

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B22F 1/00 (2006.01)

B22F 3/105 (2006.01)

B22F 7/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410006824.6

[45] 授权公告日 2007年4月11日

[11] 授权公告号 CN 1309514C

[22] 申请日 2004.2.24

[21] 申请号 200410006824.6

[30] 优先权

[32] 2003.2.25 [33] JP [31] 2003-048263

[73] 专利权人 松下电工株式会社

地址 日本国大阪府

[72] 发明人 不破勋 吉田德雄 上永修士

岩永俊治 东喜万 峠山裕彦

阿部谕 武南正孝 清不俊

[56] 参考文献

US5745834A 1998.4.28

US5872322A 1999.2.16

US5997805A 1999.12.7

WO 02/11929 A1 2002.2.14

US6338747B1 2002.1.15

US5732323A 1998.3.24

JP2001-152204A 2001.6.5

JP 2001-152204 A 2001.6.5

审查员 陈存敬

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 汪惠民

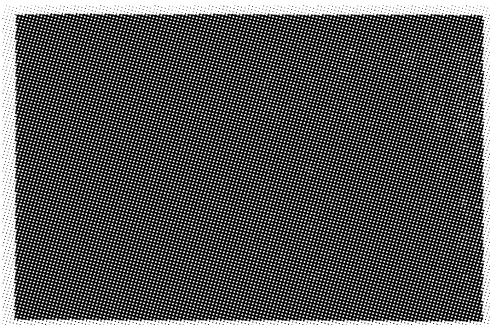
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 7 页

[54] 发明名称

用于选择性激光烧结的金属粉末组合物及其制备方法

[57] 摘要

一种所需形状的三维物体是通过下面的方法制成的：在金属粉末层上照射光束以形成烧结层，并且一层层地层压这种烧结层。用于制备这种三维物体的金属粉末组合物包括：铁基粉末材料，镍和/或镍合金粉末材料，铜和/或铜合金粉末材料，和石墨粉末材料。石墨粉末材料在熔化期间起改善润湿性的作用并且在固化期间起减少微裂纹的作用。



1. 一种用于选择性激光烧结的金属粉末组合物，其包含：
60 重量百分比至 90 重量百分比的铁基粉末材料；
5 重量百分比至 35 重量百分比的镍和/或镍合金粉末材料；
5 重量百分比至 15 重量百分比的铜和/或铜合金粉末材料；和
0.2 重量百分比至 1.0 重量百分比的石墨粉末材料，其中石墨粉末材料的重量百分比是基于铁基粉末材料、镍和/或镍合金粉末材料以及铜和/或铜合金粉末材料的总重量。
2. 根据权利要求 1 所述的金属粉末组合物，其中满足下面至少一个条件：所述铁基粉末材料包括铬钼钢粉末材料的条件和所述铜合金粉末材料包括铜锰合金材料的条件。
3. 根据权利要求 2 所述的金属粉末组合物，其中当所述铬钼钢粉末材料的比例为 60 重量百分比至 80 重量百分比，所述镍粉末材料的比例为 15 重量百分比至 25 重量百分比，以及所述铜锰合金粉末材料的比例为 5 重量百分比至 15 重量百分比时，加入的所述石墨粉末材料的比例为 0.2 重量百分比至 0.75 重量百分比。
4. 根据权利要求 1 所述的金属粉末组合物，其中所述铁基粉末材料、镍和/或镍合金粉末材料和铜和/或铜合金粉末材料中每一种的平均颗粒直径为 $5\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 。
5. 根据权利要求 4 所述的金属粉末组合物，其中所述铁基粉末材料的平均颗粒直径小于所述镍和/或镍合金粉末材料和所述铜和/或铜合金粉末材料的平均颗粒直径。
6. 根据权利要求 5 所述的金属粉末组合物，其中所述铁基粉末材料的平均颗粒直径小于镍和/或镍合金粉末材料和铜和/或铜合金粉末材料的四分之三的平均颗粒直径。
7. 根据权利要求 4 所述的金属粉末组合物，其中所述铁基粉末材料主要由非球形颗粒组成，而所述镍和/或镍合金粉末材料和所述铜和/或铜合金粉末材料中每一种主要由球形颗粒组成。

8. 根据权利要求 7 所述的金属粉末组合物，其中所述铁基粉末材料包含平均颗粒直径小于 $25\mu\text{m}$ 的铬钼钢粉末。

9. 根据权利要求 7 所述的金属粉末组合物，其中所述石墨粉末材料包含其最大长度小于铁基粉末材料的平均颗粒直径的颗粒。

10. 根据权利要求 1 所述的金属粉末组合物，其中所述的金属粉末组合物包含粒状粉末。

11. 根据权利要求 1 所述的金属粉末组合物，其还包含一种在其中混合的生成碳化物的元素。

12. 一种制备根据要求 1 所述的金属粉末组合物的方法，该方法包含：

制备铁基粉末材料；

制备镍和/或镍合金粉末材料；

制备铜和/或铜合金粉末材料；

混合 60 重量百分比至 90 重量百分比的所述的铁基粉末材料、5 重量百分比至 35 重量百分比的所述的镍和/或镍合金粉末材料和 5 重量百分比至 15 重量百分比的所述的铜和/或铜合金粉末材料；

在所述的铁基粉末材料、所述的镍和/或镍合金粉末材料和所述的铜和/或铜合金粉末材料的混合物中，混合 0.2 重量百分比至 1.0 重量百分比的石墨薄片，其中石墨粉末材料的重量百分比是基于铁基粉末材料、镍和/或镍合金粉末材料以及铜和/或铜合金粉末材料的总重量；和

