

文章编号:1671-6833(2007)01-0016-05

高精细抛磨工艺研究

季明浩¹, 王庆明²

(1. 上海海事大学 物流工程学院 上海 200135; 2. 华东理工大学 机械与动力工程学院 上海 200237)

摘要: 针对磨削机理与砂带磨削机理的相似性,提出了一种新型的高精细抛磨工艺方案.采用新型胶带砂纸,通过试样抛磨机进行抛磨试验.经研究试验证实:在同等磨削力的作用下,由于新型胶带砂纸具有软弹性,多磨粒,且粒径小,排列紧致细密,因此磨削中的发热量小,不会产生新的形变层.将普通砂纸和新型胶带砂纸对模具常用材料 Cr12 进行抛磨试验的数据绘制成曲线图,并进行分析与比较得知,用新型胶带砂纸抛磨后的表面精度比普通抛磨工艺加工提高二至三个等级,达到高精细精度.

关键词: 高精细; 软弹性; 多磨粒

中图分类号: TG 175.3 **文献标识码:** A

0 引言

对于机械产品或合金钢制品,人们现在对其表面质量要求越来越高,表面精度在实际的机加工中显得尤为重要.工件经过机械加工后,还不能完全算作是一件真正意义上的合格品,即便是经过工精加工,或者油石打磨,甚至经过超声波清洗,仍旧会有毛刺残留在工件上.这样在总装和实际使用中就会产生一些不良反应.

为确保机械产品的工作和运转精度,西方工业发达国家于 20 世纪 70 年代提出了精密、超精密加工概念.随后迅速在美国、日本和英国等国家

得到了重视和发展^[1],抛磨加工也因此迅速发展起来,成为一种新型的加工方式.其中包含:去除工件的表层材料、飞边和毛刺等.国内的抛磨技术是上世纪 70 年代末开始发展起来的,尤其是抛磨工艺引起了机械行业的普遍重视.所使用的设备以及生产加工方式有了较大的发展,并出现了以磨代车,以磨代铣,以磨代刨的发展趋势.抛磨加工工艺总体向着强力、高速、高效和高精密方向发展.

根据生产中加工精度等级的实际情况,结合各类专业文献资料,将普通加工、精密和超精密等加工范畴作以下界限划分,详见表 1.

表 1 加工精度等级^[2]

Tab. 1 Processing Accuracy Rank						μm
级别	普通加工	精密加工	高精细加工	高精密加工	超精密加工	极超精密加工
加工精度	100 ~ 10	10 ~ 3	3 ~ 0.1	0.1 ~ 0.01	0.01 ~ 0.005	≤ 0.005

1 抛磨机理

1.1 抛磨原因与目的

抛磨是指用砂轮、砂纸等砂粒固定的工具对工件表面进行机械磨削,以去除因机加工或外力作用后留下的损伤层,得到平整磨面的过程.因此,抛磨的目的,一方面为抛掉磨面上的微裂纹,另一方面为消除磨面上的变形层.

1.2 单颗磨粒抛磨

单颗磨粒的切削过程可分 3 个阶段^[3]:①滑

擦阶段:磨粒开始挤入工件,滑擦工件表面,产生弹性变形而无切屑;②耕犁阶段:磨粒挤入深度加大,工件表面产生塑性变形,耕犁成沟槽,磨粒两侧和前端堆高隆起;③切削阶段:切入深度继续增大,温度达到或超过工件材料的临界温度,部分工件材料明显地沿剪切面滑移而形成磨屑.

在一般情况下单颗磨粒抛磨面积最大值为

$$S = 2\pi r h_a / 2$$

式中: r 为切削刃圆弧半径; h_a 为磨粒压入工件金

收稿日期:2006-10-20; 修订日期:2006-12-18

基金项目:上海市教育委员会资助项目(04FB07).

作者简介:季明浩(1972-),男,上海市人,上海海事大学高级工程师,硕士研究生,主要从事机械制造工艺方面的研究工作.

