

岩粉对金刚石锯片胎体磨损的影响 及其浓度计算^①

胡焕校 刘 静

(中南工业大学资源环境与建筑工程学院, 长沙 410083)

摘 要 通过对锯片胎体磨损机理的分析, 指出了岩粉是影响胎体磨损的主要因素, 提出了胎体的磨损与岩粉浓度成正比, 给出了岩粉浓度的计算公式, 并计算了锯切规程的变化对岩粉浓度的定量关系。计算结果可以指导人们锯片实际使用过程中正确地选取合理的锯切规程, 使得胎体得到合理的磨损, 从而提高锯片的使用效率。

关键词 锯片 胎体 岩粉浓度

中图法分类号 TF125.3

随着石材行业的发展, 对金刚石锯片提出了更高的要求。石材切割的关键在于金刚石, 但是胎体性能的好坏也是一个至关重要的决定因素。胎体除了包镶金刚石和其自身应有一定的力学性能之外, 还必须同岩石、金刚石的磨损相匹配, 以最佳地发挥金刚石的作用, 文献[1]定性地阐述了岩粉浓度对金刚石锯片的磨损关系, 但没有定量地反映岩粉对磨损的影响, 文献[2]和[3]研究了金刚石锯片线速度对锯齿磨损的影响, 但没有考虑到岩粉对胎体的磨损作用, 也没有从定量的计算角度来分析胎体的磨损机理。由于没有理论上的指导, 目前绝大部分锯片制造商和使用单位都是凭经验进行生产和使用锯片。针对这一情况, 本文从研究胎体的受力状况开始, 对胎体的磨损机理和岩粉的浓度的作用进行了初步的探讨。

1 胎体磨损机理分析

胎体在金刚石刀头中, 主要是起支撑和包镶金刚石的作用。刀头正常工作时, 单颗粒金

刚石象硬质合金车刀一样, 以其出露高度的一部分压入石材表面并作相对运动, 从而犁划出一条小沟槽。无数小沟槽的汇总便形成了一条锯缝, 从而实现其切割过程。由于金刚石在微切割时, 胎体本身不与岩石直接接触, 因此, 对胎体产生磨损的主要是金刚石切割下来的岩粉, 它们充填在金刚石颗粒与岩石、胎体之间的空隙里, 在金刚石的带动下一起运动, 但因其运动速度相对锯片刀头的速度要慢一些, 这样岩粉与胎体就有了相对运动, 从而对金属胎体产生研磨, 形成了岩粉对胎体的磨料磨损。这是一种低应力擦伤式的磨损, 岩粉在胎体表面只发生微小的划痕, 随着划痕的增大, 胎体表面发生犁皱, 这样胎体在两侧堆积起来, 中间的胎体被研磨掉了。因此, 在切割同一种岩石的情况下, 在金刚石颗粒、岩石和胎体之间的空隙里的岩粉浓度决定了胎体磨损的快慢和程度。若胎体的磨损程度用 Q 表示, 则

$$Q = f(M, S) \cdot K$$

其中 Q —胎体磨损速率; M —胎体材料系数, 由胎体的性能决定; S —岩石系数, 由岩

① 收稿日期: 1997-04-14; 修回日期: 1997-10-14 胡焕校, 男, 28岁, 博士

石性质决定; K —胎体与岩石之间的岩粉体积浓度。

由上式可知, 在胎体和岩石一定的情况下, 胎体的磨损与作用于胎体上的岩粉浓度成正比。岩粉浓度低, 则胎体磨损就小, 但切割效率也低, 空耗的功率较多; 岩粉浓度过大, 则胎体磨损就大, 锯片寿命短。

根据磨擦学理论及文献[1]介绍, 岩粉浓度 K 一般在 0.3~0.4 之间最优(见图1)。

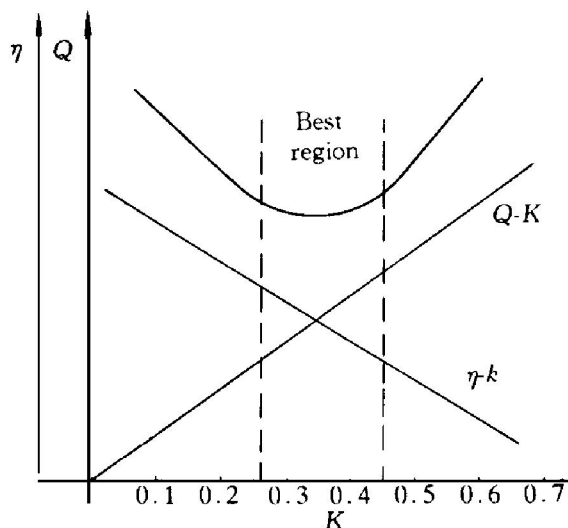


图1 空耗功率 η 、磨损速率 Q 与岩粉浓度 K 的关系图

Fig. 1 Relationship between empty power η , wear rate Q and concentration of stone powder K