碾碎所得到的混合物。

用于选择性激光烧结的金属粉末组合物及其制备方法

技术领域

一般而言，本发明涉及选择性激光烧结，并且具体但非排除而言，涉及一种用于选择性激光烧结的金属粉末组合物，其中所需要形状的三维物体是通过下面的方法制成的：在金属粉末层上照射光束以形成烧结层，并且一层层地层压这种烧结层。本发明还涉及制备该金属粉末组合物的方法，并且涉及一种通过使用该金属粉末组合物成型的三维物体。

背景技术

已知通过使用选择性激光烧结制备三维物体的方法，其中在金属粉末组合物层的预定位置上，首先照射光束(直接的能量射束，例如激光)，以形成烧结层。然后用金属粉末组合物的新层覆盖由此得到的烧结层，并且在新层的预定位置上，照射光束，以形成与下层结合的新烧结层。重复进行这些过程，以形成烧结件或三维物体，其中一层层地牢固地层压许多的烧结层。通过控制光束的能量密度，此方法可以得到各种状态的成型物体，所述的状态包括在成型物体内有許多空间(空洞)的状态，及金属粉末组合物已经被基本上完全熔化然后固化的状态，即密度(烧结密度)为约 100%的状态。为此，可以将此方法用来制备要求具有光滑表面的成型模具。此外，此方法可以使成型物体的表面区域具有高密度，内部区域具有低密度，和它们之间的区域具有中密度。在成型物体具有不同密度的情况下，没有为光滑表面牺牲成型速度。

但是，制备这种具有不同表面和内部密度的成型物体要求这样的金属粉末组合物，其具有不同于普通粉末烧结使用的金属粉末组合物的特征。

举例来说，金属粉末组合物的粒径必须小于每一种粉末层的厚度。较小的粒径增加粉末组合物的堆积密度，并且增加在成型期间对光束的吸收率，因此，不仅可以增加成型密度，而且可以降低表面粗糙度。但

是，太小的粒径有时引起粉末组合物的内聚，导致粉末组合物堆积密度的降低并且不能均匀地形成粉末薄层。

再有，为了使成型物体具有要求的强度，用光束照射的部分和下面的烧结层具有大的粘合面积和高的粘合强度。而且，用光束照射的部分不必在其上表面具有大的突起或隆起。如果这种突起高于将在其上形成的粉末层的厚度，有时粉末层的形成变得困难。

此外，由于非必须的金属粉末粘附于成型物体的表面，所以在加工成型物体以除去非必须的金属粉末来暴露高密度表面区域时，需要良好的工作性能。

当然，在成型物体的表面必须没有大的裂纹存在，并且考虑到引起液体介质如冷却水流动经过例如注塑模具中，要求在其内部结构中没有细裂纹。

用光束照射的金属粉末组合物部分或完全熔化，然后通过随后的快速冷却而固化以转变为烧结材料。在熔化期间高的润湿性增加熔融材料与邻近的烧结材料之间的粘合面积，并且高的流动性降低突起或隆起。为此，要求高的润湿性和高的流动性。

考虑到上述，本申请的发明人提出了一种如在日本公开专利出版物 2001-152204 中所公开的金属粉末组合物。这种金属粉末组合物含有：铬钼钢粉末、磷铜或锰铜粉末和镍粉末。由于其强度或韧性而采用铬钼钢，由于其润湿性或流动性而采用磷铜或锰铜，并且由于其加工性能而采用镍。

在得到表面区域和内部区域之间具有不同密度的成型物体方面，上面所提到的金属粉末组合物通常提供良好的结果，但仍然在润湿性、流动性和加工性能(加工性)方面存在改善的余地。

如图 11 描绘的在 25 倍的放大倍数下，由常规金属粉末组合物得到的成型物体的一部分的照片所示，在高密度下烧结的部分具有在其中形成的微裂纹，其又损坏成型物体，在将其用作成型模具时尤其如此。

发明内容

提出本发明来克服上面所述的缺点。

因此，本发明的一个目的是提供一种可以用于选择性激光烧结的金属粉末组合物，以得到没有微裂纹并且在烧结时具有优异的成型性能的成型物体。

本发明的另一个目的是提供一种容易制备上面所提到的金属粉末组合物的方法。

本发明的再一个目的是提供一种可以用作注塑模具的成型物体。

在实现上述和其它的目的中，根据本发明的金属粉末组合物包括：铁基粉末材料、镍和/或镍合金粉末材料、铜和/或铜合金粉末材料和石墨粉末材料。石墨粉末材料在熔化期间起改善润湿性的作用或在固化期间起减少微裂纹的作用。

优选地，石墨粉末材料的比例为 0.2 重量百分比至 1.0 重量百分比，如果石墨粉末材料的比例小于 0.2 重量百分比或超过 1.0 重量百分比，减少微裂纹的作用被减小。

当石墨粉末材料的比例为 0.2 重量百分比至 1.0 重量百分比时，考虑到减少微裂纹或改善成型性能，进一步优选铁基粉末材料的比例为 60 重量百分比至 90 重量百分比，镍和/或镍合金粉末材料的比例为 5 重量百分比至 35 重量百分比，铜和/或铜合金粉末材料的比例为 5 重量百分比至 15 重量百分比。

更具体而言，如果镍和/或镍合金粉末材料的比例小于 5 重量百分比，成型物体可能含有裂纹。另一方面，如果镍和/或镍合金粉末材料的比例超过 35 重量百分比，将成型物体通过快速冷却进行大的热收缩并且容易与由例如铁制成的成型板分离。如果铜和/或铜合金粉末材料的比例小于 5 重量百分比，在熔化期间失去用于选择性激光烧结的材料所要求的润湿性或流动性。另一方面，如果铜和/或铜合金粉末材料的比例超过 15 重量百分比，降低了成型物体(含有很多铜的铁合金)与成型板之间的粘合力，导致成型物体与成型板分离。

