些颗粒相关描述的任何特征可以应用于具有不规则二维形状的颗粒,如不规则的平坦磨料颗粒。

[0188] 此外,本文中提及的任何尺寸特征(例如,长度、宽度、高度等)可以参考单个颗粒的尺寸、中值或从颗粒的适合的采样分析得到的平均值。除非明确说明,否则本文提及的尺寸特性可以被认为是中值,所述中值基于从适当数量的颗粒的随机采样得到的统计显著值。值得注意的是,对于本文的某些实施例,样品大小可以包含来自一批颗粒的至少10个、以及更典型地至少40个随机选择的颗粒。一批颗粒可以包含但不一定限于从单个工艺试验中收集的一组颗粒。在又另一种情况下,一批磨料颗粒可以是磨料制品如固定的磨料制品的一组磨料颗粒。例如,一批颗粒可以包含一定量的适于形成商业级磨料产品的磨料颗粒,如至少约201bs的颗粒。

[0189] 图15A包含根据实施例的包含多个微脊的磨料颗粒的侧表面的图像。如所示出的,磨料颗粒1500包含主体1501,所述主体包含第一主表面1502、第二主表面1503以及在第一主表面1502与第二主表面1503之间延伸的侧表面1504。主体1501可以具有薄的相对平坦的形状,其中第一主表面1502和第二主表面1503大于侧表面1504。

[0190] 根据一个实施例,大部分侧表面可以包含多个微脊。例如,如图15A的图像中所示,侧表面1504包含多个微脊1505。值得注意的是,与如由第二主表面1503表示的与表面(例如,模塑表面)接触的表面相比,侧表面1504上的多个微脊1505产生完全不同的外观和纹理,所述第二主表面具有平坦轮廓并且没有微脊1505。在某些情况下,多个微脊1505产生具有锯齿状表面特征的表面,所述表面代表未抛光的陶瓷表面。

[0191] 多个微脊1505似乎具有多种不同的形态或类型。第一种类型的微脊可以包含隔离的微脊1506,所述隔离的微脊可以由延伸到侧表面之外并沿着所述侧表面延伸的微脊限定。隔离的微脊1506可以通过大致平滑的平坦区域分离。第二种类型的微脊可以包含缩放的微脊1507,所述缩放的微脊可以具有缩放或分层的外观。另一种类型包含扩展微脊,所述扩展微脊包含从聚焦区域向外延伸的多个微脊。根据图17描述了这种微脊。不希望受特定理论束缚,多个微脊1505似乎是本文实施例中描述的形成过程的人工制品。值得注意的是,认为在用于形成磨料颗粒的主体的受控裂化和破裂期间形成了多个微脊1505。因此,多个微脊1505可以表征为贝壳形或亚贝壳形破裂特征,当主体基于如本文所述的方法破裂成最终形成磨料颗粒的较小部分时,所述贝壳形或亚贝壳形破裂特征形成。此外,从理论上讲,

不同类型的微脊可能在处理过程中与不同的条件相关联。这些特征似乎与根据用于形成磨料颗粒的其它常规方法如模塑、印刷、切割等形成的颗粒的侧表面不同。图15A中的侧表面1504的区域1508提供了由多个微脊显示的粗糙且不规则特征的透视图图像。

[0192] 在一个实施例中,磨料颗粒可具有侧表面,其中侧表面的总表面积的至少51%包含多个微脊1505。在另一实施例中,较大百分比的侧表面1504可以包含多个微脊1505,包含例如但不限于侧表面的总表面积的至少52%、或至少54%、或至少56%、或至少58%、或至少60%、或至少62%、或至少64%、或至少66%、或至少68%、或至少70%、或至少72%、或至少74%、或至少76%、或至少78%、或至少80%、或至少82%、或至少84%、或至少86%、或至少88%、或至少90%、或至少92%、或至少94%、或至少96%、或至少98%、或甚至至少99%。在另一个非限制性实施例中,侧表面1504的不大于99%的总表面积可以包含多个微脊1505,如不大于98%、或不大于96%、或不大于94%、或不大于92%、或不大于90%、或不大于88%、或不大于86%、或不大于84%、或不大于82%、或不大于80%、或不大于78%、或不大于76%、或不大于74%、或不大于72%、或不大于70%、或不大于68%、或不大于66%、或不大于64%、或不大于62%、或不大于60%、或不大于58%、或不大于56%、或不大于54%、或不大于52%。应当理解,由多个微脊1505覆盖的侧表面的总表面积可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0193] 如在其它实施例中所述,侧表面可以包含多个侧表面部分,其中每个侧表面部分被限定为侧表面的在主体的外角之间延伸的部分。根据一个实施例,用于给定磨料颗粒的至少45%的侧表面部分可以包含多个微脊。在仍其它实施例中,百分比可以更大,包含例如主体的包含多个微脊的侧表面部分的至少52%、或至少54%、或至少56%、或至少58%、或至少60%、或至少62%、或至少64%、或至少66%、或至少68%、或至少70%、或至少72%、或至少74%、或至少76%、或至少78%、或至少80%、或至少82%、或至少84%、或至少86%、或至少88%、或至少90%、或至少92%、或至少94%、或至少96%、或至少98%、或至少99%。在至少一个实施例中,用于给定磨料颗粒的侧表面的所有侧表面部分可以包含多个微脊。

[0194] 虽然可以理解,如自顶向下观察的,主体的二维形状将确定磨料颗粒的侧表面部分的数量,但是在至少一个实施例中,主体可以包含包括多个微脊的至少三个侧表面部分。在其它实施例中,包含多个微脊的侧表面部分的数量可以更大,如至少四个、或至少五个、或至少六个、或至少七个、或至少八个。仍然,应当理解,在至少一个实施例中,可以形成磨料颗粒,使得至少一个侧表面部分不包含多个微脊。

[0195] 图15B包含图15A的磨料颗粒的一部分的放大图像。图15B更清楚地描绘了已在本文实施例的磨料颗粒上观察到的两种不同类型的微脊。如所描绘的,第一种类型的微脊可以包含多个隔离的微脊,所述多个隔离的微脊可以包含通过平滑的平坦区域1511彼此分开的隔离的微脊1506。如进一步所示,隔离的微脊1506可以沿不规则路径中的侧表面延伸。隔离的微脊1506的路径可以是不规则的,但当彼此相比时特征为具有一些协调性。例如,如图15B所示,隔离的微脊1506可以沿着不规则路径中的侧表面延伸,但可以具有相对于彼此大致相同的不规则路径。根据一个实施例,可以彼此相邻的一组隔离的微脊1506的至少一部分可以以大致共延的方式延伸使得它们限定相对于彼此相同的路径,但是由平滑的平坦区域1511分离。这种布置似乎类似于高速公路上的车道。

[0196] 在另一个实施例中,多个隔离的微脊1506中的至少一个隔离的微脊可以由具有不

同形状的不同区域构成。例如,隔离的微脊中的至少一个可以包含头部区域1513和连接到头部区域1513并从所述头部区域延伸的尾部区域1514。如图所描绘的并且根据一个实施例,头部区域1503可以具有圆形形状。尾部区域1514可以具有细长形状。在至少一个实施例中,隔离的微脊可以包含一系列连接在一起并由一个或多个间隙1516分开的这些区域。间隙1516可以限定隔离的微脊1506中的中断。间隙1516可以限定沿着一个或多个隔离的微脊1506的不规则路径定位的平滑区域。在至少一个实施例中,隔离的微脊1506的不规则路径可以包含多个间隙1516,并且因此隔离的微脊可以表征为沿不规则路径延伸的一系列隔离的微脊部分1517。任何隔离的微脊部分可以包含头部区域和尾部区域。

[0197] 多个隔离的微脊1506可以沿着侧表面延伸相当长的距离。例如,隔离的微脊1506中的至少一个可以延伸侧表面1504的平均高度的至少10%。在其它实施例中,侧表面1504上的一个或多个隔离的微脊1506的长度可以是侧表面1504的平均高度的至少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%、或至少95%。在仍另一个非限制性实施例中,侧表面1504上的一个或多个隔离的微脊1506的长度可以是侧表面的平均高度的不大于99%、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%。应当理解,沿侧表面1504的隔离的微脊1506中的一个或多个的长度可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0198] 在某些情况下,多个隔离的微脊1506中的一个或多个的总长度可以为至少100微米,如至少150微米、或至少200微米、或至少300微米、或至少400微米。而且,取决于磨料颗粒的高度,隔离的微脊1506中的至少一个的总长度可以不大于2mm,如不大于1mm或甚至不大于500mm。

[0199] 多个隔离的微脊1506可以具有非常小的厚度,特别是在尾部区域1514中,其中厚度在横向于微脊的方向和限定微脊的长度的方向上测量。如图15B所描绘的,隔离的微脊1506中的任何一个的尾部区域1514的厚度可以小于10微米,如小于8微米、或不大于6微米、或不大于4微米、或不大于2微米。仍然,似乎隔离的微脊1506的尾部区域1514的厚度可以为至少0.01微米或至少0.1微米。尾部区域1514的厚度是在尾部区域1514中测量的最大厚度。

[0200] 多个隔离的微脊1506的头部区域1513的厚度可以大于尾部区域1514的厚度。如图15B所描绘的,隔离的微脊1506中的任何一个的头部区域的厚度可以小于50微米,如小于40微米、或不大于30微米、或不大于20微米。仍然,似乎隔离的微脊1506的头部区域1513的厚度可以为至少1微米或至少1微米。头部区域1513的厚度是在头部区域1513中针对给定的隔离的微脊1514测量的最大厚度。

[0201] 如图15B中进一步描绘的,多个微脊1505的至少一部分可以包含多个缩放的微脊1507。与隔离的微脊1506相比,多个缩放的微脊1507可以具有不同的形态。如所示出的,多个缩放的微脊1507可以包含多个凸起部分,所述多个凸起部分具有不规则形状和在凸起部分之间延伸的褶皱。更具体地,多个缩放的微脊1507可以包含一个或多个主脊1521,所述一个或多个主脊限定凸起部分和从一个或多个主脊1521延伸的多个褶皱1522。在某些情况下,多个褶皱1522可以在两个或更多个主脊1521之间延伸和/或跨越所述两个或更多个主脊延伸。

[0202] 根据一个实施例并且如图15B所描绘的,缩放的微脊1507的一个或多个主脊1521可以沿着主体的侧表面在不规则路径中延伸。不规则路径通常包含连接在一起的线性和弓

形部分的随机组合。如进一步所示,一个或多个主脊1521可以彼此横向间隔开,但是可以相对于彼此具有一些协调性,使得主脊1521的部分,包含例如彼此相邻的那些主脊,可以以共延的方式延伸,如隔离的微脊1506。

[0203] 在一方面,主脊1521可以具有如根据隔离的微脊所描述的关于尺寸和方向的任何特征。例如,主脊1521可以沿侧表面1504延伸相当长的距离。例如,主脊1521中的至少一个可以延伸侧表面1504的平均高度的至少10%。在其它实施例中,侧表面1504上的一个或多个主脊1521的长度可以是侧表面的平均高度的至少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%、或至少95%。在仍另一个非限制性实施例中,侧表面1504上的一个或多个主脊1521的长度可以是侧表面1504的平均高度的不大于99%、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%。应当理解,沿侧表面1504的一个或多个主脊1521的长度可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0204] 在某些情况下,主脊1521中的一个或多个的总长度可以为至少100微米,如至少150微米、或至少200微米、或至少300微米、或至少400微米。而且,取决于磨料颗粒的高度,主脊1521中的至少一个的总长度可以不大于2mm,如不大于1mm或甚至不大于500mm。应当理解,主脊1521中的至少一个的总长度可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0205] 如图15B进一步描绘的,缩放的微脊1507可以包含多个褶皱1522,所述多个褶皱可以沿着侧表面以不规则路径从一个或多个主脊1521延伸。通常,多个褶皱1522的至少大部分可以沿着主体的侧表面上的弯曲路径延伸。在某些情况下,褶皱可以限定沿着不规则路径沿侧表面1504延伸的凹槽。与主脊1521的数量相比,缩放脊1507的某些实施例可以包含更多数量的褶皱1522。

[0206] 如图15B进一步描绘的并且根据一个实施例,与一个或多个主脊1521相比,多个褶皱1522可以在不同的方向上延伸。例如,多个褶皱1522可以从一个或多个主脊1521延伸、在所述一个或多个主脊之间延伸和/或跨越所述一个或多个主脊延伸。多个褶皱1522可以横向于主脊1521的长度延伸。多个褶皱1522可以采用在侧表面处延伸到主体中的形式或凹槽。

[0207] 在某些实施例中,多个褶皱1522可以限定穿过主脊1521的切口,所述切口可以在主脊1521中形成间隙1523或高度减小的区域。根据一个实施例,主脊1521中的一个或多个可以包含限定主脊1521的细长部分之间的至少一个间隙1523。间隙1523可以与从间隙1523延伸的一个或多个褶皱1522相关联和/或连接到所述一个或多个褶皱。

[0208] 如本文所述,缩放的微脊1507可以具有缩放的或鳞片状外观。与隔离的微脊1506不同,缩放的微脊1507似乎具有更大的波纹度和/或粗糙度。此外,具有缩放的微脊1507的侧表面的区域可以限定侧表面的与包含隔离的微脊1506的侧表面的区域相比具有更大的粗糙度的区域。缩放的微脊1506和隔离的微脊1507也可以基于一个或多个其它表面特征彼此区分,包含例如但不限于波纹度、最大表面粗糙度等。

[0209] 如图15B进一步描绘的,缩放的微脊1507可以邻接隔离的微脊1506。在某些情况下,可以协调缩放的微脊1507和隔离的微脊1506,使得缩放的微脊1507的主脊1521和隔离的微脊1506可以具有共延的部分,尽管具有跨越主体的侧表面的不规则路径。不希望受特定理论束缚,认为隔离的微脊1506和缩放的微脊1507可以根据相同的过程发生,如在形成

期间的破裂,但是在形成隔离的微脊1506期间的条件可能与在形成缩放的微脊1507期间的条件略微不同。

[0210] 图16包含根据实施例的包含缩放的微脊的侧表面的一部分的图像。如所描绘的,缩放的微脊1607可以包含沿不规则路径延伸的多个主脊1621和从多个主脊1621延伸、在所述多个主脊之间延伸和/或跨越所述多个主脊延伸的多个褶皱1622。根据图16所描绘的实施例,缩放的微脊1607可以具有分层的外观,使得表面似乎由彼此叠置的多个层制成。应当理解,缩放的微脊1607实际上可以不包含多个层,但是缩放的微脊1607的形态提供了这种外观。

[0211] 根据另一个实施例并且如图16所示,缩放的微脊1607可以包含一个或多个悬崖区域1631。悬崖区域1631可以包含缩放的微脊1607的主脊的一部分或其它凸起部分,所述缩放的微脊似乎急剧上升并远离侧表面并且通过剪切面与下面区域分离。悬崖区域1631可以包含但不一定包含悬垂或露出,所述悬垂或露出可以悬挂在下面区域上方的空间中,如波峰。例如,悬崖区域1631可以包含在下面区域1633上方延伸的凸起部分1632。凸起部分1632和下面区域1633可以通过剪切面1634彼此分开。

[0212] 图17包含根据实施例的包含另一种类型的微脊的磨料颗粒的侧表面的图像。磨料颗粒1701可以包含侧表面1702,所述侧表面包含多个延伸的微脊1703。如所描绘的,就其形态而言,与隔离的微脊和缩放的微脊相比,多个延伸的微脊1703可以是不同类型的微脊。例如,如图17所提供的,多个延伸的微脊1703似乎从聚焦区域1704延伸。也就是说,多个延伸的微脊1703似乎非常细长,沿着侧表面1702延伸相当长的距离并且远离聚焦区域1704延伸。与缩放和隔离类型的微脊相比,多个延伸的微脊1703可以包含紧密堆积的微脊。也就是说,延伸的微脊1703的紧邻的微脊之间的平均距离可以小于隔离的微脊或缩放的微脊之间的平均距离,其中平均距离被测量为两个紧邻的脊之间的最小距离的平均值。在至少一个实施例中,多个延伸的微脊1703可以沿多个方向从聚焦区域1704延伸。不希望受特定理论束缚,多个延伸的微脊1703可以在高能破裂模式期间形成,其中破裂起始于聚焦区域1704并且从聚焦区域1704在所有方向上快速向外延伸,从而促进形成多个延伸的微脊1703。此外,在形成多个延伸的微脊1703期间发生的破裂条件可以与形成其它类型的微脊如隔离的微脊或缩放的微脊期间的破裂条件不同。

[0213] 除了本文所述的任何特征之外或作为其替代方案,通过本文所述的方法形成的磨料颗粒可以具有特定特征,所述特定特征可以与侧表面或侧表面的部分相关联。图18包含根据实施例的磨料颗粒的侧视图图像。图19包含图18的侧壁的一部分的放大图像。图20包含图18的测量主体和第二区域的高度标记的侧视图图像。在一方面,磨料颗粒的主体1801可以包含第一主表面1802、与第一主表面1802相对的第二主表面1803以及在第一主表面1802与第二主表面1803之间延伸的侧表面1804。本文提及的磨料颗粒的主表面可以指大于主体的其它表面的表面。然而,一个或多个主表面不必总是最大区域的表面。在一个实施例中,侧表面1804包括特定的平均各向异性因子(MAF)。MAF可以与单个颗粒或颗粒集合相关联。MAF是用于测量与根据本文的实施例形成的颗粒的侧表面相关联的独特的破裂签名的分析技术。不希望受特定理论束缚,建议本文公开的方法的参数组合导致在侧壁的部分上形成具有可以由MAF量化的独特纹理的成形的磨料颗粒。通过分析侧表面或侧表面的一部分并且以适当的对比度和分辨率拍摄大约1000X放大率的扫描电子显微图像来测量MAF,以

清楚地区分如图18中提供的特征。值得注意的是,如果侧壁的一部分似乎具有比另一部分更大的纹理,则应该将分析集中在此区域中(例如,如图19中提供的区域1806)。然后根据下面提供的等式用傅立叶变换来分析图像。

[0214] 傅里叶变换(FT)的定义如下:

$$[0215] \quad rT: (u, v) \rightarrow \sum_{x,y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot e^{-j.2\pi \cdot \frac{u.x+v.y}{N}}$$

[0216] 这暗示“f”为原始图像及其水平轴线和垂直轴线(x, y),并且“F”为原始图像的傅立叶变换及其在频率空间中的轴线(u, v)。

[0217] 并且其中 $\sqrt{-1}$ ,并且“N”是在像素中的原始图像的尺寸。

[0218] 根据定义,我们有FTi (FT(f)) = f。原始图像“f”的傅里叶变换F可以写成如下:

$$[0219] \quad F = A \times e^{-j\varphi}$$

[0220] 其中:

$$[0221] \quad A = \sqrt{Re(F)^2 + Im(F)^2} \text{ 并且 } \varphi = \tan^{-1} \frac{Re(F)}{Im(F)}$$

[0222] 我们将“A”称为傅立叶变换的量级,并将 $\varphi$ 称为其相。为了计算MAF,我们关注变量“A”,因为它是包含关注信息的量级。

[0223] 然后使用主成分分析(PCA)技术来评估通过傅里叶变换分析的图像。傅里叶变换“F”可以被认为是概率分布。因此,“F”归一化如下:

$$[0224] \quad P(u, v) = \frac{F(u, v)}{\sum_{u,v=1}^N F(u, v)} \text{ 针对 } (u, v) \in \llbracket 1, N \rrbracket$$

[0225] 现在,使 $U = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$ 。我们计算U的COV协方差:

$$[0226] \quad COV = E[(U - E(U)) \times (U - E(U))^T]$$

[0227] 其中E定义为:

$$[0228] \quad E: \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} \rightarrow \sum_{u,v=1}^N P(u, v) \times \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$$

[0229] 由于F是对称的,因此遵循 $E(U) = 0$ 。因此,我们有:

$$[0230] \quad COV = E(U \times U^T)$$

[0231] COV是对称和正定矩阵。因此,它可以写成:

$$[0232] \quad COV = M \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 \\ 0 & \sigma_2 \end{pmatrix} M^T, \text{ 其中 } MM^T = Id$$

[0233]  $\sigma_1$ 和 $\sigma_2$ 是F的主成分。我们将各向异性因子 $\gamma$ 定义为:

$$[0234] \quad AF = \frac{\text{最大值}(\sigma_1, \sigma_2) - \text{最小值}(\sigma_1, \sigma_2)}{\text{最小值}(\sigma_1, \sigma_2)} \times 100$$

[0235] 可以使用合适的编程语言如Python(版本2.7)从原始图像生成傅里叶变换图像。计算机程序还可以用于计算各向异性因数因子(AF)。

[0236] 图21A包含根据实施例形成的颗粒的侧表面的一部分的图像。图21B包含将傅立叶

变换应用于图21A的图像的图像。可以看出,图21A的表面包含在水平(即,从左到右)方向上具有主要方向的脊。这种脊可以与本文的各种实施例中描述的微脊相同。傅立叶变换分析这些特征并创建图21B的图像,其中呈现的白云在垂直方向(向上和向下)上具有与水平方向相比更强的值。PCA技术允许我们分析和量化图21B中描绘的云。

[0237] 本文实施例的磨料颗粒可以具有特定的MAF,如至少1.25、或至少1.30、或至少1.40、或至少1.50、或至少1.60、或至少1.70、或至少1.80、或至少1.90、或至少2.00、或至少2.10、或至少2.20、或至少2.30、或至少2.40、或至少2.50、或至少2.60、或至少2.70、或至少2.80、或至少2.90、或至少3.00、或至少3.10、或至少3.20、或至少3.30、或至少3.40、或至少3.50、或至少3.60、或至少3.70。仍然,根据一个非限制性实施例,磨料颗粒的MAF可以不大于20,如不大于15、或不大于12、或不大于10、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。应当理解,MAF可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。这种值和数值范围与根据实施例形成的磨料颗粒的集合相关。

[0238] 在另一个实施例中,可以针对一个或多个晶粒绘制上述等式中描述的各向异性因子(AF),以产生AF值对频率的直方图。根据直方图,可以计算各向异性因子标准偏差(即,AF直方图的第一标准偏差)。根据一个实施例,各向异性因子标准偏差可以为至少0.75,如至少0.8、或至少0.85、或至少0.90、或至少1.00、或至少1.05、或至少1.10、或至少1.20。此外,在另一个非限制性实施例中,各向异性因子标准偏差可以不大于10,如不大于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。应当理解,各向异性因子标准偏差可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。这种值和数值范围与根据实施例形成的磨料颗粒的集合相关。

[0239] 如本文所述,可以为单个磨料颗粒或磨料颗粒集合产生MAF和各向异性因子标准偏差。为了量化单个磨料颗粒的MAF和各向异性因子标准偏差,应对侧表面的合适数量的区域进行取样(例如,至少3个不同的区域)以产生统计相关的样品组。MAF和各向异性因子标准偏差应该在那些似乎具有最大纹理(例如,微脊)的区域处测量到这种区域足够大以便采样的程度。在某些情况下,这种区域可能与加工期间受控裂化相关联。如本文实施例中所所述,MAF和各向异性因子标准偏差还可以用于分析磨料颗粒的集合。为了基于磨料颗粒的集合计算这些值,从所述集合中随机选择至少8个磨料颗粒,并分析侧表面的三个随机选择的区域。在某种程度上,侧表面的某些区域表现出如图21A所示的更大的纹理,可以首先测量这种区域,假设它们足够大以进行分析。

[0240] 根据另一方面,本文实施例的某些磨料颗粒可以具有不同的区域,所述不同区域可以具有相对于彼此显著不同的MAF和各向异性因子标准偏差。例如,如图19所示,侧表面1804可以具有第一区域1805和第二区域1806。第一区域1805和第二区域1806可以在侧表面1804上彼此邻接。第一区域1805可以从第一主表面1802延伸,并且第二区域1806可以从第二主表面1803延伸。根据一个实施例,第二区域的MAF可以大于第一区域的MAF。如将理解的,这种比较要求MAF分析在区域1805和1806中的每一个上单独进行,然后相互比较。如图19所示,与第二区域1806相比,第一区域1805似乎具有更光滑的纹理。第一区域1805可以与图案化过程相关联。与第一区域1806相比,第二区域1806似乎具有更粗糙的纹理,这可能与一个或多个处理变量相关联,包含导致压缩和/或受控裂化的图案化。根据一个实施例,第一区域1805与第二区域1806之间的MAF(即, $MAF_{\Delta} = MAF_2 / MAF_1$ ,其中MAF2是第二区域1806

