

磁选机的研究与应用现状

王宾 武彦甫

河北钢铁集团司家营研山铁矿有限公司

[摘要]对矿业来说,磁选机是选矿中最重要的、应用最广的机种之一。磁选机利用矿物间的磁差进行分选,对提高矿石品位、净化固液物料、回收废弃物等起到了一定作用。磁选机广泛应用于粒径小50mm的锰矿、磁铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿等磁性物料的湿式或干式磁选、非金属矿石除铁提纯、废弃物处理等。

[关键词]弱磁;强磁;高梯度磁选

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.1435

磁选机是众多物料选别工艺中,利用磁力和离心力相互作用,自动化提高精矿品位,同时充分回收尾矿,实现经济、环保收益的选矿机械,其在选矿厂分选磁性矿物方面有着重要应用。随着磁选技术及其材料的发展,各种新型高性能磁选机逐渐取代老式磁选机,成为主流设备。未来磁选机将主要向大型化、经济化、自动化、高梯度方向发展。

一、磁选机的应用

1、传统磁系磁选机。传统磁选机是目前国内市场上最常见的磁选机,以CTN、CTXN系列为主要代表。CTN磁选机的磁极在轴向由彼此间相互独立的磁组构成,磁极数目为5~7个,构成磁极的磁组轴向气隙大,漏磁较严重。磁组在线圈内即可完成充磁过程。采用环氧树脂胶粘接工艺的方法进行粘结。通常由于受线圈尺寸的限值,磁组的充磁尺寸低于260mm。在粘结工艺的影响下,磁组的性能通常会有所降低。20世纪80年代后期末,第三代高性能稀土材料的问世直接推动了CTXN系列的磁选机产生。CTXN磁选机是将高性能稀土永磁用在CTN磁选机的磁系表面,通过这种方式弥补了粘结工艺带来的不足。

2、整体封装充磁式磁选机。整体封装充磁式磁选机的磁极数通常大于11个,其主要特点是磁极多,磁极采用整体充磁技术,该种多磁极技术优化了磁系四周磁场梯度和强度,同时使磁性矿粒在筒体表面吸引区范围内受到的磁力接近相等。此外,整体式充磁磁选机还极大的减少了细小磁性颗粒在翻滚中的流失,这种充磁技术的采用,减少了轴向漏磁量,同时使轴向气隙里的磁极存量为零,提高了磁系有效长度。

3、挤压式磁系磁选机。挤压式磁选机特点是组成磁系的磁块体积小,该磁选机的磁化方向是逐步变化的。挤压式磁选机中磁极的数目跟磁块数目不相同,磁力线有明显的“挤压”现象。目前的PERMAX606磁系磁选机较为先进,然而该类磁选机也存在着很大的缺点,如安装困难、磁系加工制造成本高、市场推广难度大,在国内选煤行业应用很少。

二、弱磁场磁选机

1、干式弱磁选机。其用于富集细粒强磁性矿石和去除物料中的铁屑与强磁性杂质,在我国矿山中,其常用来预选强磁性矿物。最早干式弱磁场磁选机主要是电磁磁选机。随着新材料的发展,永磁磁选机以其结构简单、运行可靠、节能

降耗等优点得到了成功的推广及广泛应用。然而,干选易造成粉尘污染,所以自20世纪70年代以来,干式磁选机逐渐被湿式磁选机所取代。

干式弱磁选机最早用干式筒式弱磁选机及磁力滚筒的使用最广泛。干式筒式弱磁场磁选机可与干式自磨机形成干选流程,主要适用于干旱缺水与寒冷地区。CTG永磁滚筒式磁选机是最常见,分为单筒及双筒,其磁系由锶铁氧体永磁块组成,具有磁系极距小、极数多特点。随着新材料的出现,研究人员使用具有高磁性的新型稀土永磁材料或钕铁硼和铁氧体混合物作为磁源,提高了铁精矿品位及回收率。同时,通过增加磁极数、使用附加磁极、复合和变化磁场等,以提高筒式磁选机性能。

