

球磨机圆弧沟槽波形衬板的应用

三门峡市黄金管理局 马义朋
灵宝县泰山金矿 刘光辉

【摘要】 本文在分析普通波形衬板现存弊病的基础上,阐明新型圆弧沟槽波形衬板的工作机理、特性和应用情况。

【关键词】 球磨机 圆弧沟槽波形衬板

【Abstract】 In this paper, the working mechanism, characteristics and application of new type wavy liner are expounded on the basis of analyzing the drawbacks of common liner.

【Key words】 Ball mill, New type liner

一、问题的提出

普通波形衬板的外形及在筒体内的周向排列如图1所示。生产实践证明,使用这类衬板的磨机有如下不足。

区等方面进行探索,以达到降低磨机能耗和钢耗,提高磨矿效率的目的。

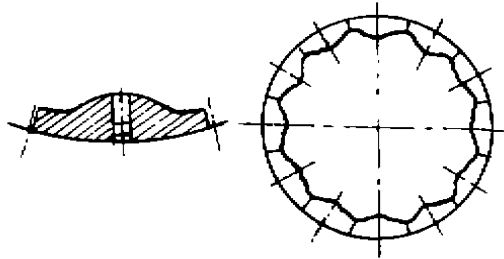


图1 普通波形衬板的外形及排列

1. 带球能力过强,导致外层钢球过量抛起,空砸对面裸露衬板,致使钢球对衬板产生强烈冲击和磨损。钢耗增加,噪声很大。

2. 在钢球的圆运动区,钢球与衬板之间的点接触和滑动现象的存在,使得两者的磨损增大,寿命缩短。这种磨损作用的结果最终表现为衬板表面不规则的圆弧形沟槽。

3. 各层钢球的抛落点几乎不变,抛落层次清楚。在靠近筒体中心部分存在无功肾形区如图2所示。在肾形区域内,钢球仅作蠕动,磨矿作用微弱。

因此,研制新型衬板,在利用钢球与衬板之间的摩擦功,改善钢球的落点,减少或消除肾形

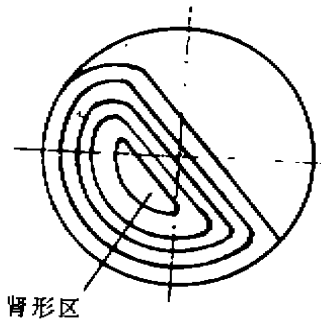


图2 使用普通衬板时钢球的运动轨迹及肾形区

二、圆弧沟槽波形衬板的形状特性及力学分析

根据钢球的运动特点和动力学原理,将磨机衬板制成如图3所示形状。筒内周向分布见图4。



图3 圆弧沟槽波形衬板的形状
这种衬板具有如下特点

1. 由于圆弧沟槽衬板带有大弧度、高波形的波浪形表面,使得钢球的运动轨迹发生变化(图5),磨矿效率大大提高。

为研究方便起见,我们以筒体内最外层的一个球的运动来说明筒体内全部钢球的运动。首先做如下假设

(1)在筒体轴向各个不同的垂直断面上,钢球的运动状况完全相似。

(2)球与筒壁之间无相对滑动。

(3)外层球的回转半径以钢球所在处的筒体的内半径表示。

生产实践证明,以上述假设进行的理论分析所得结论与磨机的实际情况大致相符。

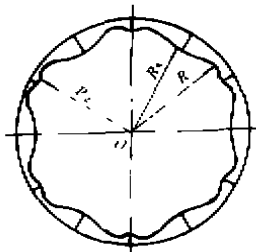


图4 圆弧沟槽波形衬板

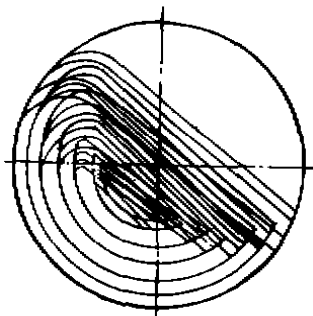


图5 使用圆弧沟槽波形衬板时钢球的运动轨迹

在图4所示的筒体任一断面上,波峰与波谷处的筒体内半径分别为 R_1 、 R_2 和 R_3 ,筒体转速为 n 。

处于波谷处的钢球抛落时(图6)略去波形影响,其抛落条件为

$$C = G \cos \alpha_1$$

式中 C ——离心力, $C = \frac{mv^2}{R_1}$

G ——钢球重量, $G = mg$

α_1 ——钢球脱离角

m ——钢球质量

g ——重力加速度

V_1 ——钢球线速度, $V_1 = \frac{\pi R_1 n}{30}$

代入上式并整理得

$$n = 30 \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{R_1}} \quad (1)$$

