

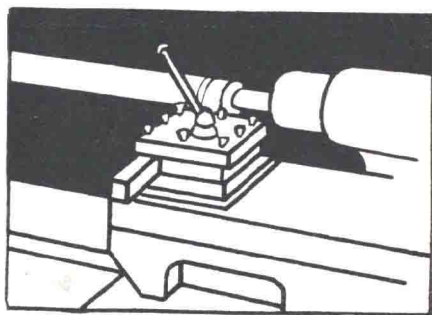
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

不锈钢的车削

刘景复 编著

车工



机械工业出版社

内容提要 本书主要介绍不锈钢种类, 切削加工性能, 车削不锈钢工件时刀具材料、几何角度、切削用量的选择, 以及加工工件的典型实例及其注意事项等。

本书可供三级以上车工阅读。

不 锈 钢 的 车 削

刘景复 编著

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $1\frac{1}{8}$ · 字数 28 千字

1981 年 2 月北京第一版·1981 年 2 月北京第一次印刷

印数 00,001—21,500 · 定价 0.12 元

*

统一书号: 15033 · 4990

目 次

一	常用不锈钢的种类和性能.....	1
1	不锈钢的种类(1)——2 材料的切削加工性(2)——3 为什么不锈钢的切削加工性差(4)	
二	车削不锈钢的刀具.....	6
1	刀具材料的选择(6)——2 刀具几何参数的选择(7)	
三	车削用量的选择.....	13
1	车削用量选择的原则(13)——2 车削用量选择的方法(13)	
四	不锈钢的几种车削方法.....	16
1	外圆加工(16)——2 孔加工(19)——3 端面加工(22)——4 切断(23)——5 螺纹加工(28)	
五	车削时的润滑和冷却.....	29
1	润滑冷却液的作用(29)——2 润滑冷却液的选择(30)	
六	不锈钢车削应注意的几个问题.....	32
1	精度问题(32)——2 断屑问题(32)	
七	加工实例.....	33
1	不锈钢薄壁管件内孔的加工(33)——2 不锈钢阀杆的加工(35)——3 不锈钢法兰的加工(37)	

一 常用不锈钢的种类和性能

1 不锈钢的种类 具有耐大气、酸、碱、盐等腐蚀介质作用的合金钢，叫做不锈钢^①。按它所含的碳及合金元素不同，不锈钢可分为如下几类：

铁素体不锈钢：含铬大于14%的低碳铬不锈钢，含铬在27%以上的任何含碳量的铬不锈钢，以及在上述成分基础上再添加有钼、钛、铌、硅、铝、钨、钒等元素的不锈钢。由于形成铁素体的元素铬在钢中起着主导作用，因此这种钢是铁素体不锈钢。如Cr17、Cr28等是铁素体不锈钢。

铁素体-马氏体不锈钢：这类钢在加热冷却时没有全部转变为马氏体，仍保留一部分铁素体，所以这类钢是铁素体-马氏体不锈钢。如1Cr13、Cr17Ni2等是铁素体-马氏体不锈钢。

马氏体不锈钢：在钢中，当稳定奥氏体的合金元素的作用还不能使钢的马氏体转变点降至室温以下，所以自高温冷却的奥氏体在高于室温时即转变为马氏体，这类钢是马氏体不锈钢。如2Cr13、2Cr13Ni2等是马氏体不锈钢。

奥氏体-铁素体不锈钢：在钢中，由于稳定奥氏体的合金元素的作用还不能使钢在室温下获得纯奥氏体组织时，在这类不锈钢内除了奥氏体以外还存在铁素体，这类钢是奥氏体-铁素体不锈钢。如Cr17Mn11等是奥氏体-铁素体不锈钢。

奥氏体不锈钢：在钢的组织成分中含镍在8%以上的高铬钢

① 不锈钢的“不锈性”并不是绝对的，它相对于低碳素钢来说，具有优良的化学稳定性，但在有些条件下，不锈钢仍会生锈。

具有奥氏体组织，这类钢是奥氏体不锈钢。如 1Cr18Ni9 等是奥氏体不锈钢。

除了上述几种组织形式外，还有其它一些组织形式的不锈钢，在此就不一一介绍了。

通常，不锈钢都具有不锈、耐腐蚀、耐高温等性能。机器制造中，常用的几种不锈钢的化学成分、机械性能及物理性能，见表 1~3。

表 1 常用不锈钢的化学成分 (摘自 GB1220-75)

