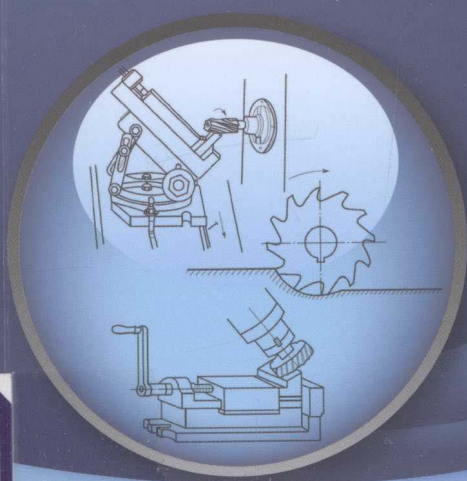


● 机械制造现场实用经验丛书

铣削技术经验

XIXIAO JISHU JINGYAN

◎ 郑文虎 编 著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

机械制造现场实用经验丛书

铣削技术经验

郑文虎 编著

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书以图文并茂的形式介绍了铣削工艺和难切削材料的铣削。全书共两章 10 节,总计 123 条现场实用技术经验,可供铣工(包括数控铣工)借鉴、参考和运用,也可供相关技术专业师生和工艺人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铣削技术经验/郑文虎编著. —北京:中国铁道出版社,2013. 11
ISBN 978-7-113-17355-5

I. ①铣… II. ①郑… III. ①铣削—生产工艺 IV.
①TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 221648 号

书 名: 机械制造现场实用经验丛书
 铣削技术经验
作 者: 郑文虎 编著

责任编辑:徐 艳 电话:010-51873193
编辑助理:张卫晓
封面设计:崔 欣
责任校对:马 丽
责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)
网 址:<http://www.tdpress.com>
印 刷:北京鑫正大印刷有限公司
版 次:2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷
开 本:850 mm×1168 mm 1/32 印张:6.125 字数:157 千
书 号:ISBN 978-7-113-17355-5
定 价:21.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电话:市电:(010)51873170 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

社会生产技术是不断总结经验发展、提高和进步的。铣削加工同车削加工和磨削加工是机械加工的三个基础加工工艺技术工种,各个制造领域都离不开它。在机械加工中的地位十分重要。

“经验是实践得来的知识或技能”。技术经验是运用技术理论的结晶,技术经验是实践运用技术理论进行总结的升华,技术经验是解决生产技术难题的捷径。一个人要想为国家和企业做出更大的贡献,实现人生最大价值和理想,除努力学习和实践外,还要学习、借鉴和运用他人的技术经验,来提高在生产实践中的应变能力,促进技术进步和生产发展。

此书是总结编者 50 多年在铣削方面的技术经验和收集社会上技术经验而成。内容包括铣削工艺和难切削材料的铣削,共两章 10 节 123 条技术经验。

在编写的过程中,得到中国北车集团北京南口轨道交通机械有限责任公司的大力支持,同时也参考了相关作者的资料,在此一并表示衷心地感谢!由于编者水平所限,书中难免有错误之处,恳请读者指正。

编者

2013 年 7 月 5 日

目 录

第一章 铣削工艺	1
第一节 平面工件的铣削	1
1. 铣削矩形六面体工件的步骤	1
2. 垂直平面的铣削	3
3. 使用平口钳夹紧工件时使工件基准面贴实水平 导轨面或垫铁的方法	3
4. 铣削平面时防止工件中部凹的方法	4
5. 铣脆性材料平面时防止“崩边”和“折角”的方法	5
6. 铣平面时降低表面粗糙度值的方法	5
7. 用圆柱铣刀铣平面时防止“深啃”的方法	6
8. 用平口钳装夹圆锥轴和斜面工件的方法	6
9. 用压板和螺栓装夹工件防止工件变形的的方法	7
10. 使用平口钳时应注意的问题	8
11. 铣平面时应注意的问题	9
12. 铣平行面或垂直面产生废品的原因及防止方法	10
13. 提高铣削平面效率的方法	11
14. 斜面的铣削方法	12
15. 铣斜面时产生废品的原因与防止方法	16
第二节 铣槽和切断	16
1. 铣键槽时工件的装夹方法	16
2. 铣削对称度要求高键槽的方法	19
3. 铣削键槽时保证表面粗糙度的方法	20
4. 键槽的检测方法	20
5. 铣键槽的废品产生原因及防止方法	23

