

小直径金刚石圆锯片若干问题的探讨*

关 一 凡

(华侨大学精密机械工程系, 泉州 362011)

摘要 分析用于锯切花岗石的金刚石小圆锯片的特点。通过试验说明在金刚石参数相同的条件下,相对于大锯片而言,小锯片应选用耐磨性较低的结合剂胎体,且其金刚石浓度一般不能高于35%。

关键词 金刚石,圆锯片,花岗石,结合剂

分类号 TG 732.07

金刚石孕镶圆锯片具有锯切效率高,成材质量好等特点,在石材加工中得到广泛的应用。石板加工在两道工序中需使用金刚石锯片,一是在大锯机上将荒料锯切成片,使用 $\varnothing 1600$ mm 甚至更大直径的大锯片。二是在切边机上将已磨抛好的板材按规格切割使之成品,使用 $\varnothing 350\sim 500$ mm 的小锯片。这两种锯片不论是从加工要求,还是从切削原理的角度来看,都有各自的特点,因此在锯片制造技术上应有相应的对策。目前不少人对此尚无清楚的认识。本文分析了小锯片的特点,并提出相应的措施。

1 小锯片特点分析

1.1 加工要求

金刚石锯片最重要的性能是锐利度和寿命。大、小锯片所担负的加工任务不同,对锯片性能要求的侧重点也不相同。小锯片切边是终加工工序,对锯切质量有较高的要求,主要要求切边时板材不崩边崩角,边线平直。此外切边时小锯片的切割率(单位时间锯切岩石的面积数)一般来说也较高。这实际上是对金刚石锯片的锐利度性能提出了较高的要求。大锯片用于将荒料锯切成片的粗加工工序,主要要求以较低的生产成本完成加工。锯片的费用在工序加工成本中占有相当大的比重,因此,对大锯片使用寿命的要求较为侧重。

1.2 平均切屑厚度

石材锯切加工过程的本质是磨削过程,可以通过平均切屑厚度 \bar{h}_c 对锯片的工作状态做定性分析,或寻求对锯片使用性能的解释。由文[1]知,平均切屑厚度为

$$\bar{h}_c = \sqrt{\frac{V_f}{V_s} \cdot \frac{1}{C \cdot \lambda \cdot \xi} \cdot \sqrt{\frac{a_p}{d_s}}} \quad (1)$$

* 本文 1994-02-24 收到

其中 V_s 为锯切线速度; V_f 为进给速度; a_p 为锯切深度; d_s 为锯片直径; C 为锯片表面单位面积上参与切削的金刚石数量, 与金刚石的浓度和粒度有关; λ 为锯片结块长度 l_s 与锯齿间距 l_t 的比值; ξ 为与切屑截面形状有关的系数, 物理意义为平均切屑宽度 \bar{b} 比平均切屑厚度 \bar{h}_c , 主要取决于磨粒的粒度及磨损情况, 参看图 1.

