

炼钢污泥对造球的作用及其替代膨润土比例的研究

崔 斌 赵玉潮 莫朝文 乔庭明

(济南钢铁股份有限公司球团厂)

摘 要 实验室试验表明,配加炼钢污泥能够改善生球质量,随炼钢污泥配比的增加,生球落下强度和抗压强度增加;未充分粉碎、分散的小污泥块粒对实验室间断式造球的成球率影响显著,但少量小污泥块粒的存在可以作为母球促进工厂造球生产;在造球生产中污泥可以部分替代膨润土,根据试验求得的回归方程计算出目前济钢球团原料条件下的替代比 K 为 4.77 倍;润磨工艺对含有炼钢污泥的混合料造球及生球质量有显著的改善作用,能够提高生球落下强度、抗压强度和成球率。

关键词 炼钢污泥 造球 膨润土替代比 试验研究

1 前 言

炼钢污泥(以下简称污泥)是一种宝贵的二次资源,可以替代部分铁精矿和粘结剂应用到球团生产中。目前很多球团厂都在积极消化利用污泥,关于如何利用污泥的报道也有不少^[1~7],但污泥对球团生产的作用与影响的研究却鲜见报道,至于不同的配加和混匀分散工艺对污泥配加量、配加效果、造球质量及焙烧质量等影响的研究就更是少有报道。而在实际生产过程中出现的一些问题(如:造球的波动、球团矿内出现大量熔蚀和孔洞,竖炉结块次数增多等)是否与配加污泥有关又很难分析清楚。停止配加污泥期间,造球生产反而难以适应,出

现成球速度降低、生球质量下降,返矿增加、燃烧室压力升高、炉况恶化等问题。

为了弄清炼钢污泥对球团生产的作用与影响,笔者进行了实验室研究,并就污泥替代膨润土的比例进行了研究,取得了一定收获。本文主要介绍炼钢污泥对造球的作用与替代膨润土比例的研究情况,对生球干燥后强度及焙烧性能的影响再另文介绍。

2 试验原料

本次试验所用原料全部取自济钢球团生产现场,各种原料的理化性能见表 1,试验用钙基膨润土的理化性能见表 2。

表 1 种试验原料及污泥的理化性能(重量 %)

原料名称	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	S	P	- 0.074mm	H ₂ O
炼钢污泥	52.90	29.2	2.82	15.01	3.13	0.30	0.18	0.085	96.20	15.40
智利精粉	68.02	28.7	2.18	0.46	0.75	0.91	0.015	0.007	94	7.12
加斯精粉	65.44	0.39	1.36	0.04	0.01	1.6	0.008	0.03	86	12.80
MBR 精粉	66.22	1.54	2.43	0.03	0.01	0.98	0.004	0.02	78	10.30
国内精粉	64.83	23.94	5.58	0.95	1.84	0.82	0.13	0.01	65	11.20
除尘粉	62.40	4.69	5.74	1.31	1.62	1.29	0.006	0.017	91	5.14
氧化铁皮	71.2	64.60	0.01	0.22	0.14	0.38	0.08	0.016	26	8.8

表 2 钙基膨润土的理化性能

SiO ₂ / %	CaO/ %	MgO/ %	Al ₂ O ₃ / %	膨胀容/ ml g ⁻¹	吸蓝量/ g · (100g) ⁻¹	- 0.074mm/ %	H ₂ O/ %	烧损/ %
47.72	2.94	1.68	18.26	8.75	37.4	99.79	6.35	17.49

收稿日期:2008 - 12 - 24 联系人:赵玉潮(250101)

山东 济南钢铁股份有限公司球团厂

3 试验方案及方法

3.1 试验方案

根据生产经验对污泥、膨润土配加量都设置4个水平,为确保各组试验结果的可比性及更好的指导生产,按照现场生产配比对各种铁精矿进行预配、混匀后作为一种混合精粉再与炼钢污泥和膨润土按照试验方案进行配料。各种铁料配比见表3。为研究润磨对配加污泥的影响,我们还用未润磨料与生产现场矿-3皮带上取的全磨混合料(膨润土配比3.2%、污泥配比5.5%)进行了实验室造球、焙烧试验。