属的深度。

1.3 砂纸抛磨

抛磨砂纸之所以能够将工件表面抛磨平整,使得表面粗糙度减小,是因为在砂纸的抛磨面上,有许多磨粒。如果磨粒数少,表明砂纸的目数小,即:单位面积上的磨粒间距大。使用这样的砂纸抛磨,会在工件表面上留有抛磨后的“划痕”,粗糙度值也大。如果磨粒数多,表明砂纸的目数大,即:单位面积上的磨粒间距小。使用这样的砂纸抛磨,工件表面上几乎没有任何“痕迹”,粗糙度较小,表面光亮。

软弹体所使用的砂纸为等高性好的多磨粒微刃磨削。由于磨料颗粒的粒径极小,特别是软弹体砂纸本身具有柔软性,因此在抛磨过程中,砂纸可随被磨面的内外形状起伏变化而变化,这样可使被抛磨/抛光面都能得到充分地加工。采用多磨粒切削刃软磨砂纸,磨粒粒径达 $6.5 \sim 1 \mu\text{m}$,即刀刃数增加 10 倍以上,就象是“集群式”的刃排切削,在同等磨削力的作用下切削面积增大,切削深度减少,磨削产生的磨削发热量小,磨削产生的磨削温度低,不会产生新的变形层,被加工表面精度也大大提高。这种柔性磨削工艺具有抛、研、光整的复合作用,大大缩短了磨削中经历的 3 个阶段的加工时间。

2 抛磨方案^[4-6]

2.1 试样材料

为了对新型抛磨砂纸与普通型砂纸有一个加工后的实际比较并且具有一定代表性,我们特地选用工程上最常用的 45 号结构钢、1Cr18Ni9Ti 不锈钢、Cr12 冷冲模具专用钢和 GCr15 轴承钢等 4 种钢材作为试验研究的材料。

2.2 试样状态

我们在抛磨试样之前,对所有样件都做了调质处理,为防止在抛磨加工中因热处理使试样的残留应力导致其表面产生裂纹,又对所有试样都进行了 3~5 d 的自然时效。试样尺寸: $\Phi 15 \times 10$, 硬度: HRC 24~32。所有被测样块,抛磨试验前都经过从粗加工至精加工,抛磨前基面粗糙度 R_a 达 $0.040 \sim 0.060 \text{ mm}$ 。

2.3 试验设备及仪器

抛磨设备: P-2 试样抛磨机,抛磨盘直径: 200 mm; 粗糙度测量仪器: 9J 型单筒粗糙显微镜和 JB-6C 触针式粗糙度测量仪; 使用 TM-11 抛磨液。

3 软弹体抛磨工艺研究

在加工抛磨、光整模具零部件的曲(型)面时,我们将电动机抛磨头的外形结构做了如下改进: 橡胶体磨芯的外表面与背胶型尼龙搭扣的胶面相粘结,同时,自粘性绒布的胶粘面和抛光砂纸的非工作面相粘结,最后再由尼龙搭扣的“钩面”与自粘性绒布的绒毛面通过静压力作用,使之“粘合”,由此组成快速装卸式抛磨头,抛磨曲面的示意图如图 1 所示。

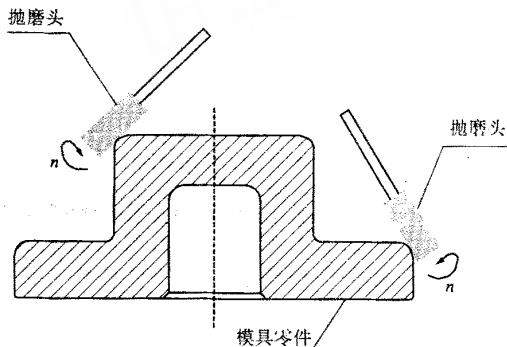


图 1 加工模具外形表面示意图

Fig. 1 Processing molding contour surface chart

我们为了方便精度测量,在 P-2 试样抛磨机上分别对普通型抛磨砂纸和胶带抛磨砂纸进行抛光试验,试样抛磨的示意图如图 2 所示。

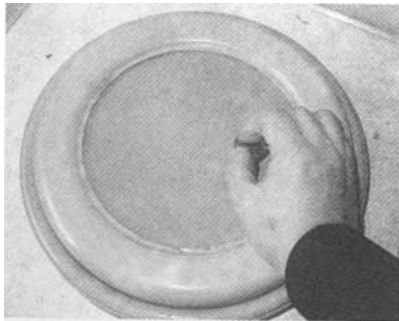


图 2 抛磨示意图

Fig. 2 polishing experiment photo

3.1 普通抛磨砂纸

当前,我国抛磨用的最细磨粒粒径可达到 $2.8 \mu\text{m}$ 的砂纸,也只是处于研究试制阶段,技术上还不成熟,尚未推向市场。

以模具制造业为例,近 80% 的加工表(基)面,是通过抛磨来最终完成的。在这个过程中,多数是采用磨粒粒径为 $124 \sim 30 \mu\text{m}$ 的砂纸。