的MAF,并且MAF1是第一区域1805的MAF)的差异可以为至少1,如至少1.2、或至少1.4、或至少1.6、或至少1.8、或至少2、或至少2.2、或至少2.4、或至少2.6、或至少2.8、或至少3、或至少3.5、或至少4、或至少5、或至少6、或至少7、或至少8。而且,在一个非限制性实施例中,MAF的差异可以不大于1000、或不大于500、或不大于100、或不大于50、或不大于10、或不大于5。应当理解,第一区域1805和第二区域1806之间的MAF差异可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。这种值和数值范围与根据本文实施例的磨料颗粒的集合相关。

[0241] 根据一个实施例,磨料颗粒的第一区域1805可以具有特定的MAF。例如,MAF可以不大于1.20,如不大于1.10、或不大于1.00、或不大于0.90、或不大于0.80、或不大于0.70、或不大于0.60、或不大于0.50、或不大于0.40、或不大于0.30。此外,在一个非限制性实施例中,磨料颗粒的第一区域1805的MAF可以为至少0.30、或至少0.40、或至少0.50、或至少0.60、或至少0.70、或至少0.80、或至少0.90、或至少1.00、或至少1.10。应当理解,第一区域1805的MAF可以在包含上述任何最小值与最大值的范围内。这种值和数值范围与根据实施例形成的磨料颗粒的集合相关。

[0242] 在又另一方面,磨料颗粒的第二区域1806可以具有特定的MAF,如至少1.30、或至少1.40、或至少1.50、或至少1.60、或至少1.70、或至少1.80、或至少1.90、或至少2.00、或至少2.10、或至少2.20、或至少2.30、或至少2.40、或至少2.50、或至少2.60、或至少2.70、或至少2.80、或至少2.90、或至少3.00、或至少3.10、或至少3.20、或至少3.30、或至少3.40、或至少3.50、或至少3.60、或至少3.70。在另一个非限制性实施例中,磨料颗粒的第二区域1806的MAF可以不大于20、或不大于15、或不大于12、或不大于10、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。应当理解,磨料颗粒的第二区域1806的MAF可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。这种值和数值范围与根据实施例形成的磨料颗粒的集合相关。

[0243] 如上所述,图20包含根据实施例的磨料颗粒的侧视图图像,其包含指示三个位置处的主体的相对高度和相同三个位置处的第二区域1806的相对高度的标记。本文中磨料颗粒通过长度、宽度和高度描述。长度是最长的尺寸,宽度是垂直于长度延伸并且在与长度相同的平面内的第二最长尺寸,并且主体的高度是垂直于长度并垂直于长度和宽度的平面延伸的最短尺寸。识别和测量成形的磨料颗粒和恒定高度磨料颗粒的长度、宽度和高度是直截了当的。识别和测量压碎或不规则形状的磨料颗粒的长度、宽度和高度并不简单。因此,为了测量不规则形状的磨料颗粒的高度,将随机选择的磨料颗粒的样品放置在表面上并振动。推测磨料颗粒与其平行于表面的最长轴线对齐,并且因此推测高度是垂直于表面和长度延伸的尺寸。在振动磨料颗粒以识别侧表面之后,使用镊子将磨料颗粒转移到粘合剂表面,使得当自顶向下观察时侧表面是可见的。然后准备晶粒以进行成像分析(例如,光学显微镜、SEM等)。

[0244] 如图20所示,在某些情况下,第二区域1806可以具有相对于主体1801的平均高度并且相对于第一区域1805的平均高度的特定平均高度。例如,在一个实施例中,与第一区域1805相比,第二区域1806可以延伸更大百分比的高度。可以使用如图20所示的图像和如ImageJ等成像处理软件来测量主体1801或任何区域(例如,第一区域1805和第二区域1806)的平均高度。第一线1812大致在两个外角1851与外角1852之间的侧表面1804的中间绘制。第一线1811被绘制成大致垂直于第一主表面1802和第二主表面和1803中的至少一个。第二

线1811被绘制在第一线1812的左侧,其距离大约在第一外角1851与第一线1812之间的中间。第三线1813被绘制在第一线1812的右侧,其距离大约在第二外角1852与第一线1812之间的中间。然后,线1811、1812和1813的长度被平均成限定主体1801的平均高度。可以完成相同的过程以测量第二区域1806的平均高度,如由线1821、1822和1823所示。

[0245] 根据一个实施例,第一区域1805的平均高度可以是主体1801的高度的不大于90%,如不大于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5%。此外,在另一个实施例中,第一区域1805的平均高度可以是主体的高度的至少1%、或至少2%、或至少5%、或至少8%、或至少10%、或至少15%、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%。应当理解,第一区域1805的平均高度可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。在侧表面明显仅具有第一区域和第二区域(例如,图20)的情况下,可以通过从主体1801的平均高度减去第二区域1806的平均高度来计算第一区域1805的平均高度。可替代地,除了小心地仅测量与第一区域1805相关的那个部分之外,可以使用如所描述的相同方法测量第一区域1805的平均高度以测量第二区域1806的高度。

[0246] 在另一个实施例中,第二区域1806的平均高度可以是主体1801的高度的不大于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%、或不大于10%、或不大于5%。在仍另一个非限制性实施例中,第二区域1806的平均高度可以是主体的高度的至少5%、或至少8%、或至少9%、或至少10%、或至少12%、或至少15%、或至少20%、或至少25%、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%。应当理解,第二区域1806的平均高度可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。这种值和数值范围与根据本文实施例的磨料颗粒的集合相关。

[0247] 在某些情况下,本文实施例的磨料颗粒可以在侧表面上具有特定形状。如图18和图20所示,侧壁1804可以具有第一区域1805和第二区域1806,所述第一区域和所述第二区域可以在主体1801的侧表面上限定阶梯区域。也就是说,第二区域1806可以比第一区域1805更远离主体延伸,从而限定可以具有基本上平行于第一主表面1802和/或第二主表面1803延伸的至少一部分的阶梯表面1831。

[0248] 作为来自图18到图20中提供的图像的证据,侧表面1804的第二区域1806可以具有纹理,所述纹理可以呈如本文其它实施例中所述的多个微脊的形式。在某些情况下,多个微脊可以在相对于彼此基本上相同的方向上延伸。应理解,本文任何实施例的任何颗粒可以包含本文任何实施例中描述的多种特征中的一种或多种。

[0249] 如本文更详细描述,本文实施例中描述的任何特征可以与磨料颗粒的集合相关联。此外,应当理解,本文实施例中描述的其它特征的各种组合可以存在于磨料颗粒的集合中。磨料颗粒的集合可以是多个,以及更具体地存在于固定磨料制品中的磨料颗粒的一部分。根据一个实施例,可以但不是必须地形成所述集合。在某些情况下,磨料颗粒的集合可以包含作为固定磨料一部分的所有颗粒。可替代地,磨料颗粒的集合可以是游离磨料颗粒的一部分,所述游离磨料颗粒不是固定磨料制品的一部分。

[0250] 在一方面,磨料颗粒集合可以包含磨料颗粒,所述磨料颗粒具有包含第一主表面、与第一主表面相对的第二主表面以及在第一主表面与第二主表面之间延伸的侧表面的主

体。磨料颗粒集合可以具有特定的平均非凸性因子(MNCF)。MNCF用于描述磨料颗粒的二维形状,并且是通过评估非凸性因子产生的平均值,所述非凸性因子是通过磨料颗粒的二维自顶向下图像计算的。应注意,将随机选择的磨料颗粒置于表面上并进行振动。推测磨料颗粒与其平行于表面的最长轴线对齐,并且颗粒在这种位置成像或小心地转移到合适的表面,从而小心地维持振动后获得的朝向,以便安装进行成像。

[0251] 作为实例,图22A、图22B和图22C包含根据实施例的磨料颗粒的第一主表面的自顶向下图像。图22A的图像使用X射线显微镜获得,但是可以使用其它合适的技术来获得磨料颗粒的清晰的自顶向下图像。在获得如图22A所示的合适图像之后,可以通过选择适当的阈值灰度值来创建二值图像(即,仅黑色和白色),所述阈值灰度值区分黑色和白色并且根据背景清楚地描绘颗粒的边缘。可以使用如ImageJ等成像软件。通过成像软件使用二值图像计算磨料颗粒的原始面积。使用成像软件,创建如图22C所示的凸包图像。凸包通过识别外角并在这些角之间绘制直线来定义二维图像的最大面积。使用图22C的图像测量凸包面积。然后根据等式 $NCF = (1 - (\text{原始面积} / \text{凸包区域})) \times 100$ 计算非凸度因子(NCF)。可以针对合适数量的随机采样的颗粒集合重复此过程,然后将其绘制为非凸度因子对频率的直方图。可以通过识别平均值根据直方图计算MNCF。

[0252] 根据一个方面,根据实施例的磨料颗粒集合的MNCF可以为至少3.5,如至少3.75、或至少4.0、或至少4.5、或至少5.0、或至少5.5、或至少6.0、或至少6.5、或至少7.0、或至少7.5、或至少8.0、或至少8.5、或至少9.0。仍然,在另一个非限制性实施例中,MNCF可以不大于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14、或不大于13、或不大于12、或不大于11、或不大于10.5。MNCF可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。应当注意,本文实施例的磨料颗粒的MNCF可以与成形的磨料颗粒的MNCF显著不同,所述成形的磨料颗粒通过不同的方法形成,并且通常具有相对于彼此更高的形状保真度和更低的MNCF。

[0253] 使用NCF与频率的直方图,还可以评估来自磨料颗粒集合的磨料颗粒的取样的非凸性因子标准偏差(NCFSD)。假设数据的高斯分布,NCFSD是第一标准偏差测量,并且可以指示非凸性值的变化。根据一个实施例,所述集合的磨料颗粒的NCFSD可以为至少2.4,如至少2.5、或至少2.6、或至少2.7、或至少2.8、或至少2.9、或至少3.0、或至少3.1、或至少3.2、或至少3.3、或至少3.4、或至少3.5。仍然,在一个非限制性实施例中,所述集合的磨料颗粒的NCFSD可以不大于30,如不大于25、或不大于20、或不大于15、或不大于10、或不大于8、或不大于6、或不大于4。NCFSD可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0254] 磨料颗粒的集合可以具有在其它实施例中提到的任何特征,包含例如但不限于:MAF、各向异性因子标准偏差、侧表面的第一区域与第二区域之间的MAF差异、第一区域的平均高度、第二区域的平均高度、第一区域和第二区域相对于彼此的平均高度的差异、第一区域相对于主体的平均高度的平均高度、第二区域相对于主体的平均高度的平均高度、或其任何组合。本文实施例的任何特征的值可以同样适用于磨料颗粒的集合,不同之处在于任何特征是从随机选择的磨料颗粒而不是单个磨料颗粒的合适取样测量的。

[0255] 根据一个实施例,磨料颗粒的集合可以具有特定的高度标准偏差。如本文所述,沿着侧表面在基本垂直于第一主表面或第二主表面中的至少一个的方向上测量高度。本文实施例的形成方法可以促进形成具有受控高度和特定标准高度偏差的磨料颗粒,如不大于

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。仍然,在一个非限制性实施例,所述集合的磨料颗粒的标准高度偏差可以为至少1微米,如至少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、或至少35微米。应当理解,磨料颗粒集合的标准高度偏差可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0256] 图10包含根据实施例的结合磨料颗粒材料的涂覆磨料制品的横截面图示。值得注意的是,未示出磨料颗粒的一个或多个表面上的多个磨料颗粒,但是应当理解为根据本文实施例存在。如图所示,涂覆磨料1000可以包含底物1001和覆盖底物1001的表面的制作涂层1003。涂覆磨料1000可以进一步包含呈第一类磨料颗粒形式的第一类磨料颗粒材料1005(例如,成形的、CHAP、未成形的或不规则的等)、呈第二类磨料颗粒形式的第二类磨料颗粒材料1006(例如,成形的、CHAP、未成形的或不规则的等)、以及呈稀释剂磨料颗粒形式的可以具有随机形状第三类磨料颗粒材料。涂覆磨料1000可以进一步包含覆盖并粘结到磨料颗粒材料1005、1006、1007和制作涂层1004上的胶料涂层1004。

[0257] 根据一个实施例,底物1001可以包含有机材料、无机材料及其组合。在某些情况下,底物1001可以包含编织材料。然而,底物1001可以由非编织材料制成。特别合适的底物材料可以包含有机材料,包括聚合物、以及具体地聚酯、聚氨酯、聚丙烯、聚酰亚胺,如来自DuPont的KAPTON、纸。一些合适的无机材料可以包含金属、金属合金、以及具体地铜箔、铝箔、钢及其组合。

[0258] 制作涂层1003可以在单个过程中施加到底物1001的表面上,或者可替代地,磨料颗粒材料1005、1006、1007可以与制作涂层1003材料组合并作为混合物施加到底物1001的表面上。制作涂层1003的合适材料可以包含有机材料,特别是聚合物材料,包含例如聚酯、环氧树脂、聚氨酯、聚酰胺、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸酯、聚氯乙烯、聚乙烯、聚硅氧烷、硅氧烷、乙酸纤维素、硝化纤维素、天然橡胶、淀粉、虫胶及其混合物。在一个实施例中,制作涂层1003可以包含聚酯树脂。然后可以加热涂覆底物,以使树脂和磨料颗粒材料固化到底物上。通常,在此固化过程中,涂覆底物1001可以被加热到约100°C到低于约250°C之间的温度。

[0259] 此外,应当理解,涂覆磨料制品可以包含各种类型的磨料颗粒的一个或多个集合,包含磨料颗粒材料1005、1006和1007,所述磨料颗粒材料可以代表本文实施例的磨料颗粒。本文实施例可以包含固定磨料制品(例如,涂覆磨料制品),所述固定磨料制品具有代表本文实施例的磨料颗粒的第一磨料颗粒集合(例如,磨料颗粒材料1005)。任何固定磨料可以进一步在其中采用第二磨料颗粒集合,所述第二磨料颗粒集合可以代表根据本文实施例的另一种类型的磨料颗粒,可以以一种或多种方式与第一磨料颗粒集合不同,包括但不限于如本文所述的一种或多种磨料特性。在粘结的磨料制品中可以使用相同的特征。

[0260] 磨料颗粒材料1005、1006和1007可以包含根据本文实施例的不同类型的磨料颗粒。如本文实施例中所描述的,不同类型的磨料颗粒在组合物、二维形状、三维形状、尺寸及其组合方面可以彼此不同。如所示出的,涂覆磨料1000可以包含第一类磨料颗粒1005和第二类磨料颗粒1006。涂覆磨料1000可以包含不同量的第一类磨料颗粒1005和第二类磨料颗粒1006。应当理解,涂覆磨料可以不必包含不同类型的磨料颗粒,并且可以基本上由单一类

型的磨料颗粒组成。如将理解的,本文实施例的磨料颗粒可以并入包含呈调合物的形式的各种固定磨料中(例如,粘合磨料、涂覆磨料、非编织磨料、薄轮、切割轮、增强磨料制品等),所述调合物可以包含不同类型的成形的磨料颗粒、具有稀释剂颗粒的成形的磨料颗粒等。此外,根据某些实施例,一批颗粒材料可以以预定朝向结合到固定磨料制品中,其中磨料颗粒中的每一个可以具有相对于彼此以及相对于磨料制品的一部分的预定朝向(例如,涂覆磨料的背衬)。

[0261] 磨料颗粒1007可以是不同于第一类磨料颗粒1005和第二类磨料颗粒1006的稀释剂颗粒。例如,稀释剂颗粒可以与第一类磨料颗粒1005和第二类磨料颗粒1006在组合物、二维形状、三维形状、尺寸及其组合方面不同。例如,磨料颗粒1007可以代表具有随机形状的常规粉碎磨料砂砾。磨料颗粒1007的中值粒径可以小于第一类磨料颗粒1005和第二类磨料颗粒1006的中值粒径。

[0262] 在用其中包含的磨料颗粒材料1005、1006、1007充分形成制作涂层503之后,可以形成胶料涂层1004以覆盖磨料颗粒材料1005、1006、1007并将其粘合就位。胶料涂层1004可以包含有机材料,可以基本上由聚合物材料制成,并且特别地,可以使用聚酯、环氧树脂、聚氨酯、聚酰胺、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸酯、聚氯乙烯、聚乙烯、聚硅氧烷、硅氧烷、乙酸纤维素、硝化纤维素、天然橡胶、淀粉、虫胶及其混合物。

[0263] 图11包含根据实施例的结合磨料颗粒材料的粘结磨料制品的图示。如所示出的,粘结磨料1100可以包含粘结材料1101、包含在粘结材料中的磨料颗粒材料1102、以及粘结材料1101内的孔隙1108。在特定情况下,粘结材料1101可以包含有机材料、无机材料及其组合。合适的有机材料可以包含聚合物,如环氧树脂、树脂、热固性塑料、热塑性塑料、聚酰亚胺、聚酰胺及其组合。某些合适的无机材料可以包含金属、金属合金、玻璃相材料、结晶相材料、陶瓷及其组合。

[0264] 粘结磨料1100的磨料颗粒材料1102可以包含不同类型的磨料颗粒1103、1104、1105和1106,所述不同类型的磨料颗粒可以具有如本文实施例中所述的不同类型的磨料颗粒的任何特征(例如,成形的、CHAP等)。值得注意的是,如本文实施例中所描述的,不同类型的磨料颗粒1103、1104、1105和1106可以在组合物、二维形状、三维形状、尺寸及其组合方面彼此不同。

[0265] 粘结磨料1100可以包含一种类型的代表稀释剂磨料颗粒的磨料颗粒材料1107,所述磨料颗粒材料可以与不同类型的磨料颗粒1103、1104、1105和1106在组合物、二维形状、三维形状、尺寸及其组合方面不同。

[0266] 粘结磨料1100的孔隙率1108可以是开孔孔隙率、闭孔孔隙率及其组合。孔隙率1108可以基于粘结磨料1100的主体的总体积以大部分量(vol%)存在。可替代地,孔隙率1108可以基于粘结磨料1100的主体的总体积少量(vol%)存在。粘结材料1101可以基于粘结磨料1100的主体的总体积以大部分量(vol%)存在。可替代地,粘结材料1101可以基于粘结磨料1100的主体的总体积少量(vol%)存在。另外,磨料颗粒材料1102可以基于粘结研磨剂1100的主体的总体积以大部分量(vol%)存在。可替代地,磨料颗粒材料1102可以基于粘结磨料1100的主体的总体积少量(vol%)存在。

[0267] 图12A到图12J包含根据本文的方法形成的磨料颗粒的图像,并限定了磨料颗粒的集合。磨料颗粒的集合可以包含与单个磨料制品相关的一组颗粒。在其它情况下,磨料颗粒

的集合可以包含根据相同的加工条件在同一批次中生产的多个颗粒。

[0268] 根据一个实施例,磨料颗粒的集合可以至少包含第一磨料颗粒和第二磨料颗粒,其中与第二磨料颗粒的二维形状相比,第一磨料颗粒具有不同的二维形状。二维形状是在如由颗粒主体的长度和宽度限定的平面中自顶向下观察的颗粒形状。例如,与图12B的颗粒的二维形状相比,图12A的颗粒具有不同的二维形状。值得注意的是,图12A和图12B的磨料颗粒具有不规则的二维形状,其特征在于侧表面部分具有线性形状和弓形形状的组合。所述集合的其它磨料颗粒也可以具有相同的相对于彼此不同的二维形状,图12C到图12J中示出了所述集合的一些其它磨料颗粒。

[0269] 此外,如图12A到图12J所示并且根据一个实施例,所述集合的磨料颗粒可以包含本文实施例中描述的其它磨料颗粒的特征的任何组合。例如,图12A到图12J的磨料颗粒可以包含一个或多个表面特征(例如,突起和/或凹陷)、无纹理区域、平坦表面、线性或弓形边缘、或其任何组合。此外,磨料颗粒集合内的颗粒之间的表面特征的布置可以变化。如图12A到图12J所示,与集合的其它颗粒相比,每个颗粒在第一主表面上具有不同的突起布置。

[0270] 磨料颗粒的集合可以结合到固定磨料中,如涂覆磨料、粘结磨料等。在集合中可能存在颗粒组。颗粒组是相对于彼此具有相同二维形状的颗粒。例如,磨料颗粒集合可以包含第一组磨料颗粒,其中第一组颗粒中的每一个具有基本相同的二维形状。在此参照图8A到图8B和图9A到图9E,所示图像中的颗粒中的每一个具有大致四边形的二维形状,并且因此可以属于同一组磨料颗粒。相同组的颗粒可以具有但不一定具有相同的表面特征布置(例如,突起、凹陷、无纹理区域等)。各种二维形状的合适实例包含本文实施例中提到的任何二维形状,包含例如但不限于不规则形状、多边形形状、正多边形形状、不规则多边形形状、数字、希腊字母字符、拉丁字母字符、俄语字母字符、具有多边形形状组合的复杂形状、具有线性和弯曲部分的形状、或其任何组合。

[0271] 应当理解,本文实施例还包含磨料颗粒集合,所述磨料颗粒集合包含至少一个磨料颗粒,所述至少一个磨料颗粒具有沿着主体的侧表面的多个微脊。本文对微脊的参考将被理解是指任何类型的微脊或微脊的类型的组合。更具体地,在一个实施例中,磨料颗粒集合的大部分磨料颗粒可以包含在侧表面的至少一部分上的多个微脊。例如,在至少一个方面,磨料颗粒集合的至少51%的磨料颗粒包含在其侧表面的至少一部分上的多个微脊,如磨料颗粒集合的至少52%、或至少54%、或至少56%、或至少58%、或至少60%、或至少62%、或至少64%、或至少66%、或至少68%、或至少70%、或至少72%、或至少74%、或至少76%、或至少78%、或至少80%、或至少82%、或至少84%、或至少86%、或至少88%、或至少90%、或至少92%、或至少94%、或至少96%、或至少98%、或至少99%的磨料颗粒。仍然,在至少一个非限制性实施例中,磨料颗粒集合的不大于99%的磨料颗粒可以包含在侧表面的至少一部分上的多个微脊,如磨料颗粒集合的不大于98%、或不大于96%、或不大于94%、或不大于92%、或不大于90%、或不大于88%、或不大于86%、或不大于84%、或不大于82%、或不大于80%、或不大于78%、或不大于76%、或不大于74%、或不大于72%、或不大于70%、或不大于68%、或不大于66%、或不大于64%、或不大于62%、或不大于60%、或不大于58%、或不大于56%、或不大于54%、或不大于52%的磨料颗粒。应当理解,包含在侧表面的至少一部分上的多个微脊的磨料颗粒集合中的磨料颗粒的百分比可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0272] 在又一个实施例中,所述集合中的磨料颗粒的侧表面的总表面积的大部分可以包含多个微脊。例如,所述集合的磨料颗粒的侧表面的总表面积的至少51%可以包含多个微脊、或至少52%、或至少54%、或至少56%、或至少58%、或至少60%、或至少62%、或至少64%、或至少66%、或至少68%、或至少70%、或至少72%、或至少74%、或至少76%、或至少78%、或至少80%、或至少82%、或至少84%、或至少86%、或至少88%、或至少90%、或至少92%、或至少94%、或至少96%、或至少98%、或至少99%。在一个非限制性实施例中,所述集合的磨料颗粒的侧表面的不大于99%的总表面积可以包含多个微脊,如不大于98%、或不大于96%、或不大于94%、或不大于92%、或不大于90%、或不大于88%、或不大于86%、或不大于84%、或不大于82%、或不大于80%、或不大于78%、或不大于76%、或不大于74%、或不大于72%、或不大于70%、或不大于68%、或不大于66%、或不大于64%、或不大于62%、或不大于60%、或不大于58%、或不大于56%、或不大于54%、或不大于52%。应当理解,包含多个微脊的集合中的磨料颗粒的侧表面的总表面积可以在包含上述任何最小百分比和最大百分比的范围内。

[0273] 在又另一方面,磨料颗粒的主体的侧表面具有侧表面部分,其中每个侧表面部分是在主体的外角之间延伸的侧表面的那个部分。通常,每个磨料颗粒具有至少三个侧表面部分,所述侧表面部分在第一主表面与第二主表面之间围绕主体的外周表面延伸。对于至少一个实施例,可以形成磨料颗粒的集合,使得集合中的至少一个磨料颗粒具有至少45%的包含多个微脊的主体的侧表面部分。在另一个实施例中,所述集合的至少10%的磨料颗粒具有至少45%的包含多个微脊的主体的侧表面部分。在其它情况下,具有至少45%的包含多个微脊的主体的侧表面部分的集合中的磨料颗粒的百分比可以更大,如至少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%、或至少95%。应当理解,在一个实施例中,所述集合的磨料颗粒中的每一个可以包含至少45%的包含多个微脊的主体的侧表面部分。仍然,在一个非限制性实施例中,包含至少45%的包含多个微脊的主体的侧表面部分的集合的磨料颗粒的百分比可以不大于98%、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,具有至少45%的包含多个微脊的主体的侧表面部分的集合的磨料颗粒的百分比可以在包含上述任何最小值和最大值的范围内。

