

磁选柱及其工业应用

陈广振 刘秉裕 周 伟 郑龙熙

(鞍山科技大学) (鞍钢弓长岭矿业公司)(东北大学)

摘 要 介绍了磁选柱结构、分选原理、工业试验和工业生产情况。生产实践表明,磁选柱分选低品位磁选精矿,在给矿品位 50% ~ 63% 情况下,可获得高于 65% ~ 67% 的高品位铁精矿,并能简化流程,大幅度降低生产成本。工业应用情况表明,磁选柱是一种极有发展前途的新型高效磁选设备。

关键词 磁选柱 高品位铁精矿 磁聚合

Magnetic Separation Column and Its Commercial Application

Chen Guangzhen Liu Bingyu

Zhou Wei

Zheng Longxi

(Anshan University of

(Anshan Steel's

(Northeast

Science and Technology)

Gongchangling Mining Co.) University)

Abstract The structure, separation principles, industrial test and production of magnetic separation column are presented. The production practice has shown that magnetic separation column, when used in treating low grade concentrate of magnetic separation, can obtain a high quality iron concentrate with a grade higher than 65% ~ 67% from a feed with a grade of 50% ~ 63%. It can also simplify the flowsheet and greatly reduce the production cost. The commercial application has proven that magnetic separation column is a kind of new high capacity magnetic separation equipment that has very promising development prospect.

Keywords Magnetic separation column, High grade iron concentrate, Magnetic agglomeration

为了解决常规磁选产品的磁性和非磁性夹杂,采用经济而高效的选矿手段获得高品位磁铁矿精矿或超纯铁精矿,一直是选矿工作者的努力方向。为此鞍山科技大学高效分选设备研发中心研制了一种高效磁选设备——磁选柱。该设备采用特殊的电源供电方式,在磁选空间内产生特殊的磁场变换机制,对磁选矿浆进行反复多次的磁聚合——分散——磁聚合作用,能充分分出常规磁选设备生产的产品中夹杂的中、贫连生体及单体脉石,因而采用该设备可以精选磁选过程的中矿及低品位磁选精矿,生产出高品位精矿甚至超纯铁精矿^[2]。

1990 年,研发中心首先研制成功 $\phi 30$ mm 电磁式磁重选矿机,定名为磁选柱(专利号 93 228152.4)。继而又研制了 $\phi 200$ mm、 $\phi 450$ mm、 $\phi 600$ mm 等半工业试验及工业应用机型。1997 年被国家科委确定为“九五国家科技成果重点推广计划指南项目”,项目号为:98040406A。到目前为止,磁选柱在包括鞍钢弓长岭选矿厂在内的 10 余家大、中、小型磁选厂的工业应用实践表明,采用磁选柱工艺,可以简化流程,提高精矿品位,大幅度降低精矿成本,为企业创造了十分可观的经济效益。实践证

明,磁选柱是一种极有发展前途的新型高效磁选设备。

1 磁选柱的结构和分选原理

(1) 磁选柱结构和特点。磁选柱由给矿斗、分选柱、电磁磁系、底锥、溢流槽、精矿排矿管和电源系统等组成,见图 1。

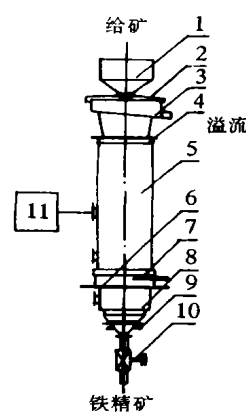


图 1 磁选柱结构示意图

1—给矿斗及给矿管;2—给矿斗支架及上部给水管;
3—溢流槽;4—封顶套;5—上分选筒及电磁系和外套;6—

陈广振,鞍山科技大学高效分选设备研发中心,主任,副教授,博士生,114002 辽宁省鞍山市中华路 49 号。

—支撑法兰;7—主给水管(切向);8—下分选筒及电磁系和外套;9—底锥及下部给水管;10—调节阀;11—磁选柱电源

(2) 磁选柱磁场特性。磁选柱磁场强度计算公式为:

$$H_p = \int_{r_2}^{r_1} dH = \int_{r_2}^{r_1} \frac{1}{2} nI (\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \frac{dr}{(r_2 - r_1)} = \frac{1}{2} \frac{nI}{r_2 - r_1} \left[L_1 \ln \frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 + L_1^2}}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + L_1^2}} + L_2 \ln \frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 + L_2^2}}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + L_2^2}} \right], \quad (1)$$