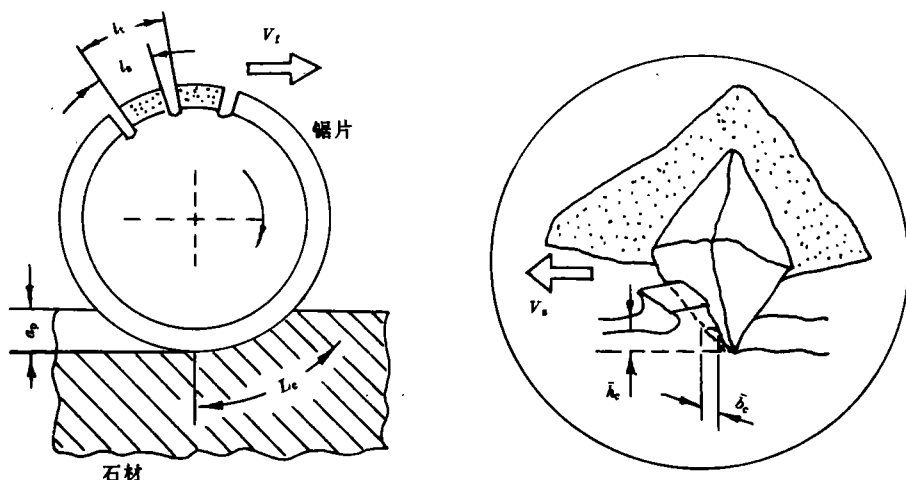


图1 平均切屑厚度示意图

花岗石锯切过程中, 小锯片的平均切屑厚度一般地说比大锯片大. 此点可以用较为典型的 $\varnothing 400$ mm 小锯片和 $\varnothing 1\,600$ mm 大锯片为例加以说明; $\varnothing 400$ mm 锯片的 $\lambda = 0.89$, 其典型锯切工艺为 $a_p = 20$ mm, $V_f = 2.5$ m \cdot min $^{-1}$, $V_s = 2\,100$ m \cdot min $^{-1}$; $\varnothing 1\,600$ mm 锯片的 $\lambda = 0.54$, 其典型锯切工艺为 $a_p = 6$ mm, $V_f = 3.5$ m \cdot min $^{-1}$, $V_s = 2\,100$ m \cdot min, 代入式(1)即可得. 在其他条件相同的情况下, $\varnothing 400$ mm 锯片的平均切屑厚度比 $\varnothing 1\,600$ mm 锯片大 26% 左右. 换言之, 作用在小锯片单磨粒上的切削力相对较大, 因此, 小锯片的金刚石在锯切过程中更容易发生磨损和失效.

1.3 容屑空间

锯片锯切石材过程中, 金刚石磨粒通过切削区切除切屑时, 处于四周封闭的状态, 这就要求锯切时锯片有足够的容屑空间, 此容屑空间由金刚石磨粒相对于结合剂胎体的出露高度来提供. 如果锯切时容屑空间不够, 锯片对石材的有效锯切作用降低, 切屑对金刚石磨粒及其结合剂胎体的摩擦和磨损加剧, 锯切力增大, 锯切过程可能发生振动, 金刚石工作条件恶化, 石材的加工质量下降, 严重时甚至根本不能锯切. 平均切屑体积 \bar{V}_c 为

$$\bar{V}_c = \bar{S}_c \cdot L_c, \quad (2)$$

其中 \bar{S}_c 为切屑平均截面积, $\bar{S}_c = \xi \bar{h}_c^2$; L_c 为接触弧长, $L_c = \sqrt{d_s \cdot a_p}^{(2)}$, 将这些关系式与式(1)代入式(2), 可得

$$\bar{V}_c = V_f \cdot a_p / V_s \cdot C \cdot \lambda. \quad (3)$$

即在其他条件相同的情况下, 平均切屑体积与切割率 ($V_f \times a_p$) 成正比, 与 λ 成反比. 若以典型的工艺条件代入式(3)可得, $\varnothing 400$ mm 锯片的平均切屑体积要比 $\varnothing 1\,600$ mm 锯片大 44% 左

右,而且 $\varnothing 400$ mm 锯片的水口宽度(l_1-l_2)相对较小,锯齿宽度 l_2 较大更增加了排屑的困难.因此,锯切过程要求小锯片提供相对较大的容屑空间.

2 试验研究

针对小锯片的特点,本文进行了试验研究.试验石材为福建产的花岗石,外贸代号 603, 635,其主要矿物成分、颗粒度(G)、肖氏硬度(HS)和抗压强度(σ_{bc})等列在表 1 中.

