

钢砂的锯切过程试验研究

吴惠贞 李文斌 陈子文 詹全明

(华侨大学)

(绍兴轧钢厂)

摘要 对国内外钢砂锯切花岗岩试验的结果说明:钢砂在锯切过程中承受小能量多次冲击接触应力,商用铸造钢砂内存在一些宏观、微观裂纹,其失效的过程为破碎—犁削—破碎;非铸造钢砂失效过程为犁削—破碎模型。

关键词 钢砂,锯切,花岗岩,服役试验,失效形式

0 前言

建筑行业中花岗石板材,是用采石场的荒料经锯切、磨抛等工序完成的。锯切加工是板材生产的重要工序,锯切的效率和质量对后续的磨抛工序影响很大,成为影响板材生产率的关键问题。在石板材的锯切加工设备中,框架砂锯仍占多数,钢砂的质量就成为影响锯切效率和成本的主要因素。近年来我国各地陆续地引进不少石板材加工生产线,但使用的钢砂大部分靠进口,消耗量很大,而国产钢砂无论从质量和产量上都不能满足生产上的要求。

我们对国内外钢砂进行了一系列的对比试验和研究,认识钢砂的服役过程、失效形式,提出改进钢砂的途径,实现钢砂国产化。

1 实验材料及实验过程

1.1 实验用钢砂

实验用钢砂有西德、日本生产的,国产的有钢砂,铁砂和新型非铸造破碎钢砂(以下简称新钢砂),除新钢砂外均取自生产线,其化学成分如表1。

表1 钢砂化学成分

材料类别	化 学 成 分 (%)						
	C	Si	Mn	V	Cr	S	P
日本钢砂	0.87	0.60	0.74	—	0.38	<0.05	<0.05
西德钢砂	0.95	0.67	0.91	0.20	0.13	<0.05	<0.05
国产钢砂	0.99	0.56	0.75	—	—	<0.05	<0.05
国产铁砂	2.17	0.35	0.074	—	—	<0.05	<0.05

本文1990—05—23收到。

1. 2 钢砂锯切试验机

实验在W—4 型试验框架单锯条砂锯上进行,该砂锯系模拟花岗石锯切条件专门设计的,工件压理如图 1 所示。锯条往复运动速度和锯条张紧力均可连续调节,砂锯的垂直进给通过油压机提升工作台来实现,锯切时为人工方式加砂。

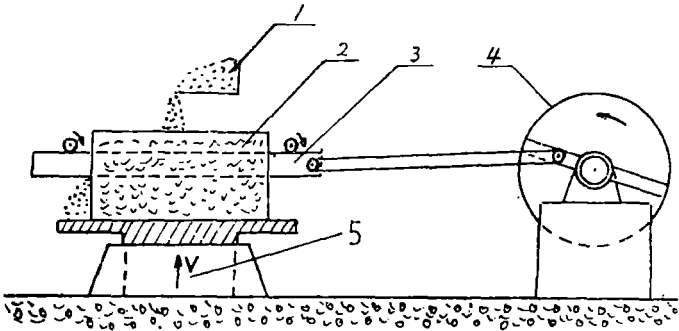


图 1 W—4 型试验框架砂锯工作原理图
1——钢砂; 2——花岗石; 3——锯条;
4——飞轮; 5——石料上升速度

1. 3 锯切试验

分两步试验。第一次用西德钢砂、国产铁砂和新钢砂进行试验,在相同锯切面积下对比其消耗量等;第二次以钢砂在锯切中工作相同的循环次数下,观察钢砂的质量。每种试验用钢砂为14 kg,钢砂全部用完后停机。回收第一次循环使用过的钢砂,随机取样进行清洗、干燥,统计钢砂尺寸变化,再进行下一次循环使用。