当满足下面两个条件至少一个时：一个条件是铁基粉末材料包括铬钼钢粉末材料，另一个条件是铜合金粉末材料包括铜锰合金材料，由于石墨粉末材料的加入，进一步改善了成型物体的特性。

特别优选的是，当铬钼钢粉末材料的比例为 60 重量百分比至 80 重

量百分比，镍粉末材料的比例为 15 重量百分比至 25 重量百分比，以及铜锰合金粉末材料的比例为 5 重量百分比至 15 重量百分比时，加入的石墨粉末材料的比例为 0.2 重量百分比至 0.75 重量百分比。

虽然优选铁基粉末材料、镍和/或镍合金粉末材料和铜和/或铜合金粉末材料的每一种的平均颗粒直径为 $5\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ ，但是进一步优选铁基粉末材料的平均颗粒直径小于镍和/或镍合金粉末材料的和铜和/或铜合金粉末材料的平均颗粒直径。特别优选使用这样的铁基粉末材料，其平均颗粒直径小于镍和/或镍合金粉末材料的和铜和/或铜合金粉末材料的约四分之三的平均颗粒直径。

如果铁基粉末材料、镍和/或镍合金粉末材料，或铜和/或铜合金粉末材料的平均颗粒直径小于 $5\mu\text{m}$ ，那么引起粉末组合物的内聚，降低粉末组合物的流动性，并且使其不能形成高密度的粉末层。如果该平均颗粒直径超过 $50\mu\text{m}$ ，粉末层的厚度不能小于 $50\mu\text{m}$ ，难以实现高精度的成型。

为了通常在高密度下均匀地层压金属粉末组合物，优选粉末颗粒是球形的并且具有相对狭窄的颗粒尺寸分布。但是，当金属粉末组合物加入有石墨粉末材料时，进一步优选铁基粉末材料主要由非球形颗粒组成，而每一种镍和/或镍合金粉末材料和铜和/或铜合金粉末材料主要由球形颗粒组成。特别是当铁基粉末材料是铬钼钢粉末材料时，优选其平均颗粒直径小于 $25\mu\text{m}$ 。金属粉末组合物可以是“粒状粉末组合物”，其是作为通常具有球形颗粒已知的，所述的球形颗粒是通过用粘合剂(粘结剂)固化非常细的粉末颗粒而得到的。

一种制备根据本发明的金属粉末组合物的方法，其特征在于，在铁基粉末材料、镍和/或镍合金粉末材料和铜和/或铜合金粉末材料的混合物中混合石墨薄片，并且碾碎得到的混合物。此方法可以使处理容易并且使石墨均匀分布。

由于通过烧结上面所指的金属粉末组合物而成型的三维物体在其表面上没有裂纹，并且在其内部结构中几乎没有微裂纹，所以该三维物体的表面区域与内部区域的密度可以不同，并且可以将其用作注塑模具。

附图说明

从下面参考附图的优选实施方案的描述中，本发明的上述和其它目的和特征将变得更加清楚，至始自终，其相同的部件由相同的参考数字表示，并且其中：

图 1 是通过使用根据本发明的金属粉末组合物制备三维物体的装置的示意透视图；

图 2 是形成三维物体的示意前视图；

图 3 是在 25 倍的放大倍数下，由添加有石墨粉末的金属粉末得到的成型物体的一部分的照片；

图 4 是主要由非球形颗粒组成的铬钼钢粉末的 SEM 照片；

图 5 是主要由球形颗粒组成的镍粉末的 SEM 照片；

图 6 是主要由球形颗粒组成的铜锰合金粉末的 SEM 照片；

图 7 是石墨薄片的 SEM 照片；

图 8 是几种粉末的混合物的 SEM 照片；

图 9 是在 25 倍的放大倍数下，由添加有生成碳化物的元素的金属粉末得到的成型物体的一部分的照片；

图 10 是在 25 倍的放大倍数下，由添加有铁基粉末的金属粉末得到的成型物体的一部分的照片，所述的铁基粉末含有许多生成碳化物的元素；和

图 11 是在 25 倍的放大倍数下，由常规金属粉末得到的成型物体的一部分的照片；

具体实施方式

本申请是基于分别于 2003 年 2 月 25 日和 2003 年 7 月 28 日在日本提交的申请 2003-48263 和 2003-281260，明确地在此引入其全部内容作为参考。

图 1 描绘了选择性激光烧结的装置。在那里所示的装置包括：用于形成粉末层 10 的粉末层形成单元 2，用于形成烧结层 11 的烧结层形成单元 3，和用于除去低密度表面层的表面层除去单元 4。粉末层形成单元 2 通过下面的方法形成预定厚度 Δt_1 的粉末层 10：首先在有限空间通过气缸垂直移动的可垂直移动的桌 20 上，供给金属粉末组合物，并且接着通

过使用夷平叶片 21 将粉末组合物夷平。烧结层形成单元 3 通过下面的方法形成烧结层 11：通过一个包括折射器 31 等的扫描光学系统，在粉末层 10 上照射由激光束发生器 30 发出的激光。优选将激光振荡器用作激光束发生器 30，并且优选将电镜(galvanomirror)用作偏转器 31。表面层除去单元 4 包括：安装在粉末层形成单元 2 基底上的 XY 驱动单元 40 和安装在 XY 驱动单元 40 上的修整机 41。优选将切削机如端铣刀、钻孔机等用作修整机 41。

图 2 描绘怎样使用上面所指的装置来制备三维物体。如其中所示，首先在可垂直移动的桌 20 上安置的基底 22 上，供给金属粉末组合物，可垂直移动的桌 20 用作调节烧结层形成单元 3 和烧结层之间距离的距离调节器。然后，通过夷平叶片 21，将供给在基底 22 上的粉末组合物夷平，以形成第一粉末层 10，并且在第一粉末层 10 的所需要部分上照射光束(激光束)L 以使其烧结，由此形成与基底 22 结合的烧结层 11。