式中, H_p 为磁选柱线圈中心轴线上 p 点的磁场强度; I 为线圈励磁电流强度; n 为线圈匝数; r_1 、 r_2 、 L_1 、 L_2 为计算值。

(3) 分选原理。颗粒或磁链在分选空间的沉降速度分析,经适当简化后,颗粒或磁链在分选空间运动的动力学方程由下式给出:

$$m \frac{du}{dt} = f_g + f_m - f_r = V(\delta - \rho)g + \mu_0 K_0 V H \text{grad} H - K V^{\frac{2}{3}} (U + \frac{U_a}{1 - \lambda})^2 \rho,$$

式中, f_g 为颗粒或磁链受到的有效重力,向下; f_m 为颗粒或磁链受到的磁力,向下; f_r 为颗粒或磁链受到的上升水流阻力,向上; m 为颗粒或磁链质量; V 为颗粒或磁链体积; δ 为颗粒或磁链密度; ρ 为水密度; g 为重力加速度; μ_0 为真空磁导率; K_0 为颗粒或磁链体积磁化率; λ 为颗粒或磁链所在点矿浆容积浓度; K 为由颗粒形状和流体状态决定的系数; U_a 为上升水流速度; U 为颗粒或磁链沉降速度。

平衡时, $\frac{du}{dt} = 0$, 得到颗粒或磁链沉降速度为

$$U = \frac{1}{1 - \lambda} \left(\frac{(1 - \lambda)^2 V^{\frac{1}{3}} (\delta - \rho) g}{K_\rho} + \frac{(1 - \lambda)^2 \mu_0 K_0 V^{\frac{1}{3}} H \text{grad} H}{K_\rho} - U_a \right), \quad (2)$$

磁系在分选空间中产生变化的磁场,使铁矿和连生体的颗粒或磁链受到不同的磁场力,一般来讲磁力方向总体向下,单体脉石不受磁力。颗粒或磁链体积相同时,磁铁矿沉降速度最大,连生体沉降

速度次之,脉石沉降速度最小。这样,通过适当控制上升水流速度和磁场强度就可以将它们分离开来,这是磁选柱的基本分选原理。

(4) 分选过程。给矿矿浆由给矿斗 1 经给矿管给入磁选柱中上部,在磁选柱的分选空间内存在顺序向下、循环往复的变化磁场。同时,通过底部切向给水管给入切向上升水流。磁性矿粒,特别是单体磁铁矿粒在由上而下的磁场力作用下,团聚与分散交替进行,再加上由下而上的切向上升水流的冲洗、淘汰作用,使夹杂于其中的单体脉石和中、贫连生体由上升水流带动上升,最后由柱体上端溢出成为尾矿。磁铁矿颗粒,包括单体磁铁矿颗粒和磁铁矿富连生体,在相对强大的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,在经过反复多次聚合—分散—聚合的作用使品位逐渐提高后,由底锥下部精矿排矿管排出成为高品位磁铁矿精矿^[1]。

2 磁选柱工业应用

2.1 应用磁选柱厂家简介

目前磁选柱已在国内 10 余家大、中、小型磁选厂得到应用,应用实例及试验实例见表 1。

表 1 磁选柱工业应用和试验实例

使用厂家	设备规格/mm	台数/台	应用前精矿品位/%	应用后精矿品位/%	经济效益/(万元·a ⁻¹)	备注
鞍钢弓长岭选矿厂	φ600	16	61	65~67	2 200	
恒仁铜锌矿选矿厂	φ600	2		66~67	400	
鞍钢东鞍山尾矿再选厂	φ600	1	50	61~63		不磨矿
吉林四方山选矿厂	φ600	1	59.4	66~67		
包钢选矿厂	φ600	2	60	>64.5		工业试验
本钢南芬选矿综合厂	φ450	1	49	66~67		不磨矿
辽阳灯塔纪家选矿厂	φ450	1	52	66~68	102	
浙江景宁	φ450	1				指标不详
弓长岭安平选矿厂	φ450	1	61	65~66	100	
弓长岭团山第二铁矿	φ400	1		>66		新建厂
弓长岭岭东选矿厂	φ350	1	60	65~66	92.5	

除了上述磁选柱应用厂家以外,还有四川会里、陕西峡口驿选矿厂等若干厂家。这里仅以鞍钢弓长岭选矿厂为例作简单介绍。

(下转第 43 页)