锯切试验条件:锯条材料A₃钢,锯条往复速度90r/min,锯条张紧力7.2t,被锯切花岗石为峰白石。

2 试验结果

2. 1 试验数据整理

试验数值见表 2。

表 2 钢砂锯切试验结果

主 要 参 数	西德 钢砂	国产 铁砂	新 A 钢砂	国产 钢砂	新 B 钢砂	日本 钢砂
1 钢砂锯切循环次数	19	17	15	8	8	8
2 完成锯切花岗石面积(m ²)	0.112	0.112	0.112	0.062	0.101	0.104
3 锯条磨损高度(mm)	12	14	19	12	14	11
4 钢砂初始重量(kg)	14	14	14	14	14	7
5 钢砂锯切后水洗筛选重量(kg)	13.145	10.565	13.025	13.355	13.220	6.285
6 单位面积钢砂消耗量(kg/m ²)	7.63	30.67	8.71	10.40	7.72	6.88
7 锯缝状态	平直	平直	平直	平直	平直	平直
8 粗板表面波纹高度(μm)	130 200	333 380	280 340	350 430	530 880	100 200

根据表 2 所列数据进行整理,锯条磨损量和钢砂消耗量如图 2, 3 所示,粗板表面波纹高度对比见图 4。

2.2 钢砂对锯条的影响

图2反映了锯切每 m^2 花岗石锯条磨损量, 进口砂对锯条磨损影响较国产砂为小。无论

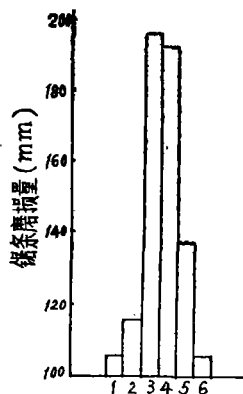


图2 各种钢砂的锯条磨损量

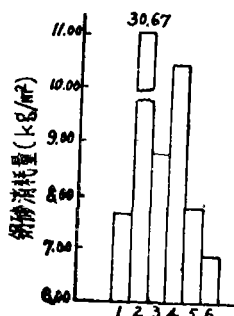


图3 各种钢砂的消耗量

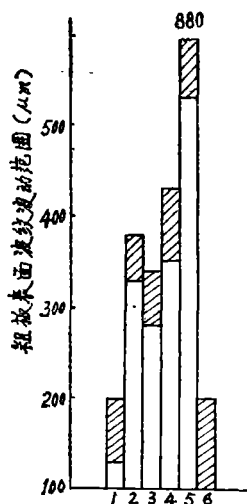


图4 各种钢砂锯切花岗石板表面波纹波动范围

1——西德钢砂; 2——国产铁砂;
3——新A钢砂; 4——国产钢砂;
5——新B钢砂; 6——日本钢砂

国产砂或新砂都对锯条磨损不利, 铁砂对锯条磨损也很小。

2.3 钢砂的消耗量

图3表示锯切峰白花岗石试验时每 m^2 所消耗的钢砂量。国外钢砂的消耗量较少, 为6.88, 7.63kg; 新B的钢砂接近西德钢砂, 新A钢砂为8.71kg; 国产钢砂比新A, B钢砂消耗量都大, 为10.40kg; 铁砂的消耗非常大, 达30.76kg/ m^2 。

2.4 钢砂尺寸变化

用统计方法分析了钢砂循环次数与尺寸变化的关系。各种钢砂进行了8次循环, 每次循环结束, 随机取样, 清洗, 干燥后测量钢砂尺寸, 每种测量50粒, 取算术平均值, 典型曲线如图5, 钢砂服役循环过程中, 前三次循环钢砂尺寸剧烈减小, 随后有一稳定阶段, 最后又减小, 这可能与它的生产制造方法有关。铁砂的变化规律与钢砂相似。

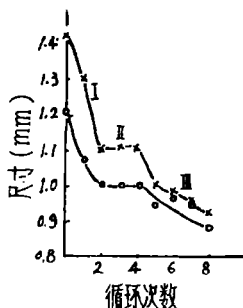


图5 锯切循环次数对钢砂尺寸的影响
O——日本钢砂; X——铁砂

2. 5 原始钢砂的内部裂纹

用铸造钢丸或铁丸破碎法制造的钢砂或铁砂，内部残留有裂纹，每种钢砂各取20粒，经检查统计结果列于表 3。

表 3 铸造钢砂内部裂纹统计

材料类别	裂纹总数 (条)	裂纹最大长度 (μm)	单颗钢砂裂纹 最多数 (条)
日本钢砂 (供应状态)	47	750	6
日本钢砂 (使用后)	14	960	2
西德钢砂 (供应状态)	81	1110	8
西德钢砂 (使用后)	44	490	9
国产钢砂 (供应状态)	79	750	11
国产钢砂 (使用后)	32	730	3

