维普资讯 http://www.cqvip.com

五齿梳刀第一粗车齿对加工偏梯形螺纹的影响

张 磊 董 清 陶 毅 周春杰

天津钢管公司

天津钢管公司管加工厂在加工石油接箍偏梯形螺纹时,使用美国 PMC 公司生产的 1077 型内螺纹数控车丝机,要求接箍螺纹应无明显的撕破、刀纹、磨痕,在完整螺纹长度内没有破坏螺纹连续性的瑕疵。

1077 型数控车丝机是中心转塔式四工位专用数控机床,由一把梳刀一次成形。加工效率和精度高,可加工尺寸 $4\frac{1}{2}''$~$10\frac{3}{4}''$的钢管。切削特点是刀具旋转,工件不动。采用矩形单面带齿梳刀,刀具前角为 0°,可保证较高的螺纹精度及表面光洁度,且牙形畸变误差小。在切削中,梳刀 5 个齿逐个参加切削,使刀具和刀杆承受了很大的切削力,这给螺纹加工带来了不良影响,下面就五齿梳刀切削受力这一问题进行分析。

1 五齿梳刀各齿的理论余量分配

石油管螺纹梳刀是一种高效成型刀具,设计中的一个关键环节是确定合理的切削图形,一是考虑每个齿的切削负荷分配合理性;二是考虑精车齿的加工余量合理性,不论梳刀有几个齿,最后一个都是精车齿,其切削截面应包含一个完整的螺纹牙型,以保证螺纹齿形的几何精度及表面光洁度。各齿的切削分配是否合理,不仅关系着梳刀寿命及断屑效果,还会影响工件的精度及表面质量,因此,梳刀各齿的切削分配是梳刀设计中的关键。

偏梯扣螺纹齿高为 h,假设加工余量为 $h_。$,图 1 为五齿梳刀图,由右至左分别为第 1 粗车齿、第 2 粗车齿、第 3 粗车齿、第 4 粗车齿和成形齿,则第 1 粗车齿加工余量为 $\Delta X_1 = h - t_4$;第 2 粗车齿加工后余量为 $\Delta X_2 = t_3$;第 3 粗车齿加工后余量为 $\Delta X_3 = t_2$;第 4 粗车齿加工后余量为 $\Delta X_4 = t_1$;五齿成型齿加工完成后为全顶螺纹,齿高为 h。

---

2 拉力标准不确定度 $\mu(p)$

将粘合后的试样夹持于材料试验机的夹头中进行拉力测量。试验机为 1.0 级,示值误差为 ±1.0%,可认为示值出现在 ±1.0% 范围内的任何处都是等概率的,而落入该范围外的概率基本为零,即是矩形(均匀)分布。由 JJF1059 - 1999 表 3 可知 $k=\sqrt{3}$,所以拉力计量仪器的 B 类相对不确定度为 $\mu_{(P_{1\tau})} = 1.0\%/\sqrt{3} = 0.58\times10^{-2}$;$\mu_{(P_{1\tau})}$为 P_1 的相对标准不确定度。

试验机的校准借助于 0.3 级标准测力仪,不确定度为 0.3%,置信因子为 2,由此引入的 B 类相对标准不确定度为 $\mu_{(P_{2\tau})} = 0.3\%/2 = 0.15\times10^{-2}$;$\mu_{(P_{2\tau})}$为 P_2 的相对标准不确定度。

鉴于拉力试验机、标准测力仪这两个不确定度分量彼此无关,所以,拉力测量相对标准不确定度可合成为 $\mu_{(P\tau)} = \sqrt{\mu_{(P_{1\tau})}^2 + \mu_{(P_{2\tau})}^2} = 0.60\times10^{-2}$;$\mu_{(P\tau)}$为 P 的相对标准不确定度。

根据式 $B=\frac{P}{A}$可求得 B 的相对变化量计算公式:

$$\frac{\Delta B}{B} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta A}{A}$$

考虑到 $\mu_{(A)}$和 $\mu_{(P)}$之间无关,可得 B 的相对合成标准不确定度为

$$\mu_{(B\tau)} = \sqrt{\mu_{(P\tau)}^2 + \mu_{(A\tau)}^2} = 0.61\times10^{-2}$$

试验测得最大荷载为 P = 200N,$B=\frac{P}{A}$ = 0.50N/mm^2。

B 的合成标准不确定度为

$$\mu_{(B)} = B\times\mu_{(B\tau)} = 0.30\times10^{-2}\text{N/mm}^2$$

因为在实际的常规测量中,报告合成标准不确定度时,可以不报告自由度,所以对于本次试验,合成标准不确定度 μ_B 的有效自由度趋近于∞。这意味着在计算扩展不确定度时,按照置信水平 p 可以用正态分布表来查得包含因子 k_p 的值。通常选择 p = 95%,k_p = 2。由此,可以得到 B 的扩展不确定度为 $U_{95} = k\cdot\mu_{(B)} = 0.01\text{N/mm}^2$。

