

高效、低耗上压式机夹车刀的研制

Research of High-Efficiency and Low-Consumption Uppressing Clamped Lathe

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司工装制造厂 徐岩 张川 庞继有 刘洪革



徐岩

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司工装制造厂技术专家。长期从事发动机零件难加工材料非标刀具的设计研究工作,曾获先进技术个人等称号。

本机夹车刀的研制,解决了K465难加工材料加工效率低、加工成本高的瓶颈难题。做到有所发展与创新,同时为公司机夹刀具国产化奠定了基础。

随着新型发动机的快速发展,高

在K465镍基高温合金材料的环块类零件加工中,结合环块类零件的结构特点和材料特性,研制开发了上压式机夹车刀,在实际试验加工中做到了高效、低耗,并获得了理想的加工质量。

温合金零件加工成本高、周期长、刀具消耗极大的问题更突出,在实际生产加工中找出这些问题形成的原因,提出可行的刀具研制方案,并在切削加工中加以验证。

在K465镍基高温合金材料的环块类零件加工中,结合环块类零件的结构特点和材料特性,研制开发了上压式机夹车刀,在实际试验加工中做到了高效、低耗,并获得了理想的加工质量。

零件结构及材料性能

被加工零件由27个外环块在 $\phi 730\text{mm}$ 内圆上组成的环状组合件,切削过程是典型的断续切削,加工部位为37个篦齿环形槽(图1)。

镍基铸造高温合金材料K465是一种综合性能好的航空发动机叶片材料,该材料可在 $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 以下的发动机工作环境下长期使用,一般用于航空发动机的涡轮叶片和导向叶片的制造。它以多种金属元素综合强化,具有较高的高温强度。国外K465(ЖС6У-ВИ)材料,在俄罗斯主要用于燃气涡轮转子叶片、高低压涡轮导向器叶片制造,这些零件一般都采用磨削或特种工艺加工。

镍基铸造高温合金K465其主要化学成分见表1,拉伸性能见表2。

断续加工了37处环形篦齿槽存在冲击力大、刀具易崩刃、切削效率低等问题。加工此槽一般在数控立车上采用进口可转位机夹车刀加工,

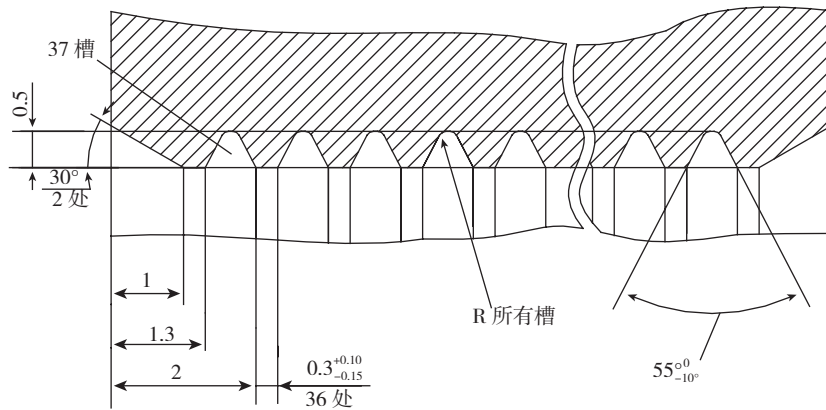


图1 篦齿环形槽放大图

这类刀具只能单刃切削,而单刃只能切削一个篦齿槽,每次换刀片都需要停机、拆卸、装刀,由于被加工零件处于半成品状态,安装刀片时都要进行严格的找整、对刀等,导致加工周期长;由于材料的强度高、塑性大、加工硬化严重的影响,加工过程切削力大、切削温度高,切屑粘刀;刀具加工过程中磨损剧烈,零件为块类组合件加工时为断续切削状态,加快刀具磨损,产品表面质量和精度不稳定,难以保证质量;另外在加工过程中刀具磨损严重反复换刀,切削效率非常低,加工成本非常高,刀具消耗极大。按这样的方式加工无法满足小批量生产的要求所使用的单刃刀具。

上压机夹车刀的设计结构

为解决单刃切削加工效率低等问题,采取了两种设计方案。

方案 I: 将零件 37 篦齿环形槽分 3 次加工成型的 13 槽多刃切削成形样板刀。

方案 II: 一次加工成型的 37 槽多刃切削成形样板刀。

上压机夹车刀杆材料选用 40Cr 合金工具钢,其优点是淬火变形小、淬透性高,硬度为 HRC40~45。

上压机夹车刀因为刀片平放,需在刀杆上做出 8° 前角刀槽及后角 12°, 刀杆与硬质合金刀片相配合的刀槽为间隙配合,深度与刀片厚度相匹配,刀杆侧面的基准面用于装夹刀片找正。I 型槽刀杆做一个 M6 螺纹孔; II 型槽刀杆较宽,考虑刀片压紧牢固,做两个 M6 螺纹孔,见图 2。