在锯片实际使用过程中, 一般都已知刀头的参数和岩石性质, 因此, 本文暂不考虑胎体材料和岩石对胎体的影响, 着重讨论岩粉浓度的计算及不同锯切规程下, 岩粉浓度对胎体磨损的影响。

2 岩粉浓度 K 的计算

为了定量分析岩粉浓度的大小, 可通过下式进行计算:

$$K = k_1 V_{\text{岩}} / V_{\text{空}} \quad (1)$$

式中 k_1 —岩粉的滞后系数; $V_{\text{岩}}$ —岩粉体积; $V_{\text{空}}$ —金刚石颗粒间的空隙体积。

为了计算 $V_{\text{岩}}$ 及 $V_{\text{空}}$ 的体积, 假设已知: 金刚石平均出刃高度为 H_c , 金刚石切割岩石的厚度为 a_c , 刀头与岩石的接触面积为 S , 如图2所示, 则

$$V_{\text{岩}} = S \cdot a_c$$

$$V_{\text{空}} = k_2 \cdot S \cdot H_c \cdot (1 - k_3)$$

式中 k_2 —胎体包镶金刚石的支撑系数, 一般为 0.75~0.95; k_3 —金刚石的体积浓度。

在切割过程中由于岩粉的运动速度滞后于刀头的线速度, 这样一个刀头切割下来的岩粉就会作用于后一个刀头的胎体, 接触岩石切割线上的刀头数越多, 则作用在刀头上的岩粉也就越多。根据文献[4]、[5]及计算得出 k_1 与刀头的关系大致为 $1 + 0.1 \times (\text{刀头数} - 1)$ 。

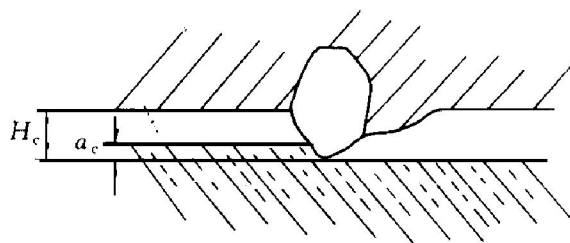


图2 单颗粒金刚石工作示意图

Fig. 2 Function of one diamond

因此可得岩粉浓度 K 的计算公式:

$$\begin{aligned} K &= k_1 \frac{S \cdot a_c}{k_2 \cdot S \cdot H_c \cdot (1 - k_3)} \\ &= k_1 \frac{a_c}{k_2 \cdot H_c \cdot (1 - k_3)} \quad (2) \end{aligned}$$

3 锯切规程对岩粉浓度的影响

在金刚石参数已经确定, 胎体及岩石已知的情况下, 则岩粉浓度 K 与锯切规程有关。在实际使用过程中, 锯切规程主要是指锯切深度和走刀速度。锯切规程的改变, 岩粉浓度 K 也随之而变。对于常用 $d1600$ mm 规格的锯片, 根据式(2)可计算出不同锯切深度、不同走刀速度下的相应岩粉浓度。为了计算最大的岩粉浓度, 设锯片转速为 360 r/min, 金刚石体积浓度为 10%, 根据文献[4]及文献[6]的切割深度计算公式求得不同锯切规程下的最大切割深度

a_{cmax} , 如表 1 所示。

对于金刚石的出刃高度 H_c , 一般按下式确定:

$$H_c = k_4 \cdot D$$

式中 k_4 —金刚石出刃系数, 可取 $k_4 = 0.1 \sim 0.5$; D —金刚石平均粒径。

将式(3)代入式(2)得到最大岩粉浓度 K 为:

$$K_{\text{max}} = k_1 \frac{a_{\text{cmax}}}{k_2 \cdot k_4 \cdot D \cdot (1 - k_3)}$$

对于最常用的 $d1600\text{mm}$ 锯片, 选取 $k_1 = 1.2$ 、 $k_1 = 1.3$ 并取 $k_2 = 0.85$, $k_3 = 10\%$, 可以算得在不同参数及规程下的岩粉浓度, 分别如表 2、表 3 所示。

根据文献[7]和[8]可了解到锯片在工作过程中, 绝大部分作用力消耗在金刚石的磨损上, 因此, 锯切深度决定了功耗。由于效率的提高关键在于锯切深度, 在一定的电机功率下, 对于已知的岩石, 锯切深度有一个较小的

表 3 锯切深度为 20 mm 时的岩粉浓度 K

Table 3 Concentrations of stone powder (K)
calculated with $a_c = 20\text{ mm}$ under
different sawing parameters