成分 % 材料牌号	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti
1Cr18Ni9Ti	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	17~19	8~11	$5 \times (C\% - 0.02) \sim 0.8$
1Cr18Ni9	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	17~19	8~11	
2Cr18Ni9	0.13~ 0.22	≤2.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	17~19	8~11	
Cr17	≤0.12	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	16~18		
Cr17Ti	≤0.08	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	16~18		$5 \times C\% \sim 0.80$
Cr28	≤0.15	≤0.80	≤1.00	≤0.035	≤0.030	27~30		≤0.2
2Cr13	0.16~ 0.24	≤0.80	≤0.60	≤0.035	≤0.030	12~14		
3Cr13	0.25~ 0.34	≤0.80	≤0.60	≤0.035	≤0.030	12~14		
Cr17Ni2	0.11~ 0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	16~18	1.5~ 2.5	

2 材料的切削加工性 所谓切削加工性，也可以理解为金属材料被切削的一种难易程度。材料的切削加工性主要是决定于它的化学成分、金相组织和机械性能。

如在奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9 的化学成分中含有硫，它对钢的机械性能是有害的杂质；但硫的存在对改善钢材的切削加工性有显著的作用。这是因为硫和钢中的锰化合而成为 MnS 较脆的

表 2 常用不锈钢的机械性能

数 值 机 械 性 能 钢 号	抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	屈服强度 (公斤/毫米 ²)	延 伸 率 (%)	收 缩 率 (%)
1Cr18Ni9Ti	55	20	40	55
1Cr18Ni9	55		45	55
2Cr18Ni9	58		40	55
Cr17	40	25	20	
Cr28	45	30	20	45
2Cr13	66	45	16	55

表 3 几种材料的物理性能

数 值 物 理 性 能 钢 号	线 膨 胀 系 数 (在100℃时) ($\alpha \cdot 10^{-6}$ 毫米/毫米℃)	导 热 系 数 λ (在100℃时) (卡/厘米 ³)
1Cr18Ni9Ti	16.6	0.039
Cr17	10	0.063
2Cr13	10.5	0.06
45	11.59	0.115

夹杂，可使连续的切屑断开。MnS还可以在刀刃上形成有润滑作用的薄膜，因此能降低切削时产生的摩擦，使刀具不致很快的磨损，提高了刀具的寿命。

金相组织对切削加工性也有很大的影响。塑性大的单相奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9，切削时发“粘”，容易粘刀子，因此在切屑形成的过程中，切屑有时不是被切下来，而是被“撕”下来的。这样不但要消耗较多的动力，而且还产生较多的切削热，形成刀瘤，影响刀具的寿命，同时也影响工件的表面光洁度。显然这种奥氏体的金相组织对材料的切削加工性是不利的。

材料的机械性能对切削加工性的影响，一般可以说：强度和

硬度愈高的材料，切削加工性愈差。但是，也不完全是这样，如硬度很高的钢比中等硬度的钢难切削；而硬度很低的软钢并不比中等硬度的钢容易切削。从硬度方面考虑，硬度在 HB250 左右的钢切削加工性最好。

综上所述，评价某种金属材料的切削加工性是一个很复杂的问题。因此不能用材料的某一种性能来全面地表示材料的切削加工性。而只能从某一个方面来说明、比较材料的切削加工性的好坏。

下面介绍两种表示材料切削加工性的方法。

切削速度法：即用刀具的耐用度为 60 分钟所能采用的最大切削速度，来表示材料的切削加工性。允许的切削速度愈大，切削这种材料的生产率就愈高。

切削力法：即用切削单位面积的金属所需用的切削力的大小，来表示材料的切削加工性。哪种材料切削起来省力，就说明这种材料的切削加工性好。

上述两种方法，都是从某一方面表示切削加工性的。前者是以生产率方面表示的，后者是以消耗的动力表示的。

3 为什么不锈钢的切削加工性差 现以常用的奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9 为例，谈一谈为什么不锈钢的切削加工性差的原因？

