

模具精加工控制分析



钜成精密 SOK Precision Mould Steel Co., Ltd
模具钢材有限公司

1.引言

一幅模具是由众多的零件组配而成，零件的质量直接影响着模具的质量，而零件的最终质量又是由精加工来完成保证的，因此说控制好精加工关系重大。

在国内大多数的模具制造企业，精加工阶段采用的方法一般是磨削，电加工及钳工处理。在这个阶段要控制好零件变形，内应力，形状公差及尺寸精度等许多技术参数，在具体的生产实践中，操作困难较多，但仍有许多行之有效的经验方法值得借鉴。

2.模具精加工的过程控制

模具零件的加工，一个总的指导思想是针对不同的材质，不同的形状，不同的技术要求进行适应性加工，它具有一定的可塑性，可通过对加工的控制，达到好的加工效果。

根据零件的外观形状不同，大致可把零件分三类：轴类、板类与异形零件，其共同的工艺过程大致为：粗加工--热处理(淬火、调质)--精磨--电加工--钳工(表面处理)--组配加工。

2.1 零件热处理

零件的热处理工序，在使零件获得要求的硬度的同时，还需对内应力进行控制，保证零件加工时尺寸的稳定性，不同的材质分别有不同的处理方式。随着近年来模具工业的发展，使用的材料种类增多了，除了Cr12、40Cr、Cr12MoV、硬质合金外，对一些工作强度大，受力苛刻的凸、凹模，可选用新材料粉末合金钢，如V10、ASP23等，此类材质具有较高的热稳定性和良好的组织状态。

针对以Cr12MoV为材质的零件，在粗加工后进行淬火处理，淬火后工件存在很大的存留应力，容易导致精加工或工作中开裂，零件淬火后应趁热回火，消除淬火应力。淬火温度控制在900-1020℃，然后冷却至200-220℃出炉空冷，随后迅速回炉220℃回火，这种方法称为一次硬化工艺，可以获得较高的强度及耐磨性，对于以磨损为主要失效形式的模具效果较好。生产中遇到一些拐角较多、形状复杂的工件，回火还不足以消除淬火应力，精加工前还需进行去应力退火或多次时效处理，充分释放应力。

针对 V10、APS23 等粉末合金钢零件，因其能承受高温回火，淬火时可采用二次硬化工艺，1050-1080℃ 淬火，再用 490-520℃ 高温回火并进行多次，可以获得较高的冲击韧性及稳定性，对以崩刃为主要失效形式的模具很适用。粉末合金钢的造价较高，但其性能好，正在形成一种广泛运用趋势。

2.2 零件的磨削加工

磨削加工采用的机床有三种主要类型：平面磨床、内外圆磨床及工具磨具。精加工磨削时要严格控制磨削变形和磨削裂纹的产生，即使是十分微小的裂纹，在后续的加工使用中也会显露出来。因此，精磨的进刀要小，不能大，冷却液要充分，尺寸公差在 0.01mm 以内的零件要尽量恒温磨削。由计算可知，300mm 长的钢件，温差 3℃ 时，材料有 10.8 μm 左右的变化， $10.8=1.2\times 3\times 3$ (每 100mm 变形量 1.2 $\mu\text{m}/^\circ\text{C}$)，各精加工工序都需充分考虑这一因素的影响。

精磨时选择好恰当的磨削砂轮十分重要，针对模具钢材的高钒高钼状况，选用 GD 单晶刚玉砂轮比较适用，当加工硬质合金、淬火硬度高的材质时，优先采用有机粘结剂的金刚石砂轮，有机粘结剂砂轮自磨利性好，磨出的工件粗糙度可达 $Ra=0.2\ \mu\text{m}$ ，近年来，随着新材料的应用，CBN 砂轮，也即立方氮化硼砂轮显示出十分好的加工效果，在数控成型磨，坐标磨床，CNC 内外圆磨床上精加工，效果优于其它种类砂轮。磨削加工中，要注意及时修整砂轮，保持砂轮的锐利，当砂轮钝化后，会在工件表面滑擦、挤压，造成工件表面烧伤，强度降低。

板类零件的加工大部分采用平面磨床加工，在加工中常会遇到一种长而薄的薄板零件，此类零件的加工较难。因为加工时，在磁力的吸附作用下，工件产生形变，紧贴于工作台表面，当拿下工件后，工件又会产生回复变形，厚度测量一致，但平行度达不到要求，解决的办法可采用隔磁磨削法，磨削时以等高块垫在工件下面，四面挡块抵死，加工时小进刀，多光刀，加工好一面后，可不用再垫等高块，直接吸附加工，这样可改善磨削效果，达到平行度要求。