然后，将可垂直移动的桌 20 降低预定的高度，并且通过再次供给金属粉末组合物和通过使用夷平叶片 21 将其夷平，形成第二粉末层 10。再次在第二粉末层 10 的所需要部分上照射激光束 L 以使其烧结，由此形成与下面的烧结层 11 结合的另一烧结层 11。

重复进行在降低可垂直移动的桌 20 之后，形成新的粉末层 10 的过程和在新粉末层 10 的所需要部分上照射激光束 L，以形成新烧结层 11 的过程，由此制备目标三维物体。优选将 CO₂ 激光用作光束。在三维物体是成型模具的应用中，优选粉末层 10 的每一层的厚度 Δt_1 为约 0.05mm。

由事先设计的三维 CAD 数据来准备指示激光照射路径的数据和指示切削路径的数据，以指示所需要的形状。在确定激光照射的路径中，在等间距(0.05mm，在 Δt_1 为 0.05mm 的情况下)下，由已经得到的每一部分用的等高线数据来确定目标形状，该等高线数据是通过分割由三维 CAD 模型创建的 STL 数据而得到的。优选这样进行光束的照射，以便三维物体的至少一个表面区域被烧结以具有高密度(例如，孔隙率小于 5%)，同时三维物体的内部被烧结以具有低密度。即，模型数据被分为用于表面区域的数据和用于内部区域的数据，并且激光束在这样的条件下照射：其中内部区域成为多孔的和表面区域通过在其中的大部分粉末组合物的

熔化而成为具有高密度，使其可以高速得到具有稠密表面的成型物体。

在多层烧结层 11 的形成期间，当其总厚度达到一个具体的值，即由例如铣刀头 41 的工具长度决定的值时，激活表面层除去单元 4 以切削在那时已经成型的三维物体的表面。例如，直径为 1mm 并且有效叶片长度为 3mm 的铣刀头 41 的工具(圆头槽铣刀)可以进行深度为 3mm 的切削。因而，如果粉末层 10 的厚度 Δt_1 为 0.05mm，当形成了 60 层的烧结层 11 时，激活表面层除去单元 4。

表面层除去单元 4 可以除去由粘附至成型物体表面的粉末形成的低密度表面层，并且可以同时切削掉部分高密度区域，由此在成型物体的整个表面之上暴露高密度区域。为此，将烧结层 11 的形状形成为稍大于所需要形状的尺寸。

如前面所述，切削路径及激光照射路径是由三维 CAD 数据制定的。尽管切削路径是基于所谓的等高线加工决定的，但是在烧结期间，不总是要求切削路径的垂直间距与层压的间距相同。如果目标物具有平缓坡度，通过减小垂直间距，可以得到平滑的表面。

尽管在举例说明的实施方案中装置包括在成型期间用于切削工作的表面层除去单元 4，但本发明还可以应用于普通的选择性激光烧结，其中没有采用表面层除去单元，并且在成型期间不进行切削工作。

在通过使用上面所指的选择性激光烧结来制备三维物体时，所使用的金属粉末组合物对成型物体的成型性能或质量具有巨大的影响。在本发明的实践中，使用的是：铁基粉末材料、镍粉和/或镍合金粉末材料、铜粉和/或铜合金粉末材料和石墨粉末材料的混合物。

尽管为了降低待烧结组合物的熔点或者提高烧结密度的目的，也在烧结铁基粉末中使用石墨，但是迄今为止认为：在通过在其上照射光束来熔化厚度 $\Delta t_1=0.05\text{mm}$ 的相当薄的粉末层 10 中，不需要石墨。但是，此申请的发明人发现：石墨粉末的加入对在熔化期间改善润湿性或在高密度部分的固化期间减少微裂纹而言，是相当有效的。

图 3 描绘了添加有石墨粉末的成型物体的一部分，特别显示的是有石墨块斑点的成型物体。

石墨粉末的比例取决于金属粉末组合物的比例，并且优选其小于约 1

重量百分比。具体而言，当铁基粉末的比例为 60-90 重量百分比，镍粉和/或镍合金粉末的比例为 5-35 重量百分比，和铜粉和/或铜合金粉末的比例为 5-15 重量百分比时，优选石墨粉末的比例为 0.2-1.0 重量百分比。如果石墨粉末的比例超过 1 重量百分比，减少微裂纹的作用明显地降低，导致微裂纹的产生至类似于没有石墨粉末加入情况下的程度。

优选将铬钼钢的粉末和铜锰合金的粉末分别用作铁基粉末和铜合金粉末。当满足这两个条件的至少一个时，可以保证提高添加有石墨粉末的成型物体的特性。

当铬钼钢粉末的比例为 60-80 重量百分比，镍粉末的比例为 15-25 重量百分比，铜锰合金粉末的比例为 5-15 重量百分比，和石墨粉末的比例为 0.2-0.75 重量百分比时，高密度部分没有细裂纹，并且对于高密度部分和低密度部分这两部分而言，可以得到所需要的成型性能。

优选所有的铁基粉末、镍粉和/或镍合金粉末和铜粉和/或铜合金粉末的平均颗粒直径为 5-50 μm 。如果颗粒直径太小，引起粉末组合物的内聚。因而，当粉末层 10 的厚度 Δt_1 为 0.05mm 时，将平均颗粒直径设置为约 30 μm 。