表 1 试验石材的主要性能

性能	外观	石英/(%)	钾长石/(%)	斜长石/(%)	条纹长石/(%)	G/mm	HS	σ_{bc}/MPa
603	灰白色	40	—	5	50	2~5	92	162.4
635	暗红色	25	56	15	—	2~4	101	171.7

2.1 结合剂胎体的试验

2.1.1 试验条件及结果 试验锯片参数:直径 $\varnothing 400$ mm,金刚石粒度为 40/50 与 50/60,浓度 25%~35%,单晶平均抗压强度 13~16 kg,锯齿尺寸 40 mm \times 4 mm \times 7 mm,锯齿数 28.试验中只改变结合剂胎体的成分,锯片其他参数不变.结合剂成分有 Fe,Co,Ni,Cu,Sn 等金属粉末及少量其他成分.锯切用量为 $V_s=2100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, $a_p=20 \text{ mm}$, $V_f=2.5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$,切割率为 $500 \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$,清水冷却.试验结块的胎体成分、平均硬度(HRB)和试验锯片的锐利度性能列在表 2 中.

表 2 胎体成分试验结果

锯片编号	Fe,Co,Ni/(%)	Cu,Sn/(%)	HRB	锐利度性能	
				603	635
1	70	25	98.4	无法使用	无法使用
2	58	40	92.5	一般	无法使用
3	47	50	85.3	较好	较好
4	43	55	81.8	好	好

2.1.2 试验结果说明与分析 1号锯片直接采用了 $\varnothing 1600$ mm 大锯片的制造参数,这些参数在锯切同类花岗岩的大锯片制造上得到成功的应用.但用在小锯片上锯片的锐利性能严重不足,锯切噪音很大,锯切的石板材崩边崩角严重,根本无法使用.笔者认为这种现象的出现与前述的小锯片的特点有关.我们知道,锯切过程中锯片结合剂胎体的磨损速率应与金刚石的磨损速率相适应,结合剂胎体不但要牢固地把持金刚石使其充分发挥切削能力,而且要保证金刚石不断地在锯齿工作表面出露以对石材进行有效切削.

1号锯片的参数尽管对大锯片是合适的,但小锯片的平均切屑厚度较大,即金刚石所受的切削力较大;小锯片切削时切屑平均体积较大,易导致容屑空间不足,切削条件恶化,金刚石比大锯片更易发生磨损和失效,因此,若照搬大锯片的参数,结合剂胎体的耐磨性相对太高,金刚石切削磨损失效后新的金刚石或新的切刃不易出露,体现为锯片的锐利性较差,甚至完全丧失切削能力.因此,小锯片结合剂胎体的耐磨性似应降低,才能使其锯切时的磨损速率与金刚石的工作状态相适应.

基于这种看法,在其他条件不变的情况下,增加结合剂中相对耐磨性较低的 Cu, Sn 元素含量以降低胎体的耐磨性. 随着 Cu, Sn 元素含量的提高,锯片的锐利性提高,3 号和 4 号锯片获得良好的锯切效果.

2.2 金刚石浓度的试验

2.2.1 试验条件和结果 $\varnothing 400$ mm 锯片,金刚石粒度 40/50,单晶平均抗压强度 13~16 kg,浓度 40%,其他制造参数、切削用量等同结合剂胎体成分试验.

试验中,既使用耐磨性相对较低的 4 号结合剂胎体,也难以满足对锯片的锐利性要求. 锯片切削表面变得光滑,锯切噪音增大,石板材崩边崩角情况严重. 在手摇进给的切边机上锯切时,明显感到进给力很大.

2.2.2 试验结果分析 在金刚石浓度较高的情况下,锯片锐利性能变差的可能原因如下:(a) 浓度太高时,切削表面参与切削的金刚石数太多,金刚石与花岗石的接触面积变大,单颗粒金刚石上所承受的压力较小,相应地压入岩石的深度减小. 当金刚石上的压强小于岩石的抗压强度时,金刚石就不能压入花岗石表面进行有效的切削,挤压、摩擦作用加强,使金刚石失效以切削刃磨平钝化为主,磨粒的微破碎、完全破碎、脱落等失效形式相对较弱,锯片切削表面变得光滑;(b) 在粒度一定的条件下,金刚石浓度太高不利于锯片切削表面容屑空间的形成. 金刚石浓度较低时,切削表面磨粒间距离较大(图 2a),含石屑粉水流对磨粒前方的结合剂胎体的冲蚀磨损作用较强,金刚石易于产生较高的出露高度 h_1 ,形成较大的容屑空间;金刚石浓度较高时,磨粒间距离较小(图 2b),冲向磨粒前方结合剂胎体的含石屑粉水流受到前一磨粒的阻挡,其对胎体的冲蚀磨损作用被减弱,锯切时产生的金刚石出露高度 h_2 较小. 虽然金刚石浓度增加使平均切屑厚度 \bar{h}_c 变小,所需的容屑空间相应减小,但金刚石浓度较大时,形成的容屑空间的减小速率可能高于平均切屑体积的减小速率,造成金刚石锯片锐利性下降.