此外,磁力滚筒又称磁滑轮,适用于粗碎后最大粒径为350mm块状原生磁铁矿石的干式磁选,在选矿厂预选抛尾过程中起着重要作用,具有节能降耗的特点。磁力滚筒发展也与新材料的发展密切相关。

2、湿式弱磁选机。它分为电磁及永磁。早期,采用电磁湿式弱磁选机作为除铁的主要磁选设备。1965年,我国研制了一种以锶铁氧体为磁系材料的湿式永磁磁选机,此后永磁弱磁选机逐渐取代电磁弱磁选机成为主要的应用设备。随着技术的发展,磁力脱水槽、磁团聚重选机、磁选柱已成为主要的新型设备,并得到了广泛应用。

湿式永磁筒式磁选机的代表设备是CT系列永磁筒式磁选机。根据槽体结构的不同,可分为三种:顺流型(CTS型)、逆流型(CTN型)、半逆流型(CTB型),其中半逆流型槽体使用最多。

磁力脱水槽及磁团聚重选机均采用各种作用力的组合形成的复合力场进行分选。磁力脱水槽是一种在重力、磁力、上升水流力的共同作用下进行分选的设备。磁团聚重选机利用同心圆筒永磁系产生的不均匀弱磁场和重力进行分选,广泛应用于微细矿物的选别,尤其是强磁性微细矿物的精选。

磁选柱是一种电磁选矿设备,用于精选铁磁性矿物低品位精矿,降低硅、磷、硫等杂质含量,并成功解决了强磁性铁矿石分选中的非磁性夹杂问题,其原理是利用磁场使磁性颗粒磁团聚,然后利用水动力或气泡爆破力破坏磁团聚,未来可能会引入电磁脉冲力或声波来代替水动力。然而,早期的磁选柱仍存在耗水量高、处理量低的问题。因此,研究人

员采用PID控制代替人工控制,可有效降低用水量,提高选矿效率及精矿品位。因此,利用先进的智能控制理论对磁选柱进行智能控制是今后改进的主要方向。磁选柱的大型化及自动化也是主要发展方向。

三、强磁场磁选机

1、干式强磁选机。其分为盘式、辊式、筒式,其中辊式应用较广泛。辊式强磁选机分为感应、永磁辊式磁选机。感应辊式磁选机即电磁感应强磁选机,其原理是利用磁场中的铁磁辊,在其表面感生与相邻磁极极性相反的磁场,使磁性物料被辊吸住,非磁性物料转离磁场后落入接料槽中,实现分离。此外,GCG干式电磁感应辊式强磁选机是近年来的主要应用设备,适用于非金属矿物的除铁提纯。目前,生产实践中使用的干式强磁盘式磁选机主要应为 $\Phi 576\text{mm}$ 系列干式强磁场双盘磁选机,用于含稀有金属矿物的粗精矿的再精选。近年来,随着我国对稀土矿等非金属矿产需求的增大,永磁辊式强磁磁选机的应用越来越广泛。提高除铁提纯效果可能成为强磁场磁选机未来的发展方向。

2、湿式强磁选机。湿式强磁选机分为永磁、电磁湿式磁选机,永磁湿式磁选机的磁场一般可达1.6T;电磁湿式磁选机磁场可达2.0T以上,对氧化铁选矿效果良好。当前,主要投入生产的是感应辊式磁选机。琼斯型湿式强磁选机更适用于细粒弱磁性物料(0.03~1.00mm)的分选,具有处理量大、能耗低、可靠性强等优点。环式磁选机包括国产SQC-6-2770磁选机及英国的HIW型,后者主要用于处理较粗的颗粒物料。

四、中磁场磁选机

中磁场磁选机是指介于弱磁场和强磁场之间的磁选机,磁感应强度在300~800mT范围的磁选设备。高磁能积(Nd-Fe-B)永磁材料在20世纪末有了突破性进展,性价比大幅提高,将这些材料应用于中磁场永磁磁选机,使磁选设备的研究开发步入一个新的发展阶段。