2. 6 钢砂的显微组织与硬度

日本、西德和国产钢砂的显微组织均为细小碳化物 + 马氏体 + 残余奥氏体，日本砂的片状马氏体特别明显，放大800倍可看到马氏体的中脊线。西德砂组织比较细小，钢砂金相组织如图版 V 1所示。钢砂硬度测量是用显微硬度值换算成洛氏硬度。国产钢砂和日本砂硬度值HRC65±1.5，西德钢砂硬度较高，其硬度值为HRC71±1。

3 讨论

3. 1 钢砂的服役过程

框架砂锯的实际运行过程中，锯条、钢砂和花岗石形成一个动态的三体磨擦系统，三者均是宏观粗糙度较大的表面接触。锯条和钢砂作为刀具在锯切花岗石的同时，它们本身也产生破裂和磨损，逐渐丧失其锯切效能。对花岗石来说，本身是属于半晶质以硅酸盐为主的硬脆材料^[1]，内部组织结构不均匀，存在裂纹和解理面一类的不连续性因素，为切削加工提供有利条件。如果钢砂在破岩过程中按变形—压裂—刮削的模型，则压裂、刮削应是主要的。钢砂的原始尺寸不一，形状不规则，多带棱角，其全相组织为高碳马氏体，硬度高，它与岩石之间的接触应力是很大的^[2]，这都有利于破碎岩石，也正是由于接触表面粗糙不平以及其它条件影响，不可避免地钢砂处于小能量多次冲击条件下工作，加工中还要加入石灰水溶液作润滑冷却及排屑之用，所以，钢砂的服役条件是比较苛刻的。

3. 2 钢砂运动形式与破岩中的作用

锯切中钢砂可以处于两种运动形式，即滚动和滑动，从图 6 可知钢砂产生滚动的条件

$$\frac{F_{n1}}{F_{t2}} < \frac{H}{w}, \quad \frac{F_{n2}}{F_{t2}} < \frac{H}{w},$$

钢砂产生滑动的条件

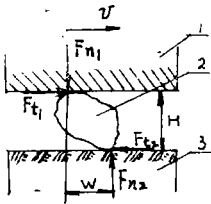


图 6 钢砂的运动条件力学示意图

1——锯条；2——钢砂；3——岩石

$$F_{n1} > F_{t2}, \quad \frac{F_{n1}}{F_{t1}} \geq \frac{H}{w}, \quad \frac{F_{n2}}{F_{t2}} \geq \frac{H}{w}$$

式中, F_{n1} 为锯条作用于钢砂的法向力, F_{t1} 为锯条作用于钢砂的水平推力, F_{n2} 为岩石对钢砂的法向反力, F_{t2} 为岩石对钢砂的水平阻力。钢砂的运动形式主要取决于受力状态和形状尺寸, 多边形或近似圆形的颗粒, 尤其是有尖锐棱角的钢砂, 易发生滚动, 而那些细长或半圆球, 无尖锐棱角的钢砂易发生滑动。产生滚动的钢砂与岩石之间接触应力相对来说比较大, 它促使岩石产生裂纹, 这些裂纹可使岩石破裂到一定深度, 使岩屑逐步剥落。而产生滑动的钢砂在滑动过程中对岩石起着刮削的作用。二类钢砂在锯切中各得其所, 二者相辅相成, 完成锯切作用。