- validation, ICSP 2000 (International Conference on Signal Processing), 16th IFIP World Computer Congress, August, Beijing, China, 2000: 2 042 ~ 2 045.
- 9 Wang W X Stephansson O and Wang S C. On-line system setup in a cellar of a floatation plant. 15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Catalonia, Spain, 3 ~ 8 September, 2000, 4: 791 ~ 794
- 10 Wang W X Wang L Y and Stephansson O et al. Windows programs for froth image processing and analysis, ISFST2000. International Symposium on Future Software Technology 2000, August, 28 ~ 31, Guiyang, China, 2000: 139 ~ 144
- 11 Bergholm F and Wang W X. Image characterization for segmentation. First International Conference on Image and Graphics Technology toward 21 Century and Beyond, Tianjin, China, August 16 ~ 18, 2000: 320 ~ 323
- 12 Wang L Y and Wang W X. A comparative performance study of thresholding algorithms for particle images. ICSP 2000 (International Conference on Signal Processing), 16th IFIP World Computer Congress, August 21 ~ 25, 2000, Beijing, China, 2000: 2 097 ~ 2 102
- 13 Wang L Y and Wang W X. A segmentation algorithm for aggregates and froth images. The First International Conference on Image and Technology toward 21 Century and Beyond, Tianjin, China, August 16 ~ 18, 2000: 265 ~ 268
- 14 Wang L Y and Wang W X. A froth image segmentation algorithm, ICSP 2000 (International Conference on Signal Processing), 16th IFIP World Computer Congress, August 21 ~ 25, 2000 Beijing, China, 2000: 480 ~ 483
- 15 Bergholm F Tarkpea M and Wang W X. Development of a screening test for environmental control. Based on automatic trajectory generation in digitized video films. First International Conference on Image and Graphics Technology toward 21 Century and Beyond, Tianjin, China, August 16 ~ 18, 2000: 634 ~ 636
- 16 Wang W X & Stephansson O. A Robust Bubble Delineation Algorithm for Froth Images. The Second International conference on intelligent processing and manufacturing of materials, Hawaii, July 10 ~ 15, 1999: 471 ~ 476

(收稿日期 2002-04-28)

(上接第 31 页)

2.2 鞍钢弓长岭选矿厂工业应用简介

鞍钢弓长岭选矿厂工艺流程是磁选机—脱水槽—磁选机—细筛—再磨三段选别流程。精矿品位达到 65.3%。但存在着一些明显的工艺缺陷,主要是:①细筛筛分效率低,再磨循环量太大,对矿石性质变化适应性差,处理难选矿不能达到最终精矿品位要求;②细筛筛上产品中有用矿物单体解离度高达 77%,本来无需再磨,原流程返回第三段磨机再磨,造成严重过磨现象,既浪费了能源又增加了能耗,同时恶化了选别指标;③过磨现象造成精矿粒度太细,使过滤机工作效率下降,滤饼水分高;同时精矿粒度细使烧结矿强度降低。

为了解决细筛—再磨工艺存在的上述问题,进行了磁选柱处理细筛上产品的工业应用试验研究,其目的是将筛上产品中已经单体解离的磁铁矿颗粒直接选为最终高品位精矿,以减少三段再磨机台数,并使最终精矿产品粒度变粗,提高过滤效率。试验结果取得了满意的指标,其工业应用考查的技术指标统计见表 2。

从表 2 可见,将原送三段球磨机的筛上产品(计 100%)经磁选柱精选,得到产率 79.65%、品位 66.23%的合格精矿。再磨量降为原来的 20.35%,使再磨量大大降低。最终精矿品位也稳定在

65.5% 以上。据厂方测算,当年净增经济效益 2 200 万元。

表 2 细筛—磁选柱工艺部分考查指标结果 /%

产物名称	产 率	品 位	回收率
磁选柱精矿	79.65	66.23	87.10
磁选柱尾矿	20.35	37.94	12.90
磁选柱给矿	100.00	60.42	100.00

注:73 次考查结果统计,磁选柱尾矿作为中矿返回再磨。

3 结 论

(1) 磁选柱精选磁铁矿选矿厂低品位精矿,可以使其精矿品位由 50% ~ 63% 提高到 65% ~ 68%。

(2) 采用磁选柱工艺,可以简化流程,实现大幅度节能降耗。

(3) 磁选柱工业试验及工业应用实例表明磁选柱是一种精选低品位磁铁矿精矿的高效磁选设备,具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 赵通林. 新型磁选设备的小型试验研究. 鞍山钢铁学院学报, 1996(3): 4 ~ 5
- 刘秉裕. 磁选柱的研制和应用. 金属矿山, 1995(7): 33 ~ 37
- 刘秉裕. 磁选柱在磁铁矿选矿各领域的应用. 金属矿山增刊, 2000: 215 ~ 216

(收稿日期 2002-04-20)