

## 粉末冶金烧结钢的切削性能

韩蕴秋 程国全 赵景华

北京科技大学机械工程学院, 北京 100083

**摘要** 通过对5种粉末(3种进口粉和2种国产粉)冶金烧结钢的车削试验,对数据分析研究,发现铁粉中的硫、锰能有效地提高烧结钢的切削性能,并对此作了机理分析。

**关键词** 削加工性; 粉末冶金; 烧结钢; 铁粉

**分类号** TG 501.1

切削性能  
车削试验

国际上对烧结钢的切削性能的研究始于本世纪中叶,前苏联和欧美、日等国家都先后开展了此项工作,在我国目前尚未见到关于铁基粉末烧结钢的切削性能系统研究的报道,为了提高国产铁粉烧结钢的切削加工性,应对其进行研究,在此背景下,选择了5种铁粉(3种进口粉和2种国产粉)的烧结钢,作为研究对象,通过对试验结果的分析研究,找出影响铁粉切削加工性的因素,并在诸多因素中采用切削力及刀具耐用度作为切削加工性能的标志方法<sup>[1]</sup>,本文仅对切削力主要影响因素及机理进行分析。

## 1 试验情况

## 1.1 试验内容

选择采用相同粉末冶金工艺的5种铁粉的烧结钢作为试件进行车削试验,其中3种为进口粉(日本产300M,600MS,瑞典SC-100.26),2种为国产粉(上海粉,鞍山粉),测出不同切削条件下各种试件的切削力,用数理统计方法进行数据处理;用扫描电镜观测各种试件的金相组织。

## 1.2 试验情况

(1)试件材料的化学成分及烧结后的性能见表1。

表1 试件材料的化学成分及烧结后的性能

铁粉名	规格	w, %						烧结后性能			
		C	O	P	S	Mn	Si	$\rho/g \cdot cm^{-3}$	$\sigma_s/MPa$	$A_k/J \cdot m^{-1}$	HRB
鞍山粉	雾化粉	0.0011	0.39	0.016	0.012	0.13	—	6.3~6.4	300~340	45 000	54
300 M	雾化粉	0.001	0.13	0.013	0.012	0.18	0.02	6.40~6.50	400	69 000	46
600 MS	雾化粉	0.001	0.12	0.015	0.318	0.21	0.01	6.40~6.50	400	100 000	48
SC100.26	还原粉	<0.010	0.12	0.012	<0.01	—	—	6.40~6.50	300~350	45 000	46
上海粉	还原粉	0.018	0.83	0.010	0.034	0.30	0.11	6.20~6.40	300~320	40 000	50

(2)切试条件。

①主要设备:无级调速CA-6140车床,光电计数器,WJL-1型微处理机测力仪,金相显微镜,工具磨床。

②刀具材料:W18Cr4V。

③刀具角度: $\gamma_0=15^\circ$ ,  $\alpha_0=8^\circ$ ,  $k_r=75^\circ$ ,  $k'_r=15^\circ$ ,  $\alpha'_0=6^\circ$ ,  $\lambda_s=0^\circ$ 。④冷却润滑条件:干切。

(3)试验方法。

影响切削力的试验因素有多个,为了能在

最大限度地降低试验误差的前提下尽可能地降低试验工作量,并能回归出因素与指标间的经验公式,选用“正交实验法”进行试验设计。

## 2 试验数据及其处理

根据试验数据回归出其切削力计算公式,同时对回归方程和回归系数进行显著性的检验(F检验)<sup>[2]</sup>,表2为鞍山粉的原始数据以及回归方程和回归系数的显著性检验情况。

表2 鞍山粉的试验原始数据及其回归公式

试验号	$v/m \cdot \min^{-1}$	$f/mm \cdot r^{-1}$	$a_p/mm$	$F_s/N$
1	20	0.10	0.5	205
2	20	0.15	0.9	588
3	20	0.23	1.5	1 030
4	26	0.10	0.9	642
5	26	0.15	1.5	669
6	26	0.23	0.5	496
7	34	0.10	1.5	830
8	34	0.15	0.5	373
9	34	0.23	0.9	786

