

电火花齿轮跑合工艺的应用

重庆大学 (400044) 王光清

电火花加工的主要特性：电极“刀具”与工件的不接触加工，无切削负载；加工中热变形小；工件尖端处放电加工的电蚀量大；对导体材料的加工没有高硬度限制要求。这些特性使电火花加工独具魅力。而将电火花加工推广应用到齿轮的后置精加工中，又使其独放异彩，某些主要功能为其他类似功能的传统工艺望尘莫及，能收到事半功倍的效果。

齿轮电跑合适合所有形状齿轮的后置精加工，对于直齿圆柱齿轮、螺旋齿圆柱齿轮、直齿锥齿轮、弧齿锥齿轮、圆弧齿轮、淬火后齿轮、精模锻齿轮等一系列啮合传动齿轮，要求降低齿轮传动噪声，提高齿轮品质等皆可采用电跑合工艺。

齿轮电跑合工艺流程如图 1 所示：

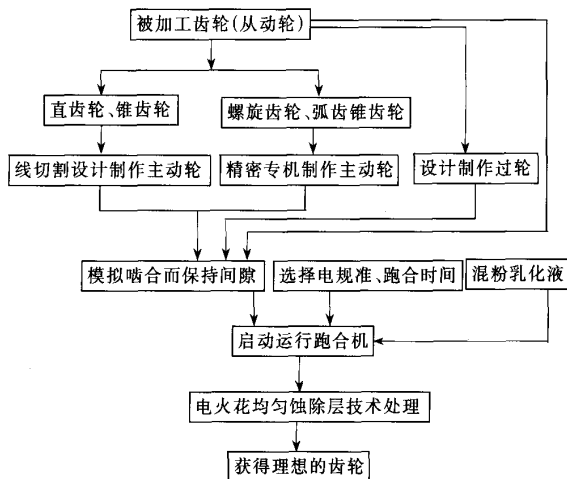


图 1

从工艺流程可找出各类齿轮电跑合各环节的特性，尤其是电火花加工环节的特性及功能。将电跑合工艺特性与几种类似功能的传统工艺相比较，就可以相得益彰。几种工艺的特性如附表：

从特性表比较分析，可寻出最适合电跑合的齿轮为：

- (1) 高转速、低噪声要求的齿轮。
- (2) 高工效、传动平稳性及综合性能指标要求较高的齿轮。
- (3) 淬火后要求精加工的齿轮。

(4) 无退刀槽的冷精模锻齿轮。

不同工艺特性表

工艺类别特性 齿轮类别	电跑合特性	机跑合特性	精磨特性
高转速、低噪声要求齿轮	消除毛刺 灵 自行倒钝 楞边、拐点 等 表面粗糙 度值低	不能除毛 刺 粗糙度值 局部较低	能除毛刺 楞边拐点 锋利 表面粗糙 度值较低
高工效、传动平稳 等综合性要求高的 齿轮	工效较高 传动平稳 等综合性能 提高 经济投入 低	工效高 传动平稳 等综合性能 改善 经济投入 低	工效一般 传动平稳 等综合性能 提高 经济投入 高
淬火后要求精加工 齿轮	能加工淬 火及任何高 硬度导体材 料制作的齿 轮	高硬齿轮 的跑合效果 缓慢	能加工淬 火齿轮
只是高精度要求的 齿轮	能改善精 度，但工效 慢	不能改善 精度	能改善精 度，工效一 般
无退刀槽的冷精模 锻齿轮	可加工	一般	不能加工

以上四项齿轮宜采用电跑合工艺，尤其 (1)、(2) 项齿轮，经电跑合除毛刺特灵，能自行倒钝楞边拐点等，从而能显著降低齿轮噪声，显著提高齿轮传动平稳性及啮合综合性指标，兼具提高齿轮精度。所谓传动平衡性是指啮合状态的工作平衡性，这是指齿轮工作综合性品质的要求，这类齿轮一般用于汽车、摩托车及其他车辆交通运输设备上，需求量大，追求高工效生产，市场广阔，推广用电跑合的前景乐观。

