

# 奥氏体不锈钢车削工艺的研究

曹玉泉

( 长安大学 工程训练中心 陕西 西安 710061 )

**摘 要** :不锈钢材料在金属切削加工中属于难加工材料 ,而奥氏不锈钢类材料又是难中之难 ,无论其切削工艺、加工成本及加工质量都为当前机械加工的难题。通过不断探索寻找、确定最佳刀具几何角度、材料、切削液等工艺 ,采用试验分析方法 ,确定奥氏体不锈钢车削工艺的方法 ,具有时间短、准确可靠、针对性强的特点。通过分析对比 ,取得了合理的工艺参数。实验结果表明 ,能较好地解决奥氏体不锈钢车削加工过程中存在的切削力大、切削温度高、刀具耐用度低及生产效率低的问题 ,工件质量显著提高 ,基本解决了奥氏体不锈钢切削难的问题。

**关键词** :奥氏体不锈钢 ;切削加工 ;工艺实验 ;工艺参数 ;加工成本

**中图分类号** :TG142.71 ;TG506 **文献标识码** :A

## Research on austenite stainless steel machining craft

CAO Yu-quan

( Center of Engineering Training ,Chang 'an University ,Xi 'an 710061 ,China )

**Abstract** Stainless steel is a difficult material in the metal machining process ,however austenite is the most difficult inside of the stainless steel material ,especially in the craft of slicing ,the cost of machining and the quality of the process. People constantly investigate in this problem for the certain craft parameter. The examine analysis method which is a good way to insuer the austenite of stainless steel process craft have the fast and accurate features. The reasonable craft parameter can be get from the analyzing and comparing the experiment result.

**Key words** :austenite stainless steel ; machining of metals ; craft experiment ; craft parameter ; cost of machining

## 0 引 言

由于不锈钢材料具有优良的耐腐蚀性和高强度及韧性 ,在液、气体传输管中应用日趋广泛。尤其是在高压输送含有酸碱性的液体时 ,多数采用奥氏体不锈钢材阀管件 ,这类零件形状复杂、要求加工精度高 ,切削加工性极差 ,给机械加工带来了很大的困难。对此 ,如何提高该类材料工件的加工质量 ,降低加工成本 ,就成为一个急需解决的工艺难题。

首先 ,我们分析不锈钢材料的性能、成分及金相组织。按其金相组织不锈钢可分为铁素体、马氏体和奥氏体 3 种。铁素体和马氏体不锈钢的成份中以铬为主 ,在淬火 - 回火或退火状态下使用 ,综合力学性适中 ,切削加工一般不太难 ,奥氏体不锈钢的成分以铬、镍元素为主 ,淬火后呈奥氏体组织 ,切削加工性能较差 ,主要体现在 :

1) 塑性大 ,加工硬化严重 ,易产生积屑瘤 ,使其加工表面质量恶化。切削力比正火 45 钢高 20% ,加

工表层硬化度高 ,给下道工序加工带来困难。

2) 导热系数小 ,切削热不易传出 ,加工硬化严重 ,加上材料中有碳化物( TiC 等 ) ,形成硬质夹杂物 ,又易与刀具发生冷焊 ,故刀具磨损快 ,耐用度极低。

由于常遇到的切削材料如 :1Cr18Ni9Ti、1Cr18Ni9、0Cr18Ni12Mo2 等均属于难加工的奥氏体不锈钢。基于这种材质特性 ,在大量试验的基础上通过分析比较确定工艺参数 ,就显得极为重要。

## 1 切削性能试验分析

由于多数零件毛坯状况及技术要求的原因 ,一般粗车加工呈断续切削为多 ,这样就产生相当大的机械摩擦和冲击力。因此 ,刀具的后刀面磨损加剧 ,并有崩刃和打刀等现象出现。对此 ,采用不同结构、不同材料的刀具 ,同时采取负前角及负倒棱的刀具几何角度等措施进行车削试验 ,见表 1。结果表明 ,

YB215 涂层的硬质合金车削效果最好 ,因为这类刀片的强度、硬度都提高 ,增加了耐磨性和抗冲击性 ,片材质中含有稀有合金元素钽( Td )和铌( Nb )等 ,刀粗车加工效果不错。

