

[文章编号] 1004- 0609(2000) 03- 0400- 04

金刚石锯片胎体的耐磨性^①

胡焕校¹, 刘 静²

(1. 中国地质大学(武汉) 博士后流动站, 武汉 430074; 2. 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 4 种胎体的锯切试验, 研究了胎体耐磨性同胎体高温硬度的关系, 提出了胎体高温软化的概念, 并在测定胎体高温软化点的基础上, 分析了胎体耐磨性同胎体高温软化点的关系。研究表明, 胎体的高温软化点可以反映胎体耐磨性的好坏; 对已知岩石的切割试验表明, 在金刚石参数相同的条件下, 选择成份合适的胎体可以使金刚石锯片的平均寿命提高 20% ~ 30%。

[关键词] 金刚石; 锯片; 耐磨性

[中图分类号] TF125.3⁺ 4

[文献标识码] A

随着石材工业的发展, 对金刚石锯片提出了越来越高的要求。由于在石材加工过程中, 荒料、水电及加工管理等费用是一定的, 同一品种石材成本的高低, 主要取决于金刚石锯片的消耗, 这就要求金刚石锯片既具有较长的使用寿命, 又有较好的切割效率。在金刚石锯片切割过程中, 主要是利用金刚石的微切削作用切割岩石。在工作过程中, 常用金刚石粒度只有 30~ 80 目左右, 金刚石靠胎体来包镶和支撑, 胎体性能的好坏, 对金刚石锯片的质量起着至关重要的作用。因此, 高质量的金刚石锯片要求胎体既要有较好的包镶金刚石的能力, 又具有能够与金刚石磨损率和岩石研磨性相匹配的耐磨性。针对中国目前比较难锯切的四川亚洲红花岗岩, 本文对胎体成分进行了研究, 根据岩石的特性和金刚石的参数, 选择了 4 种胎体配方, 通过试验对胎体性能进行了分析。

1 试验条件

四川亚洲红花岗岩目前在我国属于比较难锯切的岩石品种之一, 为了了解这种岩石的性质, 通过薄片制样测试了力学性能, 分析了矿物成分。研究表明, 这种花岗岩的抗压强度为 135.8 MPa; 石英含量(体积分数) > 35%, 粒径 0.1~ 0.2 mm; 长石含量(体积分数) > 60%, 粒径 0.5~ 1.5 mm; 其他矿物含量(体积分数) < 5%。

根据岩石的特性以及实际使用的经验, 试验采用细粒度、高品级的金刚石, 其粒度为 50~ 60 目,

金刚石含量(体积分数) 为 9%, 品级为 JR₄。

根据岩石的特性和所用金刚石的参数, 为了比较胎体性能的好坏, 设计了 4 种胎体配方。由于从经济效益考虑, 这 4 种配方都为低钴配方, 烧结后其性能参数如表 1 所示。

表 1 试验用胎体配方的性能参数

Table 1 Property parameters of four kinds of matrix formulations for testing

Formulation	WC content/ %	N / %	HRB
A	17	0.73	94
B	20	0.67	87
C	17	0.90	92
D	10	1.72	63

表中的 *N* 为胎体性能金属(包括 Fe, Co, Ni, Mn 等熔点在 1 100~ 1 600 ℃之间的金属)与粘结金属(包括纯铜粉及熔点在 1 100 ℃以下的金属)的质量分数。胎体模具规格为 24 mm × 7.5 mm × 6 mm, 烧结温度为 830~ 890 ℃, 烧结时间为 3 min。

2 试验设备及方法

为了能精确地测定胎体的磨损速率及切割效率, 本文采用单块刀头试验法。将 $d400\text{mm}$ 锯片用线切割方法切去其中一个齿, 把试验用刀头嵌入切口, 然后用带螺钉的夹头将刀头紧固在锯片上, 其结构示意图如图 1 所示。

