

冲击试验后金刚石样品的分类与表征

066004 燕山大学 臧建兵

450000 郑州轻工学院 王焕新

摘要 用筛分法把冲击后的金刚石划分为未破碎、微破碎和完全破碎三种类型,不仅可以更好地监控金刚石的质量,而且还与金刚石颗粒在工具中的实际破坏形态相对应。通过改变冲击条件,利用冲击韧性测定仪模拟了人造金刚石颗粒在实际使用中的受力状况。

关键词 金刚石 冲击试验 破坏形式

1 冲击后金刚石的分类

目前国内外经常采用的金刚石冲击韧性有两种简单的表示方法:一是固定冲击次数考察金刚石的未破碎率(或破碎率);另外一种考察金刚石破碎50%时所经受的冲击次数^[1-8]。这两种试验方法简单,同测定单颗粒抗压强度法相比有更大的优越性和科学性,但是对已经破碎部分的金刚石性能表征失去监控,因为经过冲击试验已经破碎的金刚石,每个颗粒的真实破碎发生在从1次冲击直到试验设定的n次(一般是数百到数千次)冲击的宽广范围内。

筛分时不考虑筛下物的破碎情况是不科学的,它的质量对金刚石工具的使用性能有显著影响。例如对于测得的冲击韧性相同的两种同粒度金刚石,当筛下物有80%的金刚石尺寸小于原粒径的一半,与90%的金刚石尺寸小于原粒径的一半时,在金刚石工具其它条件完全相同时,使用性能肯定不同。许多国家冲击强度的测量方法中没有反映出这一差别。因此,为了使金刚石冲击强度的测量更真实地反映其质量,参照John Wilks^[9]指出的金刚石工具在使用一段时间后磨粒的破碎形态,在本试验中使用两种尺寸的筛网筛分冲击后的金刚石,提出金刚石未破碎、微破碎和完全破碎的概念。

未破碎金刚石:冲击后选用原试样粒度号的基本粒筛网进行筛分3min后的筛上所剩金刚石,相当于金刚石工具中处于完好形态的金刚石。

微破碎金刚石:冲击后选用原试样基本粒筛网和原试样粒度号一半尺寸的基本粒筛网进行筛分3min,介于两筛之间的金刚石,相当于金刚石工具中处于小块破碎形态的金刚石。

完全破碎金刚石:冲击后除去未破碎和微破碎的

金刚石后的剩余物,相当于金刚石工具中处于大块破碎形态的金刚石。

例如MBD 40/50金刚石,冲击后50目筛以上的(颗粒尺寸未变)金刚石被看作是经历冲击之后基本没有破碎的金刚石,称为未破碎的金刚石;而50目与80目之间(颗粒尺寸大于原始尺寸一半)的金刚石被看作是微破碎的金刚石,80目以下的金刚石被看作是完全破碎的金刚石。这是因为80目筛的公称筛孔尺寸接近于40/50金刚石平均粒径尺寸的一半,在实际应用中金刚石在工具使用中其出刃高度最多为其粒径的1/2(一般不超过粒径的1/3),当金刚石颗粒的破碎超过该尺寸时,由于结合剂对金刚石颗粒的把持力不足或出刃过低而使其不能继续发挥作用。

冲击后的三种金刚石形貌如图1所示。

2 冲击条件对金刚石破碎的影响

2.1 冲击频率的影响

在固定钢球质量(2.083g)、冲击次数的条件下,冲击频率发生变化时对金刚石破碎的影响如图2所示。

由图可知,对于每一种金刚石,随冲击频率的增大,其未破碎率减小(即破碎的金刚石增多),微破碎率先增加到最大值后逐渐减小。因为冲击频率的快慢决定了试样管、钢球和金刚石颗粒运动的快慢,频率增加,它们的运动速度增大,根据物理学动量定理:

$$P = mv = ft$$

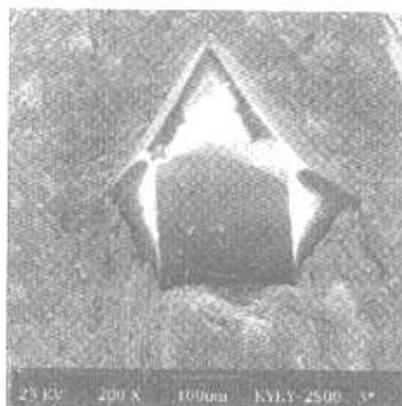
式中 m ——钢球的质量;

v ——钢球在试样管行程中与金刚石碰撞时的速度;

f ——钢球对金刚石的冲击力;

t ——钢球与金刚石在作用时间。

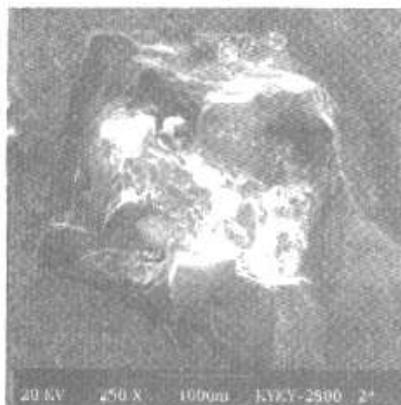
因此,在钢球质量固定的前提下,当冲击速度增大时钢球对金刚石颗粒每次作用时的冲击力增大,与金刚石颗粒碰撞前的动量增加,因而碰撞时其动能增大,