机夹车刀压板,材料选择同刀杆,压板与刀杆接触表面为平面。压紧表面为 7° 斜面,刀片靠刀杆槽装夹定位,拧紧螺钉,压紧刀片。

刀片材料选用 YD15, 合金类别属于 (WC-Co) 超细晶粒合金^[1],该合金结构细而均匀。具有很高的韧性,良好的耐热性、导热性、较为突出的焊接、刃磨性,适应于加工钛合金、高温镍基合金及冷硬铸铁。在硬质合金的基础上,涂上一层几微米的高硬度,高耐磨的金属化合物氮铝化钛,这种刀具材料既有基本的韧性,又有很高的表面硬度,大大扩大了

表1 K465 化学成分

%

材料牌号	C	Cr	Ni	Co	Mo	Al	Ti	W	B
K465	0.1~0.18	9.5~11.0	余	9.5~10.5	3.5~4.2	5.0~5.8	2.0~2.9	4.5~5.2	0.015~0.026
	Zr	Fe	Bi	Mn	Si	P	S	Pb	
	0.05~0.1	≤ 0.5	≤ 0.0001	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.02	≤ 0.01	≤ 0.0005	

涂层刀片的应用范围和切削性能的提高。

为保证刀片的制造质量,刀片槽型的加工采用慢走丝线切割加工,有效克服快走丝线切割电极丝往复高速移动(可达每秒数米),容易引起电极丝抖动和使用加工过程的排屑方式发生变化,会在加工表面的进给方向形成凹凸不平的斑马条纹和切割精度较低等弊病。本次加工选用直径 0.25mm 的成卷铜丝作线电极,以较慢的速度(小于 300mm/s)单向运行,经过放电腐蚀后不再重复使用,每卷金属丝可连续使用 10h 以上,刀片表面粗糙度值可达 $R_a 0.2 \mu\text{m}$ 。如图 3 所示。

如图 4 (a)、(b) 所示 I、II 组上压机夹车刀 UG 组装图,将焊接刀片放在刀杆槽里定位,螺钉压紧。当刀片磨损刃磨时,松开压紧螺钉,更换刀片。

切削试验及结果

单刃刀具使用情况: 采用 55° 菱形车刀,切削速度为 8r/min (18.4m/min),进给速度为 0.1mm/r 时,刀具寿命是每刃可以加工 1.3 个环型槽;切削速度在 6r/min (13.8m/min) 时,

表2 应力时效后的拉伸性能

应力时效制度			900℃拉伸性能		
$\theta/^\circ\text{C}$	σ/MPa	t/h	σ_r/MPa	$\delta_5/\%$	$\psi/\%$
700	392	100	745	14.0	27.5
		200	745	8.0	22.5
800	245	100	750	13.5	22.5
		200	745	15.5	19.0
		300	805	-	-
850	147	500	695	12.0	23.0
		1000	685	11.5	21.5
900	147	100	720	10.0	12.5
		200	695	10.5	15.5
		300	655	13.5	19.0
		400	685	9.5	15.5

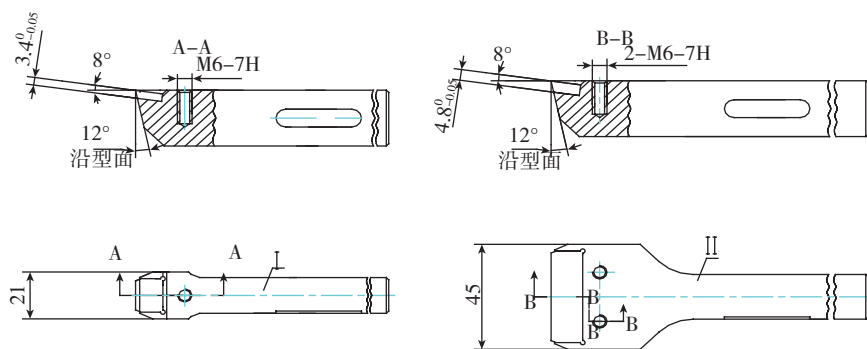


图2 I、II上压式机夹车刀刀杆示意图

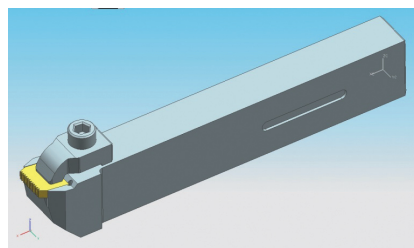
刀具寿命是每刃可以加工 1.7 个环型槽。表面粗糙度均为 $R_a 3.2 \mu m$ 。考虑到实际生产时,中途不可以换刀的问题,8r/min 为最理想切削速度。