6. 用牙键槽深度的检测方法	23
7. 铣 T 形槽的步骤	24
8. 铣 T 形槽时应注意的问题	25
9. 铣偏心圆弧槽的方法	26
10. 铣直角槽时工件的装夹方法	27
11. 直角槽对称度的检测方法	28
12. 用立铣刀铣直角槽应注意的问题	29
13. 铣燕尾槽的方法	30
14. 燕尾槽的测量方法	30
15. 切断用锯片铣刀的选择方法	31
16. 条形料的切断方法	32
17. 板料的切断方法	33
18. 圆柱料的切断方法	34
19. 锯片铣刀折断的原因与防止方法	35
第三节 铣多边形和花键轴	36
1. 用组合铣刀铣多边形的方法	36
2. 用端铣刀铣多边形的方法	38
3. 铣多边形时易出现的问题和防止方法	39
4. 铣削花键时的对刀方法	40
5. 铣削花键槽底圆弧面的方法	41
6. 用成形刀铣花键的方法	43
7. 用成形铣刀或三面刃铣刀铣削花键时产生的问题 和防止方法	44
第四节 铣离合器与刻线	45
1. 铣削直齿离合器时铣刀的选择	45
2. 铣离合器时的对刀方法	45
3. 矩形齿离合器的铣削方法	46
4. 铣削尖齿和锯齿形离合器的方法	48
5. 铣削梯形收缩齿离合器的方法	50
6. 铣削梯形等高齿离合器的方法	52

7. 刻线时刀尖角的选择	54
8. 刻线时分度方法与刻线	55
9. 刻直线尺寸线的方法	56
第五节 铣削曲线外形和特形面	58
1. 按划线铣削曲线外形	58
2. 用回转工作台铣曲线外形	59
3. 用靠模铣削曲线外形	61
4. 用成形铣刀铣曲线形面	62
5. 采用专用装置铣大半径圆弧面	63
6. 铣大半径内、外圆弧面	64
7. 大球面的铣削	65
8. 铣削轴中间为外球面的方法	66
9. 铣削带圆柱柄的圆球	67
10. 铣削大直径截球面	68
11. 铣削内球面	69
12. 铣削球面产生问题的原因和防止方法	70
13. 用三面刃铣刀铣内椭圆面	70
14. 铣削椭圆孔	71
第六节 铣削齿轮、蜗轮和齿条	72
1. 铣削标准圆柱齿轮	72
2. 铣削齿轮时产生问题的原因及防止方法	75
3. 铣削斜齿圆柱齿轮	76
4. 铣削直齿锥齿轮	79
5. 一刀成形铣削直齿锥齿轮	84
6. 铣削蜗轮	86
7. 滚切齿数大于 100 的质数直齿圆柱齿轮	89
8. 滚切齿数大于 100 的质数斜齿圆柱齿轮	90
9. Y38、Y3150 滚齿机滚切大于 100 质数齿轮的挂轮 计算	91
10. 滚切齿轮时出现问题 and 防止办法	91

11. 插削直齿圆柱外齿轮	93
12. 插削内齿轮	97
13. 插齿时产生问题、原因和防止方法	98
14. 在卧铣上铣削直齿齿条	99
15. 在立铣上铣削直齿齿条	104
16. 铣削斜齿齿条	105
17. 在铣床上铣链轮	107
18. 简易滚齿定位锥套	109
19. 滚切球形齿轮	110
20. 提高齿轮滚刀耐用度的方法	111
第七节 铣削孔和螺旋槽及凸轮	111
1. 铰削精度高的孔	111
2. 铣孔时准确调整刀头的方法	113
3. 在立铣上镗多孔	115
4. 铣削与基面平行的多孔	116
5. 在卧铣上镗孔的方法	117
6. 防止镗孔出现椭圆的方法	118
7. 防止镗孔时产生振动的方法	119
8. 提高铣床移距精度的措施	119
9. 铣螺旋槽时交换齿轮的计算	120
10. 铣螺旋槽时减小“内切”的方法	121
11. 铣螺旋槽时铣削方向的确定	122
12. 铣削圆盘凸轮	124
13. 铣削圆柱凸轮	129
14. 铣削渐开线凸轮	132
第八节 刀具开齿的铣削	133
1. 铣削圆柱刀具直齿槽	133
2. 圆柱螺旋齿槽刀具的开齿	139
3. 铣螺旋槽刀齿产生的问题和原因及防止方法	144
4. 铣削刀具端面齿槽	144