不锈钢塑性高、韧性大，所以在切削一定体积的不锈钢切屑所需的切削力要比切去相同体积的碳钢切屑所需的切削力要增加 50% 左右。这是因为不锈钢的塑性高、韧性大，容易粘刀，从而增加了切屑与刀具的摩擦，切屑实际上不是被切下来的，而是被“撕”下来的，因此要用大功率刚性好的机床进行切削。

加工强化程度高。奥氏体不锈钢由于变形引起的强度和硬度增高的现象比较严重。从表 4 中可以看到，不大的变形却导致强度和硬度有很大的提高。这是由于不稳定的奥氏体在应力的作用

表 4 变形程度对奥氏体不锈钢强度和硬度的影响

变 形 程 度 (%)	洛 氏 硬 度 (HRB或HRC)	强 度 极 限 (公斤/毫米 ²)
0	HRB80	70.5
3.9	HRC25.5	84
13.6	HRC34	100
23.2	HRC40	116
38.8	HRC43.5	142

下，部分的转变为马氏体而造成的。这种加工强化的结果，使材料的强度和硬度提高了，这给切削加工带来了一定的困难，同时也加剧了刀具的磨损。有时强化层很深，给精加工切去少量的金属造成更大的困难。

高温强度大。不锈钢的强度随温度的升高而下降的程度没有碳钢快。在不同的高温下不锈钢仍保持有较高的强度，见图 1。高温下机械性能好是不锈钢的一个重要特点，所以不锈钢也叫耐热不锈钢。如在温度升高到 500℃时，45 号钢的抗拉强度为 7 公斤/毫米²，而奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9 在温度升高到 550℃时，抗拉强度仍保持有 45 公斤/毫米²。这种高温下的高强度，使切削时消耗的能量大（即切削力大）同时也加剧了刀具的磨损，降低了刀具的寿命，对不锈钢的高速切削也造成一定的困难。

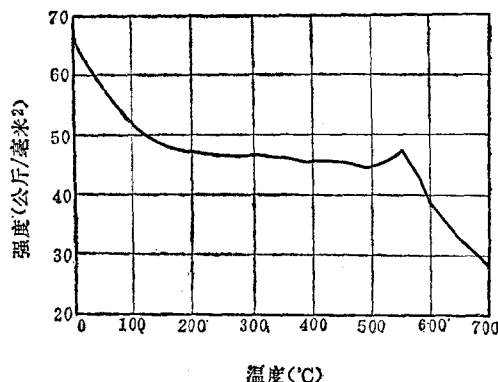


图 1 1Cr18Ni9在不同温度下的抗拉强度

导热性差。不锈

钢的导热系数低，与45号碳钢相比较：1Cr18Ni9Ti为0.039，45号钢为0.115，见表3。不锈钢的导热性差，使切削产生的热量不容易通过工件传出，大量的切削热降低了刀具的耐用度，并给精加工带来一定的困难（见本书后面注意问题的说明）。

因上述几方面的原因，所以不锈钢的切削加工性是很差的，用通俗的话来说，不锈钢是又粘又喂（音 gen）。

二 车削不锈钢的刀具

合理地选择车削不锈钢的刀具材料及几何参数，是提高不锈钢的切削效率和得到合乎质量要求的工件的重要条件。

1 刀具材料的选择 切削不锈钢用的刀具材料，要有高的硬度，良好的耐磨性能，以及足够的强度和韧性。在高速高温下切削用的刀具材料，要有高的耐热性能，以保证切削刃在高温下有足以切下切屑的硬度和较好的耐磨性能。