由于通常在高密度下均匀层压金属粉末组合物，优选粉末颗粒为球形的，并且具有相对狭窄的颗粒尺寸分布。但是，在加入石墨粉末时，优选铁基粉末主要由非球形颗粒组成，而镍粉和/或镍合金粉末和铜粉和/或铜合金粉末主要由球形颗粒组成。具体而言，在铁基粉末是主要由非球形颗粒组成的铬钼钢粉末和其平均颗粒直径小于 25 μm ，并且还小于镍粉和/或镍合金粉末或铜粉和/或铜合金粉末材料的约四分之三的平均颗粒直径情况下，可以得到良好的结果。

实施例

使用主要由非球形颗粒组成的并且平均颗粒直径为 20 μm 的 SCM440(铬钼钢)粉末(参见图 4)、主要由球形颗粒组成的并且平均颗粒直径为 30 μm 的 Ni(镍)粉末(参见图 5)和主要由球形颗粒组成的并且平均颗粒直径为 30 μm 的 CuMnNi(例如由 Cu-10 重量%Mn-3 重量%Ni 制成的铜锰合金)(参见图 6)，来制备 6 种金属粉末组合物。如下所示，该 6 种金属

粉末组合物添加有不同比例的 C(石墨):

- a) 70 重量%SCM440-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi
- b) 70 重量%SCM440-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi+0.2 重量%C
- c) 70 重量%SCM440-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi+0.4 重量%C
- d) 70 重量%SCM440-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi+0.5 重量%C
- e) 70 重量%SCM440-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi+0.75 重量%C
- f) 70 重量%SCM440-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi+1.0 重量%C

在下面的条件下, 使用所述的 6 种金属粉末组合物(a)-(f), 进行选择
性激光烧结:

粉末层厚度: 0.05mm

所用的激光器: 200W CO₂ 激光器(输出: 90%)

扫描速度: 75mm/秒

扫描间距: 0.25mm

对于其中没有添加石墨的金属粉末组合物(a), 发现大量的微裂纹, 而对于其中添加了 0.5 重量%石墨的金属粉末组合物(d), 没有发现微裂纹。对于其中添加了 0.4 重量%石墨的金属粉末组合物(c), 仅发现很少的微裂纹。对于其中添加了 0.2 重量%石墨的金属粉末组合物(b)和对于其中添加了 0.75 重量%石墨的金属粉末组合物(e), 与其中没有添加石墨的金属粉末组合物(a)相比, 确认了减少微裂纹的作用。对于其中添加了 1.0 重量%石墨的金属粉末组合物(f), 与金属粉末组合物(a)相比, 发现基本上相同的数目或稍少数目的微裂纹。

在下面的条件下制备密度不同的三维物体:

i) 高密度部分

扫描速度: 75mm/秒

扫描间距: 0.25mm

ii) 中密度部分

扫描速度: 150mm/秒

扫描间距: 0.5mm

iii) 低密度部分

扫描速度: 200mm/秒

扫描间距：0.3mm

在制备三维物体中，高密度部分和中密度部分的每一层都用激光照射，而低密度层每隔一层用激光照射。

就其中添加有石墨粉末的金属粉末组合物而言，由于仅少量的隆起存在，得到了良好的流动特性(流动性)。

制备另一种与金属粉末组合物(d)相同组成的金属粉末组合物，其含有主要由球形颗粒组成的并且平均颗粒直径为 $30\mu\text{m}$ 的铬钼钢粉末，该直径与其它非铁金属粉末的平均颗粒直径相同。在下面的条件下，烧结此金属粉末组合物：

粉末层厚度：0.05mm

所用的激光器：200W CO_2 激光器(输出：90%)

扫描速度：75mm/秒

扫描间距：0.25mm

用此金属粉末组合物，虽然发现少量的微裂纹和由于微孔的存在而导致密度降低至某种程度，但与金属粉末组合物(d)相比，可以得到基本上良好的成型物体。

使用 CuP(铜磷)合金粉末代替在金属粉末组合物(d)中的铜锰合金粉末，制备另一种金属粉末组合物并且在相同的条件下烧结。CuP 合金粉末主要由球形颗粒组成并且平均颗粒直径为 $30\mu\text{m}$ 。对于这种金属粉末组合物，发现微裂纹的存在并且烧结层具有不均匀的上表面，其又阻碍下一粉末层的形成。此外，烧结层没有足够的横向强度。

使用 CuP(铜磷)合金粉末代替在金属粉末组合物(d)中的铜锰合金粉末，制备再一种金属粉末组合物并且在相同的条件下烧结。在此情况下，铜磷合金粉末主要由球形颗粒组成并且平均颗粒直径为 $30\mu\text{m}$ ，并且铬钼钢粉末主要由球形颗粒组成并且平均颗粒直径为 $30\mu\text{m}$ ，该直径与其它非铁金属粉末的平均颗粒直径相同。尽管与主要由球形颗粒组成的并且平均颗粒直径为 $30\mu\text{m}$ 的铜磷合金粉末与主要由非球形颗粒组成的并且平均颗粒直径为 $20\mu\text{m}$ 的铬钼钢粉末的组合相比，可以得到更好的结果，但是发现微裂纹的存在。

添加有铜磷合金粉末的金属粉末和添加有铜锰合金粉末的金属粉末

导致微裂纹产生的因素不同。认为后者引起微裂纹是由于在激光烧结期间的熔化不良，并且认为平均颗粒直径比其它非铁金属粉末小的铬钼钢粉末的使用促进熔化，由此减少了微裂纹的数量。

在使用的是主要由非球形颗粒组成的铬钼钢粉末的情况下，与主要由球形颗粒组成的铬钼钢粉末相比，石墨粉末有效地散布在每一颗铬钼钢粉末颗粒的表面上。在前一种情况下，而不是在后一种情况下，石墨粉末的加入更有效。

