

## 医疗零部件微喷砂工艺处理的介质选择

By: T. Whelan, Burbank, California, USA

**微喷砂工艺广泛用于导管、支架和起搏器生产等各种应用，包括轻微磨蚀、去除涂层、或彻底切割材料等。本文详细说明不同应用所需的适用介质，例如氧化铝、玻璃珠、碳化硅和碳酸氢钠等，并指出该工艺的一些细节要点，以确保达成理想的结果。**

### 正确选择介质

微研磨喷砂通常称之为微喷砂或精密喷砂，它是一种广泛用于医疗零部件制造的工艺。该工艺通常采用10 - 100 $\mu$ m的细小磨料，例如氧化铝、玻璃珠、碳化硅和碳酸氢钠等。采用不同的介质，再配合各种压力、喷嘴大小和粉体流速，可获得从轻微磨蚀到完全切断材料等各种效果。

针对特定的微磨料喷砂应用，选择介质时主要取决于形状、硬度和粒度等物理性质。

棱角形颗粒可以冲击除去材料上的尖锐部分；球形颗粒则可以敲击或锤平表面。较大的颗粒磨蚀威力更猛。较大的颗粒产生的冲击力更强，可更快地磨去材料，在基材上形成重度磨蚀或粗糙表面。表1中的介质选择指导原则列出了适合各种用途的介质。

### 磨蚀和修边用软质磨料

用于导管的大多数聚合物材料都需经过挤压才能获得高润滑度。要提高球囊、金属管或其它组件与聚合物材料的结合能力，应对表面进行微研磨处理，以增强粘附能力。建议在这种情况下，采用碳酸氢钠之类软质磨料，既可以进行充分的磨蚀加工，同时不会损伤导管。



图1. 用玻璃珠以90°角对针管进行喷砂处理，以去除毛刺。

利用碳酸氢钠，还可对精密研磨的尖锐表面进行轻微修边。它可以去除手术切割刀具研磨过程中形成的小毛刺，且不会损伤切割表面。除了生产手术工具外，利用微喷砂工艺，还可以将工具重新磨光后再利用。小型喷嘴则便于操作者伸进紧密的缝隙中去除碎屑。此时，碳酸氢钠同样是一种理想的介质，不仅可以有效地清除残留物，而且不会对工具造成损伤。

### 缎面光泽修饰用珠粒

在起搏器外壳的制造过程中，经常采用两种不同的磨料进行微喷砂处理。碳酸氢钠可用于清除顶盖与外壳接合处多余的环氧树脂残留物。在外壳抛光或涂覆涂层前，则用玻璃珠对激光焊接处进行清理。起搏器外壳易受损伤，并且与大多数医疗零部件一样，需进行表面修饰抛光处理。因此，在去除环氧树脂并清理激光焊接处后，可对整个外壳进行玻璃珠喷砂处理，以便清除不规则的形状或划痕。玻璃珠的球形面可以防止其切入表面；它通过敲击表面形成极佳的缎面光泽修饰效果。

皮下注射针需磨制出锐利的针尖。研磨工艺可以使针的整个末端形成锐边。为防止针插入时切断核心，必须将针尾磨成圆角。研磨过程中通常还会在针尾处留下毛刺，必须将其除去。为此，应将针管排成一列，用玻璃珠以90°角进行喷砂处理（图1）。玻璃珠磨圆边缘以及去除毛刺的效果极好，不会改变严格的管径公差。

### 切割用硬质磨料



表1. 介质选择指导原则。（点击图片放大）

生产镍钛诺支架时，首先要将结构复杂的加工体通过激光切割成小管。激光切割工艺会在支架的表面留下氧化层，并使支柱的侧面再熔化。如果不加以处理，这些瑕疵会对器械的性能和使用寿命造成不利影响。微喷砂工艺可以去除氧化层和再熔物。氧化铝出色的切割能力使之成为支架表面加工的理想选择；通常采用17.5 $\mu$ m的颗粒。加工能力更强的碳化硅则是另一个常见选择。磨料的选择取决于需去除残留物或毛刺的数量。