常用的切削不锈钢的刀具材料有：

高速钢：普通高速钢 W18Cr4V 和高钒高速钢 W18Cr4V5 等。

硬质合金：YG类 YG4C、YG6、YG6X、YG8、YG8C。

YT类 YT5、YT15、YT30。

新牌号的有：YW1、YW2。

选择刀具材料，一般应根据不锈钢的切削加工性、所采用的切削用量、加工方式（粗加工、半精加工或精加工）以及加工特征（即是否连续切削、工件有无硬皮）等来决定的。

在不锈钢的车削中，由于切削深度对切削力影响最大，因此一般是根据加工方式来选择刀具的材料。

粗加工时，由于切削力大，有的工件又有硬皮，所以选择冲击韧性好的 YG6、YG6X、YG8、YT5。所采用的切削速度要低

于一般的切削速度，大约 $V = 60$ 米/分左右。

半精加工时，切削力比粗加工小，但切削速度比较高，一般切削速度 $V > 100$ 米/分，所以选择有一定冲击韧性和耐磨性能的YG4C、YG8C。

精加工时，由于切削力较小，切削速度高。所以选择耐磨性好的YG4C和YT15、YT30。

新牌号的硬质合金YW1、YW2是综合性能较好的硬质合金材料，很适于用来切削不锈钢、高锰钢和耐热合金。

高速钢刀具材料特别是高钒高速钢（淬火后的硬度可达HRC 70以上），用于低速切削的精加工以及一些成形车刀的制造上。

2 刀具几何参数的选择 前角 γ 和前面形状的选择：前角 γ 是影响刀具在切削过程中的主要角度之一，刀具是否锋利主要取决于前角的大小，利用改变前角大小的方法，可以改变切屑的变形情况。由于奥氏体不锈钢的韧性大，冷作硬化现象严重，同时硬质合金刀片又很脆，所以在选择刀具的前角时，应注意保证刀具的切削刃有足够的强度。

硬质合金的抗压性能比抗弯性能好，它的抗压强度是450公斤/毫米²，抗弯强度90~150公斤/毫米²。在用正前角切削时，主切削刃主要承受弯曲力，而用负前角切削时，主切削刃主要承受压力。因此，从刀具强度这方面来说，减小前角或用负前角是有利的，因为负前角切削刃的刀尖强度高，缺点是切削力增大了，特别是径向切削力增加的很显著，引起工件振动，甚至不能进行切削加工。

正前角大，可以使刀刃锋利，切削轻快，但刀具的刀尖强度低；采用负前角则增加了刀尖的强度，但增加了切削力，又容易引起振动，因为这是一对矛盾，所以选择合适的前角来解决这一矛盾，以利切削顺利地进行。

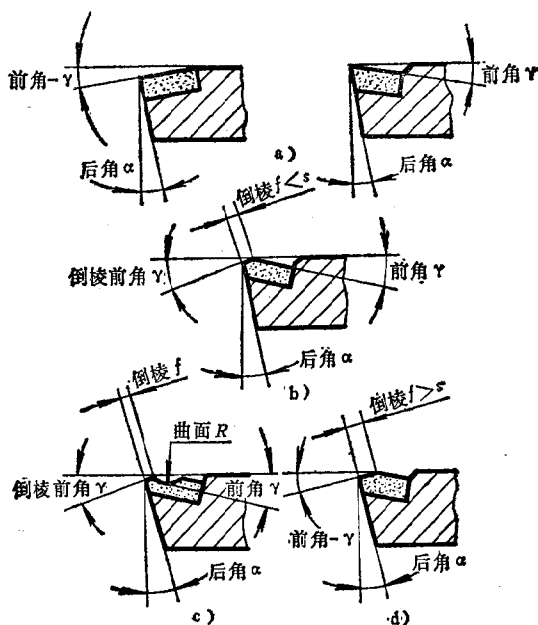


图2 前面形状

a) 平面型 b) 带倒棱平面型 c) 带断屑槽曲线型 d) 双面型

车刀的前面形状有“平面型”、“带倒棱平面型”、“带断屑槽曲线型”，以及“双面型”等四种，如图2所示。

通常刀具的前倾面并不全部磨成负前角，而是只磨一个带负前角的倒棱，如图2 b所示。粗加工奥氏体不锈钢铸件时，倒棱的宽度为走刀量的1~1.5倍较为合适（这时双面型可看作是负前角），若倒棱宽度小于走刀量，则可视作正前角。在这种情况下，倒棱加强了切削刃的强度，而切屑则沿前倾面流出。