5. 铣角度直齿铣刀齿槽	148
6. 铣削直齿锥度铰刀齿槽	149
7. 铣削锥度等导程螺旋刀具齿槽	152
8. 铣削锥度等螺旋角刀具齿槽	154
第二章 难切削材料的铣削	164
第一节 对难切削材料的切削在认识上的经验	164
1. 工件材料的切削加工性	164
2. 充分认识工件材料的性能对切削加工性的影响	164
3. 难切削材料及其分类	165
4. 材料的相对切削加工性及其应用	167
5. 难切削材料的切削特点	167
6. 改善难切削材料加工性的基本途径	168
第二节 难切削材料的铣削	169
1. 淬火钢的铣削	169
2. 不锈钢的铣削	170
3. 高锰钢的铣削	172
4. 高强度钢的铣削	174
5. 钛合金的铣削	175
6. 高温合金的铣削	176
7. 热喷涂(焊)材料的铣削	178
8. 复合材料的铣削	179
9. 软橡胶的铣削	181
10. 石棉板的铣削	182
11. 塑料的铣削	183
参考文献	185

第一章 铣削工艺

第一节 平面工件的铣削

1. 铣削矩形六面体工件的步骤

铣矩形六面体时,一般采用立式铣床,端面铣刀,用平口钳装夹工件进行各表面加工,保证各面间的平行度和垂直度,其铣削步骤如下(图 1-1):

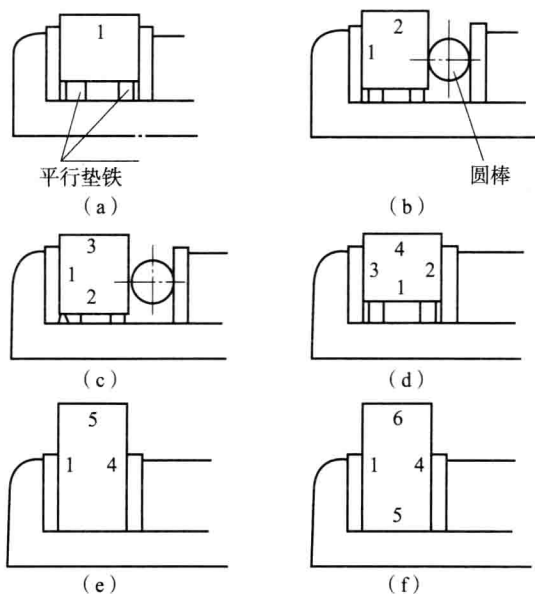


图 1-1 矩形六面体铣削步骤

(1)首先从工件毛坯上选择相邻的和相对平整的两面作为定位的粗基准平面,侧面靠向固定钳口,底面靠实在平行垫铁上,用

活动钳口夹紧,铣工件 1 表面,如图 1-1(a)所示。

(2)把已铣平的 1 表面靠向固定钳口,工件底面用平行垫铁垫实,为了防止活动钳口夹紧后工件 1 面不能紧靠固定钳口表面,采用一根直径为 $\phi 8 \sim \phi 12$ mm 的圆棒垫在活动钳口和工件之间,再用活动钳口夹紧工件,铣工件 2 面,如图 1-1(b)所示。

(3)用铣平的 1、2 表面作精定位表面,安装方法同上,铣第 3 表面,如图 1-1(c)所示。

(4)用铣平的 1、3 表面作精定位表面,靠紧在固定钳口和平行垫铁上,用活钳口夹紧,铣第 4 面,如图 1-1(d)所示。

(5)用铣平的 1 面和一端的毛坯面作定位基准,把 1 面靠在固定钳口上,用活动钳口夹紧后,用直角尺找正 3 面,使其要铣的 5 面垂直于已铣过的各面,然后铣 5 面,如图 1-1(e)和图 1-2 所示。

