

航空航天加强螺纹零件 专用滚丝轮

Special Thread Roller for Strengthening Thread Component in Aviation Industry

陕西航空宏峰精密机械工具公司技术部 许丽华



许丽华

在航空企业工作多年,主要从事螺纹工具、螺纹量具的设计,尤其在螺纹量具设计方面具有一定的工作经验,为航空航天企业设计过多种螺纹量具。

由于航空航天领域的零件一般采用热强度高、热稳定性好、抗腐蚀性强的高温合金、钛及其合金、不锈钢等材料。这些材料的显著特点是比强度高、热强性好、耐蚀性能好、化学活性大、导热性能差、弹性模量小,都属于难加工材料,其切削加工特点为变形系数小、切削变形大、加工硬化倾向大、切削力大、切削温度高、刀具易磨损、表面质量和精度不易保证。

滚压法是一种塑性加工工艺,它在不破坏金属纤维的前提下,使金属体作出塑性位移,做到无切屑使金属成形,这样既能改善被加工螺纹的机械性能,也大大节约了航空航天零件用的特殊材料。

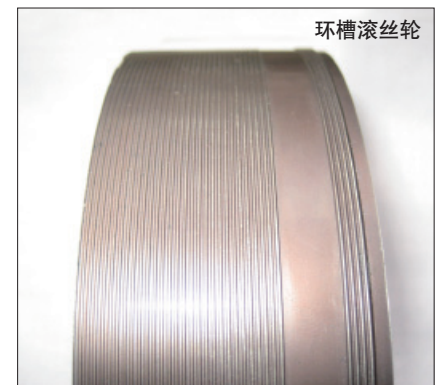
航空航天零件的连接形式多种多样,螺纹是其中重要的一种连接形式。常用的螺纹连接广泛使用的是MJ加强螺纹,要求外螺纹工件牙底为加大圆弧的加强螺纹,而且经淬火后滚压螺纹,采用这样的螺纹可以得到较高的螺栓机械性能。

航空航天 MJ 加强外螺纹的最佳解决方案

对航空航天钛合金、高温合金MJ加强外螺纹而言,通用刀具已不能很好地满足零件的使用要求,而需从设计、制造等环节提供最佳加工方案,其中涉及到选择刀具材料、改进刀具工艺、选择合适的切削速度等。

滚压法是一种塑性加工工艺,它在不破坏金属纤维的前提下,使金属体作出塑性位移,做到无切屑使金属成形,这样既能改善被加工螺纹的机械性能,也大大节约了航空航天零件用的特殊材料。外螺纹零件经滚压塑性变形后,其强度和硬度都有所

提高,而塑性则有所降低,螺纹部分的金属纤维没有被切断,只是沿螺纹牙型发生了变形。经过滚压的零件材料,材质比较致密,且表面产生冷作硬化层,并存在残余压应力,因而滚压后零件的耐磨性有比较大的提高,螺纹的疲劳强度可提高20%~40%。经过滚压的零件,螺纹表面的粗糙度也大大提高,优异的表面质量可提高螺纹的循环强度。材料发生塑性变形后,随着变形程度的增大,强度越来越高,因此滚压出来的螺纹,其抗拉强度可提高20%~30%,抗剪强度提高5%。同时,MJ加强



环槽滚丝轮

外螺纹对强度要求较高,采用金属塑性变形原理滚压螺纹的方法较好地解决了牙底为加大圆弧这一难题。因此航空航天企业钛合金、高温合金 MJ 加强外螺纹零件加工的最佳刀具应选用滚丝轮。

滚丝轮的设计及使用要点

1 钛合金、高温合金 MJ 外螺纹特点

(1) 零件材料通常为难加工材料,如钛合金和高温合金。

(2) 螺纹与普通螺纹唯一的区别是外螺纹采用了大圆弧牙底,牙底为连续、光滑的曲线,曲线上圆弧的半径最大为 0.18P。

(3) 螺纹精度要求较高,公差带选用普通螺纹 4h6h、4g6g,在中径公差范围内,螺距误差、半角误差、圆度误差、锥度误差以及其他任何影响螺纹形状的误差所对应的中径当量总和,不得超出中径公差之半。螺距极限偏差 $\Delta P=0.4T_d/1.7321$,半角极限偏差 $\Delta a/2=\arctan$

(0.3T_d/1.125P)。

2 滚丝轮的设计

(1) 刀具材料。

首先应选用性能良好的刀具材料。W6Mo5Cr4V2 具有良好的红硬性和韧性,淬火后表面硬度可达 HRC64 ~ 66,是一种广泛应用的含钼低钨高速工具钢。W6Mo5Cr4V2A1(501)是一种含铝的超硬高速钢,在 600℃时的高温硬度也达到 HRC54,保留较高的强度和韧性,具有优良的切削性能,在多数场合其切削性能与 M42 钢相同,应用较广。