前角的大小决定于许多因素，其中最重要的是被加工材料的物理——机械性能，对加工韧性高和容易引起加工冷作硬化的不

锈钢，这一点特别明显，要减少切屑变形和冷作硬化，需要加大前角。但是，过分加大前角，也会使切削刃强度减弱，反而降低刀具的耐用度。图 2 c 所示是加工不锈钢时刀具前倾面较适用的形状：带断屑槽曲线型倾面，精加工时，倒棱宽度为 $(0.1 \sim 0.5)S$ ，并带 $-3^\circ \sim -5^\circ$ 的负前角。半精加工和粗加工时，倒棱宽度为 $(0.5 \sim 1)S$ ，并带 $-8^\circ \sim -15^\circ$ 的负前角。而前角的大小一般选择为：

粗加工 取 $\gamma = 10^\circ \sim 15^\circ$ ；

半精加工 取 $\gamma = 15^\circ \sim 20^\circ$ ；

精加工 取 $\gamma = 20^\circ \sim 30^\circ$ 。

在切削过程中，前倾面的工作条件在很大程度上取决于被加工零件材料的特性。在切削奥氏体不锈钢时，容易产生冷作硬化，加剧刀具的磨损，对刀具的耐用度影响较大。

后角 α 的选择：对金属切削刀具来说，后角 α 也是切削部分的重要参数，后角 α 直接与后隙面的摩擦和磨损有关，因此合理地选择后角 α 对于切削加工也是一个很重要的问题。

后角 α 一般是根据被加工零件的材料、刀具的材料和所采用的切削用量等因素来选择的。大家知道，切削速度和切削厚度对刀具的磨损影响最大。在切削厚度较小时，刀具的磨损主要发生在刀具的后隙面。因此，当切削厚度小时，后角 α 选择得大一些；切削厚度大时，后角 α 可选得小些。一般加工不锈钢，刀具的后角 α 多取 $6^\circ \sim 10^\circ$ ，以减少摩擦而造成的加工硬化。

主偏角 ϕ 的选择：加工不锈钢时，合理地选择主偏角 ϕ 对提高刀具的耐用度有很大的作用。在车削中，当走刀量 S 和吃刀深度相同，减小主偏角时，切屑也随着变薄，刀刃参加切削的部分增长（如图 3 所示），主切削刃单位长度上的切削力就随着减小，刀刃的散热面积增大，改善了散热情况，这对导热性差的奥氏体

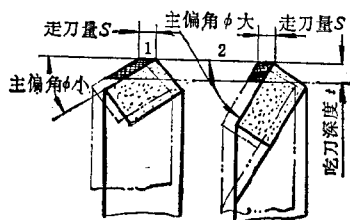


图3 主偏角改变时，切屑长度和宽度的变化

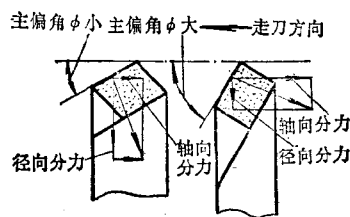


图4 主偏角改变时，径向力的变化

不锈钢来说是很重要的。

主偏角的大小直接影响到各个切削分力的比例关系（如图4所示），主偏角小将使车刀的径向切削力显著增大，轴向切削分力减小，会使工件产生振动，崩掉刀具的切削刃，使切削不能顺利地进行。如果增大主偏角，径向切削力减小，就会消除振动，选择的原则是：

（1）在工件、刀具、夹具和机床刚性很好的条件下，精加工时主偏角一般小于 30° 。

（2）在刚性好的条件下，若工件长度与直径之比小于 $6 \left(\frac{L}{d} < 6 \right)$ ，则应选择主偏角为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