实验所得切削力公式:

$$F_s = 432.785 \times v^{0.4211748} \times f^{0.222378} \times a_p^{0.811113}$$

回归系数显著性检验值:

$$F(1) = 18.8252 \quad F(2) = 9.47991 \quad F(3) = 8.64812$$

回归方程显著性检验值:  $F = 10.1491$

对5种铁粉材料的回归方程及回归系数均进行显著性检验,检验结果符合要求,说明试验数据有效.再将5种铁粉材料实测的切削力数据汇总于表3.

表3 切削力实验数据

试验号	鞍山粉	300 M	600 MS	SC-100.26	上海粉
1	205	205	122	225	214
2	588	495	270	650	580
3	1 030	1 017	575	1 250	1 235
4	642	359	235	480	426
5	669	847	375	920	940
6	496	519	254	540	505
7	830	758	320	730	670
8	373	337	158	350	350 <sup>W</sup>
9	786	882	345	1 050	803

### 3 机理分析

由表3可知:在相同的切削条件下,日本600MS的切削力明显的小于其他4种铁粉,以切削力为标志,则其切削性能最好;2种国产粉的切削力高低无明显的规律.因此有必要对日本600MS进行研究,找出其切削力低的原因.

由表1可知,600MS的强度和冲击韧性是5种材料中最高的,硬度为中等.根据一般规律,其切削力应较其他4种大,而实验结果恰好相反.这说明材料的力学性能不是造成切削力低下的原因,而是由其他因素造成的.如前所述,此5种材料的试件的成型和烧结工艺完全一样,影响热处理的一些基本元素如碳等都很低,不会对切削力产生影响,因此完全可以排除成型

和烧结工艺的影响.然而在比较它们的化学成分时会发现:600MS中锰和硫的含量都很高,分别达0.318%和0.21%,它是在铁粉制备过程中合金熔炼时在铁水中加入锰粉和硫粉所致.

当在铁水中加入锰粉和硫粉时,绝大部分化合生成硫化锰(MnS),少量硫在脱氧后形成二氧化硫(SO<sub>2</sub>)挥发,同时亦有少量的硫成为游离态硫.在雾化过程中硫化锰和一部分游离态硫溶入铁粉颗粒中,而大部分硫则溶入铁晶界起到脆化作用<sup>[2-4]</sup>.MnS是一种脆性的、有润滑作用的金属夹杂物,它的强度远低于铁颗粒.如图2所示,由于它的存在,相当于在铁颗粒内有孔隙存在,破坏了铁基体的连续性,使铁颗粒的有效面积减小而降低了它的强度,从而使切削力减小.



图1 MnS在铁颗粒中的分布(600MS)

此外试验是在干切削状态下进行,切削温度可达600~700℃,硫在铁晶界处造成了强烈的“热脆”,使铁晶界极易开裂而使切削易于进行.因此在硫化锰和硫的共同作用下,使烧结钢的切削力明显下降.根据粉末冶金烧结体的连结特点,烧结后烧结体的整体强度主要取决于烧结颈部的强度而几乎与铁粉颗粒无关,而烧结颈部的强度远远小于铁粉颗粒的强度(见图2).

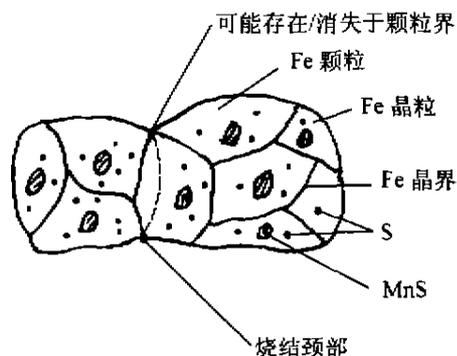


图2 MnS、S在铁颗粒中的分布示意图

600MS 的烧结颈部很少有 MnS 存在<sup>[2-4]</sup>, 因此 MnS 降低了铁颗粒的强度而对烧结颈部的强度影响甚微; 硫在一般的工作温度下不会使钢产生“热脆”现象. 因此, 硫和锰会降低切削力又不会降低烧结体的强度.