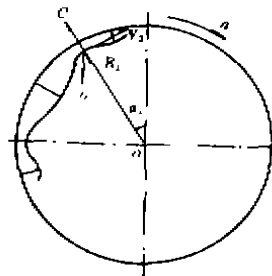


图6 处于波谷处的钢球受力分析

钢球在大波峰处抛落时(图7)取其上A、B两点。为便于研究,令

$$R_{3A} = R_{3B} \quad \text{则} \quad \beta_{3A} = \beta_{3B} \quad m_A = m_B$$

式中 β ——钢球所在处的法向夹角

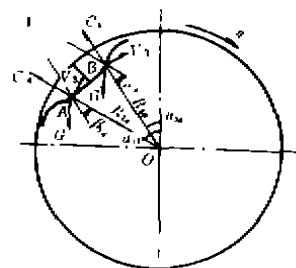


图7 处于大波峰处的钢球受力分析

分析球在A、B处的受力情况可知其抛落条件为,重力 G 和离心力 C 在法向的分力相等。

即

$$A \text{ 处} \quad C_A \cos \beta_{3A} = G \cos(\alpha_{3A} - \beta_{3A})$$

$$B \text{ 处} \quad C_B \cos \beta_{3B} = G \cos(\alpha_{3B} + \beta_{3B})$$

根据前述方法整理两式得

$$A \text{ 处 } n = 30 \sqrt{\frac{\cos(\alpha_{3A} - \beta_{3A})}{R_{3A} \cos \beta_{3A}}} \quad (2)$$

$$B \text{ 处 } n = 30 \sqrt{\frac{\cos(\alpha_{3B} + \beta_{3B})}{R_{3B} \cos \beta_{3B}}} \quad (3)$$

比较(1)、(2)式,由于两种情况下的转速是相等的,则

$$\frac{R_1}{R_{3A} \cos \beta_{3A}} = \frac{\cos \alpha_1}{\cos(\alpha_{3A} - \beta_{3A})}$$

因 $R_1 > R_{3A}$ $\cos \beta_{3A} \leq 1$

则有 $\cos \alpha_1 > \cos(\alpha_{3A} - \beta_{3A})$

$$\alpha_1 < \alpha_{3A} - \beta_{3A}$$

故 $\alpha_1 < \alpha_{3A}$ (4)

比较(2)、(3)式,同理可得

$$\alpha_{3A} - \beta_{3A} = \alpha_{3B} + \beta_{3B}$$

$$\alpha_{3A} - \alpha_{3B} = 2\beta_{3A} = 2\beta_{3B} > 0$$

故 $\alpha_{3A} > \alpha_{3B}$ (5)

同理比较钢球处于小波峰和波谷处的脱离角,可以得出

$$\alpha_1 < \alpha_{2A} \quad (6)$$

$$\alpha_{2A} > \alpha_{2B} \quad (7)$$

由上述可知,在前述假设的条件下,同一层钢球脱离筒体做抛落运动时的位置除与此处回转半径的大小有关外,还与钢球在衬板波形表面的位置有关,即同一层钢球可以有多个抛落点。新型衬板的这种特性带来两大优点。①大大减小了无功肾形区的面积,使冲击破碎和磨剥作用增强,磨矿细度增加,磨矿效率提高。②抛空现象减少,磨机噪声大幅度降低,进一步减少了能耗和钢耗。

2. 这种衬板的波浪形表面上开设有若干相互平行的圆弧形沟槽。在磨机工作时,钢球与衬板之间会形成一矿料垫层(图8)。这样就增大了钢球与物料的磨研机会,避免了钢球与衬板的金属接触,减少了钢耗,降低了噪声。同时,由于钢球与衬板接触方式的改变,滑动现象减弱,动力消耗有所降低。

3. 衬板的沟槽之间为圆弧形的槽棱,使得落下的钢球对物料产生具有良好破碎效果的劈裂破碎作用。

4. 磨机工作时,上下翻滚的钢球和物料在

离心力的作用下随着衬板表面波形的起伏而产生径向往复移动,处在钢球之间的物料因此而受到挤压和磨剥作用。这样,在磨机原有功效的基础上又增加了自磨力。这对减小磨矿粒度,提高金属回收率极为有利。

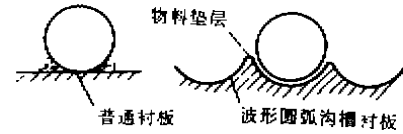


图8 钢球与普通衬板及与波形圆弧沟槽衬板的接触形式

三、圆弧沟槽波形衬板在选矿生产中的应用

1990年9月17日,新型衬板应用于河南省灵宝县秦山金矿选矿厂的MQ1500×3000溢流型球磨机上。至今已累计运转6240h,从磨损情况看,预计还可使用1200h。在衬板的制造工艺和材质不变的条件下,新旧衬板的使用情况比较见表。

经过10个月的使用情况表明,圆弧沟槽波形衬板以其低钢耗、低噪声,较好的磨矿效果等优点而受到各选矿厂的重视,应积极推广应用。

波形圆弧沟槽衬板与单波形衬板使用情况比较表

项 目	普通衬板	新型衬板	备 注
衬板使用寿命(h)	2496	6240	1990.9.17
衬板消耗量(t)	15	6	~1991.7.17
钢球消耗量(t)	71.5	70.2	
日处理矿量(t)	100	123	平均值
金属回收率(%)	83.88	87.63	平均值
研磨粒度-200目含量(%)	51	72	平均值
磨机噪声(dB)	120	83	NO2型声级计测定

参 考 文 献

- 1 周恩浦等, 矿山机械, 北京: 冶金工业出版社, 1986.
- 2 李启衡, 碎矿与磨矿, 北京: 冶金工业出版社, 1986.
- 3 中国有色金属学会选矿学术委员会等, 第二届选矿设备学术会议论文集, 1989.

(编、校 刘淑芬)