因此,可以报告与测量结果相关联的测量不确定度为 $B = (0.50\pm0.01)\text{N/mm}^2$,$k$ = 2。

维普资讯 http://www.cqvip.com

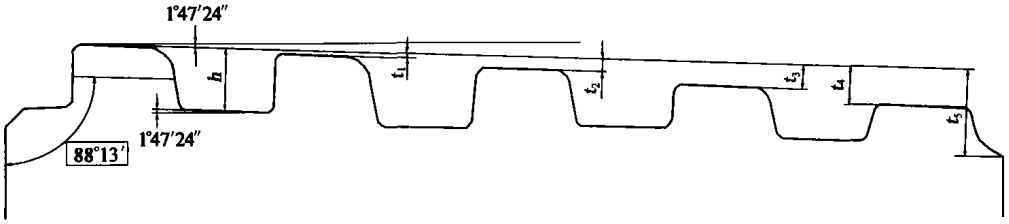
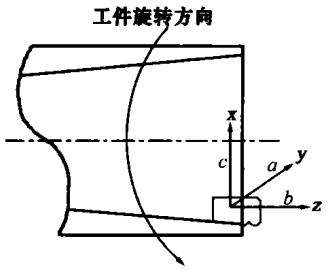


图1 五齿梳刀图

2 刀具在实际加工中的受力情况

在加工过程中(假设加工中,刀具进给切削,工件旋转),刀具主要受到来自三个方面力的影响(见图2)。



a——工件逆时针旋转方向的阻力
b——刀具进给方向的切削阻力
c——刀具与工件接触方向的切削阻力

图2 加工受力示意图

由于来自工件旋转方向上的阻力 a 和刀具进给方向上的阻力 b 不会影响到螺纹的齿形加工,所以在这里只考虑来自刀具与工件接触方向(一般机床上为 X 轴方向)上的阻力 c 的影响。

3 刀具在受力情况影响下加工的变化

假设当第1粗车齿接触工件时,所受力为 F_1,产生变形量为 δ_1;第2粗车齿接触工件时,受力 F_2,变形量为 δ_2;第3粗车齿接触工件时,受力 F_3,变形量为 δ_3;第4粗车齿开始切削时,受力 F_4,变形量为 δ_4,第5齿即精车齿切削时,受力 F_5,变形量为 δ_5。当五齿梳刀所有齿同时参加切削时,受力达到平衡,不再产生变形。由五齿梳刀的结构(见图1)可以看出,X 轴方向上的受力大多来自刀具上每个齿的顶部(即与工件最先接触部分),所以当第2粗车齿开始切削时,与第1粗车齿之间可产生的最大变形量为

δ_{max2} = 第1粗车齿和第2粗车齿沿锥面上齿高差 = $t_4 - t_3$;

以此类推,$\delta_{max3} = t_3 - t_2$;$\delta_{max4} = t_2 - t_1$;$\delta_{max5} = t_1$。

所以

$$\sum\delta_{max} = \delta_1 + \delta_{max2} + \delta_{max3} + \delta_{max4} + \delta_{max5} = t_4 + \delta_1$$

因此,成形齿相对第一粗车齿最大变量

$$\Delta h = \sum\delta_{max} - \delta_1 = t_4$$

成形齿齿高为 h,则 $\Delta h + h = t_4 + h$

如图1所示,第1粗车齿左侧底部高为 $h = t_5$,很明显,第1粗车齿右侧齿底部分 $t_5 < t_4 + h$,在工件上第1扣做出的斜面将无法被成形齿覆盖,在工件第1扣上形成不完整螺纹。但随着第2、第3、第4粗车齿和成形齿陆续切削,受力趋于平衡,变形逐渐减小,工件上的不完整螺纹在第3、第4扣上逐渐消失。由于是按照最大变形进行计算的,所以成形齿加工后齿高不会产生不合格情况,实际测量也是这样。在加工中,若工件第1、2扣上形成不完整螺纹,则会造成管子报废。

根据上述分析,进行以下的实验:

将 $t_5 < t_4 + h$ 的五齿梳刀修整后,保证 $t_5 > t_4 + h$,则在加工中,能避免工件上前1、2扣上产生不完整螺纹。

实际生产中,加工变形是很难克服的,为使刀具更好地适应生产,在设计五齿梳刀时,应充分考虑第一粗车齿齿底处的影响,保证 $t_5 > t_4 + h$,如图3所示。这样的五齿梳刀将减小第1粗车齿对螺纹加工的影响,从而提高产品质量。

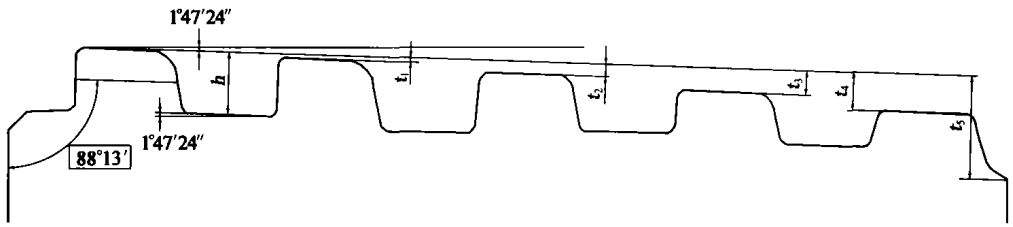


图3 改进后的五齿梳刀图