采用这种锯切方法, 可以在每一次锯切定量的岩石后, 拧松夹头上的固定螺钉卸下刀头, 用分析

① [收稿日期] 1999- 04- 30; [修订日期] 2000- 02- 29

[作者简介] 胡焕校(1968-), 男, 博士。

天平称量其质量变化(天平的感量为 0.1 mg), 称完后装上刀头再进行锯切, 并随时对锯齿工作情况进
行观察和分析。

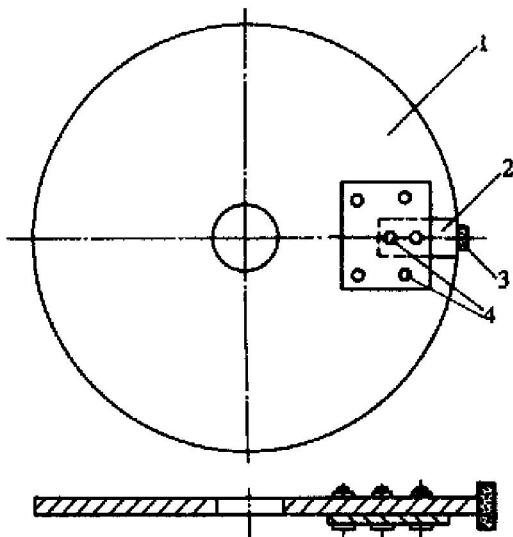


图 1 单刀头锯片结构示意图

Fig. 1 Scheme of single saw blade

1—Circular saw; 2—Saw blade clip;
3—Diamond saw blade; 4—Fixing bolts

所用试验设备为 TY-A 型岩石切割机, 其参数为: 切割线速度, 40 m/s; 锯片直径, $d400\text{ mm}$; 主电机型号 J02-22-4, 功率 3 kW, 转速 1 440 r/min; 纵向给进速度, 9~ 110 mm/min; 切割深度设定, 连续可调; 冷却液, 清水。

根据文献[1] 的计算公式, 结合实际 $d1600\text{ mm}$ 锯片的工作情况选择如下的锯切规程: 走刀速度, 10 mm/min; 进刀量, 7 mm/次; 冷却方式, 双面冷却。

3 测试结果分析

为了评价胎体耐磨性的好坏, 对试验锯切取得的数据进行了比较、分析及计算。由于金刚石刀头在烧结过程中, 其模具是一致的, 刀头的规格和宽度也基本相同, 为了同实际锯切有相同对比, 采用累计锯切面积与累计刀头磨损量之比来表示刀头的耐磨性 Q , 其计算公式为:

$$Q = \frac{\Delta S}{\Delta G_m}$$

式中 ΔS 为累计锯切的花岗石面积, cm^2 ; ΔG_m 为累计刀头磨损量, g。

4 种胎体配方的锯切试验结果如表 2 所示。

根据文献[2~ 4], 采用这种锯切方式切割少量石材, 对于花岗石甚至少于 100 cm^2 , 就完全可以评

表 2 4 种胎体配方的试验结果

Table 2 Test results of four matrix formulations

Matrix	Times	Sawing area $\Delta S/\text{cm}^2$	Wear amount $\Delta G_m/\text{g}$	Q $/(\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	Note
A	18	337.5	0.7796	432.9	Normal
B	20	410.3	1.1905	344.6	Normal
C	18	329.6	0.4456	739.6	Normal
D	6	107.3	0.3411	314.6	Sparking seriously

价刀头胎体的性能。为了更好地观察刀头的磨损情况
及锯切性能, 本次研究的锯切量都在 300 cm^2 以上(胎体配方 D 由于锯到第 6 回次严重冒火花而没有继续锯切), 以便说明实验数据的可靠性。

根据以上实验数据, 对于四川亚洲红花岗岩采用品级 JR₄、粒度 50~ 60 目、含量 9% 的金刚石参数后, 4 种胎体的耐磨性能优劣顺序为:

