

文章编号: 1673—9620 (2008) 04—0076—03

马氏体耐热型不锈钢的切削试验研究^{*}

黄立新^{1,2}, 许耀东¹

(1. 上海工程技术大学 高职院校, 上海 200437; 2. 广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 马氏体耐热型不锈钢是超耐热、超强度合金钢, 属于难加工材料。结合切削试验的数据分析, 讨论了马氏体耐热型不锈钢的机械性能、PVD 涂层和 CVD 涂层刀具的比对、以及切削用量的选择。
关键词: 马氏体耐热型不锈钢; 涂层刀具; 切削用量; 刀具磨损
中图分类号: TG 506 **文献标识码:** A

Experimental Study of Cutting Martensite High—Temperature Stainless Steel

HUANG Li—xin^{1,2}, XU Yao—dong¹

(1. Vocation & Technology College, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 200437, China)

Abstract: Martensite high—temperature stainless steel is hard to cut, as a kind of heat resistant and high strength alloyed steel. With cutting experiments, its mechanical properties are analyzed, characteristics and its wear between the PVD and CVD coated cemented carbide tools are compared, and cutting conditions are optimized.
Key words: martensite high—temperature; coated tool; cutting parameter; tool wear

马氏体耐热型不锈钢因添加了多种合金元素具有特殊的性能, 在高温时比一般的不锈钢具有更高的强度, 因此对刀具的耐磨性和强度都提出了更高的要求, 并且需要选择合适的切削用量以延长刀具寿命, 同时满足表面质量的要求。

1 马氏体耐热型不锈钢的试验

1.1 马氏体耐热型不锈钢的材料属性

经退火、淬火、回火处理的马氏体型钢 2Cr12MoVNbN 的力学特性为屈服强度 $\sigma_s \geq 700$ MPa, 抗拉强度 $\sigma_b \geq 850$ MPa, $262 \leq HB \leq 321$, 其化学成分组成见表 1。

表 1 马氏体型钢 2Cr12MoVNbN 的化学成分组成^[1]

Table 1 Chemical composition of 2Cr12MoVNbN

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	N	Nb	Ni
0.15~0.20	≤ 0.50	0.50~1.00	≤ 0.035	≤ 0.030	10.00~13.00	0.30~0.90	—	0.10~0.40	0.05~0.10	0.20~0.60	≤ 0.60

分析如下: 马氏体耐热型不锈钢中的碳化物 VC、TiC、NbC^[2] 的硬度很高, 在切削时产生很大

的切削力; 氮化物或碳氮化物使材料的强度和韧性增大; 铝, 钒, 钛等元素使刀具极易发生扩散磨

^{*} 收稿日期: 2008—03—20

作者简介: 黄立新 (1963—), 女, 江苏海门人, 副教授, 博士研究生, 从事研究方向: 机械制造技术。

损^[3]；钨与碳、氮形成的化合物，溶解温度较高，使材料在高温时具有抗蠕变强度^[4]。

1 2 刀具选择

切削刀具与加工对象的力学特性必须匹配，这主要是指刀具与工件材料的强度、韧性、硬度等力学性能参数应相互匹配^[5,6]。

1 3 刀具试验分析

选用 4 种刀具：KC5010，KC9125，KC9225，KC9240。形状为菱形，刀片的后角为 0°，刃口设计断屑槽，前角为 18°，切削刃有双重倒棱。其中 KC5010 是 PVD 涂层的硬质合金刀具，硬度偏高；KC9125 是通用的硬质合金刀具，硬度韧性偏中；KC9125 和 KC9240 是 CVD 涂层的硬质合金刀具，前者硬度和韧性偏中，后者偏向韧性^[7]。

工件为热轧棒料，尺寸为 $\phi 130\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ ，切削用量选择如下切削速度 $v=248\text{ m/min}$ ，进给量 $f=0.2\text{ mm/r}$ ，切削深度 $a_p=1\text{ mm}$ ，对工件分段切削测量，最终得到后刀面磨损与切削工件的长度关系见图 1。

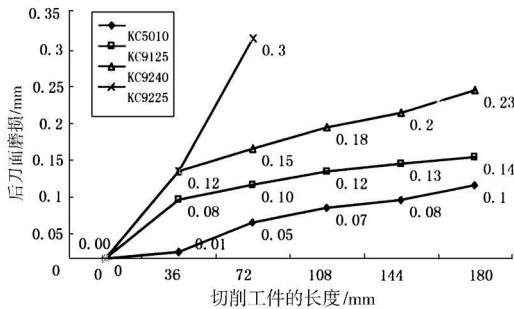


图 1 4 种刀具的磨损曲线

Fig 1 Flank wear curves with four orts of tools

图 1 显示：在相同的切削用量下，刀具 KC9225 的磨损达到 0.3 mm，KC9240 达到 0.23 mm，KC5010 达到 0.1 mm，KC9125 达到 0.14 mm。观察磨损带发现，KC9225 和 KC9240 磨损带不平，有凹凸；KC5010 和 KC9125 磨损带较为平滑，但 KC5010 磨损更小，如图 2 所示。综上所述：KC5010（PVD 涂层的硬质合金的刀具）是切削马氏体耐热型不锈钢的最佳刀具。