在生产过程中，支架表面加工通常采用自动化处理。由于磨蚀过多会削弱接合处，并引起器械过早失效，因此一般利用自动化系统来控制结果。可通过从支架上去除的百分之几克的重量来衡量结果（图2）。

## 使用微喷砂介质该考虑的问题

采用上文列出的精细介质时确实需要考虑一些其它因素。研磨介质仅可使用一次，由于会发生颗粒崩解、吸湿和污染三种变化，因此不可能再回收利用。

诸如氧化铝和碳化硅等典型的切割磨料都十分坚硬且带有锐利的边缘，因而往往非常脆弱，极易在撞击零部件时破碎。因此，用过的介质包括较小的颗粒和极细的粉末。粒度分布的变化会引起颗粒的切割力改变。当磨料的特性发生显著变化时，也就无法保证一致、可靠的喷砂处理效果。



图2. 微喷砂工艺可以去除镍钛诺支架上的氧化层及支柱侧面的再熔物。

干介质和干燥、清洁的空气是防止粉末凝结成块必不可少的条件。将颗粒从工作站取出放入集尘器时，进入周围环境的颗粒会吸收其中的水分。用直径仅为0.018英寸(0.5mm)的喷嘴时，即使是很小的一团粉末也能轻易中断流动。因此必须小心储存磨料，同时，必需用带滤油器的空气干燥器来清除压缩空气中的水分和污染物。要求露点为225°F(232°C)或更低。

在零部件的喷砂处理过程中，清除下来的小片材料在吸入集尘器时与介质相混合。污染物的大小可能与磨料相似，因此几乎不可能将两者分离。基材和磨料介质的特性不同，再利用会造成不同的结果。只有未用过的磨料才是确保处理效果稳定一致的唯一途径。

## 多用途工艺

尽管采用精细介质具有诸多限制，不过微喷砂能获得出色的处理效果，因而成为各种医用产品制造及其它应用的理想处理工艺。微喷砂工艺还可采用其它类型的磨料(例如碎玻璃、塑料介质及胡桃壳)，进一步扩大了选择范围。从轻微磨蚀到去除涂层或彻底切割材料，借助合适的介质，微喷砂都不失为一种有效的处理工艺。

本文取自于《CMDM》姐妹杂志《医疗器械技术》MDT杂志2008年10月刊。本文作者Tim Whelan是 Comco Inc. 公司的应用工程师，电子邮箱：[timw@comcoinc.com](mailto:timw@comcoinc.com)，[www.comcoinc.com](http://www.comcoinc.com)。中国区联系方式：上海友赛电子科技有限公司，电话：+86 21 51275320，网址：[www.shpcx.cn](http://www.shpcx.cn)

介质	粒度范围(微米)	颗粒形状	硬度(mohs)	一般应用
 氧化铝	10-150	尖锐的棱角形	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>去除支架毛刺</li> <li>带状蚀纹</li> </ul>
 碎玻璃	50	尖锐的棱角形	5-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>清除导丝涂层</li> <li>模具蚀纹</li> </ul>
 玻璃珠	35-50	球形	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>清除导丝涂层</li> <li>模具蚀纹</li> <li>去除导管毛刺</li> <li>在起搏器外壳上形成抛光面</li> </ul>
 塑料介质	200	棱角形	2-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>清除保形涂层</li> </ul>
 碳化硅	20-50	尖锐的棱角形	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>去除支架毛刺</li> </ul>
 碳酸氢钠	50	单斜晶形	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>导管蚀纹</li> <li>清除导丝涂层</li> <li>手术工具重新磨光</li> <li>模具蚀纹</li> <li>去除除颤器导线表面的硅酮覆盖物</li> </ul>
 胡桃壳	250	棱角形	3-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>清除保形涂层</li> <li>去除塑料零部件的毛刺</li> </ul>