[0274] 在又一个实施例中,磨料颗粒的集合可以包含具有较大百分比的侧表面部分的磨料颗粒,所述侧表面部分包含多个微脊。例如,主体的侧表面部分的至少52%包含多个微脊,或者主体的侧表面部分的至少54%、或至少56%、或至少58%、或至少60%、或至少62%、或至少64%、或至少66%、或至少68%、或至少70%、或至少72%、或至少74%、或至少76%、或至少78%、或至少80%、或至少82%、或至少84%、或至少86%、或至少88%、或至少90%、或至少92%、或至少94%、或至少96%、或至少98%、或至少99%包含多个微脊。应当理解,包含多个微脊的侧表面部分的百分比可以与被识别为具有多个微脊的集合中的任何前述百分比的颗粒组合。例如,预期在某些实施例中,所述集合的至少10%的磨料颗粒可以具有至少50%的具有多个微脊的侧表面部分。在另一个实例中,所述集合的至少50%的磨料颗粒可以具有至少50%的具有多个微脊的侧表面部分。并且作为另一个实例,在另一个实施例中,可以注意到,所述集合的至少70%的磨料颗粒可以具有至少60%的具有多个微脊的侧表面部分。然而在另一个实施例中,所述集合的磨料颗粒中的每一个可以具有包含

多个微脊的所有侧表面部分。

[0275] 可以通过一个或多个工艺参数来控制磨料颗粒的集合的形成,所述磨料颗粒可以在集合中具有或不具有离散的磨料颗粒组,所述工艺参数包含但不限于用于使混合物改性的形式的形状、改性过程、干燥过程等。应当理解,磨料颗粒的集合可以包含多组磨料颗粒,并且特别是多于两组不同的磨料颗粒。

[0276] 许多不同方面和实施例都是有可能的。本文中描述了那些方面和实施例中的一些。在阅读本说明书之后,技术人员将了解,那些方面和实施例仅是说明性的并且不限制本发明的范围。实施例可以与如下所列的实施例中的任何一个或多个一致。

[0277] 实施例

[0278] 实施例1.一种用于制作磨料颗粒的方法,其包括:

[0279] 将混合物形成为主体,其中所述混合物包括陶瓷;

[0280] 使所述主体的至少一部分变形以产生至少一个裂纹起裂点;以及

[0281] 在受控的裂化条件下干燥所述主体以使所述主体破裂成多个前体磨料颗粒,其中受控的裂化条件包含从所述至少一个裂纹起裂点开始的受控的裂纹扩展。

[0282] 实施例2.一种用于制作磨料颗粒的方法,其包括:

[0283] 将混合物形成为主表面积至少为10cm<sup>2</sup>的主体,其中所述混合物包括陶瓷;

[0284] 在所述主体的至少一部分中形成受控的特征分布;以及

[0285] 干燥以诱导主体裂化并形成多个前体磨料颗粒,其中所述多个前体磨料颗粒的至少一部分具有在所述主体中形成的受控的特征分布的一部分。

[0286] 实施例3.一种用于制作磨料颗粒的方法,其包括:

[0287] 将混合物形成为主体,其中所述混合物包括陶瓷;

[0288] 使所述主体改性以改变所述主体内的应力;以及

[0289] 使所述主体干燥以诱导所述主体开裂并形成多个前体磨料颗粒。

[0290] 实施例4.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥所述主体包括在所述磨料颗粒中的至少一个的侧表面的至少一部分上形成微脊。

[0291] 实施例5.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥所述主体包括在大部分磨料颗粒的侧表面的至少一部分上形成微脊。

[0292] 实施例6.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥所述主体包括在大部分磨料颗粒的大部分侧表面上形成微脊。

[0293] 实施例7.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥所述主体包括在所述磨料颗粒中的每一个的侧表面的至少一部分上形成微脊。

[0294] 实施例8.根据实施例1所述的方法,其中使所述主体的至少一部分变形包含在所述主体的至少一部分中形成受控的特征分布。

[0295] 实施例9.根据实施例3所述的方法,其中使所述主体改性包含使所述主体的至少一部分变形。

[0296] 实施例10.根据实施例9所述的方法,其中改性包含改变所述主体的物理特征。

[0297] 实施例11.根据实施例9所述的方法,其中改性包含改变所述主体的化学组合物。

[0298] 实施例12.根据实施例9所述的方法,其中改性包含改变所述主体的流变特性。

[0299] 实施例13.根据实施例9所述的方法,其中改性包含将至少一种添加剂施加到所述

主体的至少一部分上。

[0300] 实施例14.根据实施例9所述的方法,其中改性包含在所述主体的至少一部分中形成受控的特征分布。

[0301] 实施例15.根据实施例2、8和14中任一项所述的方法,其中所述受控的特征分布包含随机的特征分布。

[0302] 实施例16.根据实施例2、8和14中任一项所述的方法,其中所述受控的特征分布包含具有至少一个重复单元的特征阵列。

[0303] 实施例17.根据实施例2、8和14中任一项所述的方法,其中所述受控的特征分布包含所述主体内的至少一个突起或凹陷。

[0304] 实施例18.根据实施例2、8和14中任一项所述的方法,其中所述受控的特征分布包含在所述主体的至少一部分中形成的互连的凹陷网络。

[0305] 实施例19.根据实施例2、8和14中任一项所述的方法,其中所述受控的特征分布包含部分地延伸到所述主体中的至少一个凹陷。

[0306] 实施例20.根据实施例2、8和14中任一项所述的方法,其中所述受控的特征分布包含部分地延伸到所述主体中的不连续的凹陷分布。

[0307] 实施例21.根据实施例2、8和14中任一项所述的方法,其中所述受控的特征分布包含具有长度>宽度>深度的至少一个特征。

[0308] 实施例22.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含在至少20°C且不大于250°C的范围内的干燥温度下进行干燥。

[0309] 实施例23.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含在至少10%且不大于90%的范围内的相对湿度下进行干燥。

[0310] 实施例24.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含向所述主体施加辐射,所述辐射的波长范围为至少700微米到不大于1毫米。

[0311] 实施例25.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含向所述主体施加辐射,所述辐射的波长范围为至少1mm到不大于1m。

[0312] 实施例26.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含将干燥环境内的流速控制在至少0.1m/s且不大于5m/s的范围内。

[0313] 实施例27.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含通过控制以下中的至少一个在所述主体中产生受控的裂化条件:

[0314] 干燥温度在至少20°C且不大于250°C的范围内;

[0315] 相对湿度在至少10%且不大于90%的范围内;

[0316] 流速在至少0.1m/秒且不大于5m/秒的范围内;或

[0317] 其任何组合。

[0318] 实施例28.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中形成包括选自由印刷、挤出、沉积、压制、冲压、浇铸及其组合组成的组的方法。

[0319] 实施例29.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中形成包括将所述混合物沉积在沉积区内的皮带上并将所述混合物和所述皮带从所述沉积区平移到干燥区。

[0320] 实施例30.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中所述主体采用具有第一主表面、第二主表面和侧表面的层的形式,并且其中所述第一主表面限定宽度(w),所述侧

表面限定高度(h),并且其中所述层的纵横比(w:h)至少为10:1。

[0321] 实施例31.根据实施例30所述的方法,其中所述第一主表面的表面积为至少10cm<sup>2</sup>。

[0322] 实施例32.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其进一步包括烧结所述多个前体磨料颗粒以形成磨料颗粒。

[0323] 实施例33.根据实施例32所述的方法,其中所述磨料颗粒包括陶瓷。

[0324] 实施例34.根据实施例32所述的方法,其中所述磨料颗粒包括 $\alpha$ 氧化铝。

[0325] 实施例35.根据实施例32所述的方法,其中所述磨料颗粒包括平均晶粒大小不大于20微米的多晶材料。

[0326] 实施例36.根据实施例32所述的方法,其进一步包括将所述磨料颗粒结合到固定的磨料制品中。

[0327] 实施例37.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中所述主体的平均高度包括至少50微米、或至少100微米、或至少200微米、或至少300微米、或至少400微米、或至少500微米、或至少600微米、或至少700微米、或至少800微米、或至少900微米、或至少1mm、或至少1.2mm、或至少1.4mm、或至少1.6mm、或至少1.8mm。

[0328] 实施例38.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中所述主体的平均高度包括不大于2mm、或不大于1.8mm、或不大于1.6mm、或不大于1.4mm、或不大于1.2mm、或不大于1mm、或不大于900微米、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200微米。

[0329] 实施例39.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中所述陶瓷包含选自氧化物、氮化物、硼化物、碳化物及其组合的组的材料。

[0330] 实施例40.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中所述陶瓷包含氧化铝。

[0331] 实施例41.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中所述多个前体磨料颗粒完全通过干燥所述主体以诱导裂化形成。

[0332] 实施例42.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中形成所述多个前体磨料颗粒而不粉碎所述主体。

[0333] 实施例43.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中形成所述多个前体磨料颗粒而不使所述主体有意振动以诱导所述主体裂化。

[0334] 实施例44.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中将所述混合物形成所述主体包含在底物上形成所述混合物,所述底物具有相对于混合物的特定表面粗糙度和表面能,以促进受控裂化和形成来自受控裂化的多个前体磨料颗粒。

[0335] 实施例45.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含使所述混合物破裂以产生所述磨料颗粒的集合,所述磨料颗粒集合包括:

[0336] 第一磨料颗粒,其包括:

[0337] 主体,其包含第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面,其中所述侧表面包括至少四个相对于彼此成角度的侧表面部分,并且其中所述第一主表面包括至少一个特征;以及

[0338] 第二磨料颗粒,其包括:

[0339] 主体,其包含第一主表面、与所述第一主表面相对的第二主表面以及在所述第一

主表面与所述第二主表面之间延伸的侧表面,其中所述侧表面包括不大于三个相对于彼此成角度的侧表面部分。

[0340] 实施例46.根据实施例45所述的方法,其进一步包括第一组磨料颗粒,所述第一组中的磨料颗粒中的每一个是第一磨料颗粒。

[0341] 实施例47.根据实施例45所述的方法,其进一步包括第二组磨料颗粒,所述第二组中的磨料颗粒中的每一个是第二磨料颗粒。

[0342] 实施例48.根据实施例45所述的方法,其中所述第一磨料颗粒的主体包括如在由主体的长度和宽度限定的平面中观察到的二维形状,所述二维形状选自由以下组成的第一组:正多边形、不规则多边形、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、具有线性和弯曲部分的形状及其组合。

[0343] 实施例49.根据实施例45所述的方法,其中所述第一磨料颗粒的主体的侧表面部分的至少一个基本上是线性的。

[0344] 实施例50.根据实施例45所述的方法,其中第一磨料颗粒的主体包含具有不规则轮廓的侧表面部分。

[0345] 实施例51.根据实施例50所述的方法,其中所述第一磨料颗粒的主体的大部分侧表面部分具有不规则的轮廓。

[0346] 实施例52.根据实施例45所述的方法,其中所述第一磨料颗粒的主体的侧表面部分中的每一个延伸的长度为主体长度的至少5%、或至少10%、或至少15%、或至少20%、或至少25%。

[0347] 实施例53.根据实施例45所述的方法,其中第一磨料颗粒的主体的侧表面部分中的每一个延伸的长度不大于主体的长度的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%。

[0348] 实施例54.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含形成多个前体磨料颗粒,其中大部分前体磨料颗粒具有不规则的二维形状。

[0349] 实施例55.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含形成多个前体磨料颗粒,其中大部分前体磨料颗粒具有基本多边形的二维形状。

[0350] 实施例56.根据实施例1、2和3中任一项所述的方法,其中干燥包含形成多个前体磨料颗粒,其中少数前体磨料颗粒具有不规则的二维形状。

[0351] 实例

[0352] 根据以下条件制作各种磨料颗粒。

[0353] 第一样品,样品S1,最初由包含约37wt%到43wt%的勃姆石、水和硝酸的混合物形成。可以使用市售的勃姆石,如来自Sasol Corp的Disperal。硝酸与勃姆石的比率约为0.035。将勃姆石混合并用相对于混合物的总氧化铝含量的1% $\alpha$ 氧化铝种子接种。通过使用例如US4,623,364中描述的常规技术研磨刚玉来制作 $\alpha$ 氧化铝种子。将这些成分在常规设计的行星式混合器中混合,并在减压下混合以从混合物中除去气态元素(例如,气泡)。

[0354] 然后使用挤出机将混合物浇铸到皮带上。所述混合物形成宽度约为8cm、高度约为0.4mm的层。与混合物接触的皮带表面是Invar 36。在标准的温度、压力和气氛的环境条件下进行挤出并将混合物形成层。

[0355] 在形成混合物之后,进行各种改性以产生不同的磨料颗粒样品。具体地,所述层被

成形为具有不同特征的各种不同形式。

#### [0356] 实例1

[0357] 将混合物形成为如上所述的层,并且使用具有方形开口的形式如图3A和图3B中所示的形式对层的上表面进行改性。每个方形开口具有限定开口的四个侧面,并且每个侧面的长度大约为1.7mm。所述形式由硅酮制成并且(手动)压入皮带上的主体的上表面中。施加足够的力以在主体的上表面中创建对应于形式上的特征的布置的线。

[0358] 将改性的主体输送到干燥区,所述干燥区包含并行安装、并排处于改性的主体的上表面上的两个4000W IR灯。每盏灯长40英寸、宽2.5英寸,并以35%的最大功率(即1400W)使用。干燥区内的干燥温度设定为70°C,所述温度由位于改性主体的上表面上方约1cm处的热电偶控制。具有约50% (+15%)的相对湿度的空气以约1.5m/s的流速流入干燥区。干燥区是部分封闭的,在相对端处具有开口以允许空气流过外壳。外壳长2米、高0.5米、宽0.5米。

[0359] 在上述条件下进行干燥以实现主体的受控裂化和前体磨料颗粒的形成。也就是说,在用形式使主体改性之后,干燥条件足以使改性的主体以从主体产生多个前体磨料颗粒的方式裂化。由形式产生的主体中的图案的性质影响干燥过程中的裂化行为,以促进前体磨料颗粒形成。

[0360] 然后将干燥的磨料颗粒在标准大气压和空气气氛的旋转管式炉中在约1400°C的烧结温度下烧结10分钟。

[0361] 图13A到图13R提供了根据实例1的方法产生的颗粒的自顶向下图像。来自图13A到图13R的图像包含用Nanovea显微镜拍摄的图像,其中色差表示沿着颗粒表面的高度差异。值得注意的是,一些颗粒没有沿着在使主体改性的过程中形成的特征分段,并且这些特征的证据存在于这些磨料颗粒内(例如,图13A到图13F)。其它颗粒似乎沿着在改性过程中形成的特征裂化(例如,图13G到图13L),并且这种磨料颗粒具有二维形状,所述二维形状基本上对应于用于使主体图案化的形式的开口的形状。这种磨料颗粒的尺寸通常也与用于使主体图案化的形式的开口的尺寸相对应(考虑到在煅烧和烧结过程中发生一些收缩)。其它磨料颗粒(例如,图13M到图13R)包含根据实例1形成的磨料颗粒的图像,其中颗粒似乎在主体中形成的特征附近裂化,但是特征(例如,突起或凹槽)的一些证据存在于磨料颗粒内。这种特征通常位于磨料颗粒的侧壁附近。此外,在图15A、图15B、图16和图17中描绘和描述的那些特征代表通过实例1制成的磨料颗粒。

#### [0362] 实例2

[0363] 除了使用如图4C和图4D所描绘的形式对主体进行改性之外,使用如上所述的产生混合物的方法并使用实例1中提供的条件形成磨料颗粒。形式是3D打印对象。用足够的力将所述形式(用手)压在皮带上的混合物上,以在主体的上表面中产生对应于形式中的特征的图案的特征图案(例如,凹陷)。图12A到图12J包含根据实例2形成的磨料颗粒的图像。

#### [0364] 实例3

[0365] 除了使用如图4G和图4H所描绘的形式对主体进行改性之外,使用如上所述的产生混合物的方法并使用实例1中概述的条件形成磨料颗粒。形式是3D打印对象。用足够的力将所述形式(用手)压在皮带上的混合物上,以在主体的上表面中产生对应于形式中的特征的图案的特征图案(例如,凹陷)。图14A到图14J包含根据实例3形成的磨料颗粒的图像。

#### [0366] 实例4

[0367] 使用实例1的方法形成磨料颗粒,除了混合物由PEEK制成的形式图案化并且形式通过马达驱动的辊压在混合物的表面上之外。此样品的这些磨料颗粒形成了集合并且在此被称为样品S4。图18到图20中提供了来自所述集合的磨料颗粒的代表性图像。磨料颗粒的集合的MAF约为约3.80,各向异性因子标准偏差约为1.14,第一区域与第二区域之间的MAF差异大于3,平均非凸性因子为9.28,非凸性因子标准偏差为3.54,主体平均高度为228微米,高度标准偏差约为46微米,第一区域平均高度为68微米,第二区域平均高度为172微米。

[0368] 对其它类型的常规磨料颗粒进行了分析,以评估这种颗粒与样品S4的代表性颗粒之间的差异。获得第一种常规的颗粒集合,样品CS1,并且所述颗粒集合代表可从3M获得的如Cubitron II的三角形磨料颗粒。图23A包含来自样品CS1的磨料颗粒的自顶向下图像。图23B包含来自样品CS1的磨料颗粒的侧表面的一部分的图像。

[0369] 获得第二种常规的颗粒集合,样品CS2,并且所述颗粒集合代表常规的破碎磨料颗粒。图24A包含样品CS2的颗粒的自顶向下图像。图24B包含样品CS2的磨料颗粒的侧表面的一部分的图像。这种颗粒可从Saint-Gobain Corporation以Cerpess 24Grit商购获得。

[0370] 最后,获得第三种常规的磨料颗粒集合,样品CS3,并且所述磨料颗粒集合代表浇铸成稍后被刀片切割的材料层的颗粒。图25A包含样品CS3的颗粒的自顶向下图像。图25B包含样品CS2的磨料颗粒的侧表面的一部分的图像。

[0371] 样品CS1的磨料颗粒的MAF约为0.64,各向异性因子标准偏差约为0.49,平均非凸性因子为3.32,非凸性因子标准偏差为0.73,并且主体的平均高度为290微米。由于样品CS1的磨料颗粒是可能通过模塑工艺制作的成型的磨料颗粒,因此颗粒的侧壁没有表现出明显不同的区域,如样品S4的代表性磨料颗粒所证明的第一区域和第二区域。

[0372] 样品CS2的磨料颗粒的集合的MAF约为1.21,各向异性因子标准偏差约为0.72,平均非凸性因子为12.9,非凸性因子标准偏差为3.65,主体的平均高度为514微米,标准高度偏差约为106微米。由于样品CS2的磨料颗粒是粉碎的磨料颗粒,因此颗粒的侧壁没有表现出明显不同的区域,如样品S4的代表性磨料颗粒所证明的第一区域和第二区域。

[0373] 样品CS3的磨料颗粒的集合的平均非凸性因子为9.40,非凸性因子标准偏差为2.33。没有测量MAF,但是考虑到图像中提供的MAF,大多数侧壁区域将可能具有小于样品S4的代表性磨料颗粒的MAF。各向异性因子标准偏差也是如此。如图25B所示,样品CS3的磨料颗粒通常具有分别包含第一区域2502和第二区域2503的侧壁。主体的平均高度约为289微米,并且标准高度偏差约为57微米。与第一区域2502相比,第二区域2503的高度明显更小。第二区域2503的平均高度为18微米,并且第一区域2502的平均高度约为271微米。第二区域2503相对于主体2501的高度的高度约为6%。与第二区域2503相比,第一区域2502具有明显更光滑且纹理更少的表面。

[0374] 本申请表示背离现有技术。虽然业界已经认识到磨料颗粒可以通过如模塑和丝网印刷等方法形成,但是本文实施例的方法不同于这种方法。值得注意的是,本文实施例利用促进具有一种独特特征或其组合的磨料颗粒的形成的工艺特征的组合。这种特征可以包含但不限于一个或多个主表面的形状、尺寸、特征、组合物和如本文实施例中描述的其它特征。此外,本文实施例的方法促进形成成形的磨料颗粒或一批磨料颗粒,所述磨料颗粒具有一种或多种特性,包含磨料颗粒的特征的一种或多种组合。某些磨料颗粒和含有本文实施例的磨料颗粒的批料可以具有能够在固定磨料制品的情况下提高性能的特征。

[0375] 上文公开的主题被认为是展示性而非限制性的,并且所附权利要求旨在覆盖所有这种修改、增强、以及落入本发明的真实范围内的其它实施例。因而,为了被法律最大程度地允许,本发明的范围将由所附权利要求及其等效物的最广泛允许的解读来确定并且不应受限于或局限于前述详细说明。

[0376] 遵照专利法提供了说明书摘要,并且提交本摘要的同时要明白,将不用它来解释或限制权利要求书的范围或含义。此外,为了流畅说明本公开的目的,在上述详细说明中,可以将不同特征组合在一起或者在单个实施例中进行描述。本公开不应被解释为反映以下意图:所要求保护的实施例需要比每项权利要求中明确表述的特征更多的特征。相反,如以下权利要求所反映的,本发明的主题可以比任一公开的实施例的所有特征要少。因此,将以下权利要求结合到详细说明中,其中每一项权利要求本身独立限定要求保护的主体。





