

48-53

磁选柱的磁场、上升水流
及其对分选过程的影响

TD 9.2/1.3

刘秉裕 曾丽
(鞍山钢铁学院)

A

摘 要 本文在简单介绍磁选柱结构、分选原理基础上,详细地阐述了磁选柱的特性及上升水流特点及其对分选过程的影响。磁选柱在几个磁铁选矿厂已通过实际应用。

关键词 磁选柱, 上升水流, 磁场特性, 分选过程

分选, 选矿

MAGNETIC FIELD AND WATER LIFTFLOW IN COLUMN MAGNETIC
SEPARATOR AND THEIR EFFECTS ON SEPARATION PROCESSLiu Bingyu Zeng Li
(Anshan Institute of Iron & Steel Technology)

Abstract: Based on the brief introduction of structure and separation principle of magnetic separation column, this paper describes in detail the characteristics of magnetic field and water liftflow in column magnetic separator, and their effects on separation process. The column magnetic separator have been applied in several magnetite separation plants in practice.

Keywords: Column magnetic separator, Water liftflow, Characteristic of magnetic field, Separation process

为了使磁选柱让更多的选矿同仁所了解,推广在小型选厂应用,本文系统介绍磁选柱结构、磁场特性、分选原理及其应用效果。

1 磁选柱结构及其一般分选原理

1.1 磁选柱结构

磁选柱由给矿斗及给矿管、溢流槽、分选柱、电磁柱、电磁系、给水管、底鼓、精矿排矿管及阀门、磁选柱电源等构成。其结构见图1。磁选柱电磁系由多个励磁线圈构成,采用特殊的电源供电,在柱内形成特殊的磁场变化机制,因而能使入选的磁性矿粒受到反复多次地

磁聚合-分散-磁聚合作用和连续向下的磁场力的作用。

1.2 分选原理

入选矿浆由给矿斗1经给矿管给入磁选柱中上部,磁性矿粒,特别是单体磁铁矿粒在由上而下磁场力作用下,团聚与松散交替进行。再加上由下而上切向上升水流(上升速度 $>2\text{cm/s}$)动力剪切、冲刷、淘洗作用,在多次松散时使夹杂于其中的单体脉石及中、贫连生体从磁性颗粒群中分出,并由上升水流带动上升,最后由柱体上缘溢出成为尾矿。磁铁矿颗粒,包括单体磁铁矿颗粒及富连生体,在相对强大的

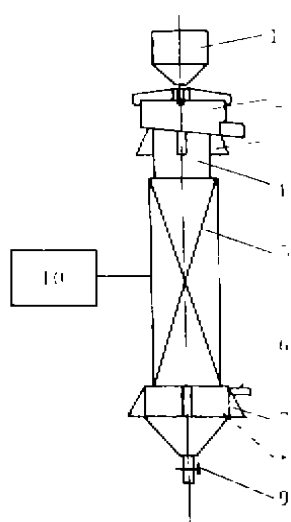


图1 磁选柱结构

1——给矿斗及给矿管；2——溢流槽；3——上支脚；4——分选柱；5——电磁系；6——给水管；7——下支脚；8——底鼓；9——精矿排矿管及阀门；10——磁选柱电源

连续向下的磁力及团聚磁链重力作用下，不为上升水流所冲带，最后由底鼓下部精矿排矿阀门排出成为高品位磁铁矿精矿。

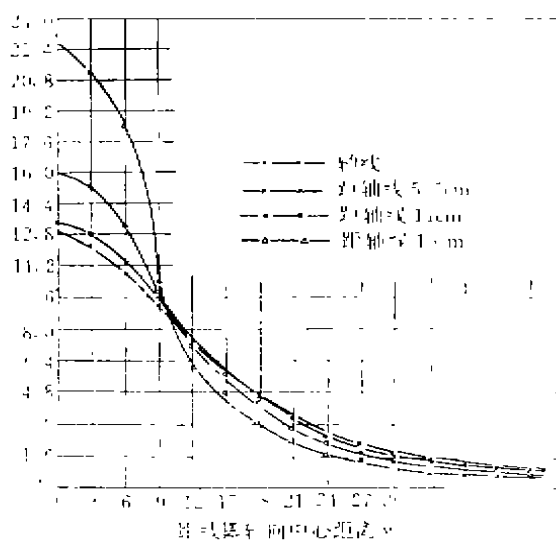
2 磁选柱的磁场特性及其分析

采用CT5高斯计对 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱体内轴线及离轴线5.5cm、11cm、16cm四条线进行磁场强度测定，并根据测定结果进行数据处理，绘出磁场特性曲线、磁场梯度曲线、磁场强度分布图。