加工钛合金、高温合金 MJ 外螺纹,选用 W6Mo5Cr4V2A1(501)较好,硬度控制在 HRC65 ~ 67,既能有效满足工件要求,又可保证滚丝轮具有较好的寿命。

(2) 滚丝轮的外形结构。

常用滚丝机主轴有: $\phi 45$ 、 $\phi 54$ 、 $\phi 75$ 、 $\phi 80$ 及部分特殊直径主轴,由滚丝机型号选取滚丝轮的直径

范围,确定具体螺纹头数,厚度可根据零件螺纹部分长度制成单边或双边使用。

滚丝轮牙型设计

零件采用 MJ 加强螺纹时,外螺纹圆弧形牙底可大大减小应力集中,从而增加零件的疲劳寿命,可提高疲劳寿命两倍多。因此要求滚丝轮齿顶一定要加工成圆弧状,圆弧必须转接圆滑,不能有尖点出现,其大小要保证滚压的零件牙底圆弧半径为 0.15 ~ 0.18P,因为考虑到经过滚压的外螺纹工件的牙底圆弧要小于滚丝轮的牙顶圆弧,所以滚丝轮齿顶圆弧和倒角圆弧规定为 0.16 ~ 0.18P。

在实际加工中,当滚压力消除后,材料会发生弹性恢复,零件螺纹牙顶圆弧将变大,牙底圆弧将变小,特别是外螺纹零件为钛合金、高温合金等难加工材料时,其弹性模数较低,弹性变形的倾向大,易产生弹性变形和弹性恢复,而且每种材料的弹

Sprengr

Maschinenbau
Entwicklungen

德国 SPRENGER 机械、电动式装配/推削用压机

德国 SPRENGER 机械、电动式装配/推削用压机经 40 多年专业设计和不断改进,现已广泛应用于各类机械的装配,如压进、推出轴筒、套类零件等。

同时也可使用推进型拉刀来洁净高效地制作各类花键槽。

特点

- ★ 高压力
- ★ 长行程
- ★ 坚固设计
- ★ 高效装配
- ★ 操作简单
- ★ 可靠安全
- ★ 节省空间

T5-M01
电动式压机

T3、T5
机械式压机

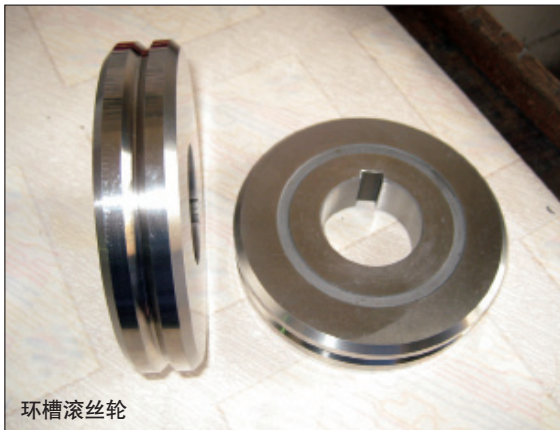
广告索引号 08-070

中国总代理 上海德物机械有限公司

地址: 上海市中山北路2130号万千大厦2001室 电话: 021-52914389 52919640 传真: 021-52917086
电邮: sales@dimoral.com 网址: http://www.dimoral.com/



性恢复程度各不相同,相应的滚压用滚丝轮牙顶圆弧要求也不同,因此滚丝轮齿顶圆弧和倒角圆弧还需要进行修正,才能保证工件牙型的圆弧要求。经过试验,滚压钛合金时,材料的弹性恢复在 0.005 ~ 0.012mm 之间;滚压高温合金时,材料的弹性恢复在 0 ~ 0.005mm 之间。因此滚压钛合金时,滚丝轮齿顶圆弧和倒角



圆弧需要修正为 0.17 ~ 0.185P; 滚压高温合金时,滚丝轮齿顶圆弧和倒角圆弧需要修正为 0.165 ~ 0.18P。

滚丝轮的齿形尺寸确定为: 上齿高 $=H/2-5H/24=0.433P-0.180P=0.253P$ (比普通螺纹 0.289P 齿高减少), 公差为滚丝轮圆弧取最小 0.16P 时, 即取为 +0.02P。滚压钛合金、高温合金时, 根据修正后的圆弧大小确定适当的上齿高及公差。下齿高与普通螺纹相同 $=H/2-H/8=0.433P-0.108P=0.325P$ 。