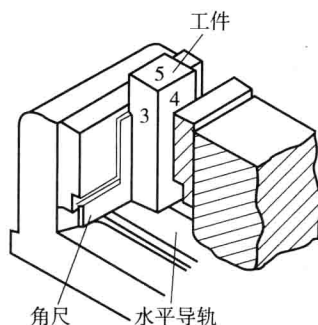


图 1-2 找正 3 面垂直度

(6)用 1 面和 5 面为定位基准,并用直角尺找正,夹紧后铣第 6 面,如图 1-1(f)所示。

粗铣后,再按精铣的切削用量调整机床,同样按上面的步骤精铣各表面。

注意要用百分表检测固定钳口与铣床工作台的垂直度;为了使工件底面与平行垫铁接触实,在用锤敲击工件上面时,用力要先重后轻,以避免工件反弹造成有间隙,而影响工件平行度。

2. 垂直平面的铣削

所谓铣垂直平面,就是要求铣出的平面与基准平面垂直。在立铣床上和卧铣床上,只要把工件基准平面分别装夹得与铣床工作台垂直或平行就可以了。

(1)在立铣上铣垂直面。把机用平口钳安装在铣床工作台台面上,只要把工件基准平面与固定钳口紧密贴靠即可。如果工件的垂直度要求较高时,可用百分表及配合上下移动工作台的方法,找正工件基准平面,使其在 200 mm 长度内,误差小于 0.03 mm,如图 1-3 所示。

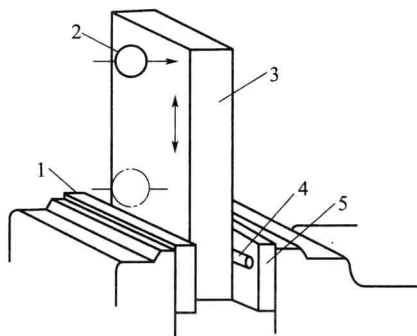


图 1-3 在立铣上用平口钳装夹工件

1—固定钳口;2—百分表;3—工件;4—圆柱棒;5—活动钳口

(2)在卧铣床上铣垂直面。对于工件尺寸较大或形状复杂,则采卧铣用端铣刀加工。把工件基准面放在工作台台面上,用压板和螺栓将工件压紧,用端铣刀铣削垂直面,如图 1-4 所示。

3. 使用平口钳夹紧工件时使工件基准面贴实水平导轨面或垫铁的方法

平口钳适用于装夹尺寸较小的工件,铣削平面或其他表面的工件。若工件基准面与平口钳水平导轨紧密地贴合,铣出的工件上表面和基准面平行。对于尺寸较小或厚度较薄的工件,可在工

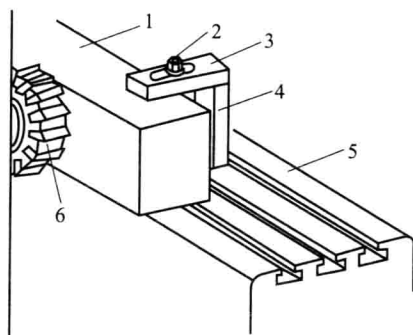


图 1-4 在卧铣上用端铣刀铣垂直平面

1—工件；2—螺栓；3—压板；4—垫铁；5—工作台；6—铣刀

件下面垫经过磨削尺寸合适的平行垫铁，使工件基准面与垫铁紧密贴合。夹紧后可用铜锤轻轻敲击工件上面，用手移动垫铁两端，若无松动现象，即说明工件与垫铁贴实，如图 1-5 所示。同时也可以敲击时听觉的虚实声音，来辨别是否紧密贴合。虚的声音，表示工件悬空有间隙，这时必须轻敲击工件才能消除。否则敲击的力大，工件反弹造成工件下面产生间隙。

