关于纳米陶瓷材料的简介和制备方法

22009200439 计算机大类 赵宇阳

1. **关键词**

纳米陶瓷、纳米粉体、成型、气相合成，凝聚相合成、沉降、原位凝固、烧结、热压。

1. **正文**
2. **对纳米陶瓷材料的简介**

纳米陶瓷是将纳米级陶瓷颗粒、晶须、纤维等引入陶瓷母体，以改善陶瓷的性能而制造的复合型材料，其提高了母体材料的室温力学性能，改善了高温性能，并且此材料具有可切削加工和超塑性。纳米陶瓷是近20年发展起来的新型超[结构陶瓷](https://baike.baidu.com/item/%E7%BB%93%E6%9E%84%E9%99%B6%E7%93%B7/1962665?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)材料。

利用纳米技术开发的纳米陶瓷材料是指在陶瓷材料的显微结构中，[晶粒](https://baike.baidu.com/item/%E6%99%B6%E7%B2%92/9301875?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)、[晶界](https://baike.baidu.com/item/%E6%99%B6%E7%95%8C/10404671?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)以及它们之间的结合都处在纳米水平（1～100nm），使得材料的强度、韧性和[超塑性](https://baike.baidu.com/item/%E8%B6%85%E5%A1%91%E6%80%A7/7856344?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)大幅度提高，克服了[工程陶瓷](https://baike.baidu.com/item/%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E9%99%B6%E7%93%B7/395314?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)的许多不足，并对材料的力学、电学、[热学](https://baike.baidu.com/item/%E7%83%AD%E5%AD%A6?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)、[磁学](https://baike.baidu.com/item/%E7%A3%81%E5%AD%A6?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)、光学等性能产生重要影响，为替代工程陶瓷的应用开拓了新领域。

**2.纳米陶瓷粉体（制备纳米陶瓷的原料）介绍**

纳米陶瓷粉体是介于固体与分子之间的具有纳米[数量级](https://baike.baidu.com/item/%E6%95%B0%E9%87%8F%E7%BA%A7/3289119?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)（0.1～100nm）尺寸的[亚稳态](https://baike.baidu.com/item/%E4%BA%9A%E7%A8%B3%E6%80%81/3915703?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)中间物质。随着粉体的超细化，其[表面电子结构](https://baike.baidu.com/item/%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E7%94%B5%E5%AD%90%E7%BB%93%E6%9E%84?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)和[晶体结构](https://baike.baidu.com/item/%E6%99%B6%E4%BD%93%E7%BB%93%E6%9E%84/10401467?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)发生变化，产生了块状材料所不具有的特殊的效应。

具体地说[纳米粉体材料](https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E7%B2%89%E4%BD%93%E6%9D%90%E6%96%99?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)具有以下的优良性能：极小的粒径、大的[比表面积](https://baike.baidu.com/item/%E6%AF%94%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E7%A7%AF/1918432?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)和高的[化学性能](https://baike.baidu.com/item/%E5%8C%96%E5%AD%A6%E6%80%A7%E8%83%BD/10423270?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)，可以显著降低材料的[烧结温度](https://baike.baidu.com/item/%E7%83%A7%E7%BB%93%E6%B8%A9%E5%BA%A6/6588364?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)、节能能源；使陶瓷材料的组成结构致密化、均匀化，改善陶瓷材料的性能，提高其使用可靠性；可以从纳米材料的结构层次（l～100nm）上控制材料的成分和结构，有利于充分发挥陶瓷材料的潜在性能。

另外，由于陶瓷粉料的颗粒大小决定了陶瓷材料的微观结构和宏观性能。如果粉料的颗粒堆积均匀，[烧成收缩](https://baike.baidu.com/item/%E7%83%A7%E6%88%90%E6%94%B6%E7%BC%A9/6588117?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)一致且[晶粒](https://baike.baidu.com/item/%E6%99%B6%E7%B2%92/9301875?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)均匀长大，那么颗粒越小产生的缺陷越小，所制备的材料的强度就相应越高，这就可能出现一些大颗粒材料所不具备的独特性能。

**3.纳米陶瓷的制备**

纳米陶瓷制备方法的主要工艺有二个步骤，即纳米粉体的制备、纳米陶瓷成型和纳米陶瓷烧结。其中：

　　步骤一：纳米粉体的制备。纳米粉体的制备是纳米陶瓷制作中最重要的一步，在某种程度上可以说，纳米粉体决定着纳米陶瓷烧结后的质量好坏。目前，纳米粉体制备方法主要有两种：

