

超薄聚四氟乙烯绝缘套加工工艺

■ 中国电子科技集团公司第五十五研究所（江苏南京 210016） 朱开宏 王存磊 王 军

摘要：对超薄聚四氟乙烯绝缘套零件的加工技术难点进行工艺分析，创新了加工工艺，并详细介绍了该零件的加工过程及关键点。

在微波、毫米波器件领域，许多振荡器、变频器等均需要一种超薄聚四氟乙烯绝缘套或介质套，此类绝缘套或介质套品种较多，以壁厚来分，最厚为0.1mm，最薄为0.02mm。聚四氟乙烯材料较软，采用一般的加工方法完全无法加工。针对这种情况，我们采用特殊的车加工工艺，加工出了合格零件，满足了科研生产的需要。

1. 工艺分析

图1所示是我所微波器件使用的一种介质绝缘套，零件虽然不复杂，但其特点是尺寸公差要求高、壁薄，内外径公差只有0.01mm，壁厚极限尺寸最厚为0.03mm、最薄为0.02mm，表面粗糙度值 $R_a=1.6\mu\text{m}$ 。用普通车削的加工方法，不管是先加工外径、再加工内孔，还是先加工内

孔、后加工外径，由于材料软，根本无法完成加工。用聚四氟乙烯颗粒通过模具热压的方法会产生孔洞、粘连破壁等问题，也无法加工成形。

2. 创新加工工艺

改变以往的加工理念，经过不断的试验，采用如下加工工艺：下料→车内孔（留有一定工艺余量）→车黄铜的心棒→压配半成品绝缘套→最后车外圆至尺寸要求→用薄片按长度要求割断→完成零件加工。

具体加工过程如下：①把聚四氟乙烯棒材按工件长度放长3~5mm，在精密卧式车床上先把内孔加工到比图样孔径小0.10~0.12mm的尺寸，表面粗糙度值 $R_a\leq 0.8\mu\text{m}$ 。外径粗加工留2mm余量切割下来。②在精密卧式车床上加工一个黄铜心棒，表面粗糙度值 $R_a\leq 0.8\mu\text{m}$ 。心棒外径按绝缘套零件尺寸要加工到位。③将车好的绝缘套半成品压配到黄铜心棒上面，利用心棒与绝缘套半成品之间的摩擦力带动绝缘套转动，车绝缘套外径至尺寸要求。

④采用剃须刀刀片代替一般的切

断刀，用磁铁把刀片装在专用刀架上，按零件长度切断。⑤轻轻地把零件从心棒上取下，完成加工。

3. 关键点及工艺参数

（1）刀具的选择及刃磨要点：聚四氟乙烯材料虽然可以进行车、铣及铰等机械加工，但还是较软，切削时基本不磨损刀具，可以选用普通白钢刀。但刀具要锋利，尽量选用较大的前角，这样可以有效减少切削力及材料形变。实践证明，车刀前角 $\gamma_o\approx 30^\circ$ 较为合适。另外，刃口需要进一步修光，这样可以使零件表面质量好，且不容易有破壁现象。走刀速度不能过快， $f=150\text{r/min}$ 左右较为合适。

（2）心棒的加工：心棒材料选用黄铜，如图2所示，左端压配绝缘套的部位按绝缘套图样尺寸加工，表面粗糙度值需达

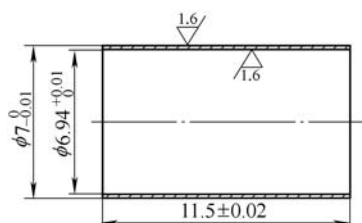


图1 绝缘套

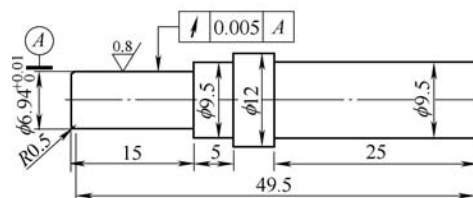


图2 心棒

到 $R_a=0.8\mu\text{m}$ ，径向跳动需小于 0.005mm ，保证心棒表面光滑，不会磨破绝缘套。

(3) 绝缘套底孔的加工：内孔表面粗糙度值最好达到 $R_a=0.8\mu\text{m}$ 左右，这样绝缘套不易破损。内孔与心棒的配合非常关键，太松则绝缘套在心棒上易打滑而无法完成加工，太紧则绝缘套易破裂。实践证明，绝缘套内孔尺寸比心棒实际尺寸小 $0.10\sim 0.12\text{mm}$ ，外径尺寸留 2mm 余量较为合适，这样经过前期加工的绝缘套半成品，经过心棒的压配挤压以及外圆的车削，内径尺寸基本会稳定在 $6.94\sim 6.95\text{mm}$ ，满足图样要求。

(4) 绝缘套长度和一致性的控制：由于绝缘套壁太薄，且聚四氟乙烯材料柔软，外圆尺寸车好后，长度方向的切断及长度尺寸控制异常艰难。经过多次试验，根据超薄刀具切割薄橡胶板、裁纸张的原理，采用剃须刀刀片来代替一般的切断刀，安装在为此零件设计的专用刀架上来切断零件、控制长度，解决了这一难点。专用刀架可以无需转动刀架而同时固定两把刀具车外圆或切断，剃须刀刀片薄且锋利，切割超薄材料效果极好。

如图3所示，外圆车刀安装在专用刀架的左侧用来车外圆，剃须刀刀片用磁铁直接吸附在专用刀架的右侧，其优点是：①避免了由于转刀架造成的第二个工件与上一个工件的外圆尺寸误差，保证了外圆尺寸的一致性。②由于绝缘套壁厚超薄，普通切断刀切断时会伤到心棒表面，影响心棒表面质量。在专用刀架上用磁

铁吸附刀片，可以在刀片切割零件时轻轻地碰下零件就能把绝缘套割断，碰到心棒刀片会自动后退，不会损伤心棒。③在工件前端刀片碰一下工件，然后刀具移动到相应零件长度的位置再碰一下，这样绝缘套的长度尺寸就控制得比较精准。

最后轻轻地把零件从心棒上拿下，这样一个完全符合图样设计要求的零件（见图4）就完成了。

4. 结语

本文通过专用刀架、磁铁固定刀片这种崭新的装夹方式，既解决了超薄壁聚四氟乙烯绝缘套加工的难题，又简单、方便，快

速省力。专用车刀架的设计也为加工其他类似零件提供了一种车刀装夹方式，可以很好地保证零件外圆尺寸的一致性。

参考文献：

- [1] 韩鸿鸾. 数控车工（技师、高级技师）[M]. 北京：机械工业出版社，2008.
- [2] 信连志. 聚四氟乙烯管件内腔微力夹紧车削[J]. 金属加工（冷加工），2015（18）：35-37.
- [3] 杨叔子，李斌，张福润，等. 机械加工工艺师手册[M]. 北京：机械工业出版社，2013.

MW（收稿日期：20160612）

专家点评



聚四氟乙烯材料较软，绝缘套壁厚超薄，一般的刀具很难完成切断加工。作者就地取材，在专用刀架上用磁铁吸附锋利的剃须刀片，轻轻一碰即可割断工件而不损伤心棒。方法简单实用，改变了以往的常规加工理念，小发明解决了大难题，这种构思独特的创新很值得我们学习。



(a)



(b)

图3 车外圆及切断



图 4