(a)未破碎金刚石



(b)微破碎金刚石



(a)完全破碎金刚石

图1 冲击后三种金刚石的形貌

金刚石破碎时可吸收的能量增多,对于同一种金刚石,由于内部结构差别不大,相应破碎的金刚石也增多(即未破碎的金刚石减少)。

金刚石在外加载荷逐渐作用下的破碎过程可划分为以下几个阶段^[4](以 SDA20/30 金刚石为例,平均接触面积为 0.354mm^2),如表 1 所示。

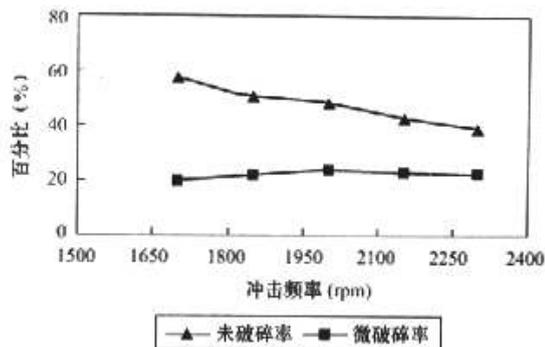


图2 MBD6 40/50 金刚石在不同冲击频率下的破碎情况(冲击次数:1100次)

表1 金刚石破碎过程及对应载荷

阶段	过程描述	载荷(kg)
1	单个裂纹沿整个晶粒扩展(如果裂纹在颗粒边缘,则可能有部分碎片脱落)	30
2	由于存在多个裂纹,使整个晶粒变得不透明	35.5
3	颗粒完全不透明	77
4	部分颗粒碎片破碎成细小的粉末	250
5	颗粒完全破碎成微米尺寸的粉末	250

注意:以上各过程并不是每一金刚石晶粒破碎所必须经历的。由该表可知,在达到金刚石的破碎载荷之前逐渐加载的过程中,金刚石可能在较低载荷作用下逐渐剥落,发生微破碎。

根据密排原理,钢球与金刚石颗粒碰撞时球可能同时与一粒、两粒或三粒相互作用。形成微破碎的金刚石主要是由于钢球的研磨作用和低能量连续冲击作用。由于金刚石内部不可避免地含有大量包裹体和微裂纹,在上述两种连续作用下将引起金刚石小块破碎。随频率增加,当冲击动能不超过金刚石的最低解理能范围时连续冲击使微破碎量逐渐增多;冲击动能超过此范围时,一次冲击使金刚石就可能完全破碎,因而金刚石的微破碎量将逐渐减少。

此外,从以上图还可以看出,以 2000r/m 冲击频率冲击后金刚石微破碎量最大,相应对于锯片上出露的金刚石而言,可能存在最优锯片转速,使金刚石充分被利用。

2.2 钢球大小的影响

对金刚石进行冲击,每次实验只改变钢球的大小(即冲击力)。其中冲击次数均设为 777 次。试验结果如图 3 所示。

从测试结果看,随着冲击钢球质量的增加(即冲击力增大),金刚石的未破碎率不断减小,微破碎率先增加到最大值后逐渐减小。根据文献^[8],在某一工作条件下未破碎率与微破碎率相接近时,此状态即为该种

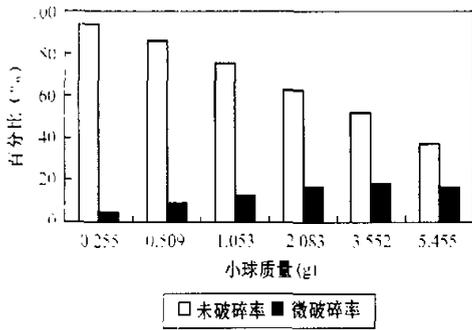


图3 MBD6 40/50 金刚石在不同小球作用下的破碎情况

金刚石的最佳受力状态。因为工具中主要起切削作用的是未破碎金刚石和微破碎金刚石，未破碎的金刚石偏多时，表明每粒金刚石所承受的平均切削力较小，相对而言机械摩擦力增大，使金刚石呈现磨平的趋势；当微破碎的金刚石偏多时，由于机械冲击和切削力的作用将使金刚石很容易转变为大块破碎或完全破碎。这两种情况对金刚石工具的使用都不利。