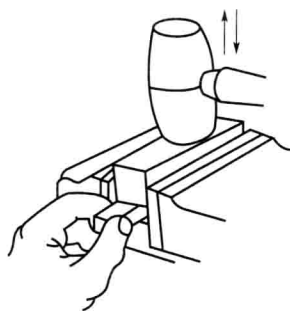


图 1-5 用平口钳装夹铣平面

4. 铣削平面时防止工件中部凹的方法

在用端铣刀铣平面时，工件出现中部凹的现象，其主要原因是

铣床主轴的轴线与工作台的进给方向平面不垂直;用圆柱铣刀铣削时,因圆柱铣刀的圆柱度误差大,中部直径大所致。防止的方法:在用端铣刀铣削平面度要求高的平面前,首先要检测铣床主轴的轴线与工作台进给方向平面的垂直度。检测与调整方法是在铣床主轴端面吸一个磁力表座,在上面装上一块百分表,使测量杆垂直于工作台面,表测头随主轴回转直径大于 200 mm,用手慢慢转动铣床主轴,看百分表在左右方向的误差值。误差值大,说明主轴的轴线与工作台的误差大,反之则小。尽量调整使误差值接近于零。如用圆柱铣刀铣削平面时,工件平面度不合格,就应更换新的铣刀或重新磨好再用。

5. 铣脆性材料平面时防止“崩边”和“折角”的方法

脆性材料是指伸长率 δ 很小或为零的材料,如常用的铸铁、铸铜和一些非金属材料。它们的抗弯强度 σ_{bb} 很低,当受到外力作用时,易崩裂。铣削这些材料时,易出现“崩边”和“折角”,其原因:切削深度和进给量过大,造成切削力大;刀具磨损严重,挤压力大;刀具的前角和后角太小;端铣刀的主偏角大,致使切入切出不平稳。防止的方法:端铣刀的主偏角 $\kappa_r \leq 75^\circ$,使切入切出平稳;对于已达到磨钝标准的刀具(片)要及时更换,以保持刀具锋利;粗铣时,适当减小每齿进给量。

6. 铣平面时降低表面粗糙度值的方法

铣平面时,工件表面粗糙度值大的原因:进给量大或进给不均匀;铣刀不锋利或端铣刀径向与轴向刀齿高低误差大;铣床导轨与铣床主轴的间隙大造成的振动;夹具、工件和刀具刚度差引起的振动;工件表面有刀具“深啃”现象;切削用量和切削液选择不合理等。防止的方法:在精铣时,要调整可转位端铣刀刀片高低的一致性;适当减小每齿进给量和适当提高切削速度(硬质合金刀具),以防积屑瘤产生;采用润滑性能好的切削液,以抑制积屑瘤的产生;检查和调整刀杆弯曲程度符合要求;采用辅助支承提高夹具和工

件刚度;对铸铁和铸铝工件精铣时, $a_p < 0.1 \text{ mm}$,并用煤油润滑;调整铣床导轨间和主轴轴承的间隙,以减小振动;对有色金属工件,可采用人造聚晶金刚石复合片(PCD)和人造金刚石厚膜钎焊刀具(CVD)进行铣削,不仅表面粗糙度好,而且可使切削速度比硬质合金刀具提高 5 倍以上。

7. 用圆柱铣刀铣平面时防止“深啃”的方法

这种“深啃”的不良现象是因为在铣削时,铣刀和刀杆受切削力的作用而向上抬起,当工作台停止进给运动后,刀杆轴受切削力的作用减小,刀杆弹性恢复,这时加工表面就会铣出一个凹坑的痕迹,如图 1-6 所示,这种现象习惯称为“深啃”。为了防止这种现象的产生,在铣削过程中,如果需要停止工作台的进给运动,应先把铣床工作台下降一点,使铣刀脱离加工表面后,再停止进给运动或停机,就可防止这种不良的现象产生。

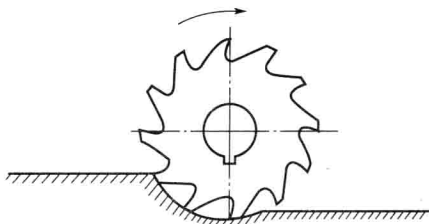


图 1-6 工件表面“深啃”现象

8. 用平口钳装夹圆锥轴和斜面工件的方法

一般的情况下,平口钳(也即机用虎钳)只能夹持两面相对平行平面的工件,进行铣削平面等加工。若遇到要装夹圆锥轴或两面相对不平行的工件时,可在平口钳钳口之间增加一个弧形垫块,如图 1-7 和图 1-8 所示,它就可以随工件的形状在夹紧的过程中,自动调整角度而夹紧工件。