在石墨粉末与含有铁基粉末、镍粉和/或镍合金粉末和铜粉和/或铜合金粉末的混合物的金属粉末组合物混合中，首先将如图 7 所示的石墨薄片加入到金属粉末组合物中，然后在研钵中碾碎或磨碎。图 8 描绘的是所得到的其中没有发现石墨粉末的混合物。其理由是石墨有效地散布在金属粉末组合物的表面上，尤其是主要由非球形颗粒组成的铬钼钢粉末的表面上。在此情况下，与石墨粉末仅与金属粉末组合物混合的情况相比，可以得到良好的成型性能，并且发现更少量的微裂纹。

此外，制备和烧结另一种金属粉末组合物，其颗粒的最大长度小于铁基粉末的平均颗粒直径并且尤其是小于 $10\mu\text{m}$ 。在通过激光器的照射的熔化期间，烧结的层显示其中使碳进入铁中以降低熔点的渗碳作用。由于提高了熔化期间的流动特性，降低了烧结层表面的不均匀性。

顺便提及，由炭黑，即通过天然气或液态烃的不完全燃烧或热分解得到的细黑粉末，可以得到由最大长度为 1 至 7 微米的超细颗粒组成的石墨粉末。也可以通过喷射研磨得到这种石墨粉末。

尽管图 3 中的黑点表示石墨沉积物，但优选事先在铁中混合用于制备碳化物的一种元素或多种元素。如果将一种元素或多种元素如 Cr(铬)、Mo(钼)、W(钨)、V(钒)等混合于铁中，当由熔融状态固化时，倾向于沉积的碳与这种元素化合，转变为碳化物，使其可以防止碳的沉积。

图 9 是在这样的情况下的 SEM 照片：即 W(钨)粉末被加入到上面所指的金属粉末组合物(d)(70 重量%SCM440-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi + 0.5 重量%C + 0.5 重量%W)中的情况，而图 10 是在这样的情况下的 SEM 照片：即其中铁基粉末 SCM440 被含有许多生成碳化物的元素的 SKH 钢粉末(70 重量%SKH51-21 重量%Ni-9 重量%CuMnNi + 0.5 重量%C)所代替

的情况。这些照片显示：与图 3 所示并且由金属粉末组合物(d)得到的成型物体相比，在其中显示的成型物体含有减少数量的碳沉积物。减少数量的碳沉积物可以实现高密度、高强度和高硬度的成型，并且不存在沉积的碳提高了加工后的表面粗糙度。

通过选择性激光烧结上面所讨论的金属粉末组合物而得到的三维物体具有足够的适宜于注塑模具的特性。

为了便于处理，上面所讨论的金属粉末可以是“粒状粉末”。

虽然通过参考附图的实施例全面地描述了本发明，但这里应当注意的是：对本领域的技术人员而言，各种变化和修改将是显然的。因此，除非这种变化和修改另外离开了本发明的精神和范围，否则应当认为它们被包括在其中。