2.1 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场特性

$\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场特性曲线如图2所示。测定时线圈励磁电流8A。

由图2可得如下结论：①四条磁场特性曲线，每一条，磁场强度均随离线圈轴向中心的距离的增大而降低，靠近线圈处（9cm附近）曲线较为陡峻，远离线圈逐渐变得平缓；②四条曲线在距线圈轴向中心10cm附近交叉。10cm以内，柱体外侧磁场强度较高，并且随半径的减少磁场强度变小，外侧变化的幅度大，内侧变化幅度小；轴向距离大于10cm时，内侧磁场强度大于外侧的磁场强度。因而，在10cm以内既存在轴向磁场力也存在由内向外的径向磁场

图2 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场特性曲线

$$H=f(x)$$

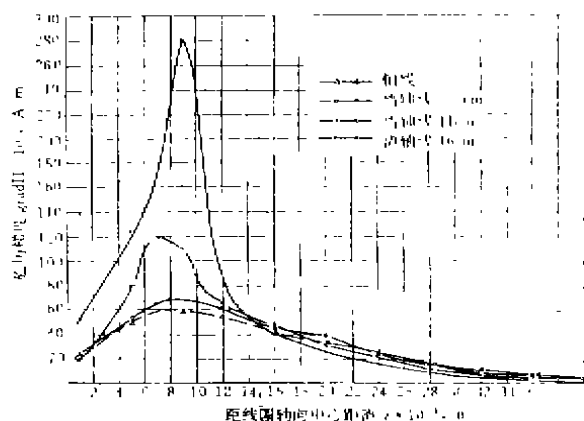
测定时电流强度 $I=8\text{A}$

采用CT5高斯计

力；在10cm以上范围，既存在轴向磁场力也存在径向由外侧指向内侧的磁场力。

2.2 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场梯度

$\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场梯度曲线如图3所示。由图3可得如下结论：①在 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱柱体内，沿距轴线不同距离的四条线测定计算的四条磁场梯度曲线，从线圈轴向中心到距轴心42cm范围内均存在磁场梯度，峰值在6~12cm之间；②四条磁场梯度曲线在14~22cm

图3 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场梯度曲线

($I=8\text{A}$)

距离范围交叉。交叉前线圈径向外梯度增大,交叉后、内侧梯度大于外侧梯度。因而在柱体内,磁性矿粒既受到轴向磁场力的作用,又受到先由径向向内,后由径向向外的径向磁场力的作用。

2.3 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场强度分布

将 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场强度测定结果绘制成磁场强度分布图,见图 4。图中交叉点左上角数字 $\times \frac{10^3}{4\pi}$ 为该点的磁场强度(单位 A/m)。各曲线为磁场等位线。箭头方向为磁场方向。在离线圈轴向中心 10cm 以上范围与磁力线方向一致;在 10cm 以内,磁力线近于平行,只是由于线圈长度所限,轴心场强与线圈内壁附近场强有较大差异,即边缘强,轴心弱,在线圈内形成了既存在轴向梯度也存在径向梯度的磁场。

2.4 磁场特性对磁选柱分选进程的影响

由 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场强度及磁场梯度分布情况,结合分选力的另一个侧面——切向上升水流情况,对磁选柱分选进程作一剖析。

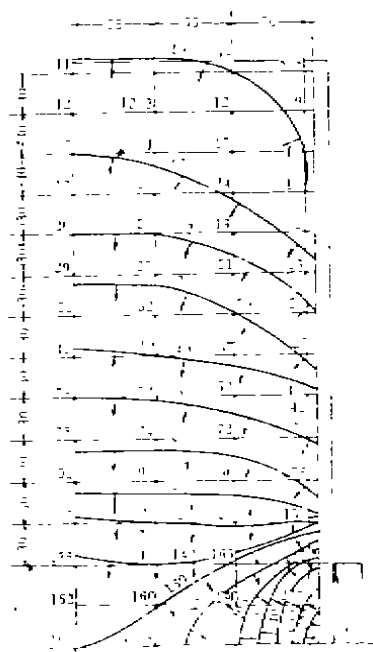


图 4 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱磁场强度分布 $H \times \frac{10^3}{4\pi}$, A/m
(测定时线圈电流 8A)