表3 试验用混合精粉配比(重量%)

国内粉	智利粉	加斯粉	MBR 精粉	除尘粉	氧化铁皮
22	48	16	8	4	2

3.2 试验设备与方法

配料、混料、造球和爆裂焙烧试验都是利用中心试验室现有设备完成。其中混料在 $\varnothing 800 \times 300$ mm圆筒混合机中进行,造球在 $\varnothing 1000 \times 150$ mm可调速圆盘造球机上进行,生球爆裂和干燥、预热、焙烧均在卧式管式炉(温度可自控)内进行。

3.2.1 原料准备和造球

每次取混合精粉4 kg,混料前先将污泥块与混合精粉等混在一起人工研磨成细小颗粒,然后按试验方案配加相应数量的膨润土,再采用人工堆层-研磨分散的方式进行混料;取200 g混合料测水分,剩余料全部进行造球。造球机倾角 45° ,转速设定为24 r/min,造球时间均为15 min(其中造母球2~3 min,加料长球9~10 min,滚动压实3 min)。造球过程严格控制水分的加入,按照方案标准在造球前用量筒取好加水量,尽量确保每次造球水分符合实验要求,以便在同等含水率水平下进行比较,同时测试生球性能和爆裂情况。

3.2.2 检测方法

用孔径为6 mm、10 mm、12.5 mm、15 mm的筛子对生球进行筛分,测量各粒级重量后计算百分比,其中10~15 mm粒级所占百分比为

成球率。分别取10~12.5 mm(下文简称小球)和12.5~15 mm(下文简称大球)粒级的生球进行各项指标测试。落下强度测定是按生球从0.5 m高度落在厚度为30 mm的钢板上不破裂的最大次数计算,抗压强度则按ISO-4700检测方法测试。

4 试验结果及分析

4.1 污泥配比与生球质量的关系

膨润土配比分别为3.6%、4.4%和5.0%时不同污泥配比与生球质量的关系见图1。

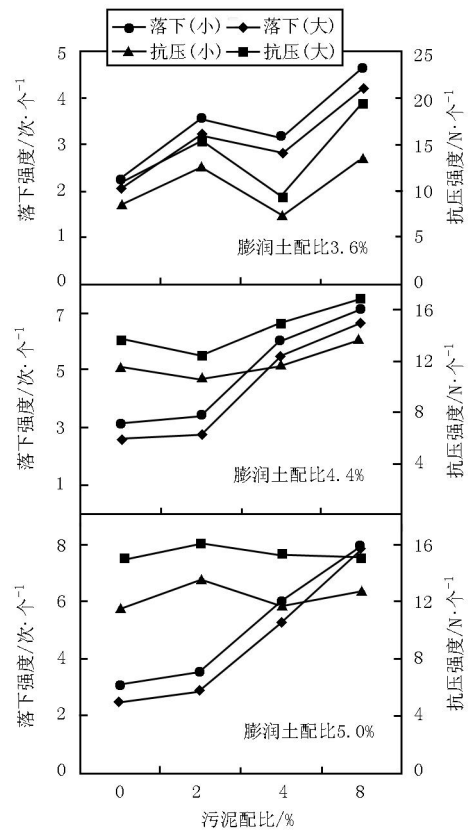


图1 污泥配比与生球质量的关系图

1) 对生球落下强度的影响

由图1可以看出,无论膨润土配比是3.6%、4.4%还是5.0%时,不配加污泥时大、小生球的落下强度都小于4次/个;随着污泥配比增加,大、小生球的落下强度都逐步升高,而且提高的幅度也逐步加大。在膨润土配比为4.4%和5.0%时,当污泥配比由2%增加到4%,落下强度增加幅度达到2~3次/个,当污