（3）在刚性不足的条件，若工件 $\frac{L}{d} = 6 \sim 12$ ，那么主偏角应选择 $60^\circ \sim 75^\circ$ 。

（4）加工小直径的长轴工件 $\frac{L}{d} > 20$ 时，主偏角应选为 90° 。

刃倾角 λ 的选择：主切削刃的刃倾角，影响切屑的流向和刀具的强度，如图5所示。刃倾角的大小会改变刀具与工件最初接触点的位置，当刃倾角 $\lambda > 0^\circ$ 时，接触点离开刀尖，使刀刃受压，这有助于加强刀刃强度。因此，在进行有冲击断续切削时或加工余

量不均匀时，选择刃倾角 λ 为正值。在粗加工时，对于那些特别需要加强切削刃强度的硬质合金刀片来说， λ 角具有重要意义。大约在刃倾角 $\lambda = 6^\circ$ 开始，随着 λ 角的增大，径向切削分力也显著增大。因此，在选择刃倾角时，必须充分考虑到机床—工件—刀具系统的刚性，只有在刚性足够的情况下，才能利用较大的正刃倾角 λ ，否则只能选择较小的刃倾角 λ 。刃倾角的大小还能控制切屑的流向，如图 5 所示。在粗加工时应选用 $\lambda = 0^\circ \sim 3^\circ$ （正常情况），精加工时，应采用刃倾角 $\lambda = 0^\circ \sim -3^\circ$ 。

副偏角 ϕ_1 的选择：副偏角 ϕ_1 主要影响到刀具同已加工表面之间的摩擦。减小副偏角 ϕ_1 ，可以显著地减少切削加工后的残留面积（见图 6），提高工件表面光洁度。但是，减小副偏角 ϕ_1 会

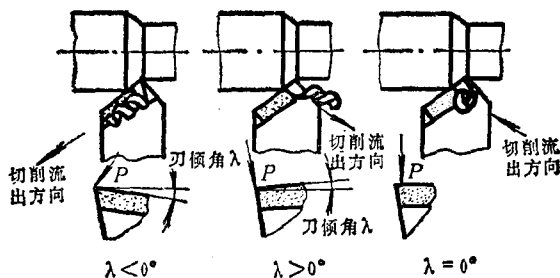


图 5 刃倾角对切屑流出方向的影响

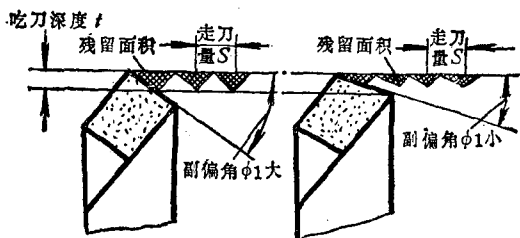


图 6 改变副偏角对切屑残留面积的影响

增加摩擦，引起工件的振动。在加工奥氏体不锈钢时，因其塑性较大，加工硬化程度大，为了减少加工硬化，精加工时反而选择较大的副偏角。而粗加工时，选择较小的副偏角，以改善刀具散热性能，其数值推荐如下：

粗加工 副偏角 $\phi_1 = 3^\circ \sim 10^\circ$ ；

半精加工 副偏角 $\phi_1 = 5^\circ \sim 15^\circ$ ；

精加工 副偏角 $\phi_1 = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。

刀尖圆弧半径 r 的选择：主切削刃和副切削刃在刀尖以圆弧

表 5 车刀几何参数表

加工材料	加工情况	几何参数	数值
2Cr13	粗加工	前角 γ	$10^\circ \sim 15^\circ$
	半精加工		$15^\circ \sim 20^\circ$
3Cr13	精加工		$20^\circ \sim 30^\circ$
1Cr18Ni9Ti	粗加工	后角 α	$6^\circ \sim 8^\circ$
	精加工		$8^\circ \sim 10^\circ$
0Cr17Ni13Mo3Ti	粗加工	主偏角 ϕ	$60^\circ \sim 75^\circ$
00Cr19Ni10	精加工		30°
	细长轴		90°
	粗加工	刃倾角 λ	$0^\circ \sim 3^\circ$
	精加工		$0^\circ \sim -3^\circ$
	精加工	副偏角 ϕ_1	$3^\circ \sim 10^\circ$
	半精加工		$5^\circ \sim 15^\circ$
	精加工		$15^\circ \sim 20^\circ$
	粗加工	刀尖圆弧半径 r	1~3毫米
	精加工		0.3~1毫米