同理, 滚压后零件牙型角也发生收缩, MJ 螺纹的中径公差等级较高, 要求比较严格, 因此牙型角变化也应考虑。为保证螺纹工件的精度, 对滚丝轮的螺距及半角也规定了误差范围, 螺距误差取为 $0.25 Td_2$ 中径当量值, $\Delta P=0.25Td_2/1.7321$, 占工件误差的 62.5%, 半角误差的中径当量值取为 $0.12 Td_2$, $+ \Delta a/2 = \arctan(0.12Td_2/0.75P)$, $- \Delta a/2 = \arctan(0.12Td_2/1.5P)$, 占工件误差的 30%。其他按 $0.2 Td_2$

给出, 三部分综合为 $0.45 Td_2$, 不超过 $0.5 Td_2$ 。

滚丝轮还必须作倒角, 否则在滚压时会损坏滚丝轮边缘的螺纹, 尤其是滚压高强度和硬质材料时更为显著。倒角的大小应满足 MJ 螺纹首尾中所规定的螺纹收尾长度的要求, 还考虑滚丝轮的寿命及避免崩齿, 所以选用倒角为 16° , 宽度为 1.3 ~ 1.5P。

有了设计良好的滚丝轮, 为了保证取得好的滚压效果, 在使用中还须注意几点:

(1) 滚压前坯件直径的合理选取。滚压难加工材料坯件直径 $d_1=d-0.67P$, 由公式计算出的滚压前坯件直径是近似的, 大多数要根据滚压后的螺纹实际中径情况, 通过

试验进行修正。特别是钛合金、高温合金材料机械性能不同, 对滚压螺纹影响较大, 对精度要求较高的 MJ 螺纹影响也比较显著。

(2) 难加工材料滚压螺纹时速度随材料和材料强度的不同而不同, 滚压钛合金、高温合金等难加工材料时, 滚丝轮速度比滚压普通钢的低, 钛合金、高温合金的相对延伸率 $\delta_s=10\% \sim 20\%$, 滚丝轮滚压螺纹时速度为 7 ~ 12 m/min。

(3) 严格控制滚压过程, 采用正确的滚压方法和采用刚性好、精度高的设备, 否则螺纹表面将出现皱纹、褶皱、划伤、裂纹、断裂, 滚压工具的寿命也很低, 除了滚压工具的寿命会急剧降低外, 滚压后的工件螺纹对应力集中比较敏感, 还将使工件螺纹过早地疲劳损坏。

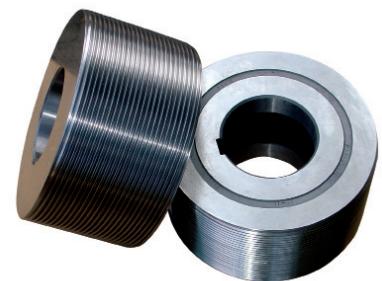
滚丝轮的发展方向

作为中国航空领域唯一的螺纹工量具科研、生产专业化企业, 陕西宏峰长期致力于军工用螺纹工量具

的研发、制造、检测与试验。针对生产航空航天行业加工钛合金、高温合金的 MJ 加强外螺纹用滚丝轮, 积累了丰富的经验, 严格生产、加工、检测过程, 保证了航空航天企业螺纹工件牙底为加强螺纹的连接使用需求。同时利用企业加工优势, 解决了航空航天企业大量使用的用于加工钛合金用的环槽铆钉用专用滚丝轮。为了更好地服务于航空航天企业, 我公司还将继续加大技术创新力度, 因为只有研发设计出难加工材料适用的刀具, 才能成为现代航空航天制造企业的的首选刀具供应商。

国内快速发展的高速切削技术, 在切削原理上是对传统切削认识的突破, 在切削机理上与常规切削不一样, 有其自身的特点及适用范围。目前国内外用于超高速切削的刀具材料中, 适用于钛合金加工的主要有高性能高速钢、粉末高速钢、YG 类硬质合金、聚晶金刚石 PCD 和立方氮化硼等。

将高速切削技术及刀具材料用于钛合金外螺纹的加工, 应从技术、机床支承及辅助单元制造技术、加工



MJ加强螺纹滚丝轮

测试技术等诸多因素寻求刀具与钛合金的最佳匹配。解决好加工钛合金的难题, 既保证了加工质量又大幅度提高了生产率, 具有良好发展前景。超高速切削技术用于难加工材料的加工正在逐渐成熟, 但如何进一步完善超高速切削钛合金的滚压加工技术还有待进一步研究的课题。

(责编 徽凉)