Saw blade coefficient	Diamond size / mesh	Saw travel rate/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$				
		1.0	1.5	2	2.5	3
$k_4 = 0.2$	40/50	0.263	0.383	0.503	0.646	0.766
	50/60	0.289	0.433	0.577	0.722	0.866
$k_4 = 0.3$	40/50	0.75	0.255	0.335	0.430	0.51
	50/60	0.192	0.288	0.391	0.473	0.576
$k_4 = 0.4$	40/50	0.131	0.191	0.251	0.322	0.382
	50/60	0.144	0.216	0.288	0.360	0.433

$k_1 = 1.3, k_2 = 0.85$

最佳范围; 走刀速度虽对功率的消耗影响较少, 但其大小也决定了金刚石切割岩石的实际深度, 同时也决定了单位时间内切割岩石体积的多少。由表 2 和表 3 可知, 锯片切割深度对岩粉浓度的影响较小, 而走刀速度对岩粉浓度的影响较大。同时在实际过程中, 对于已知锯片参数及岩石的情况下, 可以根据表 2 和表 3 选取合适的岩粉浓度, 以指导确定最佳的锯切规程。

4 结论

通过对胎体磨损机理的分析, 本文认为岩粉是研磨胎体的关键, 提出了岩粉浓度与胎体磨损成线性关系, 利用自建的岩粉浓度数学模型分析计算了锯切规程与岩粉浓度的定量关系。在已知锯片参数和岩石情况下, 该研究结果可用来指导选取合理的锯切规程, 使得锯片在实际使用过程中胎体磨损最小, 并与岩石及金刚石相匹配, 以取得最好的经济效益。

REFERENCES

1 Апека́ндров В А, Ле́вин М Д, Ме́чник В А(Г. Киев). Сверхтвёрдые Материа́лы, 1986, (1): 32 – 35.

2 Апека́ндров В А, Апе́кее́нко Н А, Ме́чник В А (Г. Киев). Сверхтве́дые Материа́лы, 1984, (6):

表 1 不同锯切规程下的最大切割深度 a_{cmax}

Table 1 Maximum cutting depth, a_{cmax} ,
of diamond saw under different
sawing parameters

Diamond size / mesh	Depth of cut / mm	Saw travel rate/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$				
		1.0	1.5	2	2.5	3
40/50	10	0.008	0.012	0.016	0.02	0.024
	20	0.011	0.016	0.021	0.027	0.032
50/60	10	0.0067	0.01	0.013	0.017	0.02
	20	0.009	0.014	0.019	0.023	0.028

表 2 锯切深度为 10 mm 时的岩粉浓度 K

Table 2 Concentrations of stone powder (K)
calculated with $a_c = 10\text{ mm}$ under
different sawing parameters

Saw blade coefficient	Diamond size / mesh	Saw travel rate/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$				
		1.0	1.5	2	2.5	3
$k_4 = 0.2$	40/50	0.177	0.265	0.353	0.442	0.530
	50/60	1.190	1.285	0.380	0.475	0.570
$k_4 = 0.3$	40/50	0.118	0.177	0.236	0.295	0.354
	50/60	0.127	0.190	0.253	0.318	0.380
$k_4 = 0.4$	40/50	0.089	0.133	0.177	0.221	0.266
	50/60	0.095	0.143	0.191	0.238	0.286

$k_1 = 1.2, k_2 = 0.85$

- 53– 56.
- 3 Zhou Zhengjun(周振君) and Wan Airong(王爱荣). Diamond & Abrasives Engineering(磨料磨具与磨削), 1992, 2(80): 2– 4.
- 4 Hu Huanxiao(胡焕校). Journal of Central South University of Technology(中南工业大学学报), 1997, 28(2): 8– 11.
- 5 Tang Donghua(汤东华). Stone(石材), 1994, (5): 9– 12.
- 6 Macro Divison of Kennametal Inc. I D R, 1985, 5: 248– 250.
- 7 Bittnet H. I D R, 1986, 6: 152.
- 8 Wang Chenyang(王成勇) and Wei Ting(魏听). Diamond & Abrasives Engineering(金刚石与磨料磨具工程), 1995, 5(89): 9– 13.

EFFECT OF STONE POWDER ON MATRIX WEAR OF DIAMOND SAW AND ITS CONCENTRATION CALCULATION

Hu Huanxiao and Liu Jing

College of Resourse, Environment and Civil Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China

ABSTRACT Based on the analysis of matrix wear mechanism, the concentration of stone powder was suggested to be the major factor affecting the abrasion wear of the diamond saw matrix. It was pointed out that the matrix wear changes with the concentration of stone powder, whose computation formula was given. Then the correlation of the changes of sawing parameters and the concentration of stone powder was established and the calculation results were helpful to choose the correct sawing parameters and made the saw matrix worn properly in the sawing period.

Key words diamond saw matrix concentration of stone powder

(编辑 何学锋)