首先,用粒径为 $120 \mu\text{m}$ 的抛磨砂纸进行抛磨,时间为 20 min;再用 $106 \mu\text{m}$ 的抛磨砂纸进行

抛磨,时间为 20 min;随后,用 80 μm 、61 μm 、40 μm 、38 μm ,直至 28 μm 的抛磨砂纸,分别进行 20 min 的抛磨加工。

由于抛磨砂纸粒度较大的原因,通常情况下,表面最后加工完后,被加工工件表面的粗糙度一般都在 R_z 0.040 ~ 0.060 mm 之间。这对于一般非工作面(非接触面)来说,不会有太大的问题,但对于导柱、导套、凸模凹模、滑动杆件以及与轴承配合的接触面等,存在面与面之间的摩擦接触等情况的工件,这样的精度还是不够理想。

3.2 胶带抛磨砂纸

日本现已研制出粒径可达 1 μm 的胶带抛磨砂纸,抛磨砂纸以磨削效果极佳的碳化硅为磨料,粒径 19 ~ 1 μm 不等,最小磨粒直径可达 1 μm 。这款抛磨砂纸不仅用在金属加工领域内,其它领域也逐步推广使用。这种砂纸不仅可以抛磨金属表面,如:模具,量具等精度要求极高的零部件,而且还可以用于抛磨电子元器件产品,使之表面达到光亮如新的表现。其表面粗糙度如同经过研磨、珩磨精密加工一般,镜面效果较为理想。

新型胶带砂纸的抛磨时间设定为 8 min,试验起始抛磨砂纸的磨粒粒径为 18 μm ,然后经过 6.5 μm 、4 μm 、2.2 μm 、1.6 μm ,直至 1.1 μm 的抛磨砂纸,每道工序的加工时间为 8 min。

3.3 测量读数

普通型抛磨砂纸抛磨后的粗糙度值用 9J 光切法显微仪测量,测量粗糙度时,每一种材料样块在不同目数砂纸的抛磨下,进行 5 组读数,即 5 个波峰值和 5 个波谷值,每一组读数为波峰值减波谷值的差值,也就是读数 = 波峰值 - 波谷值;同样 $a_{\Delta Avg}$ 是 5 组波峰值减波谷值的差值的平均值。

新型胶带抛磨砂纸抛磨后的粗糙度值用 JB-6C 触针式粗糙度测量仪测量,测量粗糙度时,通过触针在被测表面直接测量读数,即波峰值和

波谷值直接读取,并将这两值相减,取绝对值,这就是一个粗糙度值 R_z 。前后共取 5 个点数据, R_{zAvg} 为 5 个数据的平均值。

每种样块测试 5 次,记录每次测得的数据采用普通型抛磨砂纸和新型胶带抛磨砂纸两种抛磨工艺样件表面粗糙度的实测值和平均值见表 2。并计算读数平均值 $a_{\Delta Avg}$,和粗糙度值 R_z 。

3.4 试验结果及数据分析

我们研究的新型抛磨工艺,以模具制造业中使用最多的 Cr12 材料为代表。对 Cr12 的试验数据作分析,并画出曲线图如图 3 所示。判别新型抛磨工艺与普通抛磨工艺之间的差别,分析表 2 和图 3 可知:

(1)从表 2 实测的数据显示,离散性小,说明试验所得数据可靠。对照表 3 可以看出新型胶带砂纸抛磨工艺比普通砂纸抛磨工艺的表面粗糙度(精度)提高 2 至 3 个等级。

(2)无论是普通型抛磨砂纸,还是新型胶带抛磨砂纸,随着抛磨砂纸的粒度由粗变细,被抛磨面的表面精度逐渐提高。也就是,表面精度随抛磨砂纸的粒度的变细而提高。

(3)从图 3 中的曲线走势变化可以清晰地看出:胶带抛磨砂纸的抛磨效果明显要优于普通型抛磨砂纸。经胶带抛磨砂纸抛磨的工件表面粗糙度,随着抛磨砂纸的粒度增加,抛磨后获得的表面粗糙度很小,达到镜面效果。