3.3 锯切过程中钢砂尺寸的变化

综合图5和表3进行分析, 发现钢砂在锯切中尺寸变化有二个拐点。目前供应状态的国内外钢砂与铁砂的生产, 都采用铸钢丸或铸铁丸破碎法, 砂内都存在不同数量的裂纹, 在服役中承受应力和冲击载荷下碎化, 裂纹消失, 这一阶段(见图5中I阶段)钢砂尺寸变小, 它对破岩的贡献可能比较小。在原始裂纹消失, 新裂纹未产生之前, 钢砂破岩中尺寸相对稳定(图5中II阶段), 这可以间接地说明, 钢砂破岩以压裂、刮削形式为主, 钢砂的磨损量不大。随后新裂纹萌生, 扩展直至断裂, 钢砂尺寸发生大的变化(图5中III阶段)。尺寸曲线变化还说明, 钢砂主要是因碎裂造成的尺寸过小而丧失加工能力。在文献[3]中亦提出钢砂最佳使用尺寸为0.5~0.9mm, 尺寸过小将失去锯切效能。

3.4 钢砂失效形式

钢砂在服役中承受高应力下发生滚动和滑动, 带有小能量多次冲击载荷破碎岩石的同时, 接受来自岩石和锯条的反作用力。

钢砂锯切中尺寸产生变化, 以及从锯缝中排出的钢砂中收集到的大量碎片的形貌、断口来看, 钢砂破碎是严重的。破碎有二种情况, 有因原先内部裂纹引起的早期破碎, 其破碎率视内部裂纹数量及性质而定; 另一种是已破碎的钢砂在小能量多次冲击等载荷下再破碎, 二次破碎的钢砂尺寸变小, 形状各异。图版V2是西德钢砂破碎块, 由于钢砂服役条件的限制, 新鲜的断口难以收集, 尽管如此, 精心挑选也还能说明一些问题。图版V3是钢砂断口照片, 由图版V3b可以看到, 因石灰水腐蚀, 具有比较典型的沿晶断裂。钢砂表面出现犁沟(图版V4)可能是在滑动中受岩石中的硬质点刮伤造成的。钢砂受到磨粒磨损是不可避免的, 犁沟与磨粒磨损二者相对于破碎而言, 对钢砂尺寸变化影响是比较小, 但犁沟、磨粒磨损造成的粗糙表面, 对新裂纹萌生起着促进作用, 也可能就是裂纹形核萌生策源地。综上所述, 钢砂的主要失效形式可以认为是破碎, 犁沟、磨粒磨损促进裂纹发生和扩展, 即破碎—犁沟、磨粒磨损—破碎。非铸造钢砂则是犁沟、磨粒磨损—破碎而失效。钢砂的强韧性对裂纹的萌生与扩展影响较大, 表现出钢砂在锯切过程中消耗量的差别。

4 结论

(1) 钢砂是与锯条、岩石相接触下工作的, 主要承受多次冲击接触应力。

(2) 铸造钢砂主要失效形式是破碎, 使尺寸减小到丧失锯切效能。钢砂因犁削引起的犁沟和磨粒磨损, 对尺寸影响较小, 但不能低估它对促进裂纹萌生和扩展的作用。

(3) 供应钢砂中存在多量宏观和显微裂纹, 是钢砂发生第一次破碎主要的原因, 生产钢砂时应注意减少原始裂纹。

参 考 文 献

- [1] 法拉格, M. M. 著 (徐克玷等译), 工程材料及加工选择, 机械工业出版社, (1985)。
- [2] 徐小荷、余静, 岩石破碎学, 煤炭工业出版社 (1984)。
- [3] Pause, G., (*Steel*) *Shotblast Frames for Hard Rock, Report of Production Engineering Seminar*, Nuremberg, Exhibition Center, (1982)。