2 切削用量的选择

正交试验设计见表 2。从表 2 的比较看出，各因素影响从大到小的顺序为 a_p 、 v 、 f ，选定的最优方案为：最佳 $v=180\text{ m/min}$ ，最佳 $f=0.2$ 或

0.3 mm/r，最佳 $a_p=2\text{ mm}$ 。

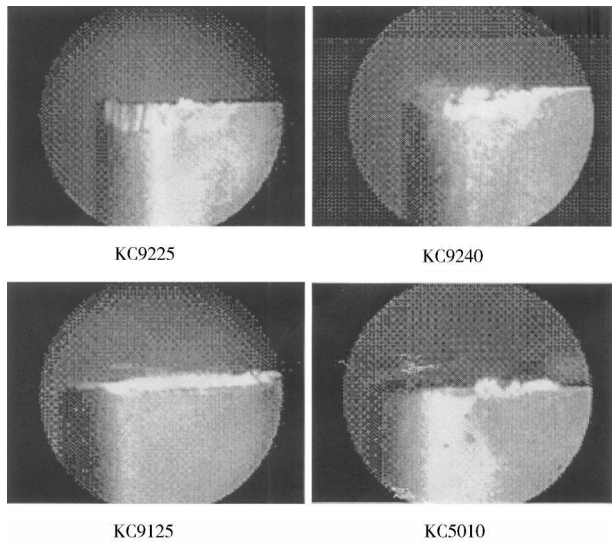


图 2 4 种刀具的磨损形态

Fig 2 Wear on drills with four sorts of tools

表 2 马氏体耐热型不锈钢正交试验表

Table 2 Results of orthogonal experiment

用量	$v/\text{m/min}$	$f/\text{mm/r}$	a_p/mm	后刀面磨损/mm				
				$1\Delta L$	$2\Delta L$	$3\Delta L$	$4\Delta L$	$5\Delta L$
1	136	0.20	1	0.050	0.060	0.070	0.080	0.090
2	136	0.25	2	0.030	0.050	0.070	0.080	0.090
3	136	0.30	2	0.050	0.052	0.053	0.055	0.056
4	155	0.20	2	0.050	0.062	0.063	0.064	0.065
5	155	0.25	2	0.070	0.071	0.072	0.073	0.074
6	155	0.30	1	0.060	0.070	0.070	0.080	0.080
7	180	0.20	2	0.030	0.040	0.050	0.060	0.070
8	180	0.25	1	0.040	0.050	0.070	0.080	0.090
9	180	0.30	2	0.060	0.070	0.100	0.150	0.180
均值 1	0.079	0.075	0.087					
均值 2	0.073	0.085	0.112					
均值 3	0.113	0.105	0.067					
极差	0.040	0.030	0.045					

2 1 进给量和刀具磨损的关系

进给量和刀具磨损的关系曲线见图 3。由图 3 看出： $f=0.25\text{ mm/r}$ 时，刀具的磨损曲线上升最快，在 $f=0.2\text{ mm/r}$ 和 0.3 mm/r 时曲线较平缓。

2 2 切削速度与刀具磨损的关系

切削速度与刀具磨损的关系曲线见图 4。由图 4 看出：①当 $f=0.2\text{ mm/r}$ 时， $v=180\text{ m/min}$ 的磨损要小于在 $v=136\text{ m/min}$ 的磨损。因为切削速度低时，切削力大；而切削速度高时，切屑容易流出，摩擦力小，切削力小。②切削深度大刀具的磨损较小，因为，切削深度大更容易断屑。