连接, 圆弧半径 r 对刀具的影响大致和副偏角 ϕ_1 相同, 增大圆弧半径 r 时, 因为刀尖的强度提高, 刀尖的散热面积增大, 工件的光洁度可以提高, 同时也提高了刀具的耐用度。但是, 刀尖圆弧半径 r 的增大, 会使垂直切削力和径向切削力增大, 轴向切削力略有减小, 因此只有在机床—工件—刀具系统刚性好的情况下, 才选用较大的刀尖半径 r , 否则会出现振动。

对切削奥氏体不锈钢, 圆弧半径 r 的增大, 导致加工硬化程度的增加, 因此一般圆弧半径 r 的选择如下:

粗加工时选 $r = 1 \sim 3$ 毫米;

精加工时选 $r = 0.3 \sim 1$ 毫米。

表 5 列出车削常用的几种不锈钢、耐酸钢用的车刀的几何参数供选用时参考。

三 车削用量的选择

1 车削用量选择的原则 合理地选择切削用量 (吃刀深度 t 、走刀量 S 和切削速度 V), 对于提高不锈钢车削的生产效率、降低产品成本、保证产品质量和提高刀具的寿命都具有重要的作用。切削用量的选择, 既要保证工件能达到符合要求的精度和表面光洁度, 又要保证在机床—刀具—工件刚性和强度允许的条件下充分地利用机床的设备能力, 并使刀具具有较高的耐用度。因此, 车削用量的选择, 要综合地考虑到上述几个方面的问题。

2 车削用量选择的方法 要缩短一个零件加工的机动时间, 就要设法加大吃刀深度 t 、切削速度 V 和走刀量 S , 由于对刀具磨损影响最小的是吃刀深度 t , 其次是走刀量 S , 影响最大的是切削速度 V 。因此, 选择车削用量的次序是: 为了提高生产效率,

首先在机床—工件—刀具系统刚性允许的情况下，采用最大的吃刀深度 t 。在吃刀深度 t 因受加工余量限制的情况下，不能再增大时，再考虑选择较大的走刀量 S ，最后再决定要采用的切削速度 V 。

吃刀深度 t 的选择：

在 C620 车床上粗车外圆（连续车削），如加工余量小于 6 毫米，可以一次车出，即吃刀深度 t 等于被加工零件的加工余量。当加工余量大于 6 毫米时，第一次可以车去三分之二到四分之三的加工余量（但不能大于 6 毫米），这时应选择较小的走刀量 S 和切削速度 V 。

在半精车时，吃刀深度可以取 $t = 0.5 \sim 2$ 毫米。

在精车时，吃刀深度 t 可以取 $t = 0.3 \sim 0.5$ 毫米左右。

总之，吃刀深度的选择，要根据毛坯的情况（是否有硬皮，是原材料还是铸锻件等）以及加工零件成品质量的要求来决定。上述原则，可供一般情况下选择吃刀深度 t 时做参考。

走刀量 S 的选择：当吃刀深度 t 选定以后，走刀量 S 的增加会使切削力增加，零件的表面光洁度下降。如果是粗加工，在刀具、工件及机床强度和刚性允许的情况下取较大的走刀量 S ，一般选 $S = 0.8 \sim 1.2$ 毫米，半精加工选 $S = 0.4 \sim 0.8$ 毫米，精加工选 $S < 0.4$ 毫米。在精加工时，如果刀具的几何参数选择得合理，选 $S = 0.1$ 毫米，此时光洁度可达 $\nabla 7$ 以上。

切削速度 V 的选择：

在粗加工时，由于吃刀深度 t 、走刀量 S 都较大，所以要选择较低的切削速度，以保证刀具不致因切削力过大而很快的磨损。一般切削速度可选择在 $50 \sim 100$ 米/分。

在精加工时，由于吃刀深度 t 、走刀量 S 都较小，同时因切削速度 V 超过 $100 \sim 120$ 米/分以上时，再提高切削速度 V 对表面