表 1 大粗车试验时刀具几何参数、切削用量及结果

Tab.1 Craft parameter and result of general cutting experiment

刀片 材质	刀具 结构	刀具几何参数					切削用量			耐用度 /min	刀具耗损现象
		前角 $\gamma(^{\circ})$	后角 $\alpha(^{\circ})$	主偏 角 $\varphi(^{\circ})$	刃倾 角 $\lambda(^{\circ})$	负倒 棱宽	$V$ $(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	$f$ $(\text{mm}\cdot\text{r}^{-1})$	$a_p$ /mm		
YG6	机夹	12	6	75	- 15	0.2	10 ~ 13	0.25 ~ 0.36	5 ~ 8	8 ~ 15	后刀面磨损、崩刃较多
YT5	焊	- 5	6	90	- 15	0.5	10 ~ 13	0.25 ~ 0.36	5 ~ 8	10 ~ 17	崩刃、打刀出现较多
YW2	焊	- 10	6	90	- 15	0.5	10 ~ 13	0.25 ~ 0.36	5 ~ 8	15 ~ 20	后刀面磨损严重有崩刃
YB215	机夹	12	6	90	- 15	0.5	10 ~ 13	0.25 ~ 0.36	5 ~ 8	35 ~ 50	后刀面磨损、崩刃少见

表 2 半精车、精车试验时刀具几何参数、切削用量及结果

Tab.2 Craft parameter and result of accurate cutting experiment

刀片 材质	刀具 结构	刀具几何参数					切削用量			耐用度 /min	加工表面粗糙度/ $\mu\text{m}$
		前角 $\gamma(^{\circ})$	后角 $\alpha(^{\circ})$	主偏 角 $\varphi(^{\circ})$	刃倾 角 $\lambda(^{\circ})$	负倒 棱宽	$V$ $(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	$f$ $(\text{mm}\cdot\text{r}^{-1})$	$a_p$ /mm		
YG8N	焊	12	6	75	- 15	0.2	30 ~ 33	0.12 ~ 0.25	3 ~ 5	20 ~ 25	Ra3.2
YW2	焊	15	6	90	- 15	0.3	30 ~ 33	0.12 ~ 0.25	3 ~ 5	20 ~ 37	Ra3.2
YB215	机夹	15	8	90	- 15	0.3	40 ~ 50	0.12 ~ 0.18	0.2	110 ~ 120	Ra1.6
立方 氮化硼	机夹	0	8	90	0		70 ~ 90	0.12 ~ 0.18	0.2	180 ~ 230	Ra1.6 ~ 0.8

在半精车、精车试验时由表 2 可以看出 4 种刀具都很少出现崩刃和打刀现象 ,YG8N、YW2 仅是后刀面磨损较快。而涂层硬质合金、立方氮化硼刀具 ,加工耐用度和切削速度都较高。如果在使用立方氮化硼车刀切削之前 ,先用金刚石油石研磨一下刀刃及前后刀面 ,则刀具的耐用度会进一步提高。

2 主要技术措施

2.1 刀具材料的选择

在加工奥氏体不锈钢时 ,由于切削力很大 ,切屑与前刀面高速摩擦接触 ,切削力集中在刀刃处 ,容易产生崩刃现象。因而刀具材料不宜采用强度低、脆性大的 YT 类硬质合金。另外 YT 类硬质合金中的钛元素 ,在高温下与工件材料中钛元素发生亲和 ,产生冷焊 ,加剧了扩散磨损。选用韧性好的 YG 硬质合金 ,但是该材料导热性差 ,热量集中在刀尖处给加工带来困难。目前在 YG8 的材料中加入 1% Nb 后成为 YG8N ,该材料在使用性能方面比 YG8 提高 1 ~ 2 倍。在半精工、精加工时选用涂层的硬质合金 (如 YB215 )和立方氮化硼刀具切削不锈钢 ,也能显著提高刀具的切削性能。

2.2 刀具几何参数和结构

由于奥氏体不锈钢材料具有塑性大 ,导热系数

小和加工硬化严重等特点。在选择合理的刀具材料后 ,刀具几何角度的选择是否合理 ,就显得尤其重要。为了减少切削力、切削热和功率 ,在正确、合理地选择刀具的几何角度方面 ,应注意以下几点 :

1)前角  $\gamma$ 。是刀具最主要的角度之一。增大前角 ,可减少前刀面挤压切削层的塑性变形 ,减少切屑流经前刀面的阻力 ,粗车奥氏不锈钢时 ,前角一般取负值  $\gamma = - 10^{\circ} \sim - 20^{\circ}$ 。在半精车、精车时对硬质合金刀具  $\gamma = 15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 为宜。

2)后角  $\alpha$ 。增大后角 ,可以减少后刀面摩擦 ,提高加工表面质量和刀具耐用度。但是刀具的前角、后角过大时 ,刀具的楔角将变小 ,使刀尖的强度下降 ,实验发现在粗加工时  $\alpha = 6^{\circ} \sim 8^{\circ}$  ,精加工时  $\alpha = 8^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 较为合适。在刃磨时 ,应保证前后刀面较低的表面粗糙度。