轴类零件具有回转面，其加工广泛采用内外圆磨床及工具磨床。加工过程中，头架及顶尖相当于母线，如果其存在跳动问题，加工出来的工件同样会产生此问题，影响零件的质量，因此在加工前要做好头架及顶尖的检测工作。进行内孔磨削时，冷却液要充分浇到磨削接触位置，以利于磨削的顺利排出。加工薄壁轴类零件，最好采用夹持工艺台，夹紧力不可过大，否则容易在工件圆周上产生"内三角"变形。

2.3 电加工控制

现代的模具工厂，不能缺少电加工，电加工可以对各类异形、高硬度零件进行加工，它分为线切割与电火花二种。

慢走丝线切割加工精度可达 $\pm 0.003\text{mm}$ ，粗糙度 $Ra=0.2\ \mu\text{m}$ 。加工开始时，要先检查机床的状况，查看水的去离子度，水温，丝的垂直度，张力等各个因素，确保良好的加工状态。线切割加工是在一整块材料上去除加工，它破坏了工件原有的应力平衡，很容易引起应力集中，特别是在拐角处，因此当 $R < 0.2$ (特别是尖角) 时，应向设计部门提出改善建议。加工中处理应力集中的方法，可运用矢量平移原理，精加工前先留余量 1mm 左右，预加工出大致形状，然后再进行热处理，让加工应力在精加工前先行释放，保证热稳定性。

加工凸模时，丝的切入位置及路径的选择要仔细考虑。如图 3 所示，工件左端夹持，加工时选择路线①比路线②要好，因为路线①工件与材料的夹持部位联接紧密，加工稳定，若采用路线②，第一遍进刀后，工件成悬壁状，受力差，影响后续几遍加工。路线③，采用打孔穿丝加工，效果最佳。高精线切割加工，通常切割遍数为四次，可以保证零件质量。当加工带有锥度的凹模时，见图 4，本着快速高效的立场，第一遍粗加工直边，第二边锥度加工，接着再精加工直边，这样可不需进行 X 段垂直向精加工，只精加工刃口段直边，既节约时间又节约成本。

电火花加工先要制作电极，电极有粗、精之分。精加工电极要求形状符合性好，最好用 CNC 数控机床加工完成。电极的材质选择上，紫铜电极主要用于一般钢件加工。Cu-W 合金电极，综合性能好，特别是加工过程中消耗量明显比紫铜小，配合足量的冲刷液，很适合难加工材料加工及截面形状复杂件精加工。Ag-W 合金电极比 Cu-W 合金电极性能更优，但其价格高，资源少，一般较少采用。制作电极时，需要计算电极的间隙量及电极数量，当进行大面积或重电极加工时，工件和电极装夹要牢固，保证具有足够的强度，防止加工松动。进行深台阶加工时，对电极各处的损耗及因排液不畅引起的电弧放电，要予以注意。

2.4 表面处理及组配

零件表面在加工时留下刀痕、磨痕是应力集中的地方，是裂纹扩展的源头，因此在加工结束后，需要对零件进行表面强化，通过钳工打磨，处理掉加工隐患。对工件的一些棱边、锐角、孔口进行倒钝，R 化。一般地，电加工表面会产生 6-10 μm 左右的变质硬化层，颜色呈灰白色，硬化层脆而且带有残留应力，在使用之前要充分消除硬化层，方法为表面抛光，打磨去掉硬化层。

在磨削加工、电加工过程中，工件会有一定磁化，具有微弱磁力，十分容易吸着一些小东西，因此在组装之前，要对工件作退磁处理，并用乙酸乙脂清洗表面。组装过程中，先参看装配图，找齐各零件，然后列出各零件相互之间的装备顺序，列出各项应注意事项，然后着手装配模具，装配一般先装导柱导套，然后装模架和凸凹模，然后再对各处间隙，特别是凸凹模间隙进行组配调整，装配完成后要实施模具检测，写出整体情况报告。对发现的问题，可采用逆向思维法，即从后工序向前工序，从精加工到粗加工，逐一检查，直到找出症结，解决问题。

3.结束语

实践证明，良好的精加工过程控制，可以有效减少零件超差、报废，有效提高模具的一次成功率及使用寿命。