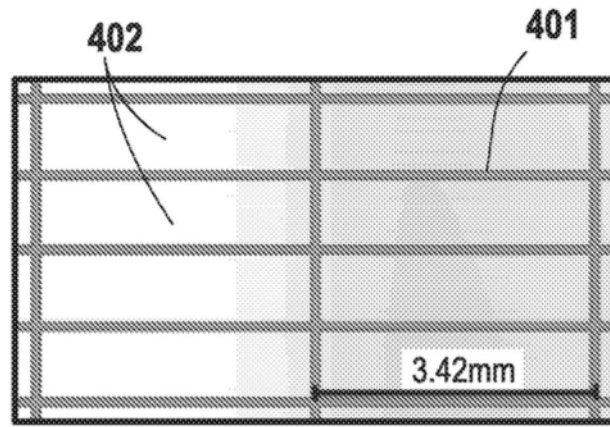


图4A

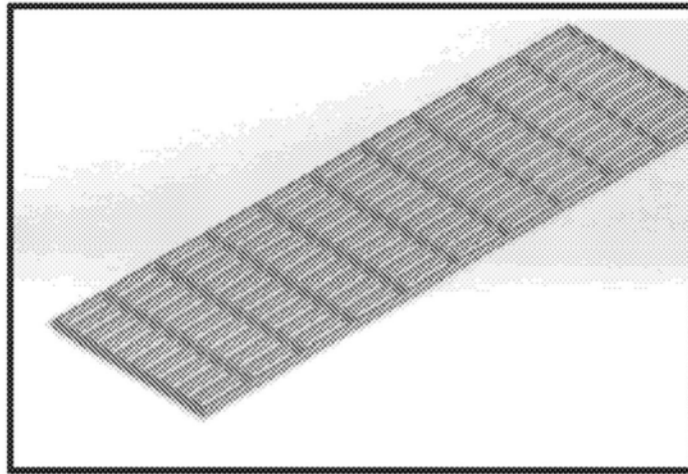


图4B

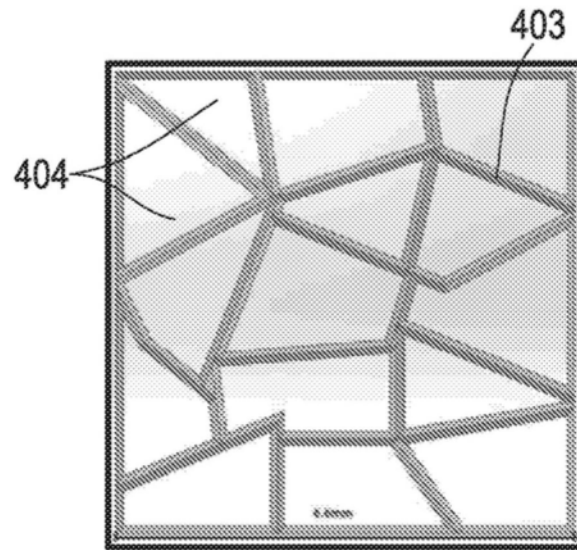


图4C

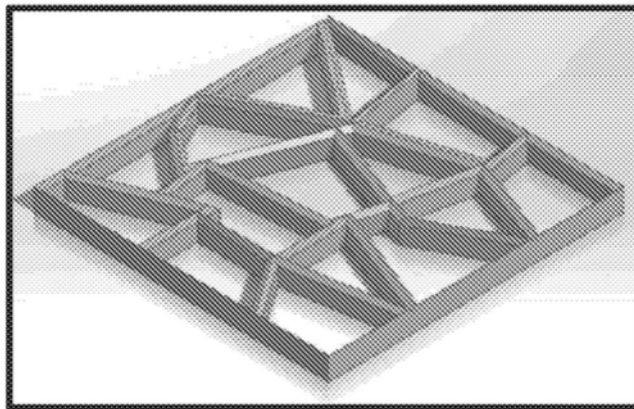


图4D

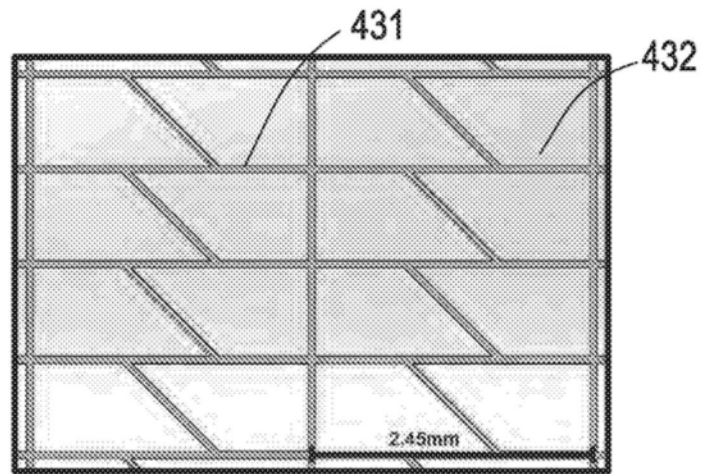


图4E

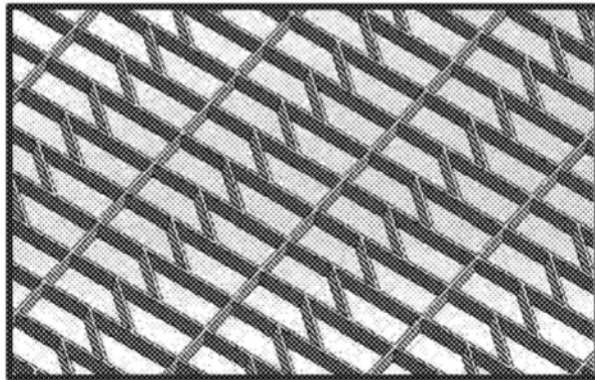


图4F

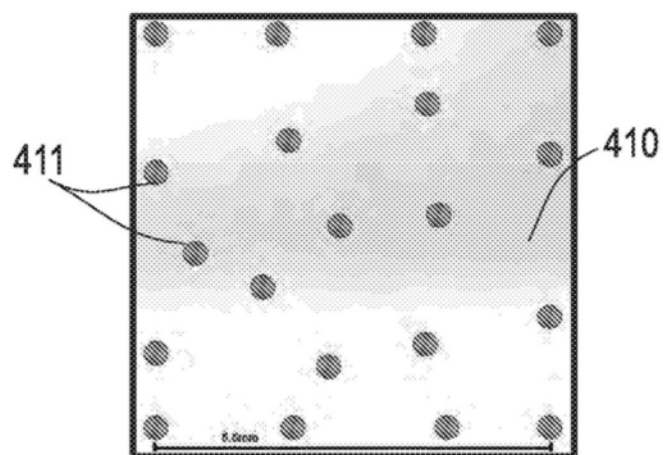


图4G

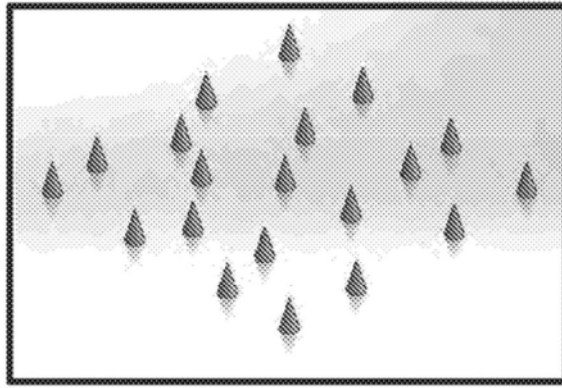


图4H

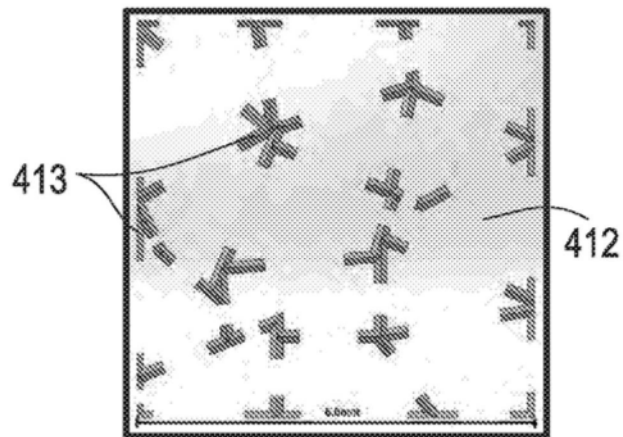


图4I

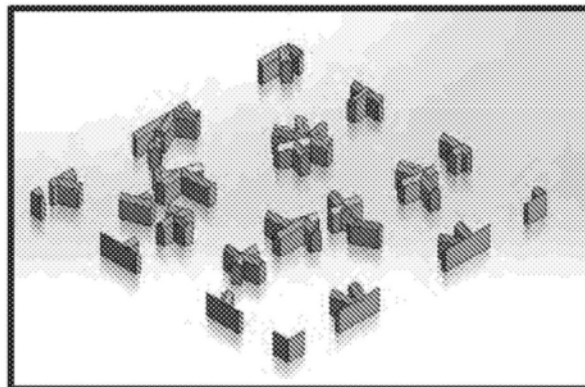


图4J

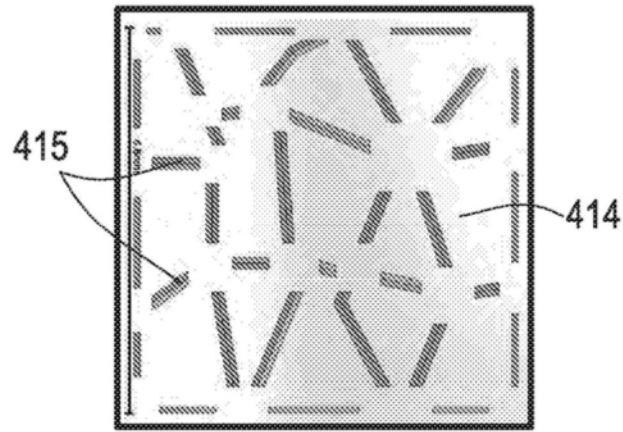


图4K

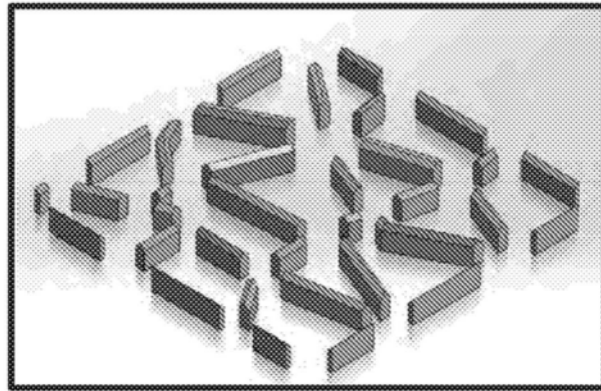


图4L

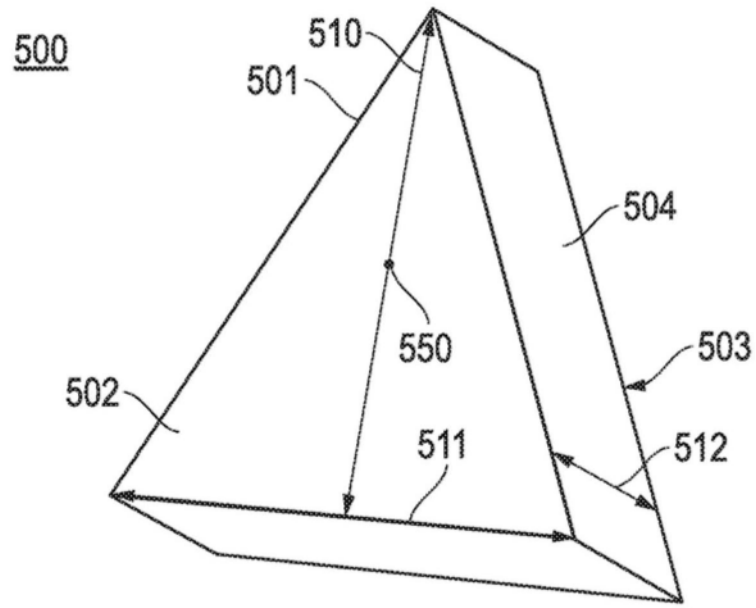


图5

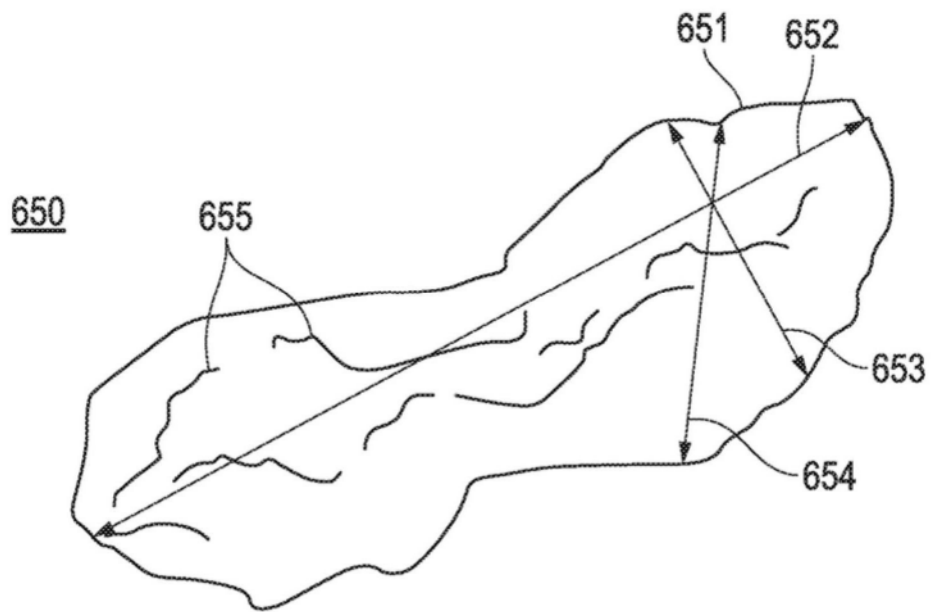


图6

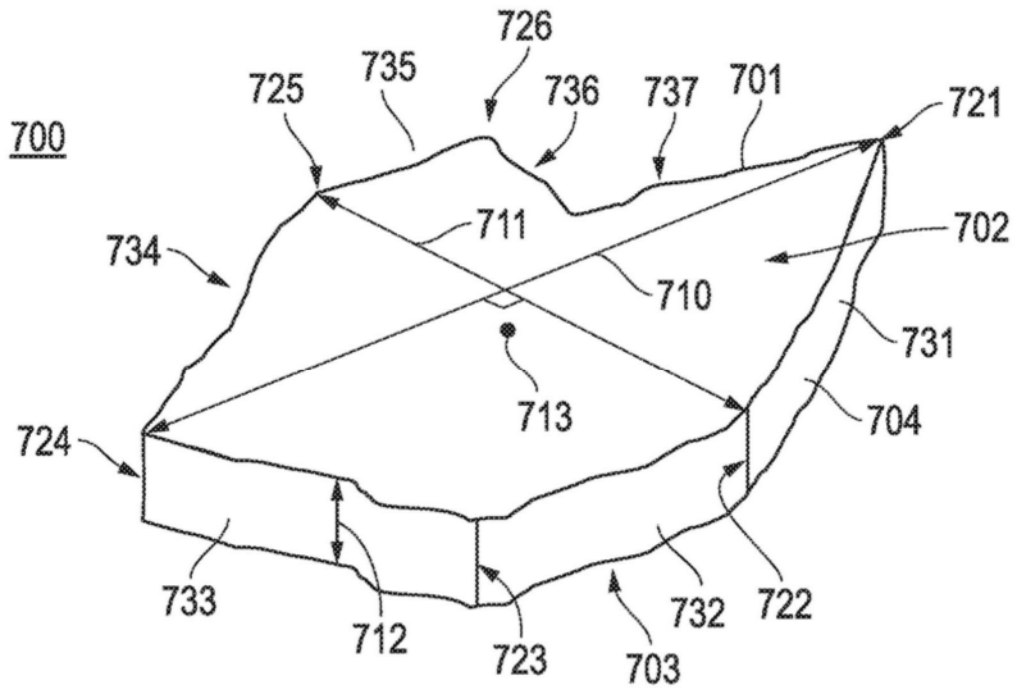


图7A

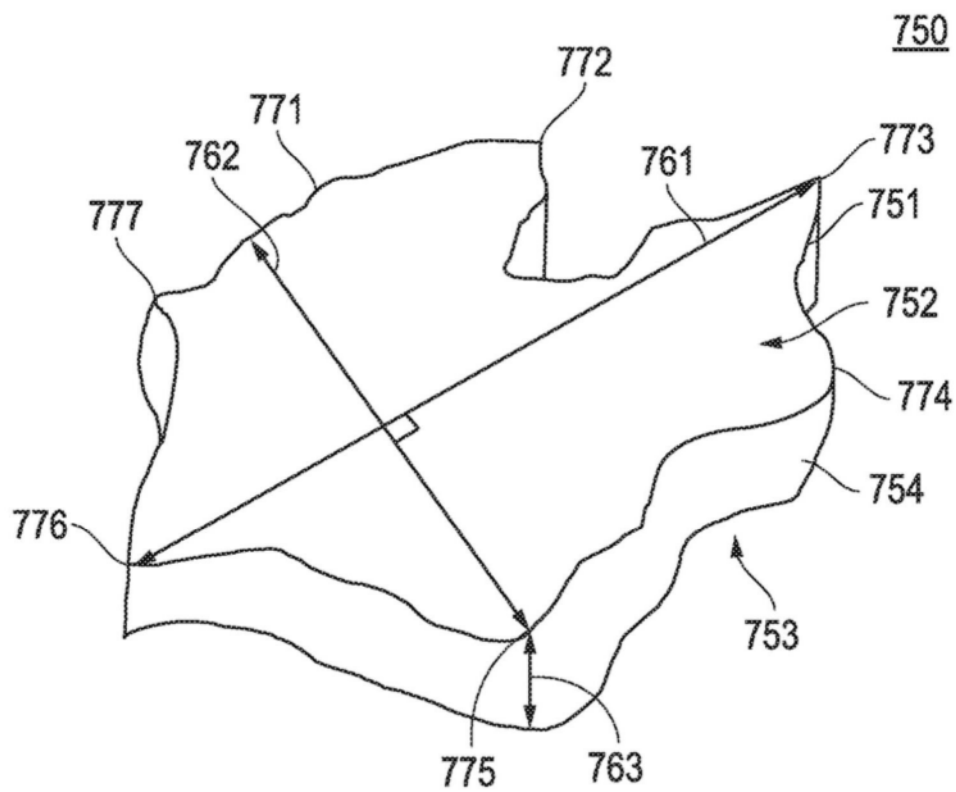


图7B

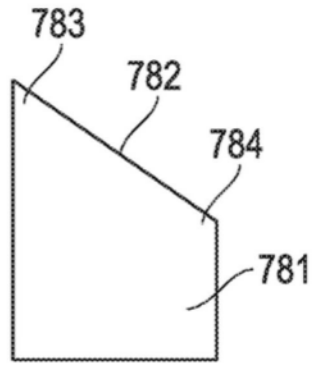


图7C