再对比 600MS 和 2 种国产粉的金相组织

(见图 3), 3 种材料在烧结后的组织均为铁素体+片状珠光体, 但珠光体的含量略有不同. 从图 3 金相组织的照片中可以看出: 600MS 组织为粗大的铁素体+粗大珠光体, 而 2 种国产粉中珠光体的含量较少且较细小. 从切削性能的角度来看 600MS 的组织为最佳, 这也是造成它切削力小的原因之一.

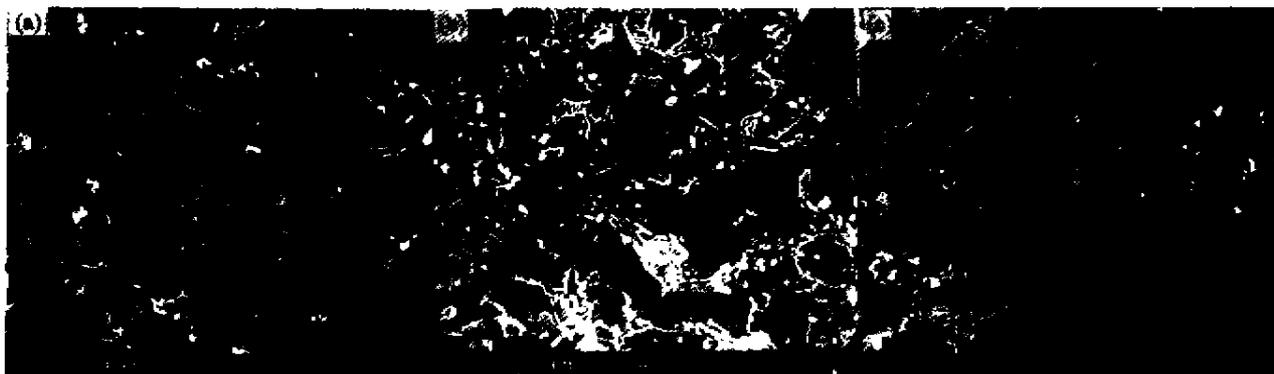


图 3 600MS (a), 鞍山粉 (b), 上海粉 (c) 的金相组织

#### 4 结论

(1) 在铁粉的生产过程中加入适量的锰和硫可以有效地改善粉末冶金材料的切削性能, 又不会影响材料的力学性能, 是一种值得推广改善其性能的方法.

(2) 锰和硫 2 种元素缺一不可. 如国产上海粉中锰的含量也很高, 达 0.3%, 但因含硫量低, 其切削性能并不好. 原因是无法形成硫化锰, 铁颗粒晶界处也无游离态硫存在.

(3) 烧结后的金相组织以粗大铁素体+粗大珠光体的切削性能为好.

#### 参考文献

- 1 陈日曜. 金属切削原理. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 2 潘维栋. 数理统计方法. 上海: 上海教育出版社, 1980
- 3 蔡勇, 王晓明, 赖和怡. MnS 添加方式对 Fe-Cu-C-MnS 烧结钢力学性能影响. 北京科技大学学报, 1995, 17 (5): 429
- 4 Mashi S J, Smith D W. Properties of Powder Forged Steels Containing Admixed MnS. The Int J Powder Metallurgy, 1992, 28(3): 279

### Research of the Machinability of Sintered Steels

Han Yunqie, Cheng Guoquan, Zhao Jinghua

Mechanical Engineering School, UST Beijing, Beijing 100083, China

**ABSTRACT** The factors influencing on the machinability of sintered steels made of five kinds of powders with different contents were researched. The test has demonstrated that S and Mn in the ferrous powder can effectively improve the machinability of sintered steels, and the mechanism also has investigated.

**KEY WORDS** machinability; the orthogonal design; powder-metallurgy; sintered steel; iron powder