从图 3 的曲线变化走势来看,新型胶带抛磨砂纸整个曲线的变化幅度较普通抛磨平稳,特别是从 2.2 μm 开始,粗糙度的变化量较小,抛磨效果的变化率接近水平线。对于模具零部件的精细抛磨,使用 2.2 μm 的抛磨砂纸与更细的砂纸抛磨后的效果基本一致。对某些有设计要求特别高的零部件可以使用更高一级的精细抛磨砂纸。

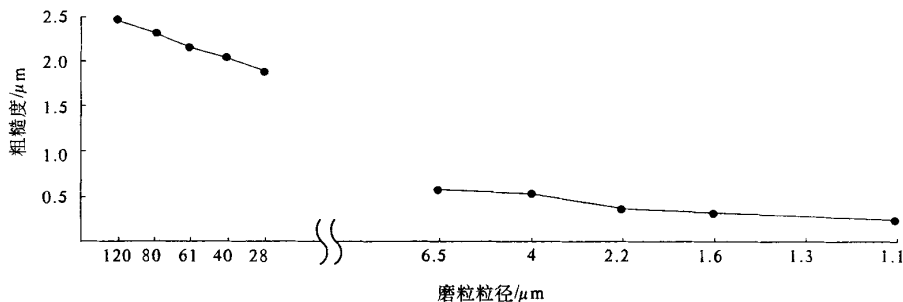


图 3 Cr12 经普通抛磨与高精细抛磨后表面粗糙度变化曲线^[7]

Fig. 3 Cr12 The Polished Surface Roughness for Ordinary and Highfine in Curve Chart

表 2 两类抛磨工艺的表面粗糙度实测值及平均值表

Tab.2 Two Kinds of Polishing Technology for The Surface Roughness Actual Value Table		μm									
试验材料		普通型抛磨砂纸磨料粒径					新型胶带抛磨砂纸磨料粒径				
		120	80	61	40	28	6.5	4	2.2	1.6	1.1
45	1	34.7	33.1	29.4	26.6	23.9	0.61	0.53	0.43	0.36	0.31
	2	35.2	33.6	29.8	25.8	24.1	0.59	0.50	0.42	0.38	0.29
	3	34.9	34.1	29.4	26.1	23.8	0.56	0.49	0.45	0.34	0.33
	4	34.4	32.4	30.0	26.9	24.3	0.53	0.47	0.43	0.39	0.31
	5	35.1	33.4	29.7	26.2	24.5	0.55	0.50	0.42	0.37	0.31
	$a_{\Delta\text{Avg}}$	34.86	33.32	29.66	26.32	24.12	0.568	0.498	0.430	0.368	0.310
	R_z	2.179	2.083	1.854	1.645	1.508					
Cr12	1	40.2	37.7	35.8	32.8	30.4	0.68	0.51	0.48	0.39	0.36
	2	39.8	37.2	35.2	33.3	30.0	0.65	0.48	0.43	0.44	0.34
	3	39.2	38.2	35.9	33.0	29.4	0.64	0.53	0.47	0.41	0.37
	4	40.0	38.8	35.3	33.9	30.3	0.66	0.50	0.45	0.44	0.33
	5	39.5	37.9	36.2	33.6	29.8	0.63	0.54	0.49	0.42	0.33
	$a_{\Delta\text{Avg}}$	39.74	37.96	35.68	33.38	29.98	0.652	0.512	0.464	0.420	0.346
	R_z	2.484	2.374	2.230	2.086	1.874					
1Cr18Ni9Ti	1	38.0	35.1	33.0	31.2	29.8	0.61	0.53	0.45	0.32	0.32
	2	37.5	34.9	33.4	31.9	29.1	0.64	0.55	0.39	0.30	0.30
	3	37.6	35.3	32.9	31.1	29.4	0.57	0.49	0.38	0.33	0.35
	4	37.5	35.5	32.9	30.7	29.0	0.63	0.53	0.40	0.36	0.32
	5	38.1	35.5	33.5	31.5	28.7	0.56	0.49	0.41	0.32	0.28
	$a_{\Delta\text{Avg}}$	37.74	35.26	33.14	31.28	29.20	0.602	0.518	0.406	0.326	0.314
	R_z	2.359	2.204	2.071	1.955	1.825					
GCr15	1	39.3	38.1	35.9	33.5	30.5	0.72	0.61	0.46	0.39	0.39
	2	39.6	37.8	36.5	33.8	31.1	0.67	0.58	0.45	0.42	0.36
	3	38.7	37.0	35.7	32.6	30.7	0.73	0.59	0.40	0.43	0.37
	4	39.8	37.5	35.2	32.9	31.3	0.68	0.60	0.41	0.40	0.35
	5	39.1	38.0	36.1	33.6	30.6	0.70	0.59	0.44	0.44	0.35
	$a_{\Delta\text{Avg}}$	39.30	37.68	35.88	33.28	30.84	0.700	0.594	0.432	0.416	0.364
	R_z	2.456	2.355	2.243	2.080	1.928					