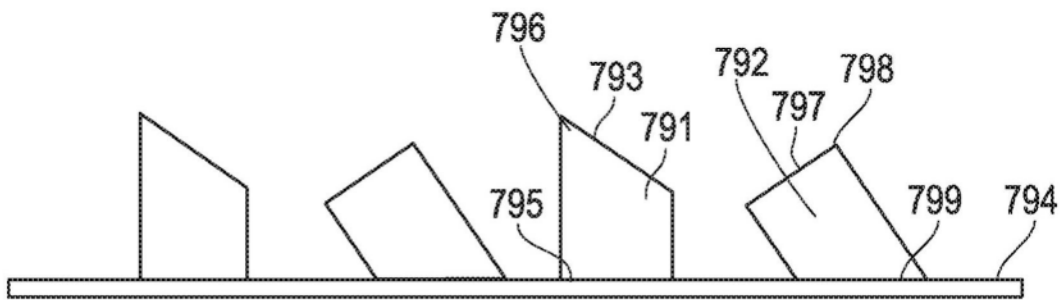


图7D

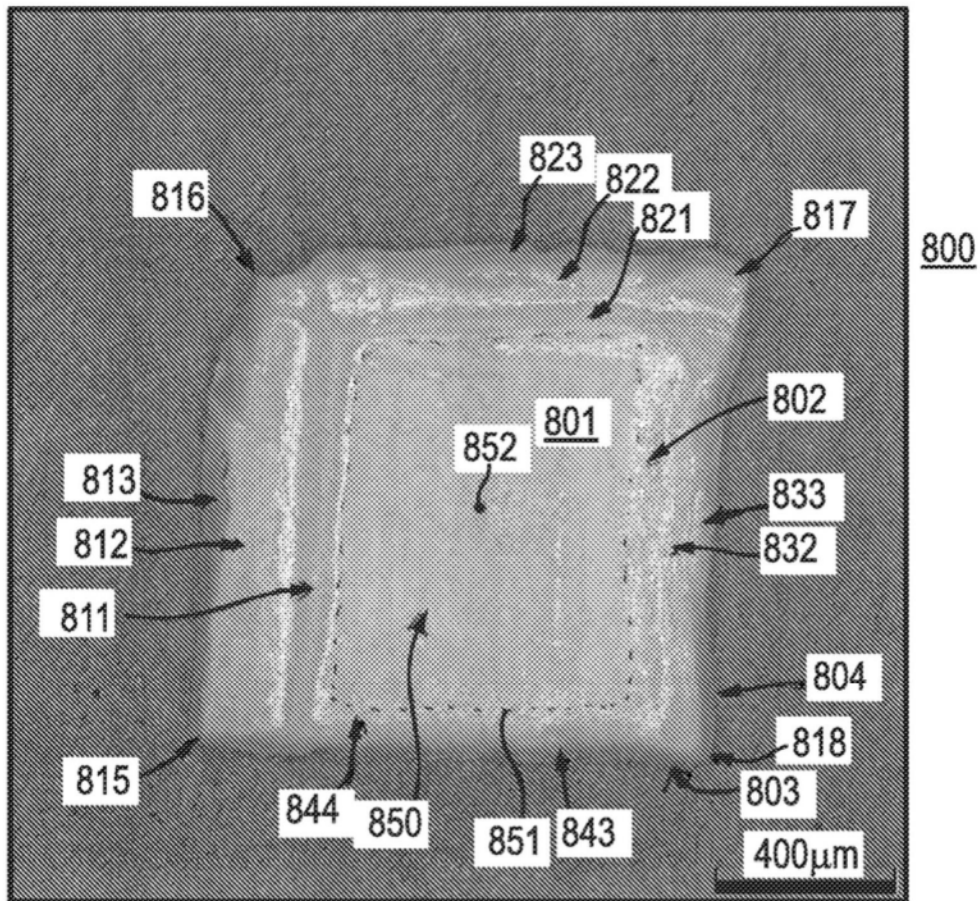


图8A

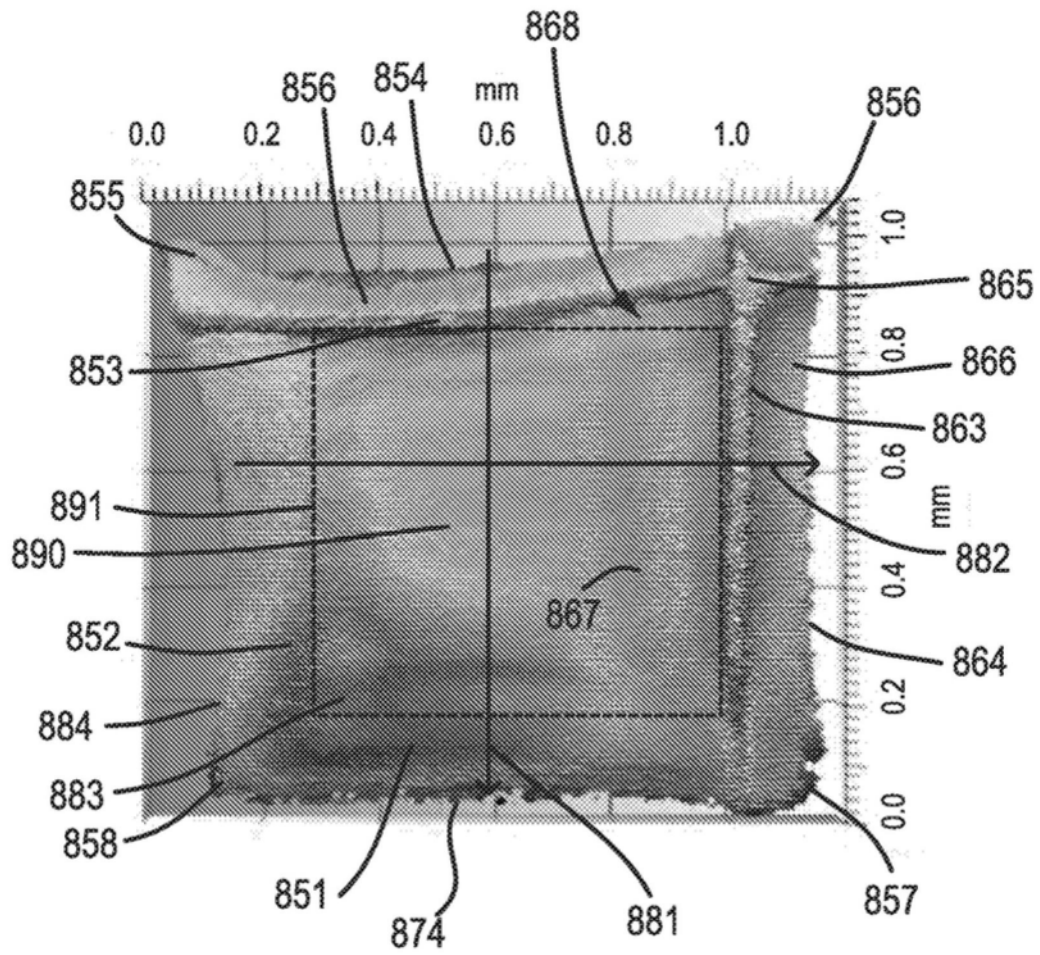


图8B

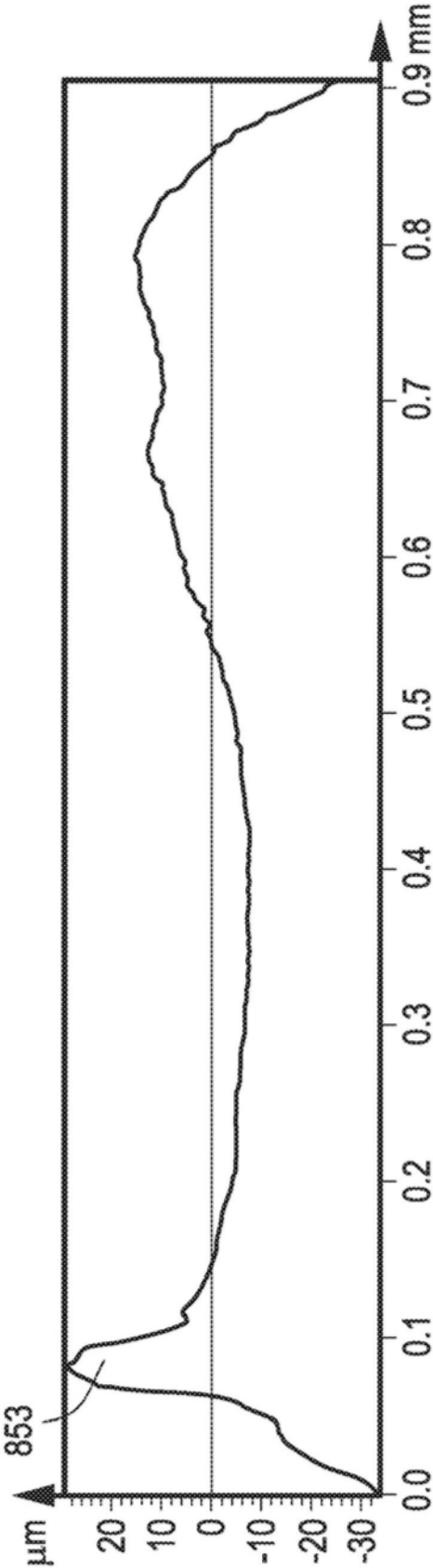


图8C

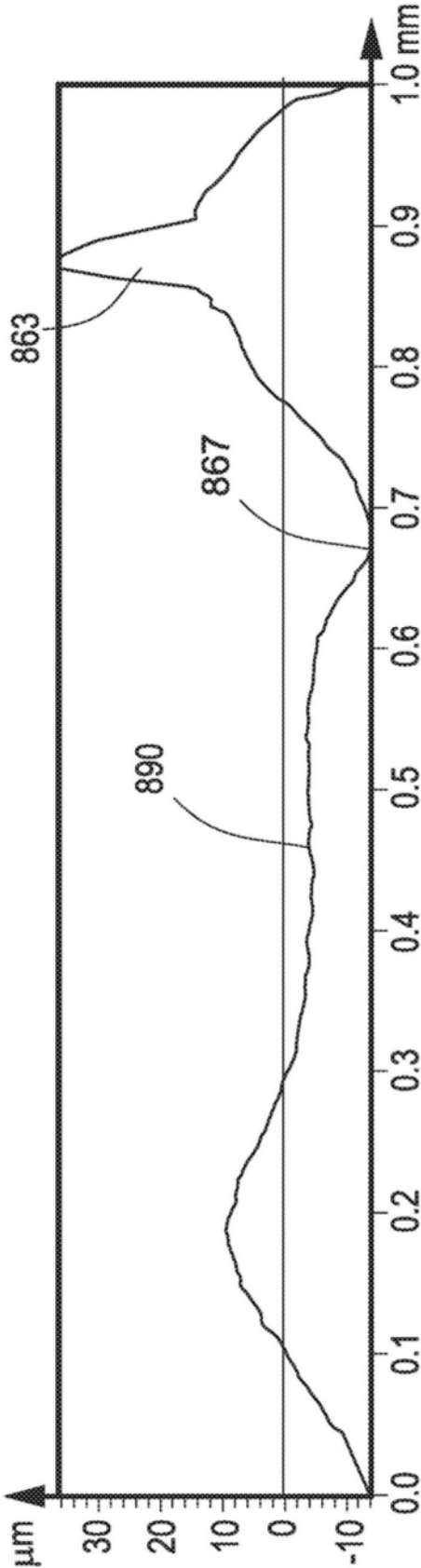


图8D

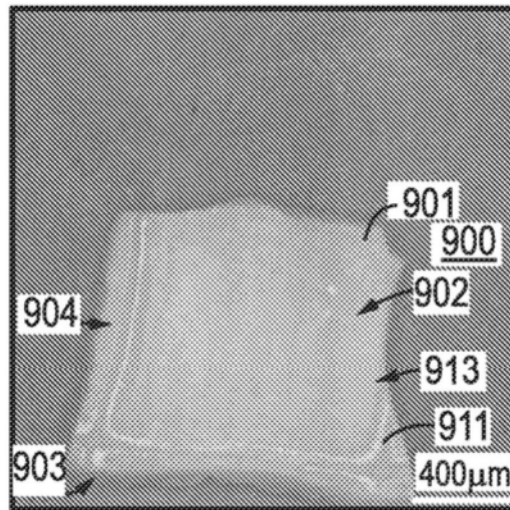


图9A

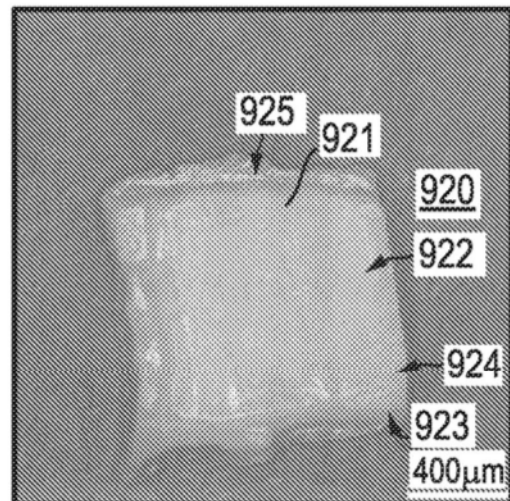


图9B

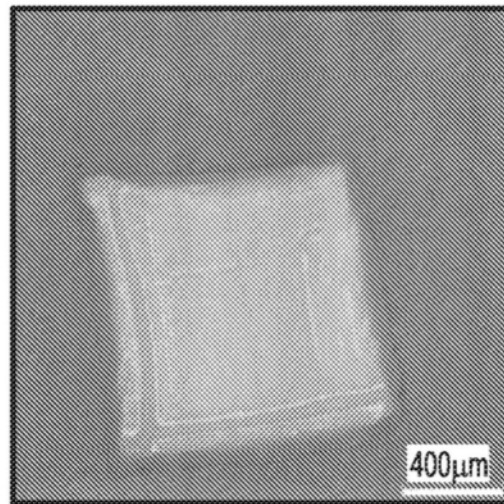


图9C

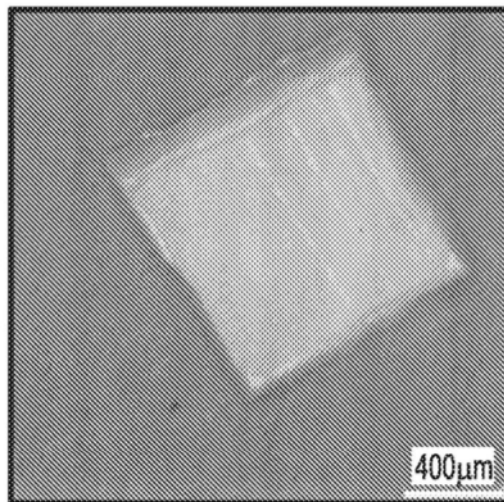


图9D

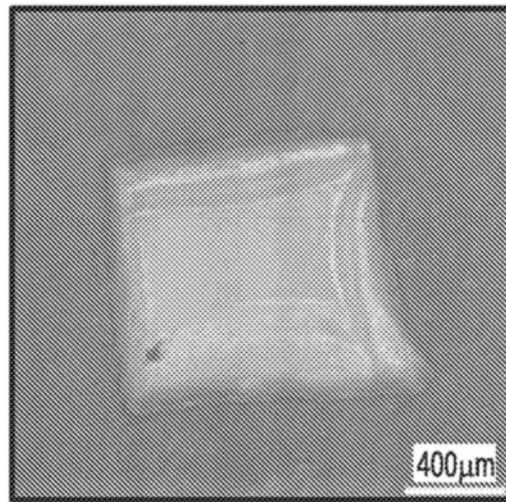


图9E

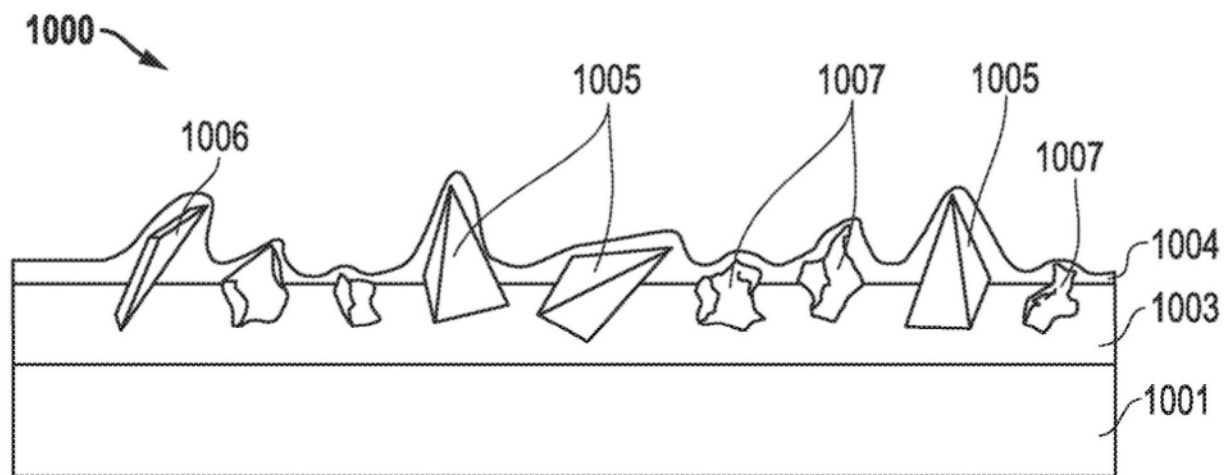


图10

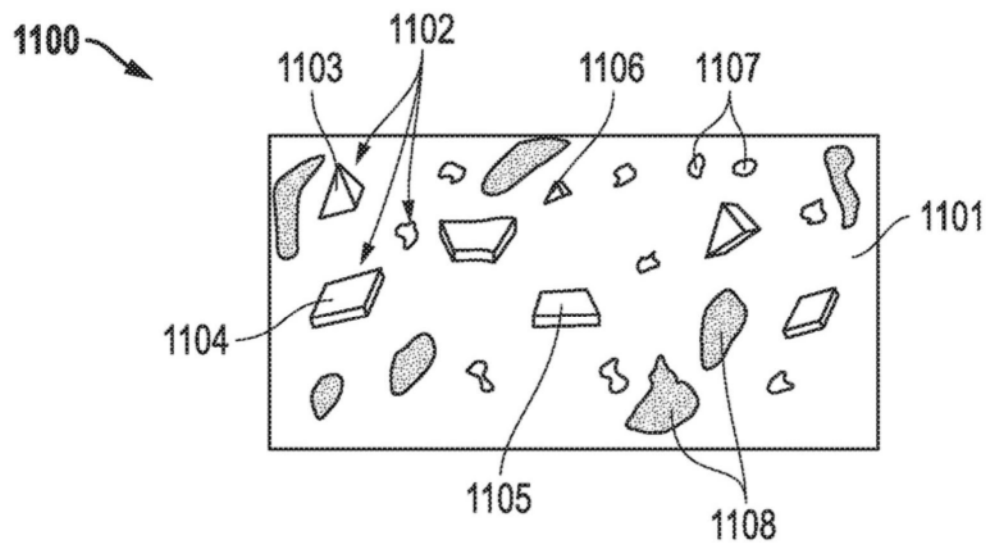


图11

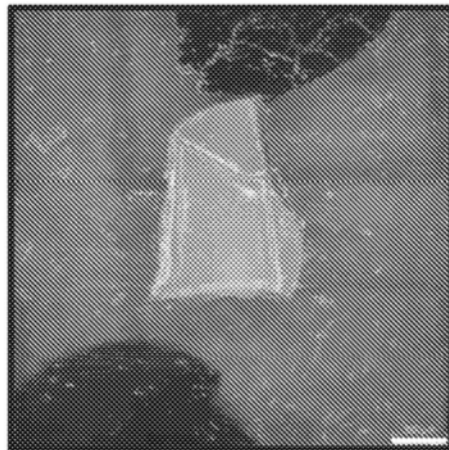


图12A

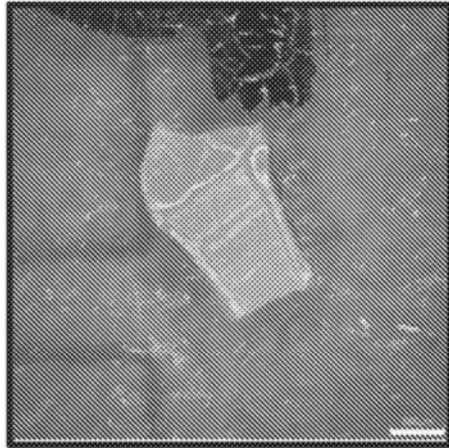


图12B

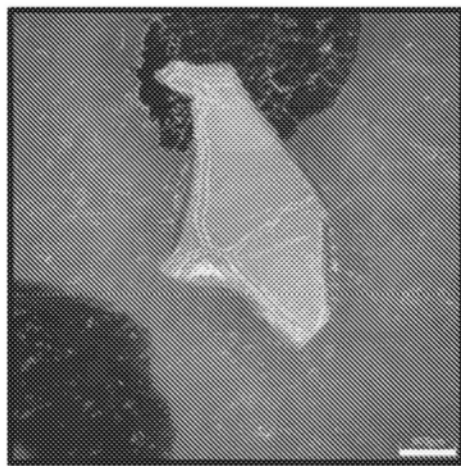


图12C

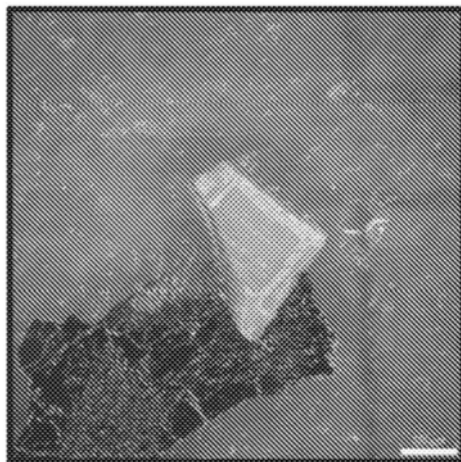


图12D

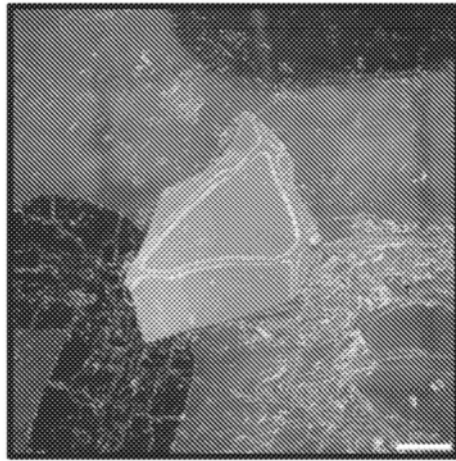


图12E