含有单体磁铁矿及其与脉石连生体和夹杂单体脉石的入选矿浆经给矿管给入第一和第二线圈(或第二和第三个线圈)之间。此处磁场强度 $4 \sim 9.6\text{kA/m}$, 磁场梯度 $40 \sim 110\text{kA/m}^2$, 磁场力 $160 \sim 1056\text{kA}^2/\text{m}^3$, 单体磁铁矿及中、富连生体在磁场及磁化磁团聚作用下,迅速沿磁力线方向形成磁链,而单体脉石和贫连生体,由于其磁性很弱或较小而被弃置于磁链之外,其所受磁力小于上升水流动力,而为上升水流冲带,由溢流堰排出成为磁选柱尾矿。形成磁链的单体磁铁矿及中、富连生体在随后的更高磁场力及磁链重力作用下,下移过程中,磁链收缩,加粗变短。在收缩加粗变短过程中又经历一次排列选择,磁性强的单体磁铁矿颗粒收缩至磁链的内侧,中等连生体趋向于磁链的外侧。同时由于收缩至线圈内的众多磁链加大了线圈内的矿浆体积浓度,致使线圈内的实际过水面积大大减小,使实际上升水流速度远高于松散处的上升水流速度,从而可将处于磁链外侧的中等连生体再排除一部分。当然还有极少量位于磁链外侧粒度微细,相对比磁化率较低的单体磁铁矿颗粒随较高的上升水流速度上逸,但它们当中的绝大多数,会在继续给矿过程中形成的新的磁链聚合过程中得到回收。当这个线圈停止供电、下一个线圈供电时,位于该线圈及其上下的磁链会又经历一次新的松散-团聚过程。在前一过程未来得及排除的脉石及贫连生体和中连生体又得到一次分离。磁性相对弱的微细粒单体磁铁矿颗粒还会有极少部分上逸,在上部的聚合过程又会将其大部分回收。这样的精选过程还要经历数次,每一次精矿铁品位都会得到新的提高。因此可以说磁选柱是一种在一机上能进行多次精选的磁选设备。

3 磁选柱的磁场及上升水流特点

磁选柱精选磁铁矿中矿或低品位精矿得到高品位磁铁矿精矿和需要再磨再选的磁选柱尾矿(中矿)主要依据:一是多个线圈次序供电产生的下移磁场力。二是由底鼓切向引入的上升水流。前一过程是获得高品位磁铁矿精矿的主要依据,后一过程是分出尾矿的必要前提。对它们的特点应作一概括。

3.1 磁选柱的上升水流特点

上升水流动力是磁选柱分出常规磁选设备磁选精矿磁性夹杂进的中贫连生体及非磁性夹杂带的单位脉石的原动力。单有连续向下磁场力作用,只能使矿浆中的磁性矿物颗粒加速下移,而不能使脉石、连生体分道而驰。因此,上升水流的引入是磁选柱分选的前提。

磁选柱采用由下部底鼓引入切向上升水流,要求水压 $>0.15\text{MPa}$ 。切向引入上升水流,有两个好处:①可以均匀布水。以底鼓上部切向射进的水流高速旋转着由上而下,再由下而上旋进磁选柱的内柱体形成周边高,而中心低的旋转上升水流,然后再逐渐形成较均匀的旋转上升水流。这有利于最后一次分出夹杂于其中的脉石及中、贫连生体。因为高速旋转的上升水流使进入最末一级线圈的磁性产品也随之旋转,使磁性产品离心下降,正好与沿内柱体下沿旋转上升的切向水流形成对流。当上升至下数第二个线圈时重复上述过程,只是由于矿浆中磁链的阻力及柱内壁的阻力作用,旋转速度有所下降而已,依此类推,作用依然。②剪切作用。旋转上升水流与下降的磁链聚合体之间,除有垂直方向的摩擦剪切作用外,由于在平面方向旋转,对竖直下降的磁链刚好形成垂直方向的相对运动。这种相对运动也对磁链产生摩擦和剪切作用,在磁场力较弱处使磁链弯曲变形,甚至切断,使其重新组合,促进磁团聚的分散,当然有利于精矿品位的提高。此外,磁选柱还有上升水流速度快,吨给矿耗水量低的特点。试验表明磁选柱单位面积处理能力越高单位耗水量越低,因为实际的上升水流速度与平均的操作浓度有关,还和给矿中磁性矿物含量有关。如辽阳弓长岭岭东选矿厂使用 $\Phi 350\text{mm}$ 磁选柱给矿量为 2.53t/h 时,按空柱计的上升水流速度为 2.036cm/s ,单位耗水量为 $3.277\text{m}^3/\text{t}_{\text{精}}$;空柱上升水流速仍为 2.036cm/s ,而给矿量为 5t/h 时,单位耗水量仅为 $1.66\text{m}^3/\text{t}_{\text{精}}$ 。综合各种情况,磁选柱所需要的空柱上升水流速度为 $2\sim 4\text{cm/s}$,按平均浓度 30% 计的上升水流速度为 $2.21\sim 4.43\text{cm/s}$ 。另外上升水流速度也可调,是控制产品数质量的又一重要可调因素。