Experimental Study of Steel Grits during the Process of Sawing

Wu Huijzhen Li Wenbin Chen Ziwen

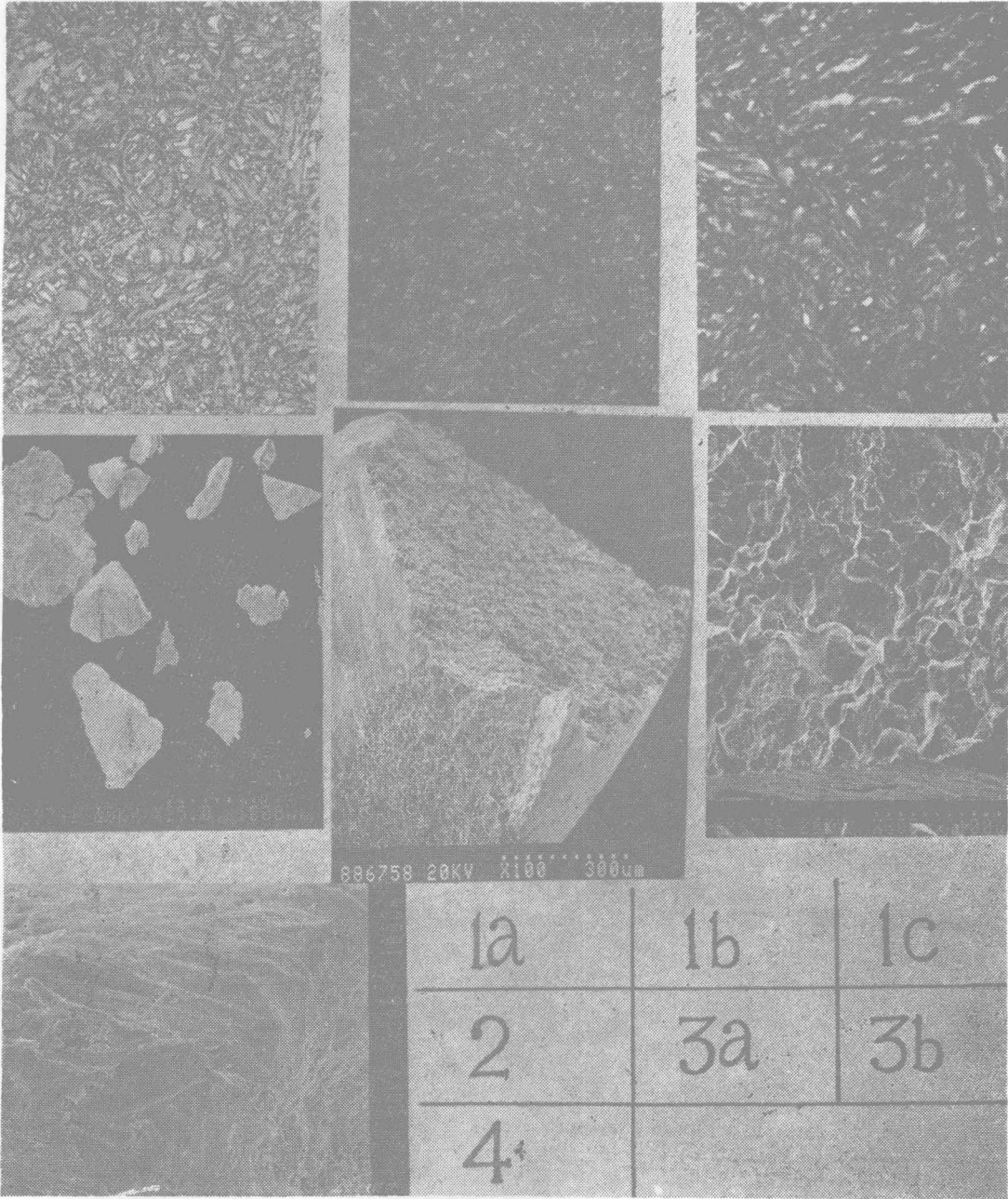
(*Department of precision Mechanical Engineering*)

Zhan Quanming

(*Shaoxin Steel Mill*)

Abstract Various types of steel grits, domestic and imported, used for sawing the granites are studied experimentally. The steel grits are shown to bear a stress of low-energy and repeated impacting contact during the process of sawing. There exist in commercial cast steel grits some macro and micro cracks. The failure of which follows the mode of crash-scratch-crash, while that of non cast steel grits follows the mode of scratch-crah.

Key words steel grit, sawing, granite, service test, failure mode



图版V说明

- 1 ——钢砂的金相组织 800 ×
(a) ——日本钢砂； (b) ——西德钢砂； (c) ——国产钢砂
- 2 ——钢砂碎片
- 3 ——钢砂服役后的断口形貌
(a) ——交叉断口； (b) ——沿晶断裂
- 4 ——钢砂表面犁沟形貌