胎体 C> 胎体 A> 胎体 B> 胎体 D

由于金刚石锯片切割岩石的过程是一种高速微切削过程, 锯片周边线速度达到 30 m/s 以上。金刚石在与岩石接触过程中, 产生的磨擦热使金刚石与岩石接触点达到非常高的温度, 一旦冷却不好, 就会使金刚石马上石墨化。尽管有冷却剂冷却, 但金刚石及其四周包镶的胎体仍具有较高的温度^[5~ 7]。任何金属和合金在一定的温度下, 都会产生软化作用, 而胎体是各种金属粉末热压而成的假合金, 其软化的温度则更低。胎体的磨损主要是由于岩粉与胎体的互相研磨作用, 而在实际锯切过程中, 都是在高温条件下岩粉同胎体的研磨, 因此胎体高温性能的好坏, 与胎体的耐磨性密切相关, 胎体的高温强度越好, 胎体的高温耐磨性也就越好。但胎体耐磨性并非越高越好, 它必须同金刚石的磨损匹配。在一定的综合参数条件下, 金刚石和胎体的磨损速率是一定的; 不同综合参数情况下金刚石磨损速率和胎体磨损速率的关系(综合参数包括金刚石参数、胎体组成、岩石性质、烧结工艺、锯切规程等综合指标) 如图 2 所示。

由图 2 可知, 当综合参数在 a 点时, 也就是在我们所追求的最理想的状态即金刚石的磨损速率同胎体的磨损速率相一致时, 金刚石与胎体同步磨损, 充分发挥了金刚石的作用; 当综合参数在 b 点时, 胎体的磨损速率小于金刚石的磨损速率, 也就是所说的胎体太硬, 工作一段时间后, 使金刚石不能出露在胎体表面, 出现冒火花锯不动的现象, 这样就得重新开刃, 大大降低了工作效率; 而综合参数在 c 点时则刚好相反, 胎体的磨损速率快于金刚石的磨损速率, 在金刚石还有能力继续锯切时, 胎

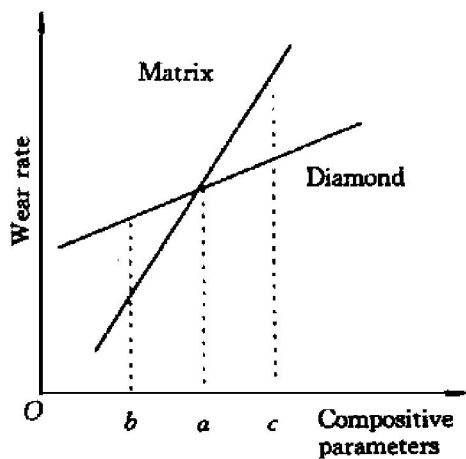


图2 不同综合参数情况下金刚石磨损速率和胎体磨损速率关系示意图

Fig. 2 Relationship between diamond wear rate and matrix wear rate under different comprehensive parameters

体就过早地被磨损了。由于金刚石在胎体中主要是靠机械包镶,胎体一旦被磨掉,金刚石出露到一定的时候,也就被冲击掉了,这样就大大缩短了锯片的工作寿命。因此我们所关心的胎体耐磨性好坏主要是指能否同金刚石的磨损速率相匹配。从实际锯切的数据可知,比较4种胎体配方,胎体C与金刚石的匹配为最好。为了探求其原因,我们自制了一台胎体高温硬度测定仪,以便比较这4种胎体配方的高温硬度,并用胎体的高温软化点作为高温硬度的指标。研究结果表明,胎体的高温软化点为升温过程中胎体的HRB值(换算值)下降了50时的温度。测定结果如表3所示。

表3 4种胎体配方的高温软化点

Table 3 Softening points of matrix formulations				
Matrix	A	B	C	D
$N/\%$	0.73	0.67	0.90	1.72
Softening point/ $^{\circ}\text{C}$	680	660	720	750