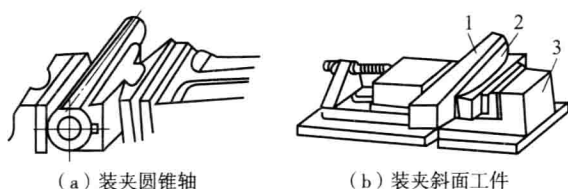


图 1-7 平口钳夹持特形工件的钳口弧形垫
1—工件；2—弧形垫；3—平口钳

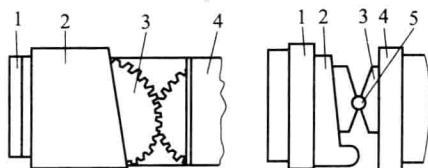


图 1-8 平口钳夹持斜面的工件
1—固定钳口；2—工件；3—夹持垫；4—活动钳口；5—圆柱销

9. 用压板和螺栓装夹工件防止工件变形的方

工件在加工时装夹不合理,将会直接影响到工件的变形,同时也会影响到工件加工后的形位精度,甚至会使工件报废。在用压板压紧形状和结构复杂、薄壁和壳体工件时,此问题更为突出。为了减小夹紧时对工件变形的影响,合理选择夹紧点和夹紧时压板的使用方法及夹紧力的大小更为重要。用压板压紧工件的方法,如图 1-9 所示。

压板螺栓应尽量靠近工件,而不是靠近垫铁,如图 1-9(a)所示,这样可以增加力臂保证夹紧可靠;压板垫铁的高度应保证压板在受力后不发生倾斜,如图 1-9(b)所示,以免使螺栓受到弯曲力,使压板与工件接触不良和使工件产生位移与变形;压板在工件上的压紧点的位置,应尽量靠近工件的加工部位,所用的压板的数量不得少于两个,并且工件受压处下面不允许有不实和悬空,以防止工件产生弹性变形,如图 1-9(c)、(d)所示;垫铁必须正确放在压板下面,高度应与工件等高或略高于工件高度,否则会降低压紧力,

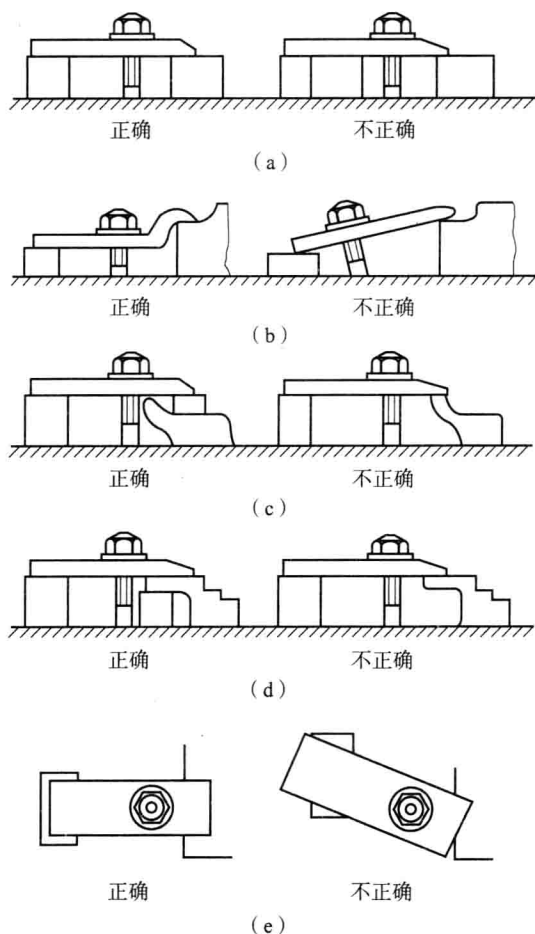


图 1-9 压板的使用方法

如图 1-9(e)所示;压紧力的大小要合适,以防工件变形。一般粗铣时,压紧力应大一些。在精铣时,应适当减小压紧力。

10. 使用平口钳时应注意的问题

(1)为了防止钳口夹伤工件已加工表面,在粗铣后或精加工时,都应在钳口和工件间垫上铜皮等软质垫片,以保护工件已加工