1、BZY型中磁场永磁筒式磁选机。BZY型中磁机采用高性能钕铁硼磁钢与锆铁氧体磁性材料组成复合磁系,使几乎全部磁场能量都扩展到磁系外部,而在磁轭内保持微弱的漏磁场,这样就使磁极轴线附近的磁场得到明显的提高,最终使筒体表面的整个磁场区域的平均磁感应强度超过480mT。并且筒体表面磁场分布合理,采用了双向聚焦的复合磁系结构,将常规开放式磁系的低磁场区变成高场强区。

2、CTB型中磁场永磁筒式磁选机。该机采用扇形开放式磁系,扫选区除常规铁氧体外,还增加稀土磁性材料组成复合磁系;磁极间经新的组合,尽可能减少漏磁通,不但使筒体表面磁感应强度提高,而且磁场深度也加深。

3、ZC、NCT中磁场强永磁筒式磁选机。该机由永磁圆筒、槽体、机架、传动装置、给矿箱等主要部分组成,主要特点是分选区磁场强度高,对降低尾矿品位十分有利,而且分选

物料粒度在0~20mm,顺应了阶段抛尾的趋势。该机主要用于分选假象赤铁矿及石英砂、长石等非金属除铁提纯,也是磁选厂尾矿回收的理想设备。

五、高梯度磁选机

高梯度磁选机是一种新型设备,通过磁介质与颗粒的相互作用来提高磁场力及磁选机处理能力,主要用于解决微细矿物的分选问题。我国从20世纪70年代末开始研究高梯度磁分离技术,研发了多种类型的电磁高梯度磁选机。然而,随着稀土材料的发展,永磁高梯度磁选机以其节能、高效、低成本的优点逐渐成为主流设备。

立环高梯度磁选机主要用于难选矿石的选别,是最重要的新型磁选设备之一。其中SLON型立环脉动高梯度磁选机主要利用磁力、脉动流体力、重力组成的综合力场分选矿石,具有富集比大、选矿效率高、成本低等优点。

垂直磁系高梯度磁选机在生产实践中应用较早,但在应用过程中,存在磁介质易堵塞现象,磁极在矿浆中长期浸泡易腐蚀磨损。因此,研究人员对磁系进行了改造,并成功研制出具有水平磁系的高梯度磁选机。以SSS系列湿式双频双立环高梯度磁选机为代表,该系列设备有SSS-I、SSS-II两种型号。SSS-I型具有高背景场强和高磁场梯度特点,更适用于金属矿粗选、扫选、非金属矿提纯。SSS-II采用水平左右磁极及立环相结合结构,提高了磁性产物选择性,有利于获得更高品位的精矿。随着第三代永磁材料钕铁硼的出现,这类设备可实现永磁化。

平板式高梯度磁选机特点是磁场强度高、磁场梯度大、磁力作用力强,结构简单,操作方便。某选厂用该设备处理粗粒级石榴石,其效果优于脉动高梯度磁选机。

六、磁选机的发展方向

磁选设备是矿物加工、矿物综合利用分选(分离)过程中重要的作业。磁选设备的永磁化等方面开展研究工作,取得了许多创新成果和成功应用范例。近年来,磁选设备的研制发展迅速,先后开发了一些新型高效磁选设备,并得到成功应用,但仍不能完全满足磁选工艺发展要求。应进一步开展研究,研制出多种类型的高效多功能磁选设备。在今后一段时间内,磁选设备的发展趋势仍是大型化、专用化和节能化;利用综合力场分选技术和磁系设计理论来研制新型磁选设备;加强相关技术和理论的研究,并应用于新型磁选设备的研制。

参考文献

- [1]刘永振.论我国磁选设备的发展[J].有色设备,2016(01).
- [2]赵昱东.弱磁选机的技术进展[J].矿山机械,2016(04).
- [3]张冰倩.磁选机的研究与应用现状[J].云南冶金,2017(05).