多齿专用车刀使用情况:用自行研制生产的多齿专用车刀,切削速度在 8r/min,进给速度为 0.1mm/r 时,刀具寿命是每齿可以加工 0.9 个环型槽;切削速度在 6r/min 时,刀具寿命是每齿可以加工 1.3 个环型槽。表面粗糙度均为 $R_a 3.2 \mu m$ 。6r/min 切削速度为最理想切削速度。

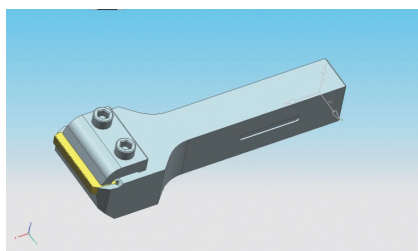
55° 菱形车刀,切削速度在 8r/min 情况下,每个工步可加工 1 个环型槽。研制生产的多齿专用车刀,切削

速度在 6r/min 情况下,每个工步 I 组 (13 个刃) 可加工 13 个环型槽,II 组 (37 个刃) 可加工 37 个环型槽,多齿 (13 个刃) I 组专用车刀实际切削效率是 55° 菱形车刀的 10 倍,II 组 (37 个刃) 是 55° 菱形车刀的 30 倍,采用多齿专用车刀可降低 23% (13 个刃) 和近 60% (37 个刃) 的刀具成本。

经过多次切削试验,改进了切削速度及进刀量等切削参数,并不断调整刀具几何参数,缩短前刀面长度,使压板即起压紧作用又起断屑作用。I、II 两组上压式机夹车刀切屑成螺旋丝状断屑排出,没有出现打齿及磨损现象,切削深度、度面转接 R



(a) I 组组装图



(b) II 组组装图

图4 I、II组上压式机夹车刀UG组装图

达到零件设计精度要求。

结论

上压式机夹车刀与焊接车刀相比,具有下列的优点:

(1) 由于避免焊接、刃磨时高温所引起的缺陷,有合理槽形与几何参数,因而提高了刀具寿命。

(2) 刀刃磨钝后,可迅速更换新刀刃,大大减少停机换刀时间;使用涂层刀片,能选用较高切削用量,因而提高了生产率。

(3) 刀片更换方便,有利于推广新技术、新工艺。

(4) 刀片已标准化,能实现一刀多用,减少储备量,简化刀具管理。

经科研生产验证,压板压紧牢固可靠,调整方便,完成一次加工成型,刀片磨损可随时更换,刀杆利用率高,有效提高生产效率,降低工装成本费用。使用多齿专用车刀,可以大幅度提高切削效率,降低刀具成本。

参考文献

[1] 中国航空材料手册编辑委员会. 中国航空材料手册(第2卷)变形高温合金、铸造高温合金. 北京: 中国标准出版社, 2002.

(责编 深蓝)

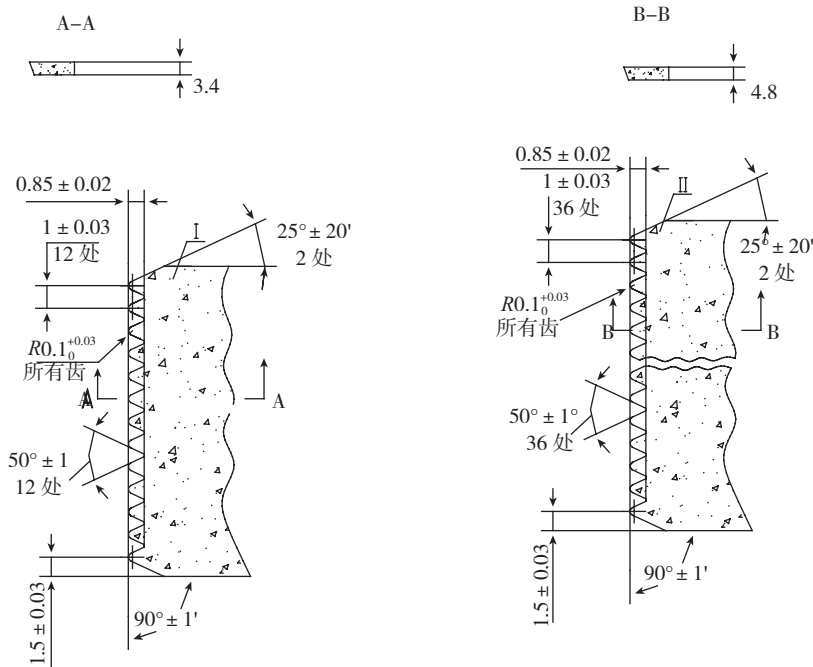


图3 I、II刀片简图