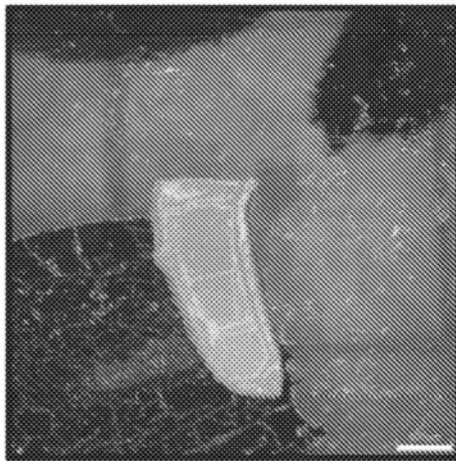


图12F

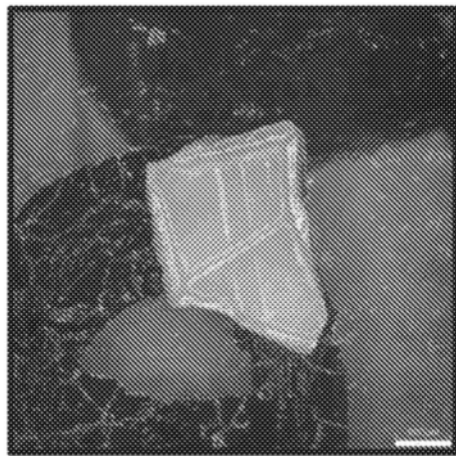


图12G

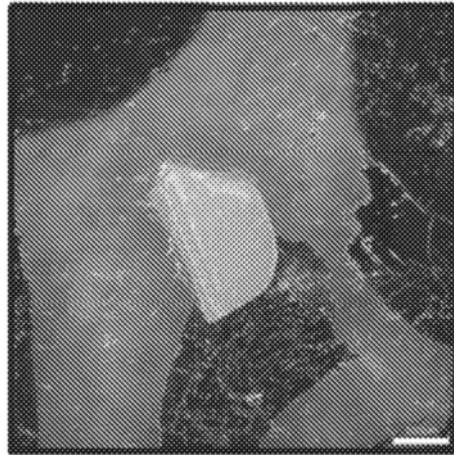


图12H

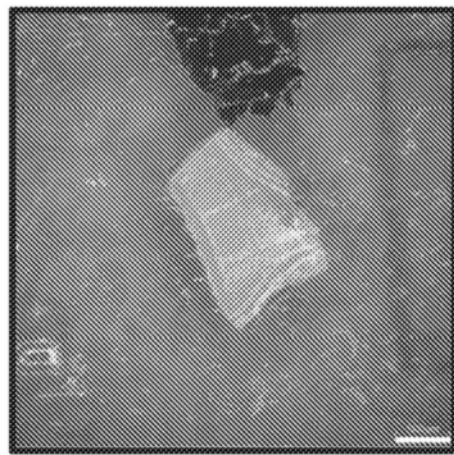


图12I

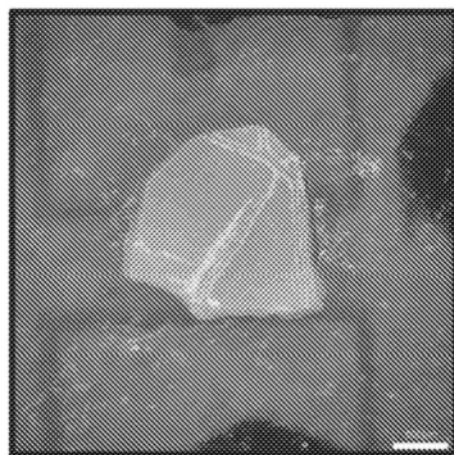


图12J

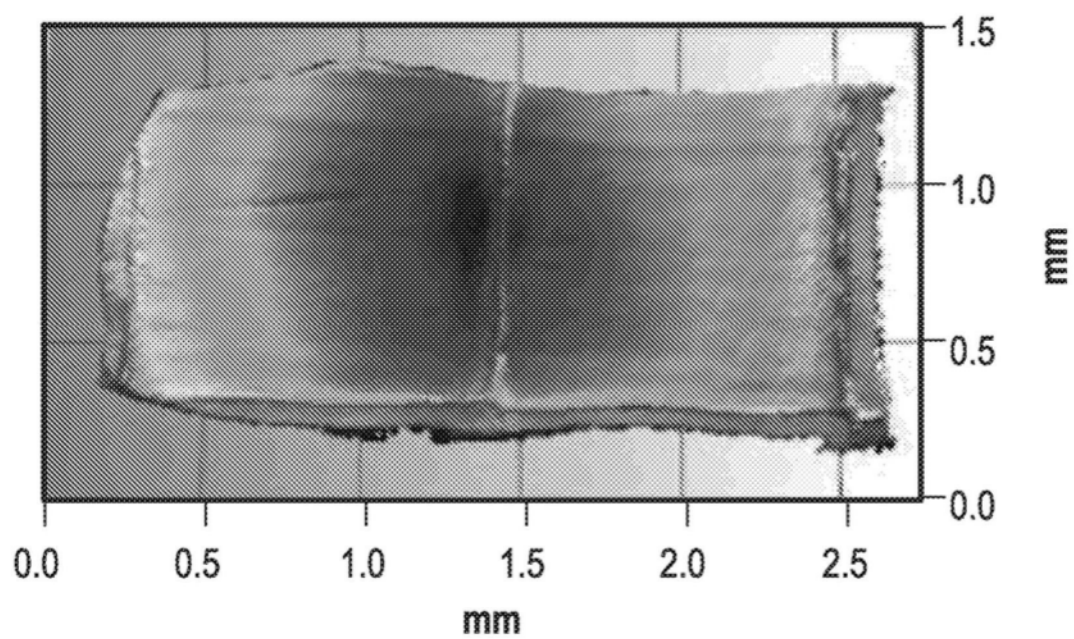


图13A

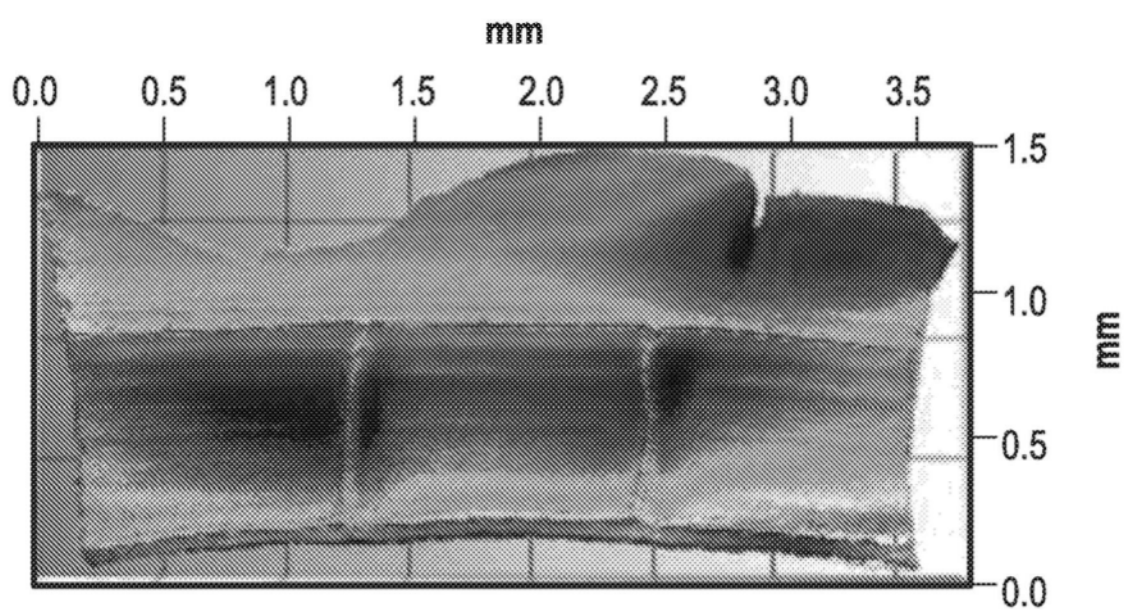


图13B

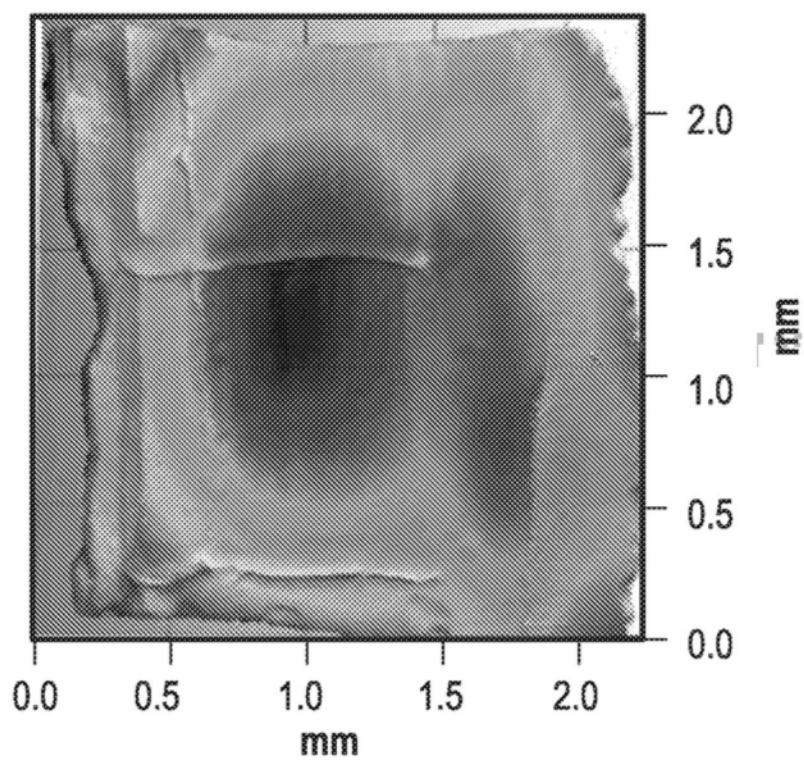


图13C

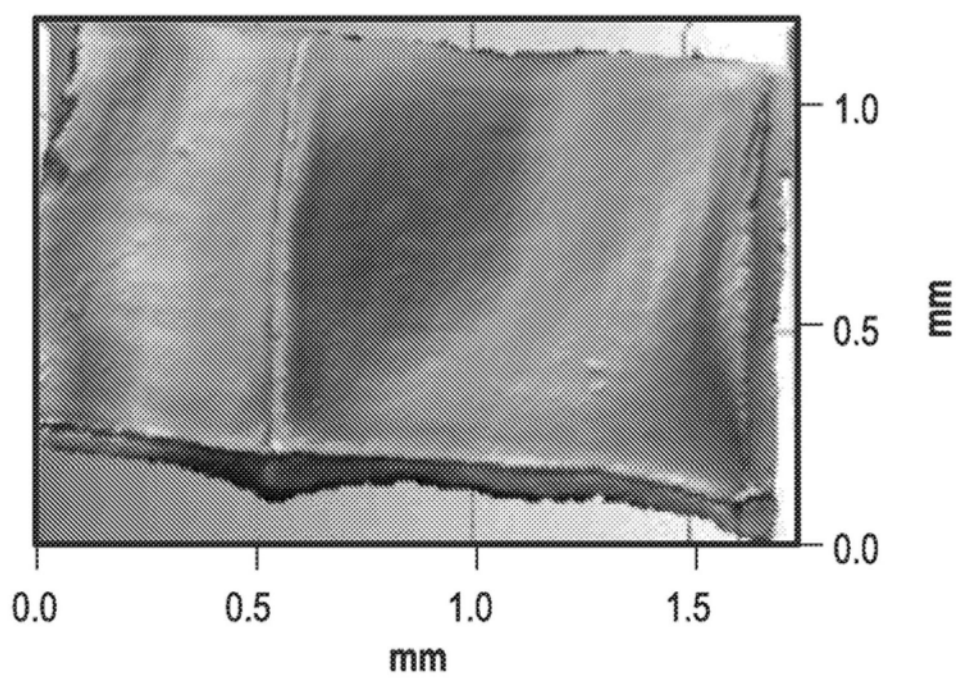


图13D

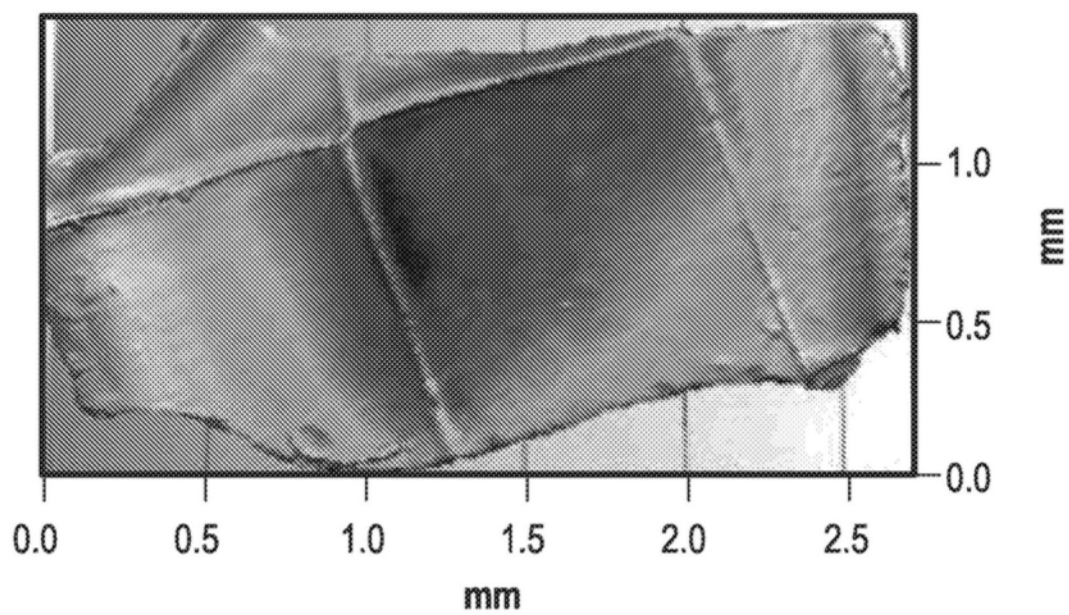


图13E

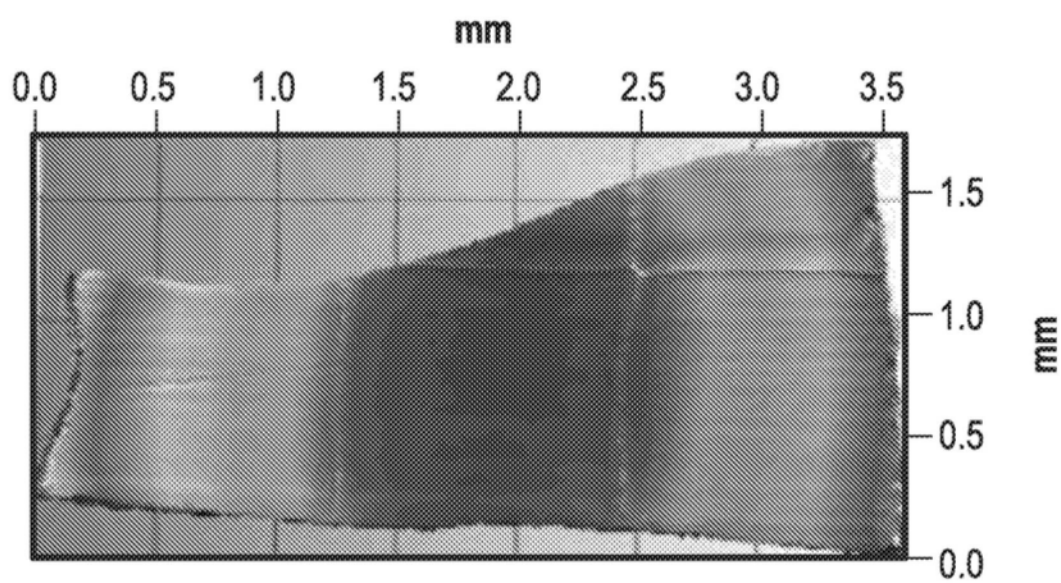


图13F

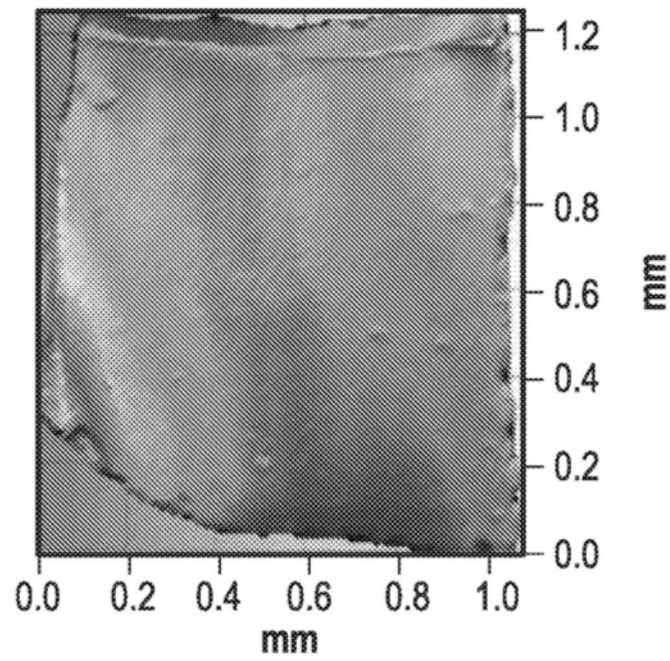


图13G

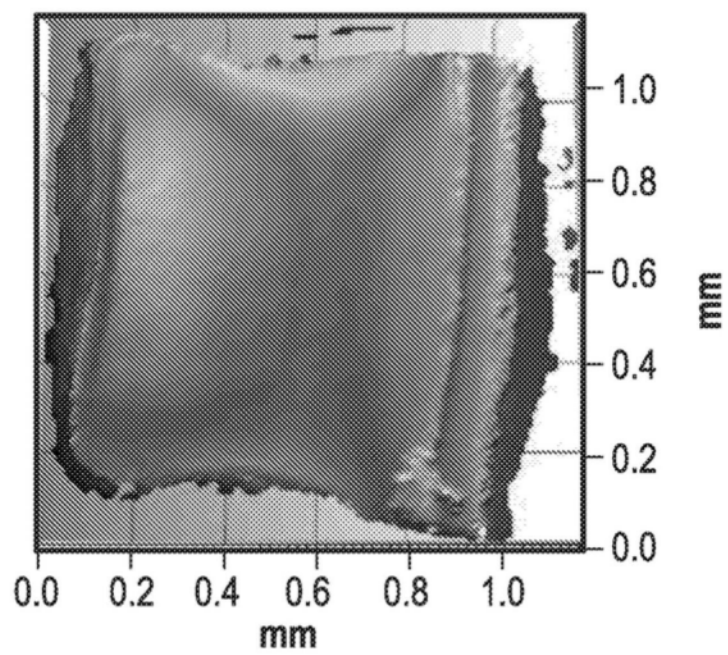


图13H

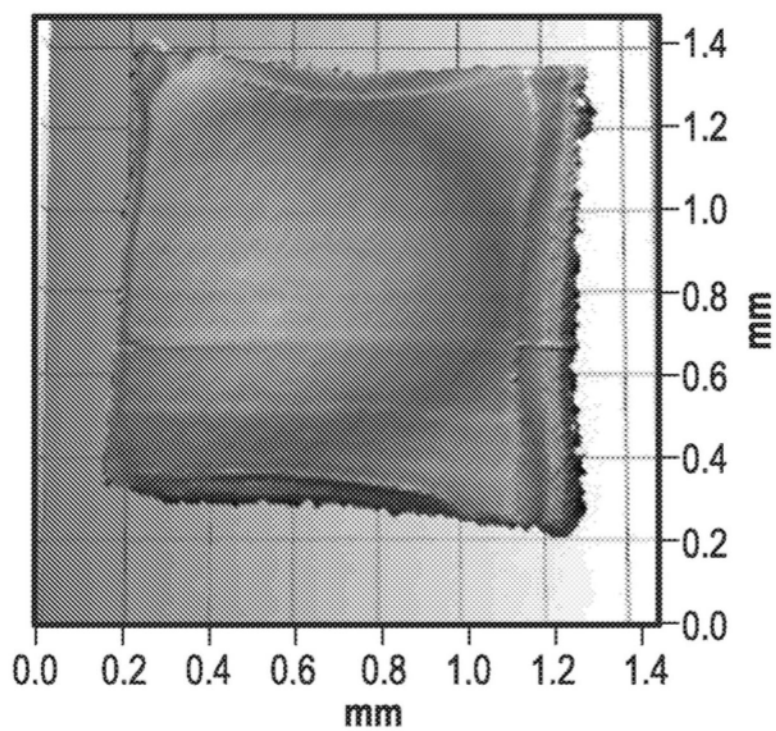


图13I

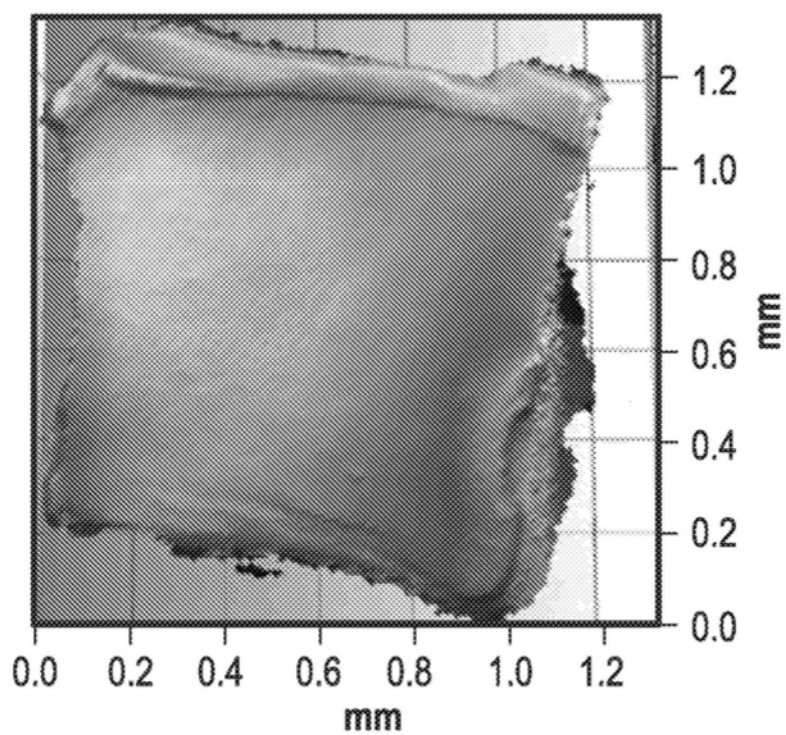


图13J

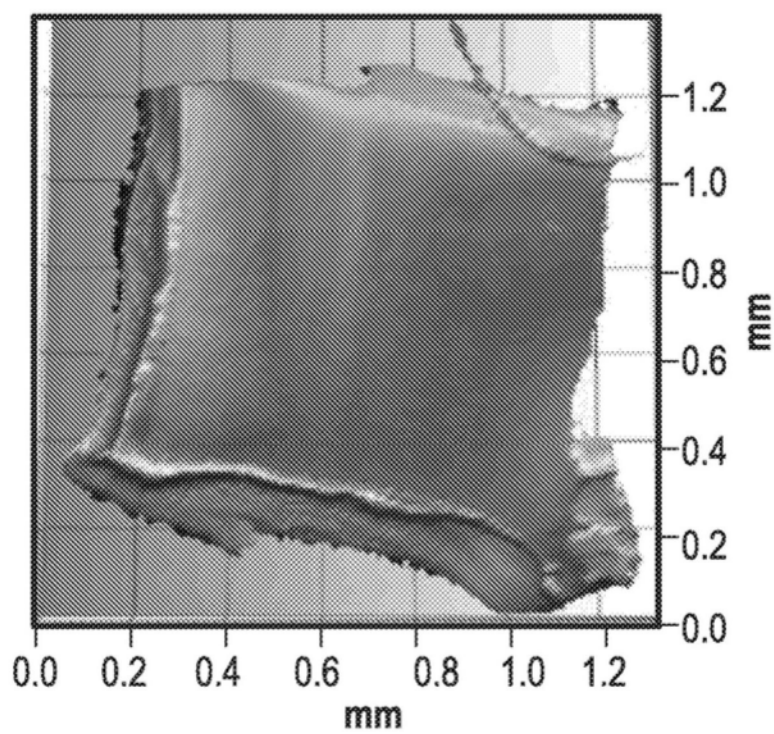


图13K

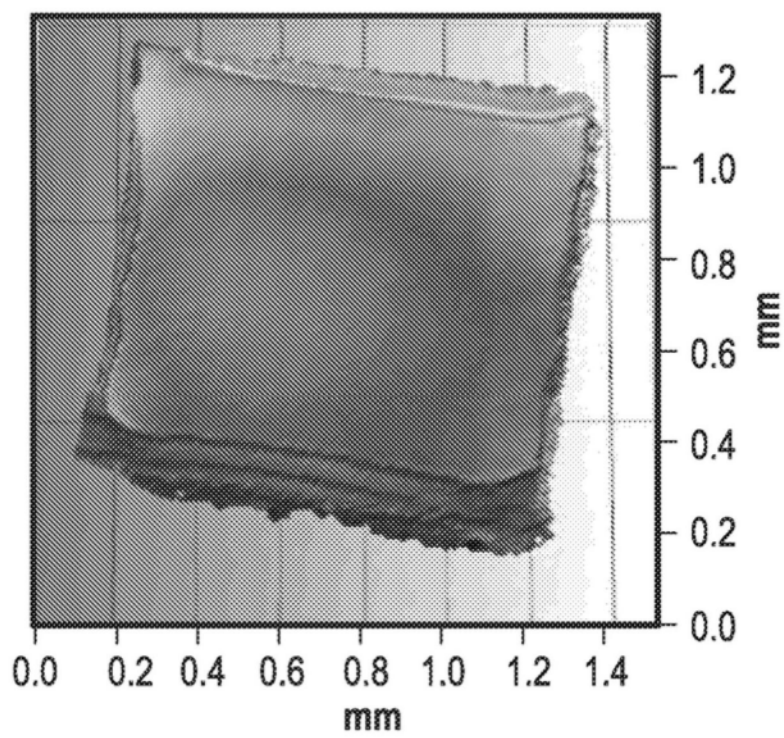


图13L