4 磁选柱工业应用

磁选柱已有三种规格: $\Phi 200\text{mm}$ 、 $\Phi 350\text{mm}$ 、 $\Phi 450\text{mm}$ 用于磁选低品位精矿和磁选中矿的精选上。现将三个选矿厂应用磁选柱的效果及指标列于表1。

磁选柱工业试验和应用效果(%) 表1

选矿厂	磁选柱规格	产物	产率	品位	回收率	品位提高	给矿量 t/h
弓长岭选矿厂	$\Phi 200\text{mm}$ 工业试验	精矿	84.97	65.55	92.12	5.09	1.48
		尾矿	15.03	31.69	7.88		
		给矿	100.00	60.46	100.00		
	$\Phi 450\text{mm}$ 生产考查	精矿	61.07	66.18	89.15	6.00	5.08
		尾矿	18.93	34.48	10.85		
		给矿	100.00	60.18	100.00		
岭东选矿厂	$\Phi 350\text{mm}$ 生产考查	精矿	90.85	65.90	98.34	5.02	2.20
		尾矿	9.15	11.03	1.66		
		给矿	100.00	60.88	100.00		
		精矿	89.32	66.60	97.94	5.86	1.36
		尾矿	10.68	11.73	2.09		
		给矿	100.00	60.74	100.00		
柳河选矿厂	$\Phi 450\text{mm}$ 生产考查	精矿	75.50	66.40	97.16	14.80	4.36
		尾矿	24.50	6.00	2.84		
		给矿	100.00	51.60	100.00		
		精矿	75.75	64.40	97.96	14.60	11.38
		尾矿	24.25	4.20	2.04		
		给矿	100.00	49.80	100.00		

5 结 语

(1) 磁选柱采用多个线圈次序供断电,产生特殊的磁场变换机制,磁场强度弱而下移、可变,可使磁性矿粒在磁选柱内经历连续反复多次地磁聚合-分散-磁聚合过程;采用由底鼓引入切向上升水流,对磁链进行摩擦、剪切,有利于分散分出常规磁选设备最终低品位精矿及磁选过程粗精矿中夹带的单体脉石、矿泥及中贫连生体,大幅度提高品位。给矿品位 50% 左右,提高幅度 13% 以上, 55% 左右提高幅度 10% 以上, 60% 左右提高幅度 5% 以上。

(2) 磁选柱尾矿一般不作为最终尾矿抛弃,因为入选物料如果单体解离度不是很高,必然有连生体进入柱尾。因而一般需经浓缩磁选浓缩后再磨再选。

岩体力学

53-60

论矿业工程中的流-固耦合渗流问题

徐曾和 徐小荷
(东北大学)

0357.3

A

摘 要 简单回顾渗流力学发展历史,指出实际渗流都是在可变形多孔介质中发生的,流体流动与介质变形间存在相互作用。过去常加以忽略,将渗流作为非耦合问题研究,随着科学技术的发展,有越来越多的无法忽略耦合效应的工程问题。本文较系统地介绍了矿业工程中涉及的流-固耦合问题以及流-固耦合渗流的研究方法、宏观方程与测试技术和应用。

关键词 流-固耦合, 连续介质方法 宏观方程 测试方法

渗流力学

矿业工程

多孔介质

THE FLUID-SOLID COUPLED FLOWING THROUGH
POROUS MEDIA IN MINING ENGINEERINGXu Zenghe Xu Xiaohu
(Northeastern University)

Abstract: This paper reviews the history of the development of fluid dynamics through porous media and points out that in fact, all fluids are flowing through deformable porous media. There is interaction between fluid flowing and porous media deforming. The interaction is generally neglected in past, and fluids flowing through porous media was studied as non-coupled problems. With the development of science and technology, there are more and more engineering problems with coupled effects which can't be ignored. The some problems on fluid-solid coupled flowing through porous media in mining engineering such as studying method, macroscopic equations and testing technology are introduced systematically.

Keywords: Fluid-solid coupling, Continuum method, Macroscopic equations, Test methods

1 前 言

实际的多孔介质,无论是天然的还是人工的都是可变形体。在载荷和流体压力作用下,多

孔介质变形将引起其中孔隙通道的改变,从而影响孔隙流体的流动。孔隙流体压力也会引起多孔介质变形。这样,多孔介质变形与其中流体流动间存在某种相互作用。经典渗流力学一

(3) 专家鉴定认为磁选柱设计思想新颖、结构合理、技术性能良好。设备结构简单,无运转部件,与其它电磁选机比,制造成本低,容易操作,磁场可调,生产可靠,占地面积小,耗电少。它是选别磁铁矿精矿生产高品位磁铁矿

和超级铁精矿的良好设备(该产品已列入国家专利,专利号:ZL93228152.4),可以在小型矿山大力推广应用。

(收稿日期 1995年9月4日)