电跑合也能提高齿轮精度，但效果不显著，工效较慢，对于只是高精度要求的齿轮，一般不宜采用电跑合。

应用电跑合，必须具备理想的电跑合机设备，这样的电跑合机结构如图 2 所示，电跑合机结构设计必须具备如下设置：

- (1) 主动轮为高精度的电极齿轮，以铜材制

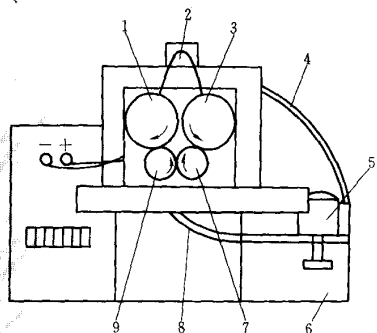


图2 电跑合机结构示意图

1. 主动轮 2. 喷嘴 3. 从动轮 4. 供液管
5. 泵 6. 混粉乳液 7. 过轮 8. 回液管 9. 1" 过轮

作，接高频脉冲电源负极。从动轮为被加工的金属齿轮工件，接电源正极。两者模数相同，对于小型齿轮，电极齿轮一般设计为与从动轮齿数相等的。

(2) 设置两个尼龙材质过齿轮，主动轮通过过轮的传递，将从动轮间隔为具有的跑合间隙，又能模拟“啮合”运动状态。过轮可置于固定坐标位，也可置于浮动坐标位，为使结构简化，尽可能采用浮动坐标位。

(3) 电跑合主从动齿轮之间的跑合间隙为粗精两次跑合的阶梯可调，对于圆柱齿轮的跑合间隙调整可通过两种粗细不同的主动轮的安装获得。对于圆锥齿轮的跑合间隙可通过加装轴向垫片获得，圆锥齿轮的跑合间隙调整很方便。

(4) 驱动电跑合的电机可改变转动方向。跑合机控制系统设有定时跑合装置，以获得两种不同运动状态的电蚀层的叠加，求得总的均匀电蚀涂层。

(5) 设置有混粉乳化液的回流装置，作为电跑合的介质液。

(6) 电跑合的高频脉冲电源线路基本结构同电火花线切割及电火花成形加工，其功率容量介乎于二者之间。

关于高精度电极制作的必要性及经济性分析，分析电跑合加工机理，齿轮“啮合”传动中实施电火花加工为主、从动齿轮“啮合线”之间隙产生电火花放电的电蚀加工，这类似于线切割加工。随着“啮合”传动，产生若干啮合线的均匀电蚀包络，获得被加工的从动轮的表面光整加工。电蚀线的包络是沿电极主动轮的齿形面产生，所以电极主动轮起着“模具”及成形“刀具”的作用，采用高精度或较高精度的加工是必要的。

从电跑合工艺流程图可看出高精度电极齿轮的制作采用高精度线切割加工及高精度圆弧齿轮专用铣床制作。对于直齿轮，能采用线切割加工的尽可能采用线切割加工，用普通型线切割机床，采用微电脑 CAD 绘图设计及系统误差补偿软件，同样可获提高精度的电极齿轮，这样制作的齿轮成本低廉、效果显著。对于电极圆弧齿轮的制作不可能采用线切割加工，采用高精度专用铣床制作，可获得高精度电极齿轮，这是传统的加工手段，这样制作的成本较高，但是必要，且物有所值。电跑合的主动轮是“模具”和“刀具”，一件高精度的主动轮可电加工一大批较好精度的从动轮。与不经电跑合要获得较高精度的每件都必经高精度铣床加工手段相比较，电极主动轮的高精度制作过程仍然是经济实惠的。

对于电极齿轮选用铜材制作为宜，中小型齿轮可用整体铜材，对于大型电极齿轮，为了节省昂贵的铜材可选用铜包钢复合材料。由于高频电流具有“集肤”效应，铜包钢材料与纯铜材相比，丝毫不影响电加工性能。铜包钢制作工艺可采用重庆大学已申报国家专利的等温熔接法，可牢固熔接复合型材料。采用复合材料的另一个优点就是当电极齿轮跑合使用一段时间后，主动轮因表面逐渐损耗而变小，经等温熔法可再“复合”一次，又可作为新的电极齿轮使用。

以上对于电跑合的最佳适用范围的确立，对于最佳电跑合设备结构要素的设置，对于最佳工艺步骤的设定，对于适合的高频脉冲电源及最佳电规准的设定，对于电跑合电极的制作等形成了一套合理的应用技术，以寻求出电跑合的实施途径。不难设想，齿轮电跑合的合理实施应用，于国民经济建设中将获得显著的经济效益。

(收稿日期：20031228)

通知

按国家有关文件规定，从 2004 年开始，请每一位投稿者，在投寄稿件时，务必将本人身份证号码告知本社，以便稿件刊登后，邮寄稿费。同时要写清通讯地址、邮编、电话，以便联系。

《机械工人》杂志社