3)主偏角  $\varphi$ 。主偏角较小时 ,能减少后刀面磨损 ,提高刀具耐用度。主偏角应根据机床、工件形状、刀具的刚性和装刀位置来选择和确定。

4)刃倾角  $\lambda$ 。负值的刃倾角能保护刀尖 ,提高刀刃强度 ,并能增大实际切削前角 ,一般选取刃倾角为  $\lambda = - 15^{\circ} \sim 0^{\circ}$ 。

5)负倒棱不宜过宽 ,一般取  $b = 0.5 \sim 1.0$ 。采

用全圆弧形断屑槽,可以增大前角和取得良好的断屑效果。

6)刀具结构上,应尽量选用机夹可转位刀具形式,这样可有效地减轻劳动强度和降低刀具成本,避免焊接硬质合金产生的裂纹导致物理性能下降等问题。

### 3 切削用量的选取

合理地选取切削速度  $v$ 、进给量  $f$  和背吃刀量  $a_p$  对于提高奥氏体不锈钢材料的加工质量能起很重要的作用。对于切削效率、表面加工质量以及刀具耐用度的影响极大。根据切削原理分析后发现,影响切削温度的最大因素是切削速度,其次为进给量,最小是背吃刀量。实验表明,在机床功率及刚性允许的情况下,背吃刀量可适当增大。

对于奥氏体不锈钢难加工材料,其切削速度一般要比碳钢低得多,因为切削速度的提高将会导致刀具的加剧磨损。对任何一种难加工材料,都有一个最佳切削速度值,这个值可以通过实验来确定。根据刀具的材料,其实验得到的切削参数见表 1、表 2。

进给量对工件表面粗糙度和断屑、排屑的影响很大。进给量不宜过大,以免引起切削负荷过大,但也不能太小。以避免切削刃在前次走刀所形成的冷硬层内工作,实验证明车削奥氏体不锈钢一般不应  $< 0.12 \text{ mm/r}$ 。

### 4 切削液的选取

由于加工过程中首先是粘刀与材料加工过热、积屑瘤产生,导致材料加工硬化加剧,切削力增加,刀具的前刀面与切屑摩擦严重,切削热大量产生。同时材料韧性大,刀尖的撑开作用困难。针对以上问题,选择抗粘结和冷却性能好的切削液是有效办法。通过大量的实验发现,对切削液应有以下要求:一是流动性要好;二是高温润滑性要好。也就是说,

切削液的流动性好,可使切削液及时地、连续地流到加工面上去冷却、润滑,减少刀具产生积屑瘤、不粘刀。对此,通过多组配方进行对比实验发现,采用了高速全损耗系统用油、酒精、二硫化钼 3 种成分配比的切削液,使用效果比较好。其配方为:全损耗系统用油 40%,粘度小,流动性好,有低温润滑、冷却作用。二硫化钼 20%,润滑性好,在高温高压下其润滑效果好;酒精 40%,粘度小,流动性好,冷却散热效果较好。配比时,先将二硫化钼粉与酒精搅拌均匀后,再加入高速全损耗系统用油,充分搅匀即可。

对于硬质合金类及立方氮化硼材料刀具,切削液的供给必须及时、充分,最好能采用喷雾冷却、高压冷却等高效冷却方法。以防止刀具材料产生裂纹。

### 5 结 语

本工艺制订的特点是,通过实验手段采用新刀具材料及特殊工艺方案,获得合理的工艺及其技术参数,用于切削加工的实践中。经过对一些奥氏体不锈钢材料如:1Gr18Ni9Ti、1Gr18Ni9 和 0Gr18Ni12Mo2 的阀体、管件零件进行加工,证明该工艺有很好的适应性,加工综合成本明显下降。该工艺方案还对马氏体类不锈钢如 2Gr13 及部分难加工材料如 ZGMn13 高锰钢等,也有显著效果。实践证明,该项工艺能较好解决奥氏体类不锈钢难切削加工的问题,可获得较高的加工精度及效率,提高刀具的耐用度,降低废品率及加工成本。

参考文献:

- [1] 金属切削手册组. 金属切削手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1999.
- [2] 许华忠. 实用金属手册[M]. 武汉:湖北科学技术出版社, 1998.
- [3] 陈日曜. 金属切削原理[M]. 北京:机械工业出版社, 1995.
- [4] Geoffrey Boothroyd, 山东工学院机制教研室. 金属切削加工的理论基础[M]. 济南:山东科学技术出版社, 1980.

[责任编辑 李 艳]