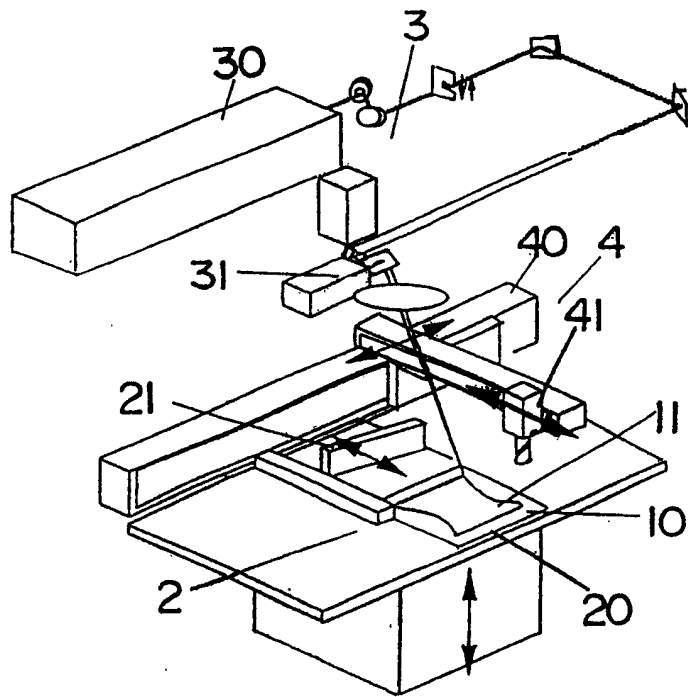


图 1

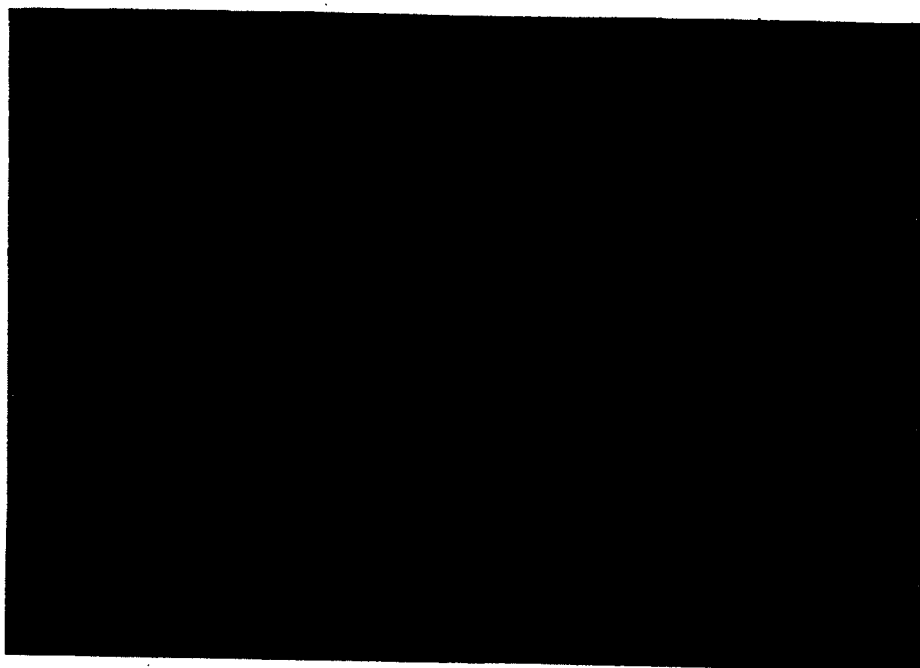


图 3

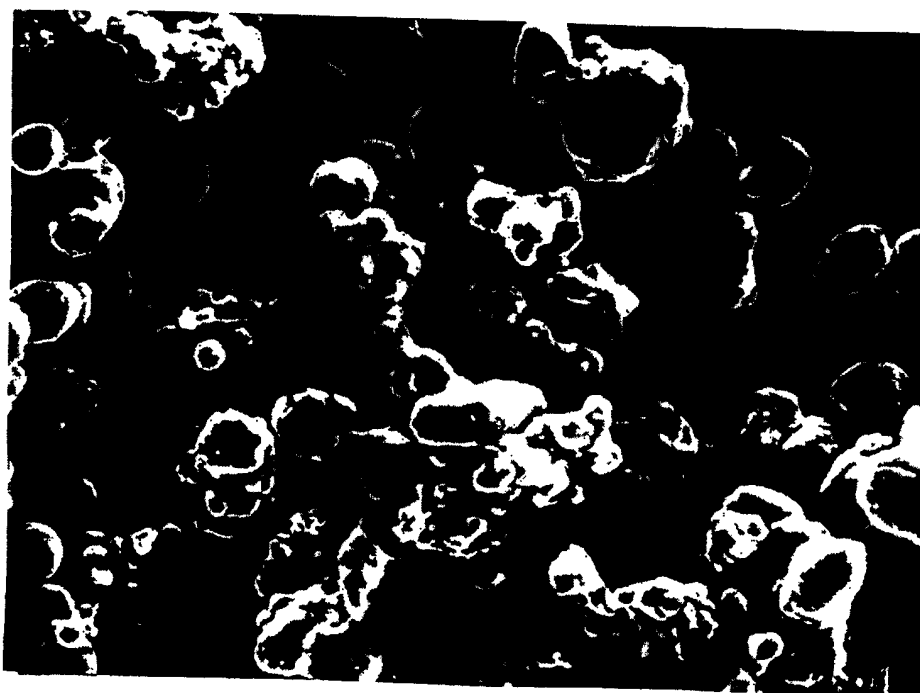


图 4

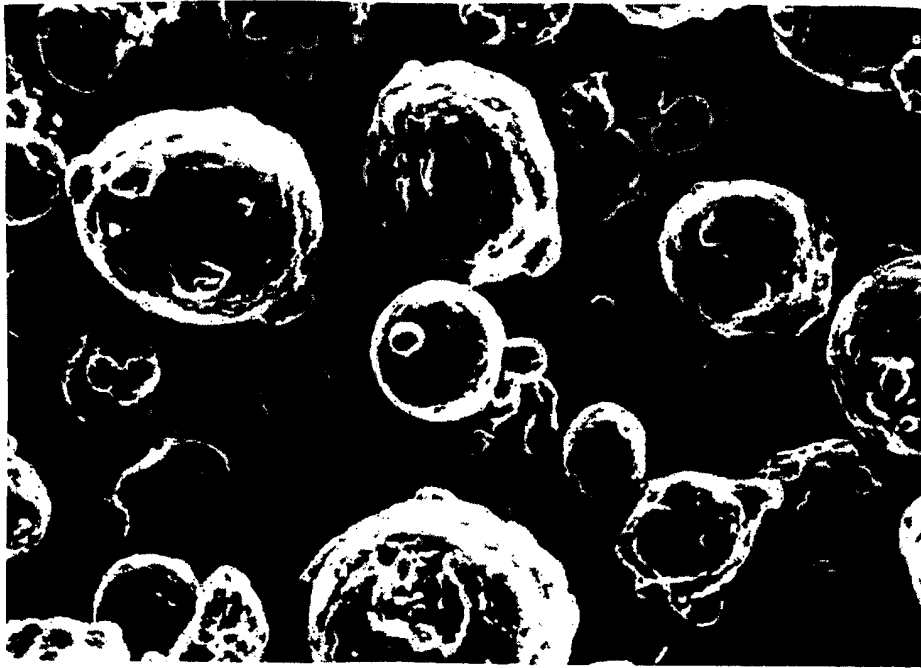