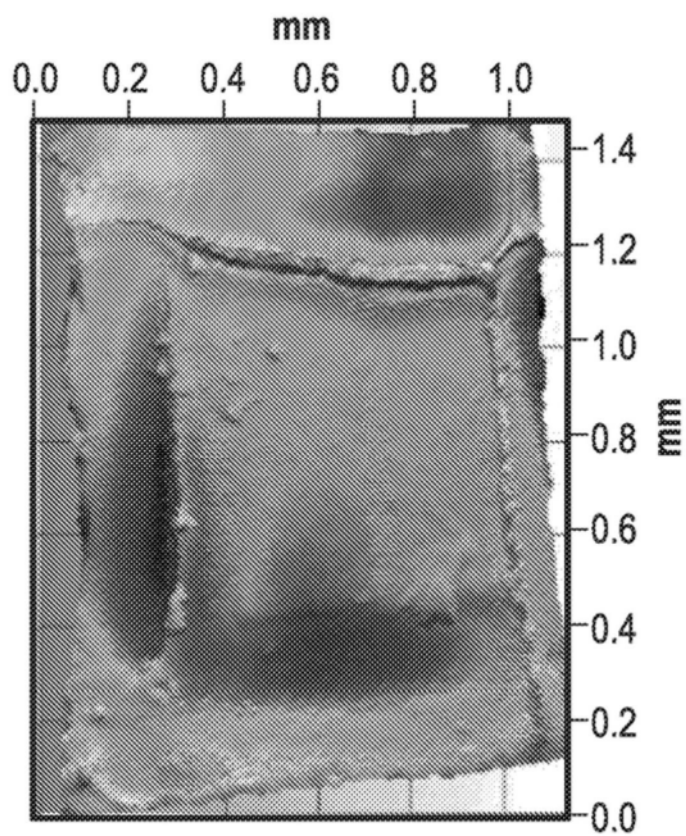


图13M

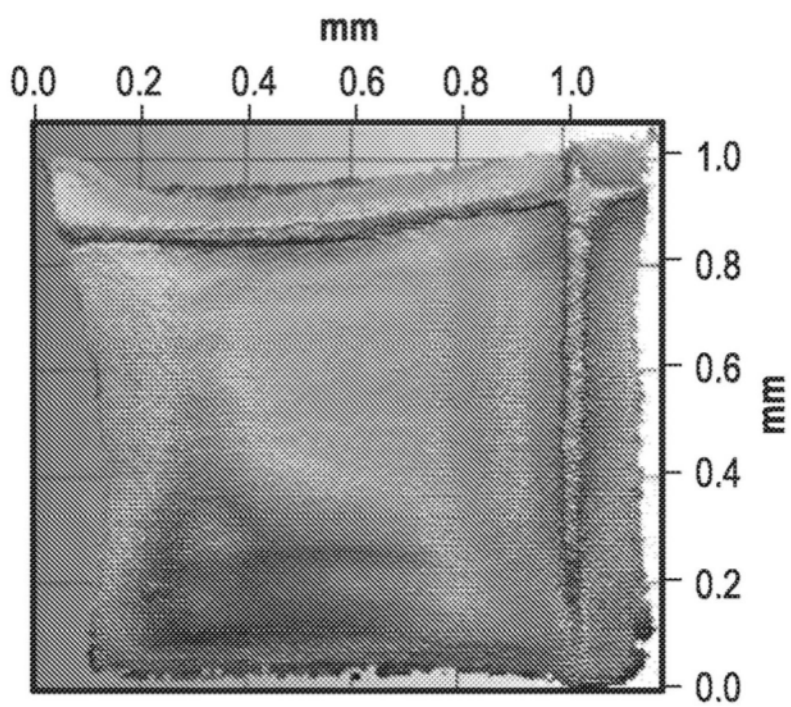


图13N

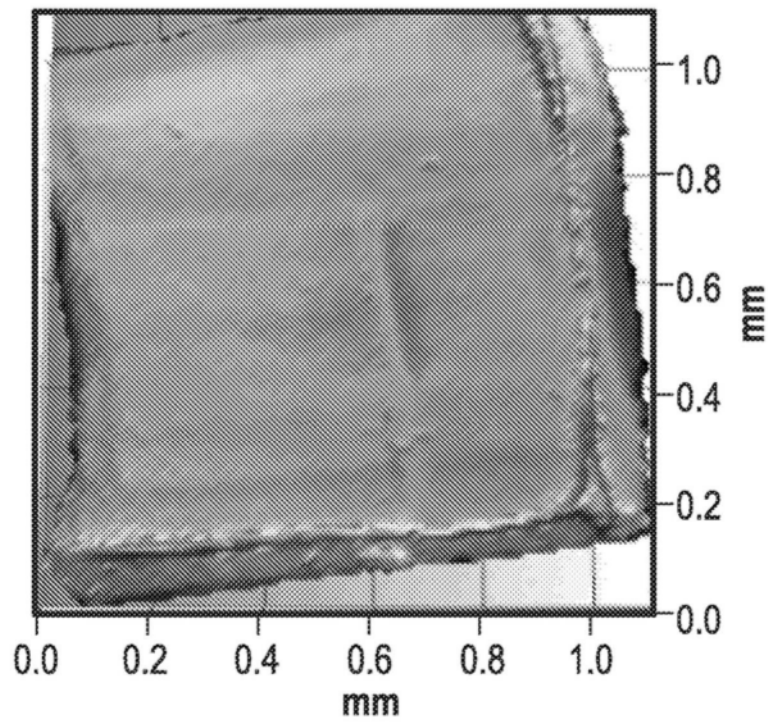


图130

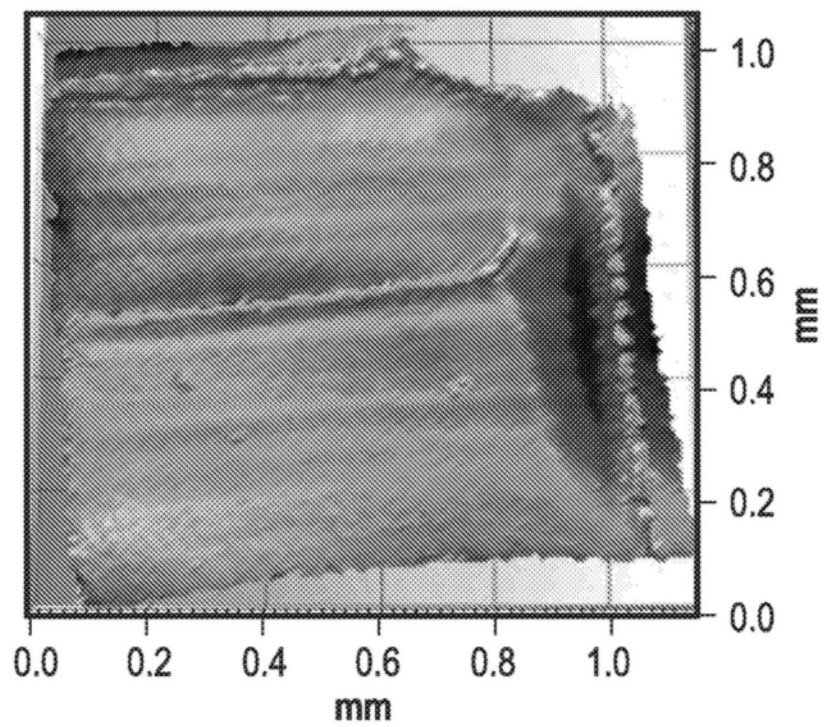


图13P

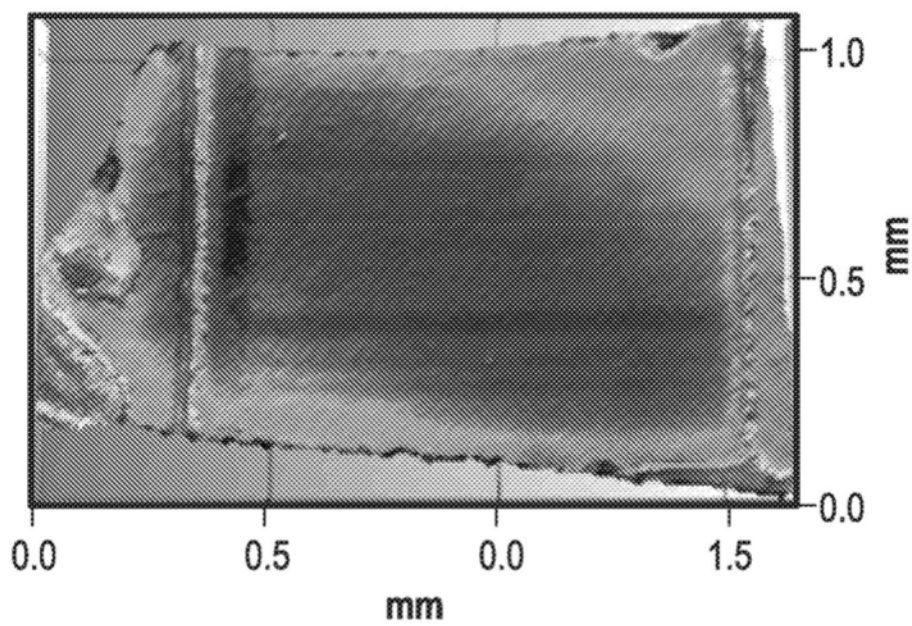


图13Q

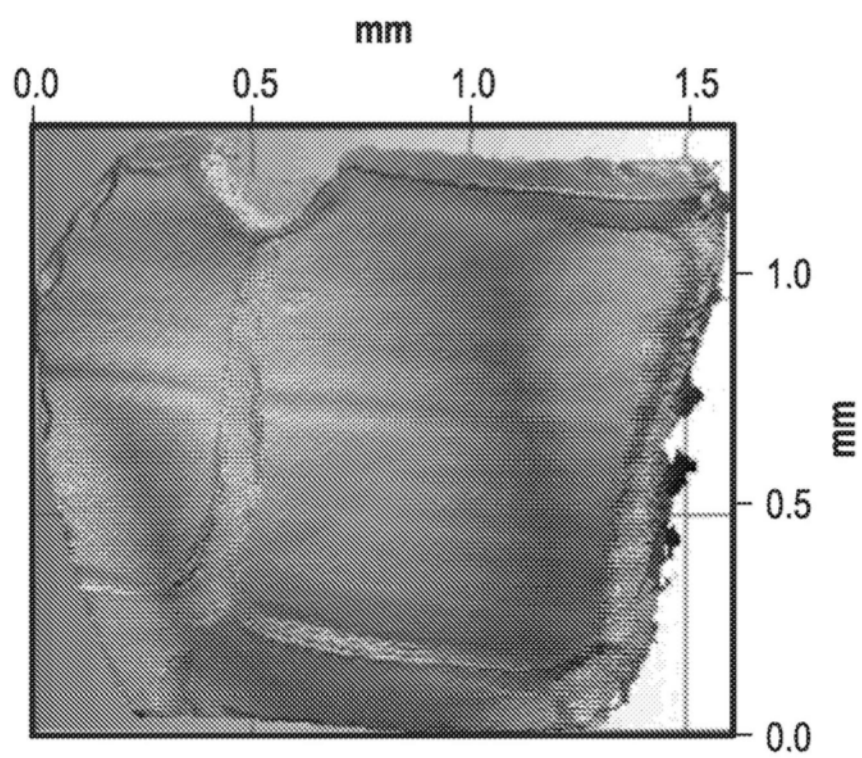


图13R

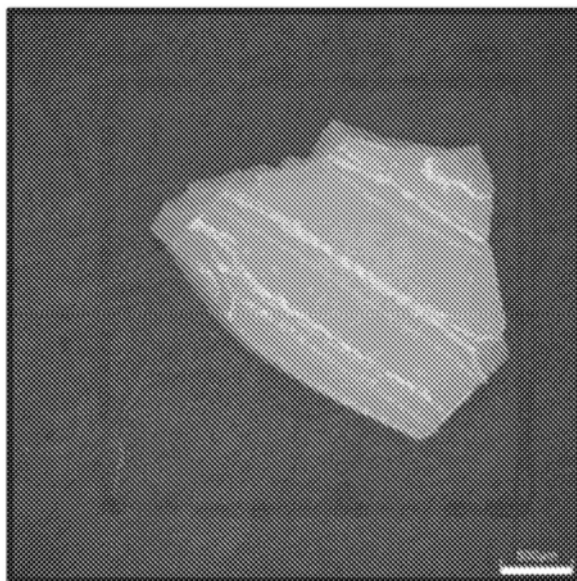


图14A

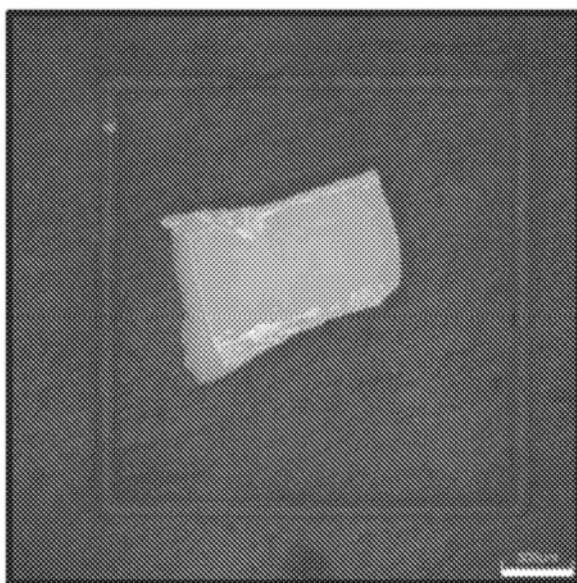


图14B

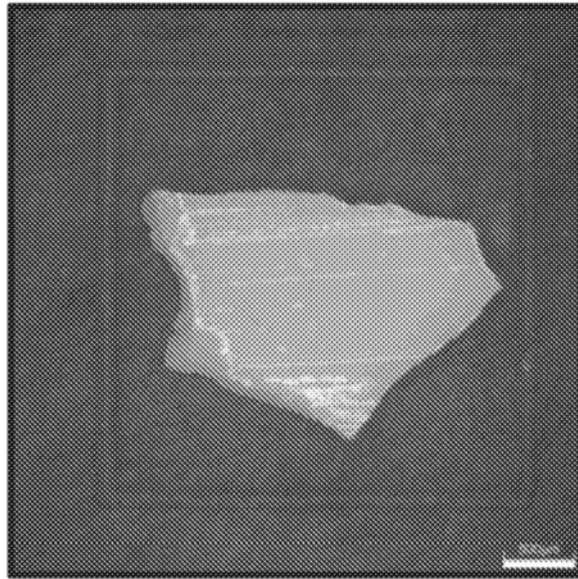


图14C

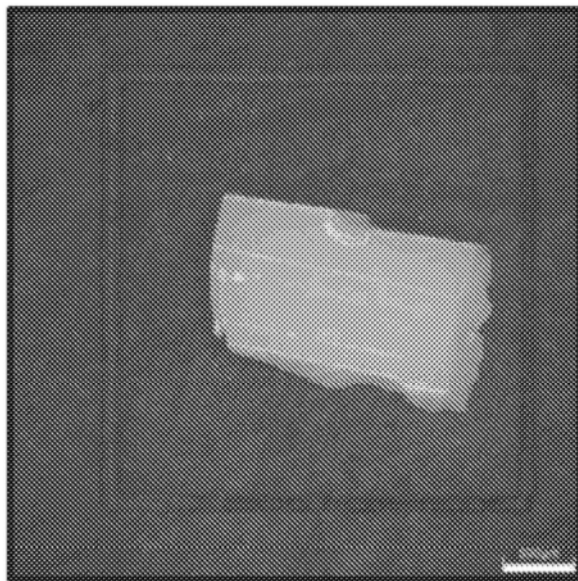


图14D

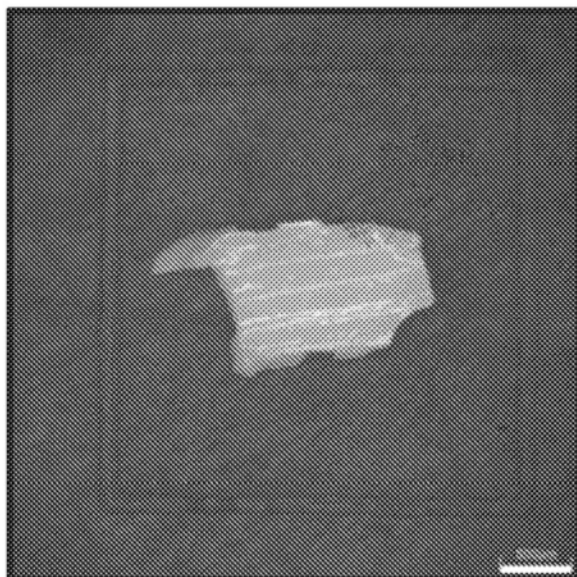


图14E

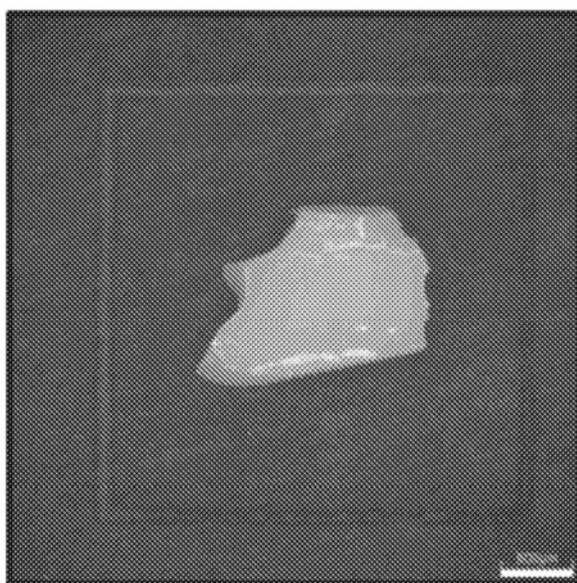


图14F

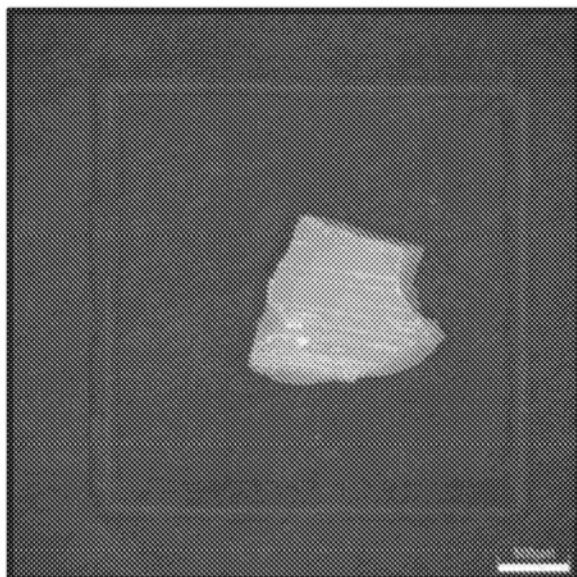


图14G

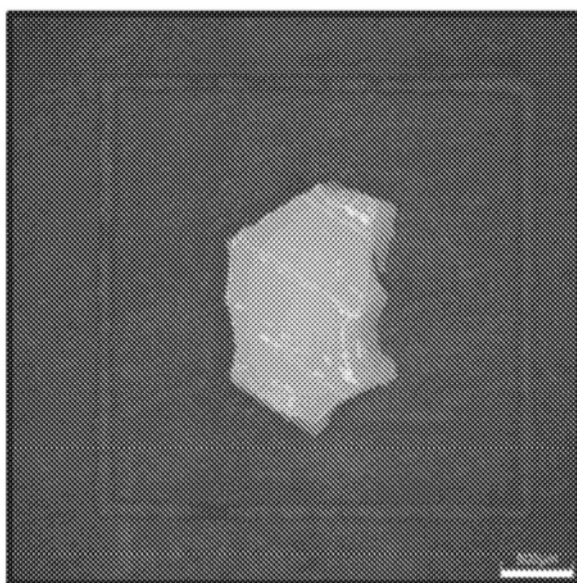


图14H

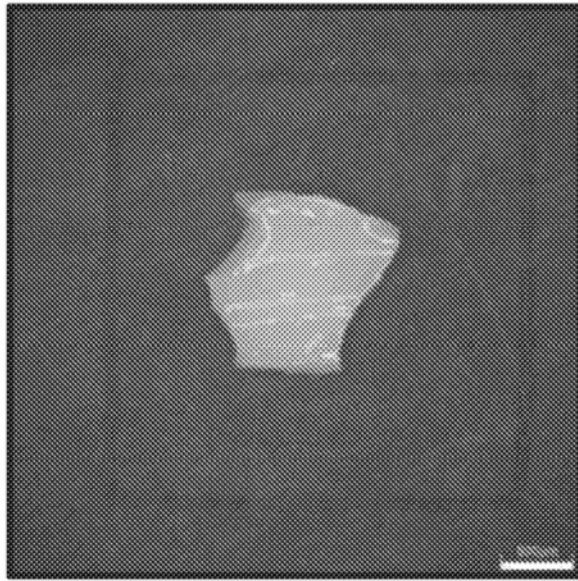


图14I

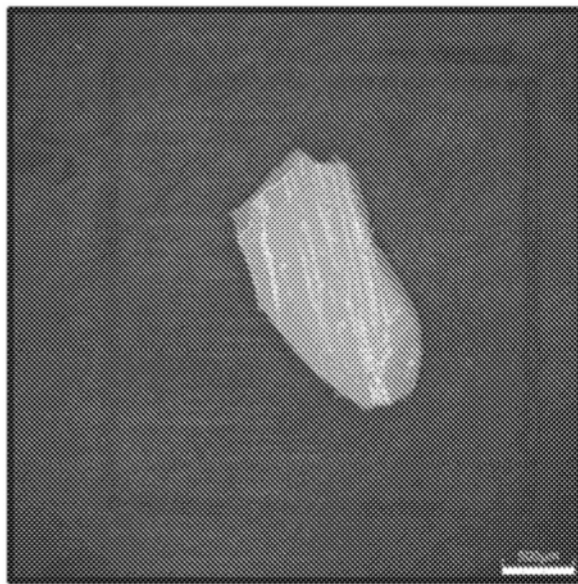


图14J

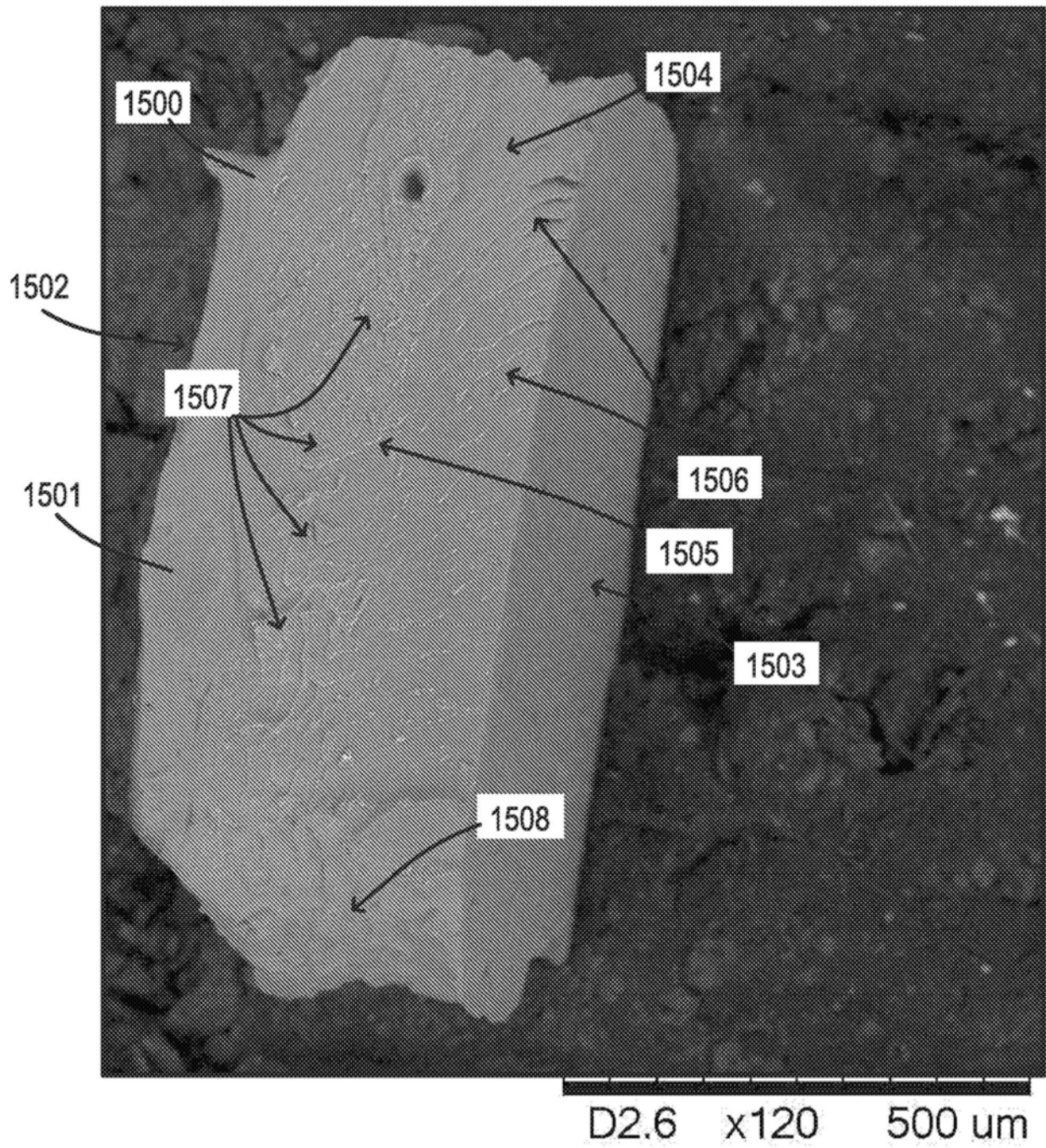


图15A