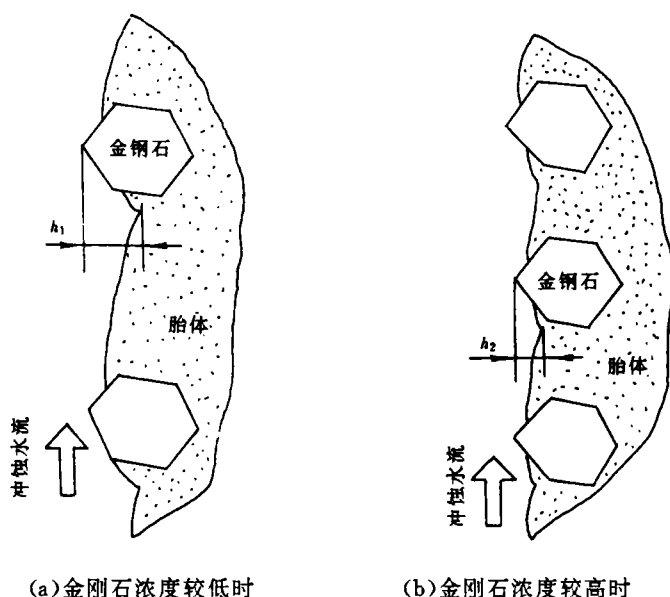


图2 浓度对金刚石出露高度的影响

虽然金刚石浓度为 40% 的大锯片在锯切花岗石上有成功应用的例子, 由于小锯片对容屑空间及锐利性有更高的要求, 锯切花岗石小锯片的金刚石浓度一般不要超过 35%。对锯片的锐利性能有更高要求时, 可以采用更低的金刚石浓度。由此产生的锯片寿命下降问题, 或者采用较高品级的金刚石, 并配以把持力较强, 耐磨性能与之相匹配的结合剂胎体; 或者采用不同粒度金刚石(如 40/50, 50/60)的合理组合; 或者采用适当增高金刚石结块高度的方法加以解决。

3 结束语

(1) 相对于大锯片而言, 锯切花岗石的金刚石孕镶小圆锯片有其自身的特点: 加工现场对其锐利度性能有较高要求; 单颗粒金刚石承受的切削力较大; 锯切时需要较大的容屑空间等。这些是选择小锯片制造参数时需要加以考虑的因素。

(2) 在所用金刚石品级、浓度、粒度等条件相同的情况下, 相对于大锯片而言, 小锯片应选用耐磨性相对较低的结合剂胎体。

(3) 锯切花岗石用小锯片的金刚石浓度一般不要高于 35%。在本文所用的结合剂系统内, 金刚石浓度为 40% 时, 锯片很难得到满意的锐利度性能。

参 考 文 献

- 1 Tönshoff H K, Warnecke G. Advance in ultrahard materials application technology. Hanover; Paul Daniel, 1982. 39~40
- 2 任敬心, 华定安. 磨削原理. 西安: 西北工业大学出版社, 1988. 16~17

A Study of Circular Diamond Saw Blade in Small Diameter

Guan Yifan

(Dept. of Precis. Mech. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract For efficiently cutting the granite, the characteristics of circular diamond saw blade in small diameter is analysed; and the choice of its metal bonds and diamond concentration are studied experimentally. Under the diamond parameters same with the circular saw blade in large diameter, it should choose the metal bonds of lower abrasion resistance and the diamond concentration below 35 per cent.

Keywords diamonds, circular saw, granite, bond