一种是气相合成法：

主要有气相高温裂解法、喷雾转化法和化学气相合成法，这些方法较具实用性。化学气相合成法可以认为是惰性气体凝聚法的一种变型，它既可制备纳米非氧化物粉体，也可制备纳米氧化物粉体。这种合成法增强了低温下的可烧结性，并且有相对高的纯净性和高的表面及晶粒边界纯度。原料的坩埚中经加热直接蒸发成气态，以产生悬浮微粒和或烟雾状原子团。原子团的平均粒径可通过改变蒸发速率以及蒸发室内的惰性气体的压强来控制，粒径可小至3～4nm，是制备纳米陶瓷最有希望的途径之一。

一种是凝聚相合成法（溶胶一凝胶法） ：

是指在水溶液中加入有机配体与金属离子形成配合物，通过控制PH值、反应温度等条件让其水解、聚合，经溶胶→凝胶而形成一种空间骨架结构，再脱水焙烧得到目的产物的一种方法。此法在制备复合氧化物纳米陶瓷材料时具有很大的优越性。凝聚相合成已被用于生产小于10nm的SiO2、Al2O3和TiO2纳米团。

　　步骤二：纳米陶瓷成型。

在将纳米粉体制备完成后，就可以将粉体加入陶瓷制作材料中，然后将陶瓷制作成为所需要的形状。从纳米粉体制成块状纳米陶瓷材料，就是通过某种工艺过程，除去孔隙，以形成致密的块状纳米陶瓷材料，而在致密化的过程中，又保持了纳米晶的特性。方法有：

（1）沉降法：如在固体衬底上沉降。

（2）原位凝固法：在反应室内设置一个充液氮的冷却管，纳米团冷凝于外管壁，然后用刮板刮下，直接经漏斗送入压缩器，压缩成一定形状的块状纳米陶瓷材料。

（3）烧结或热压法：烧结温度提高，增加了物质扩散率，也就增加了孔隙消除的速率，但在烧结温度下，纳米颗粒以较快的速率粗化，制成块状纳米陶瓷材料。

1. **纳米陶瓷特性：**

纳米陶瓷的特性主要在于力学性能方面，包括纳米陶瓷材料的硬度，[断裂韧度](https://baike.baidu.com/item/%E6%96%AD%E8%A3%82%E9%9F%A7%E5%BA%A6/4774732?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)和低温延展性等。纳米级[陶瓷复合材料](https://baike.baidu.com/item/%E9%99%B6%E7%93%B7%E5%A4%8D%E5%90%88%E6%9D%90%E6%96%99?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)的力学性能，特别是在高温下使硬度、强度得以较大的提高。有关研究表明，纳米陶瓷具有在较低温度下烧结就能达到致密化的优越性，而且纳米陶瓷出现将有助于解决陶瓷的强化和增韧问题。

在室温压缩时，纳米颗粒已有很好的结合，高于500℃很快致密化，而[晶粒](https://baike.baidu.com/item/%E6%99%B6%E7%B2%92/9301875?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)大小只有稍许的增加，所得的硬度和断裂韧度值更好，而[烧结温度](https://baike.baidu.com/item/%E7%83%A7%E7%BB%93%E6%B8%A9%E5%BA%A6/6588364?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)却要比[工程陶瓷](https://baike.baidu.com/item/%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E9%99%B6%E7%93%B7/395314?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)低400～600℃，且烧结不需要任何的添加剂。其硬度和断裂韧度随烧结温度的增加（即[孔隙度](https://baike.baidu.com/item/%E5%AD%94%E9%9A%99%E5%BA%A6/994599?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)的降低）而增加，故[低温烧结](https://baike.baidu.com/item/%E4%BD%8E%E6%B8%A9%E7%83%A7%E7%BB%93/6544166?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)能获得好的力学性能。

通常，硬化处理使材料变脆，造成[断裂韧度](https://baike.baidu.com/item/%E6%96%AD%E8%A3%82%E9%9F%A7%E5%BA%A6/4774732?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)的降低，而就[纳米晶](https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E6%99%B6/2340632?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)而言，硬化和韧化由孔隙的消除来形成，这样就增加了材料的整体强度。因此，如果陶瓷材料以纳米晶的形式出现，可观察到通常为脆性的陶瓷可变成延展性的，在室温下就允许有大的[弹性形变](https://baike.baidu.com/item/%E5%BC%B9%E6%80%A7%E5%BD%A2%E5%8F%98/718514?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%BA%B3%E7%B1%B3%E9%99%B6%E7%93%B7/_blank)。

1. **引用说明**

**1.《百度文库——纳米陶瓷相关资料》**

### **2.《知网——**耐高温多孔纳米陶瓷的制备、微观结构和性能 中国科学技术大学 万鹏》