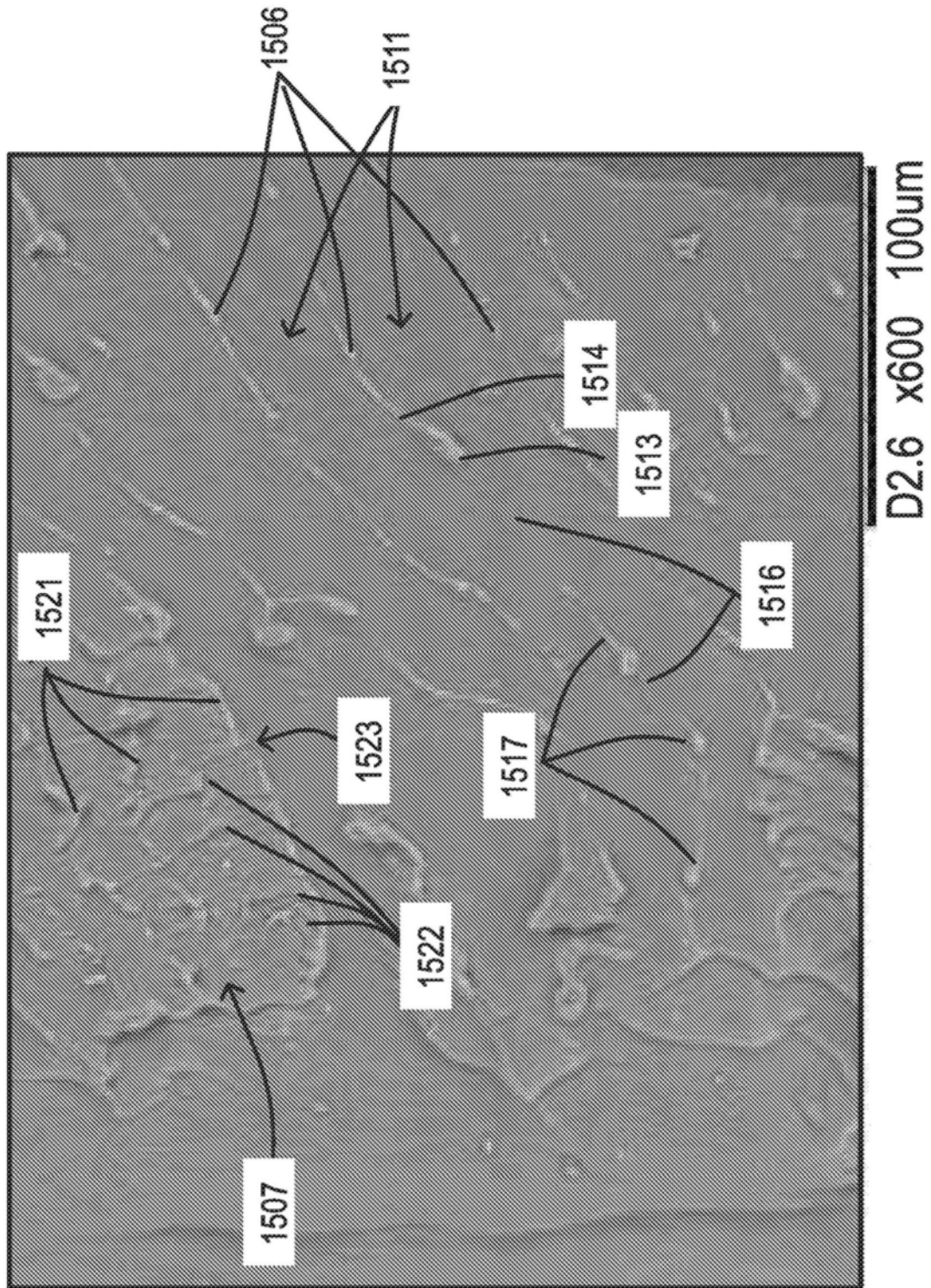


图15B

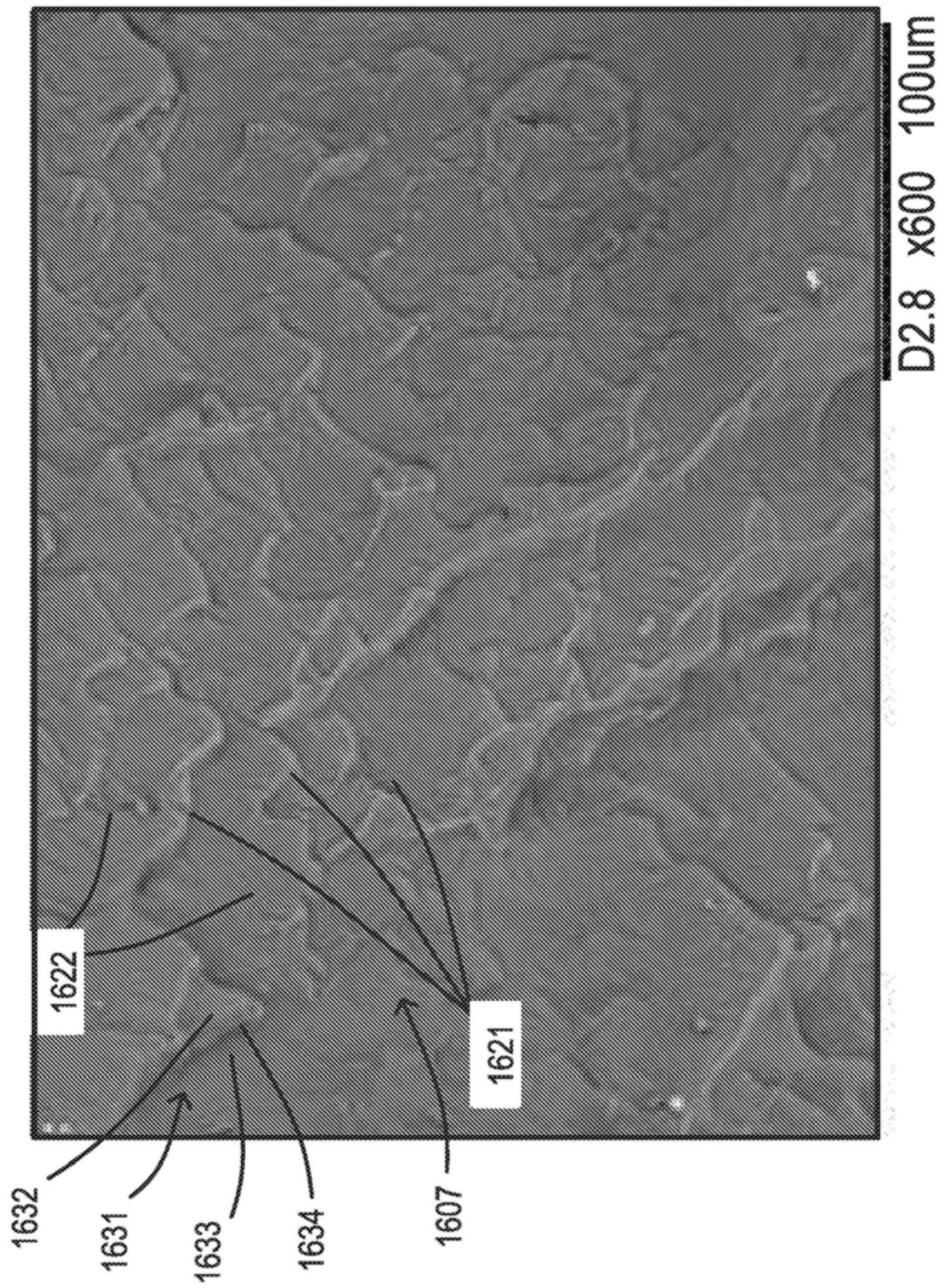


图16

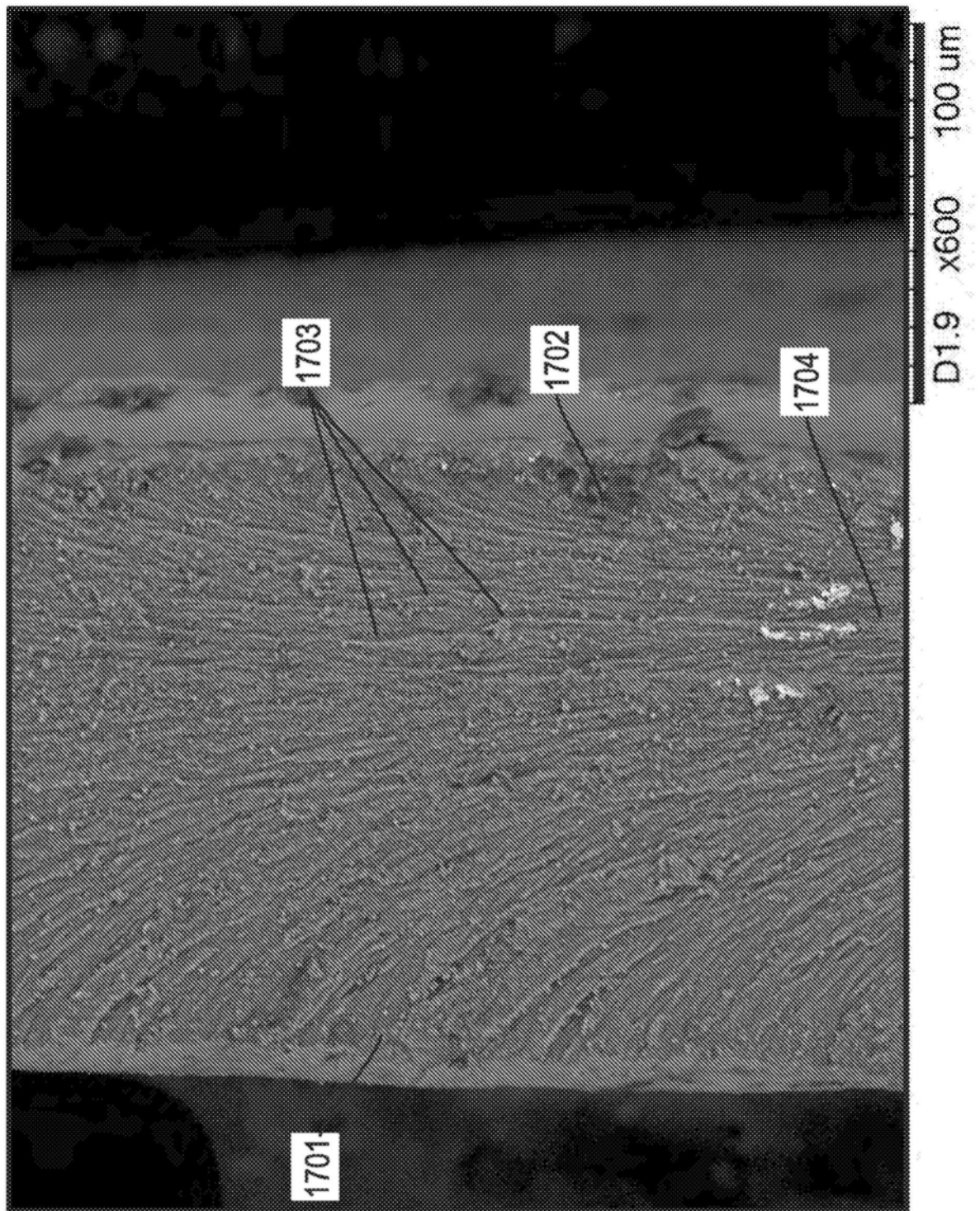


图17

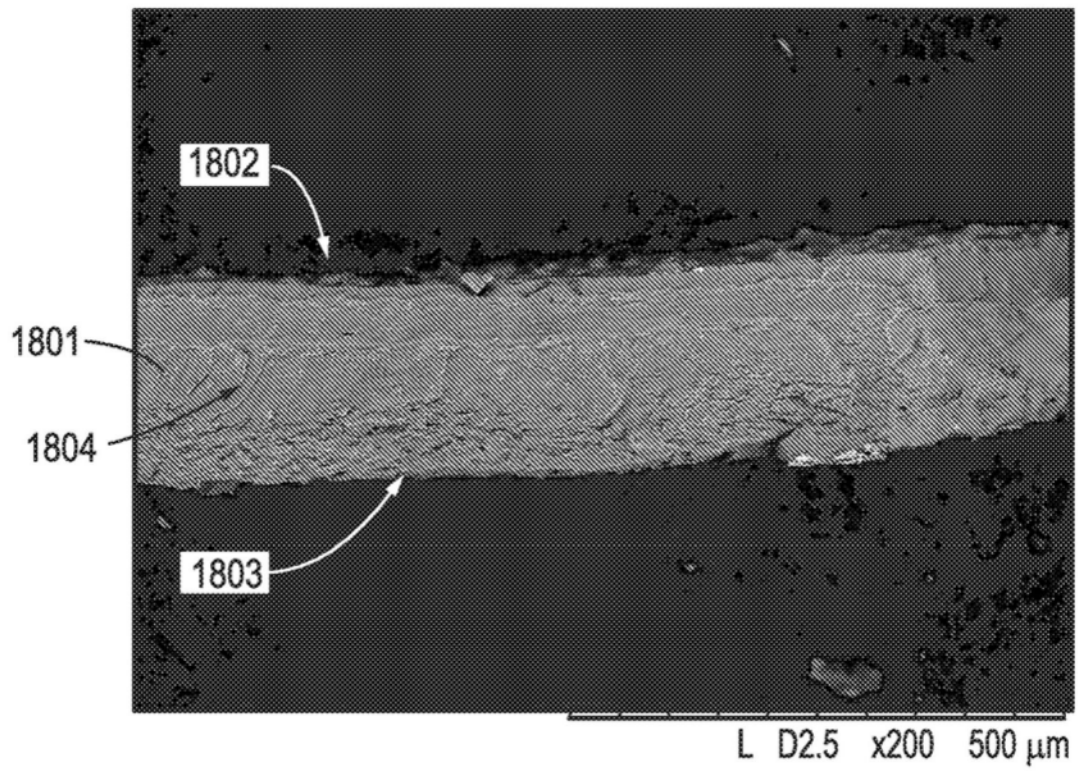


图18

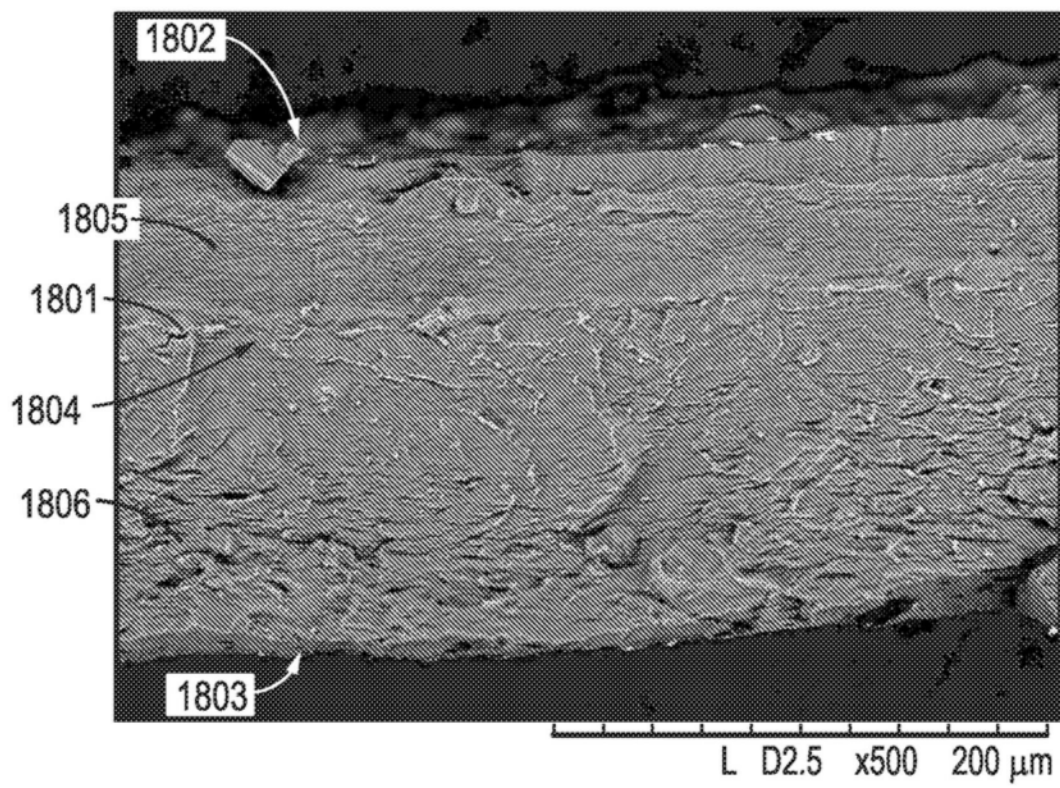


图19

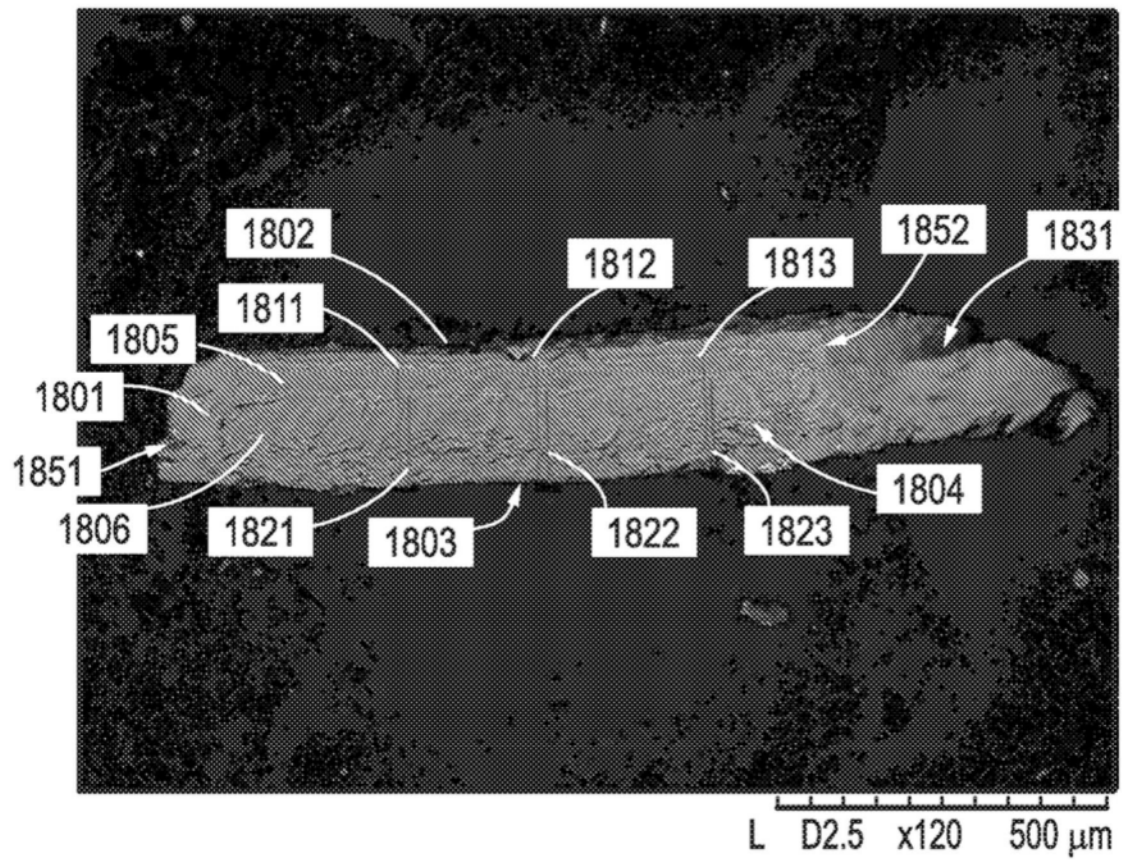


图20

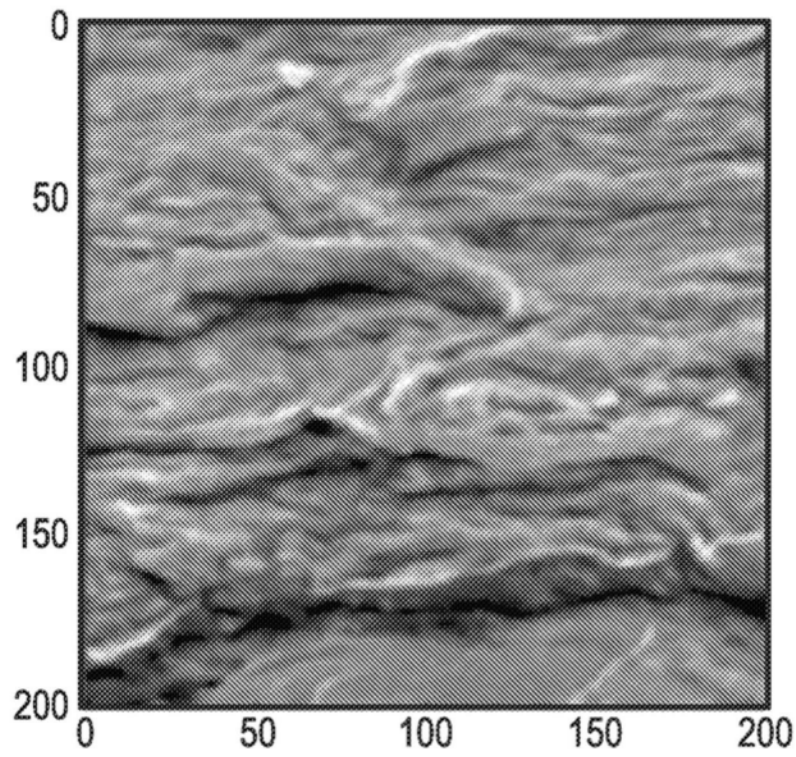


图21A

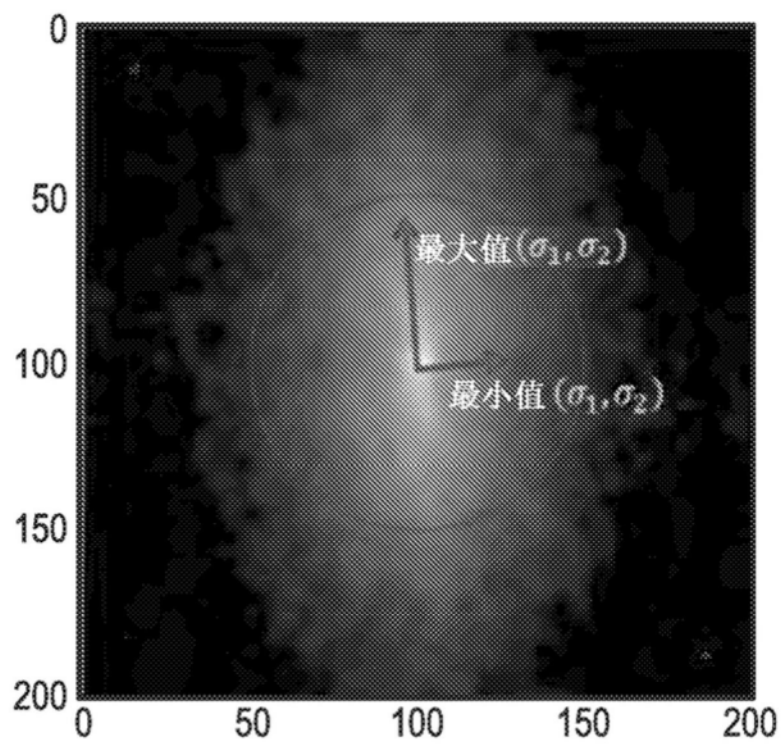


图21B

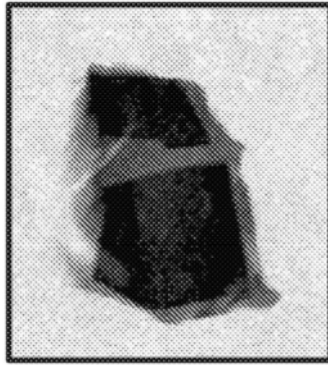


图22A

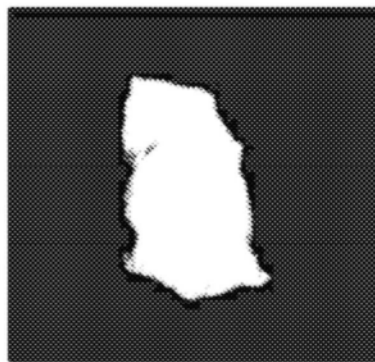


图22B

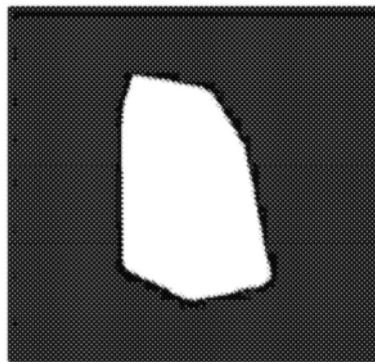


图22C

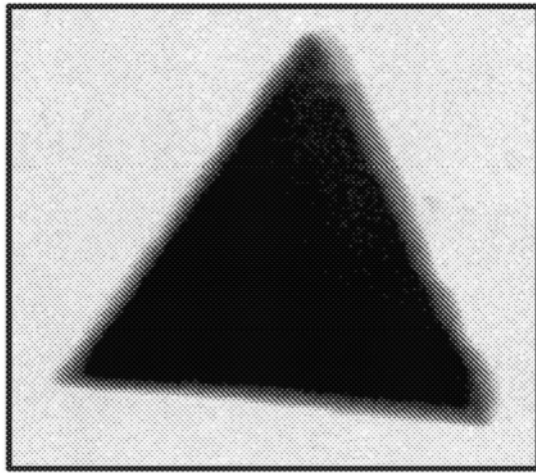


图23A

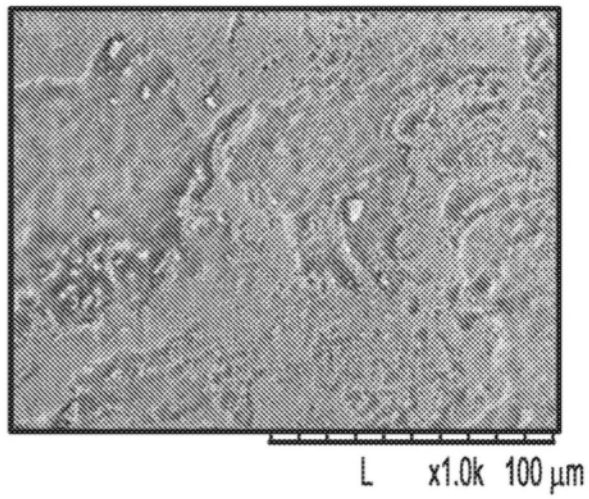


图23B

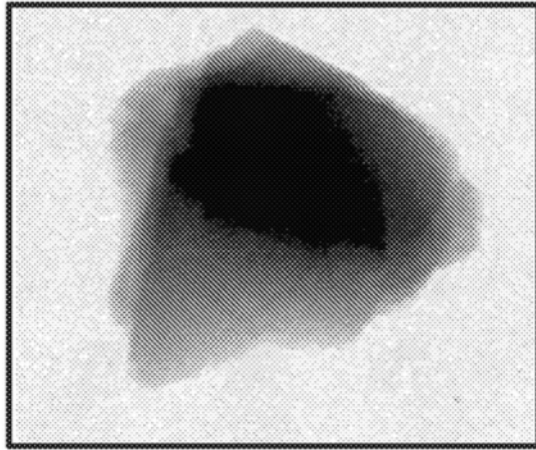


图24A

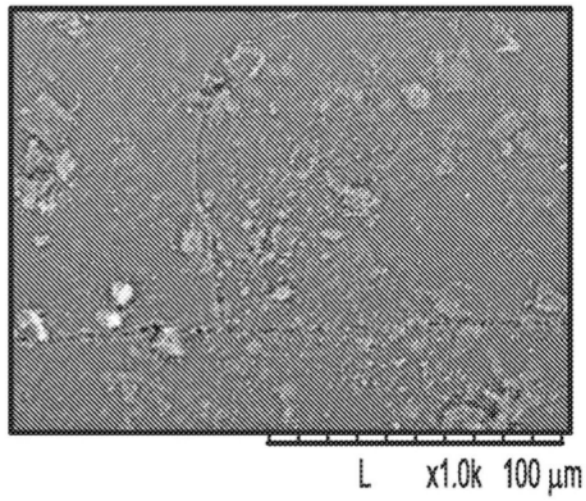


图24B

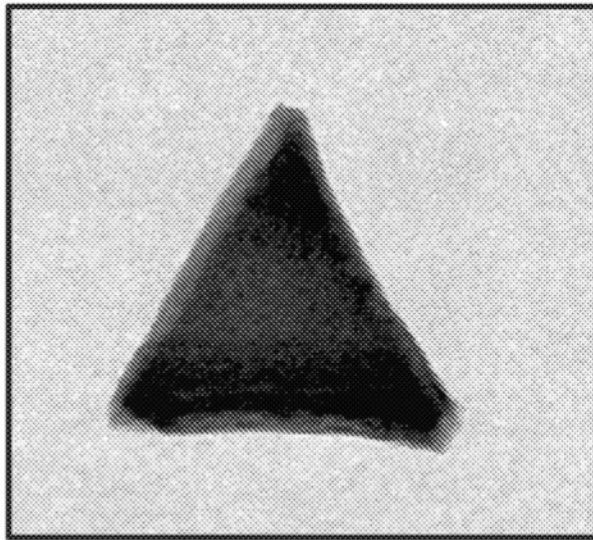


图25A

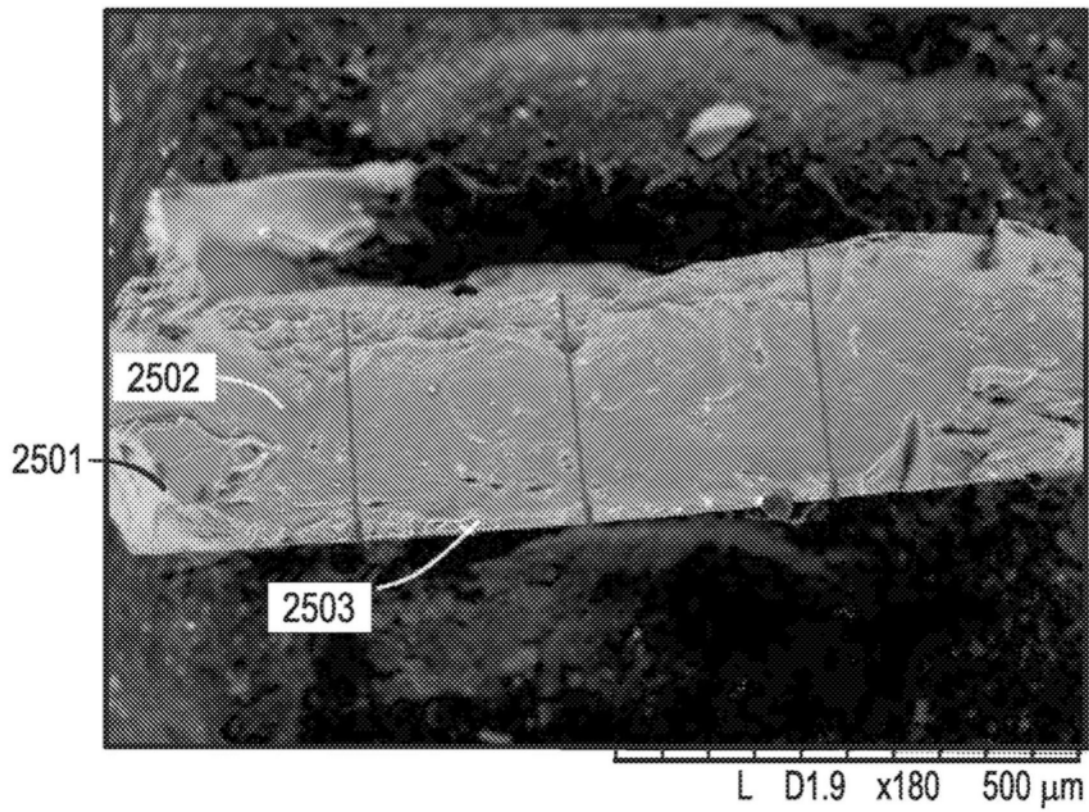


图25B