图 5

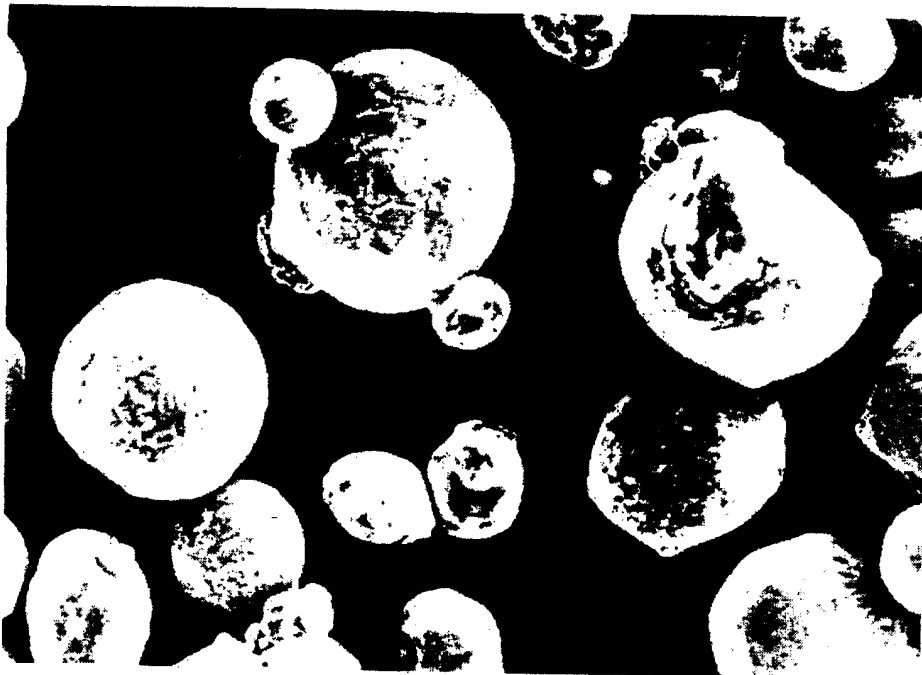


图 6



图 7

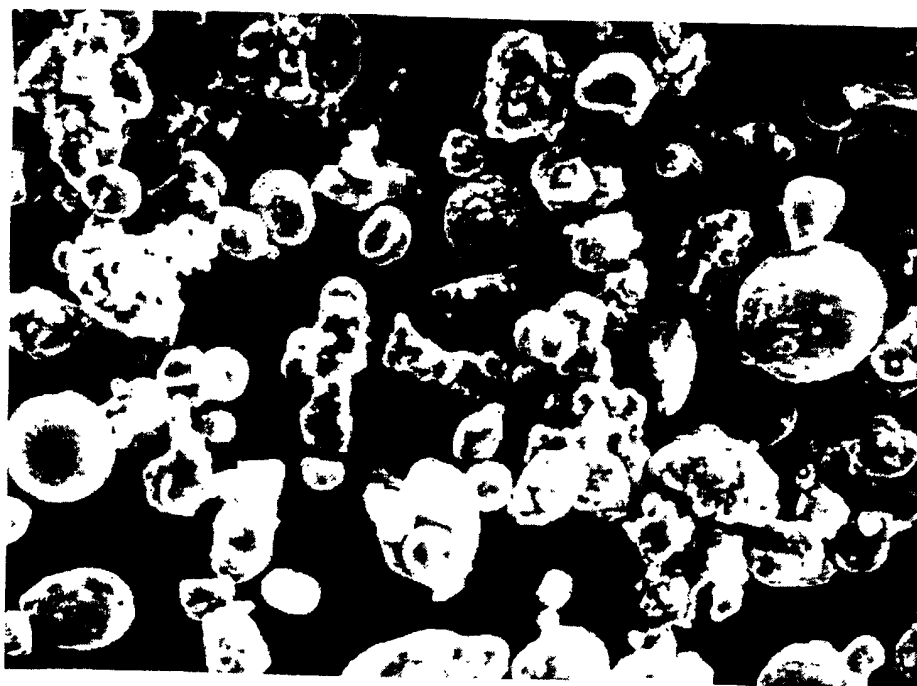


图 8



图 9



图 10

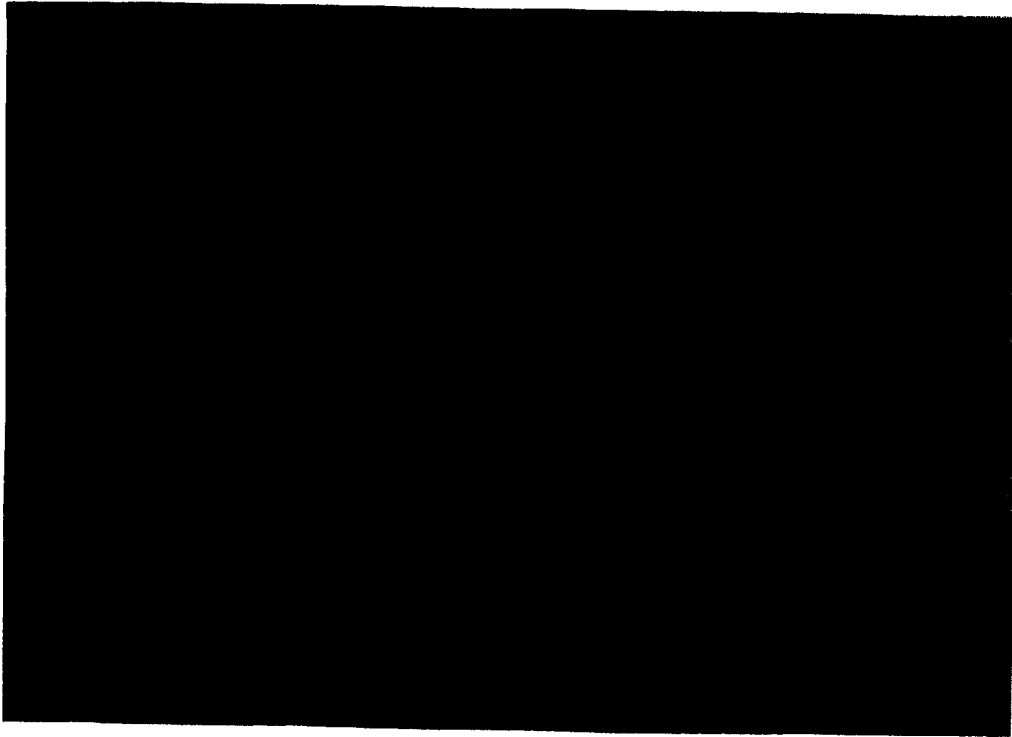


图 11