4 讨论

测定结果表明,胎体配方的高温软化点在已知岩石的锯切过程中对于确定的金刚石参数有一个最优值,也就是存在一种胎体耐磨性与确定的金刚石参数和岩石相匹配的胎体配方。胎体C不一定在所有的情况下都是最优的,但在本文的试验过程中是最优的。经过多次实验证明,对于同一种岩石和同样的锯切规程,改变金刚石参数,都有一个对应的最佳胎体配方,也就是最佳的胎体的高温软化点。同时,根据测定结果还发现, N 值较大,胎体的高

温软化点也就越高,即胎体的高温耐磨性越好。

为了更好地研究胎体耐磨性能,我们还对这4种胎体进行了金相分析、扫描电镜观察及能谱分析^[8]。分析结果表明,胎体在烧结过程中,由于时间较短,形成的是假合金,其结构组织极不均匀,很难证明胎体性能的好坏。同时我们还研制了一台锯片刀头耐磨性测试装置,用 $d250\text{ mm}$ 的砂轮,在 30 m/min 的线速度下与空白刀头对磨,以测定刀头胎体的耐磨性。试验结果表明,由于没有统一的标准,每次试验测试时砂轮、胎体等的性能都在变化,并且多次试验的测试结果重复性较差,因而这种方法不能被采用。

5 结论

1) 用胎体的高温软化点能表示胎体耐磨性的好坏,而胎体配方的 N 值则与胎体的高温软化点相对应。

2) 对于已知岩石的切割,肯定有一种胎体配方的胎体高温软化点与金刚石磨损率相匹配。

3) 本文的试验结果表明,在相同的岩石和金刚石参数条件下,选择合适的胎体配方,制成的锯片刀头在锯切过程中取得了较好的效果。与胎体配方不合适的刀头相比,其平均寿命提高了20%~30%。

[REFERENCES]

- [1] HU Huan-xiao(胡焕校). 金刚石磨粒切削运动分析及切削厚度计算[J]. Journal of Central South University of Technology(中南工业大学学报), 1997, 28(1): 8-11.
- [2] BO Hua-chuan(薄化川). 金刚石圆锯片磨削比的快速测定[J]. Diamond and Abrasive Engineering(磨料磨具与磨削), 1989(4): 11-12.
- [3] SONG Rì-qing(宋日清), KONG Yù-chao(孔毓超) and LAI Hè-yì(赖和怡). 金刚石锯片切割性能的研究[J]. Diamond and Abrasive Engineering(磨料磨具与磨削), 1992(2): 15-18.
- [4] ZOU Zhè-hong(邹泽宏), ZHOU Quán-xi(周泉溪) and FENG Zǔ-bin(冯组宾). 高质量花岗石圆锯片和大圆锯片的研究[J]. Diamond and Abrasive Engineering(磨料磨具与磨削), 1995(5): 21-28.
- [5] Plattner H. Primary sawing of granite with circular diamond [J]. Industrial Diamond Review, 1978, 7: 244-247.

- [6] Wrigth D N and Cassapi U B. Factors influencing stone sawbility [J]. Industrial Diamond Review, 1985, 2: 84 – 89.
- [7] Ertingshaw Ser W. Wear processes in sawing hard stone [J]. Industrial Diamond Review, 1982, 5: 284– 290.
- [8] Holz R. Coolant supply in stone sawing [J]. Industrial Diamond Review, 1981, 4: 146– 200.

Matrix wear-resistance of diamond saw blade

HU Huan-xiao¹, LIU Jin²

(1. Postdoctoral Station, Geology University of China, Wuhan 430074, P. R. China;

2. College of Resource, Environment and Civil Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China)

[Abstract] According to sawing experiments with single saw blade, the relationships of wear-resistance and high-temperature hardness of four matrix formulations were investigated, and the concept of matrix softening at high temperature was put forward. Based on measuring the matrix softening points at high temperatures, the relationship between wear resistance and softening point was analyzed. The experimental results show that the softening point can reflect the property of wear-resistance of the matrix; choosing an appreciate matrix formulation could improve the work life of diamond saw blade by 20% ~ 30% under the same conditions of diamond parameters and rock.

[Key words] diamond; saw blade; wear-resistance

(编辑 何学锋)