表 3 金属工件表面质量等级对照表^[7]

Tab.3 Metal workpiece surface quality rank		comparative table					μm	
精度等级	R_a	R_z	等级 分类	R_a 不大于	R_z 不大于			
▽8	0.63	3.2	a	0.63	3.2			
			b	0.5	2.5			
			c	0.4	2.0			
▽9	0.32	1.6	a	0.32	1.6			
			b	0.25	1.25			
			c	0.2	1.0			
▽10	0.16	0.8	a	0.16	0.8			
			b	0.125	0.63			
			c	0.1	0.5			
▽11	0.08	0.4	a	0.08	0.4			
			b	0.063	0.32			
			c	0.05	0.25			

4 结论

使用新型胶带抛磨砂纸的抛磨工艺比普通型抛磨砂纸抛磨工艺表面粗糙度(精度)可提高二至三个精度等级,达到高精细精度,加工时间是普通抛磨时间的 25% ~ 30%。应用高精细抛磨工艺可显著提高工件的配合精度,可以提高压力容器的密封性能,能够降低旋转部件相互之间的磨损。试验表明:选用粒径为 4 ~ 1.6 μm 新型胶带砂纸抛磨,即能满足模具制造的精度要求,提高我国模具制造水平,选用更细的砂纸对提高工件表面质量帮助不大。

参考文献:

[1] 张帆. 21 世纪制造业——精密、超精密加工技术,水利电力机械[J]. 2002,24(4):51-52.

- [2] 赵惠英,贺大兴,赵松伦. 超精密加工的发展状况及影响表面质量若干因素的分析,制造技术与机床[M]. 2004,(8):31-33,39.
- [3] 库拉柯夫. 磨削缺陷的预防[M]. 北京:机械工业出版社,1987.
- [4] 沈 莲. 机械工程材料[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [5] 于永泗,齐 民. 机械工程材料(第5版)[M]. 大连:大连理工大学出版社,2003.
- [6] 上海材料研究所,上海汽轮机厂,上海机械制造工
- 艺研究所. 机械工程手册(工程材料卷)[M]. 北京:机械工业出版社,1995.
- [7] 何秀寿,李兆高. 高精度高光洁度磨削[M]. 机械工业出版社,1981.
- [8] 汪 耕. 大型汽轮机发电机设计、制造与运行[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000.
- [9] 王玉玲. 精密和超精密加工技术的发展现状与展望[J]. 机械管理开发,2002,(3):60-62.
- [10] 袁哲俊,周 明. 加速发展我国的精密和超精密加工技术[J]. 工具技术. 1994, 38(2):2-7.

Study on Highfine Polishing Technology

JI Ming-hao¹, WANG Qing-ming²

(1. College of Logistics Engineering, Shanghai Maritime University (SMU), Shanghai 200135, China; 2. School of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology (ECUST), Shanghai 200237, China)

Abstract: In view of the similarity between the grinding mechanism and sand stripping mechanism, a new kind of plan for the soft highfine polishing is proposed. There is researching experiment which is between test - massive polishing machining and new adhesive tape sandpaper. It is confirmed that on the same grinding level under the action of force, the temperature is much lower and will not produce the new distortion layer in processing because of soft elasticity, multiparticeles, the size minimum of abrasive grain, permutation is tight and close, of the new type of sandpaper. The machined surface finish degree can be increased by 2 ~ 3 precision class compared with the ordinary, the obtained data from researching experiment is almost the same precision class with overseas supplier providers, and achieve highfine result. This kind of new technology can be widely applied to all kinds of mechanical products, particularly in molding manufacturing industry.

Key words: highfine; soft elasticity; multiparticeles