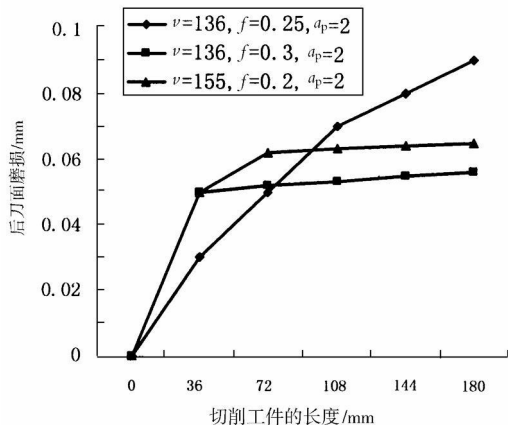


图 3 进给量与刀具磨损的关系

Fig 3 Effect of feed on tool wear

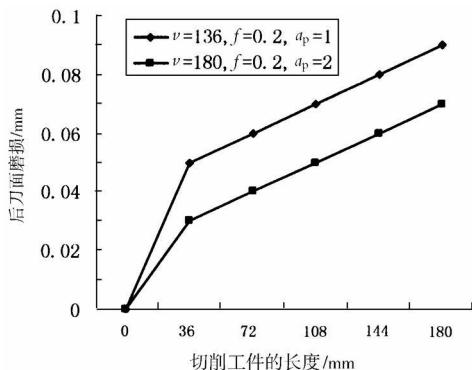


图 4 切削深度与刀具磨损的关系

Fig 4 Effect of speed on tool wear

3 刀具磨损模型^[8]

刀具表面磨损受切削参数的影响。刀具失效可以由一种或几种刀具磨损形式引起，磨损加剧会产生疲劳损坏，甚至导致切削刃崩断。

刀具磨损理论已进行了很多研究，其中最著名的有 QUINTO D. T. 失效模型。他认为：切削速度与刀具热化学的稳定性相关，而进给量和刀具的机械强度和断裂韧性相关。随着切削速度的提高，会产生更多的切削热，导致刀具升温甚至使刀具熔解，或者由于温度上升使刀具材料产生严重的化学磨损；进给量的提高会增加刀具的机械应力。据此，QUINTO D. T. 从切削参数的角度，建立了刀具失效的二维模型，如图 5 所示（安全区域反映了可预见磨损的情况下刀具的使用范围）。图 5 所反映的刀具磨损界限可随被加工工件材料刀具刃口几何形状的不同而改变。

刀具失效模型有 3 个方面。①刀具失效模型中的安全区域是刀具渐渐磨损区域，反映刀具的可靠性能。②刀尖崩刃和断裂是刀具的最严重失效形式，而且不可预见，这在加工时应避免。而后刀面

磨损和前刀面磨损则反映出刀具磨损的渐进变化，允许有一定的时间换刀。③涂层可加大月牙洼磨损和积屑瘤的界限，得到更大的切削安全区域。

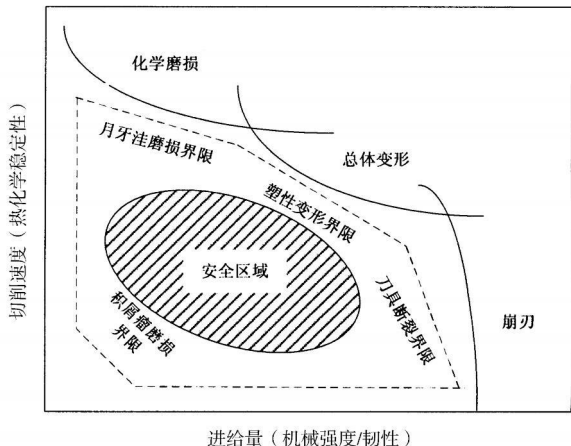


图 5 以切削参数构造的刀具失效模型

Fig 5 Failure model of tool at various cutting conditions

4 结 论

①刀具磨损随着切削速度的提高而加剧。②进给量是影响刀具寿命的关键因素。试验表明： $f=0.2 \text{ mm/r}$ 比较适合切削，刀具处于正常磨损状态。③PVD 比 CVD 涂层的硬质合金刀具更适合切削马氏体耐热型不锈钢。④切削不锈钢时刀刃可以有负倒棱。

参考文献:

- [1] 滕志斌, 忻元华. 新编金属材料手册 [M]. 北京: 金盾出版社, 2005.
- [2] 项程云. 合金结构钢 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1999.
- [3] 孟繁茂, 付俊岩. 现代含铌不锈钢 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [4] 李瀑. 提高高硫易切削不锈钢热塑性的研究 [J]. 上海金属, 2001, 233: 16-19.
- [5] 邓建新, 丁泽良. 切削刀具与加工对象的匹配研究 [J]. 工具技术, 2001, 35 (10): 6-9.
- [6] Shen Zhong, Liu Gang, Chen Ming. Development and experiment of new AlTiN coated drills for high efficiency dry drilling of 40Cr [J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2007, 24 (2): 106-109.
- [7] 刘晓东, 许耀东. 不锈钢的切削研究 [J]. 机械, 2005, 10: 52-53.
- [8] Quinto D T, Kennametal Inc, Latrobe P A. Technology perspective on CVD and PVD coated metal-cutting tools [J]. Int J of Refractory Metals & Hard Materials, 1996, 14: 7-20.