冲击过程中当冲击频率一定时钢球对金刚石的冲击速度一定，随着钢球质量的增加，与金刚石颗粒碰撞前的动量增加，因而碰撞时其动能增大，金刚石破碎时可吸收的能量增多，相应破碎的金刚石增多。

形成微破碎的金刚石主要是由于钢球的研磨作用和低能量连续冲击作用。由于金刚石内部不可避免地含有大量包裹体和微裂纹，在上述两种连续作用下将引起金刚石的小块破碎。钢球质量增加时其表面积也增大，每次与金刚石相互作用时接触的颗粒增多，当冲击动能不超过金刚石的最低解理能范围时连续冲击使微破碎量逐渐增多。冲击动能超过此范围时，一次冲击就可能使金刚石完全破碎，因而金刚石的微破碎量逐渐减少。

2.3 钢球个数的影响

在固定的冲击次数、冲击频率并在保证钢球质量总和相等（等于 2.083g）的前提下，钢球个数变化时金刚石的破碎情况如图 4 所示。

当钢球由一个标准球（2.083g）变为等质量的两个球时金刚石的破碎情况没有太大变化，而继续分为四个、八个或十二个钢球时，未破碎的金刚石逐渐增多，微破碎的金刚石逐渐减少，表明使金刚石完全破碎存在一临界能量，当冲击能量超过此值时才能使金刚石发生破碎。因为尽管钢球的质量总和基本不变，但是单个钢球的质量却减小，根据式（4-1），则每次每一个钢球作用于金刚石颗粒上的冲击力相应减小，与金刚

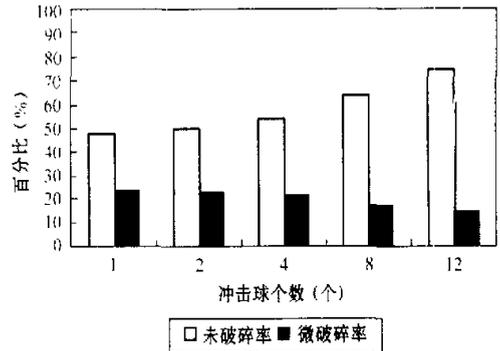


图4 MBD6 40/50 金刚石在钢球个数不同时的破碎情况（冲击次数：1100次）

石颗粒碰撞前的动量减小，因而碰撞时其动能也减小，金刚石破碎时可吸收的能量减少，所以，破碎的金刚石减少。试样管中钢球总质量不变，增加球的个数时，相当于小质量的钢球冲击时成倍增加冲击次数，同时研磨作用也增强；球个数增多时破碎的金刚石本身就少，由于以上两种原因，微破碎的金刚石随着钢球个数增多而减少。

上述实验结果表明，用筛分法把冲击后的金刚石划分为未破碎、微破碎和完全破碎三种类型，利用冲击韧性测定仪模拟人造金刚石颗粒在实际使用中的受力状况，不仅可以更好地监控金刚石的质量，而且还与金刚石颗粒在实际工具中的破坏形态相对应。

参 考 文 献

- 1 王光祖, 倪兴国. 超硬材料. 河南科学技术出版社, 1996: 19 ~ 22, 275 ~ 289, 165 ~ 166
- 2 J. E. Field, H. M. Hauser, et al. Strength of diamond. *Industrial Diamond Review*, 1974, 34(7): 255 ~ 259
- 3 J. K. Bell, et al. An experiment to measure the strength of diamonds. *Industrial Diamond Review*, 1975, 35(4): 125 ~ 138
- 4 J. E. Field, C. J. Freeman. Strength and fracture properties of diamond. *Philosophical Magazine*, 1981, 43(3): 595 ~ 618
- 5 Z. Feng, J. F. Field. Dynamic strength of diamond grits. *Industrial Diamond Review*, 1989, 49(3): 104 ~ 108
- 6 J. E. Field. The properties of natural and synthetic diamond. Academic Press, 1992: 678 ~ 679, 488 ~ 489
- 7 N. G. Belling. Frietesting & diamond strength: a review. *Industrial Diamond Review*, 1992, 52(3): 133 ~ 137
- 8 P. R. Davis, M. L. Fish, et al. An indicator system for saw grit. *Industrial Diamond Review*, 1996, 56(3): 78 ~ 87
- 9 Eileen Wilks, John Wilks. Properties and applications of diamond. Butterworth-Heinemann Ltd, 1994: 189 ~ 192

第一作者简介: 臧建兵, 女, 汉族, 1968年生。燕山大学副教授, 在读博士研究生。从事金刚石及相关材料研究。

(收稿日期: 2001-07-26)

(编辑: 王琴)