泥配比继续增加到 8% 时,落下强度达到 7~8 次/个的较好水平。在污泥和膨润土配比相同的条件下,小球的落下强度都好于大球。

2) 对生球抗压强度的影响

从图 1 可以看出,污泥配加对提高生球抗压强度有积极作用,尤其在膨润土配比比较低时作用更加显著。如膨润土配比为 3.6% 时,不配加污泥的大小生球抗压强度比较低,只有 8 N/个和 11.5 N/个,当污泥配比提高到 8% 时,大、小生球抗压强度分别提高到 13.2 N/个和 19 N/个,提高幅度较大;当膨润土配比为 4.4% 时,随污泥配比由 0% 提高到 8%,大、小生球的抗压强度由 11.8 N/个和 13.7 N/个分别提高到 13.7 N/个和 16.6 N/个。但是在膨润土配比 5.0% 时,未配加污泥的生球抗压强度已相对较高,污泥配比变化对生球抗压没有明显影响。同落下强度相反,同样用料条件下大球的抗压强度比小球高 2~3.8 N/个。

4.2 污泥配比与成球率的关系

污泥配比与成球率的关系见图 2。众所周知,生球成球率与污泥、膨润土配比和水分都有一定的关系,尤其是膨润土配比和生球水分对成球率的影响更大。那么配加不同比例的污泥对成球率有何影响呢?由图 2 可知,随污泥配比增加,成球率也呈现一定的降低趋势,这主要是因为 -10 mm 粒级的比例增加。膨润土配比为 5.0% 时其成球率比配膨润土 4.4% 时要小,前者随污泥配比增加成球率下降的趋势也明显大于后者,这是由于膨润土配比越高,成球速度越慢的缘故。

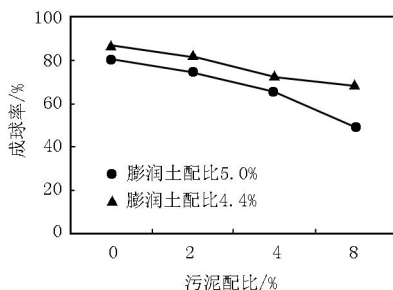


图 2 污泥配比与生球成球率的关系图

分析认为,主要原因可能是由于污泥含有

大量的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,粘性比较大且呈块状,人工不易粉碎、分散和混匀,大量的小污泥块粒在造球过程中起到母球的作用或容易形成母球,但是由于实验室造球是间断式的,每次造球给料量只有 4 kg,当 4 kg 试验料用完后,不再继续给料,所以其成球和出球方式与现场连续性生产大不一样。成球阶段加入的料中有大量的细小污泥颗粒作为母球还会黏附料继续长大,与其他正在长大或即将进入压实阶段的生球“争夺”有限的粉料,到一定时间结束时,就出现了大量只有 6~10 mm 的没有长到合格粒度的小生球,从而影响了成球率。

如果是连续生产造球,那么给料是连续的,造球盘能自动根据生球粒级的大小将粒度合格的生球摔出去,未能长大的小球则继续在球盘内长大、压实;同时,连续生产时造球盘填充率较大、物料多,球与球之间碰撞、挤压的力量更大,母球之间也容易在碰撞、挤压中产生粘结合并为一,因而产出的粒度合格生球更多且强度高。需要注意的是,污泥块粒度不能太大(一般不能大于 2 mm)、也不能太多,否则,不但影响成球率,也影响生球强度,而且在焙烧过程中易发生集中烧蚀,产生大的闭孔,严重影响球团矿的质量和强度。

4.3 润磨污泥混合料对生球质量和成球率的影响

由图 3 可以看出,在膨润土配比同为 3.2% 的条件下,从生产现场取经过润磨处理的配有 5.5% 污泥的混合料进行造球试验,生球的抗压和落下强度等质量指标明显优于未经润磨处理的人工混匀料造出的生球。无论是在含水率 8.0% 还是 9.5% 左右,经过润磨的物料,其生球落下强度远好于未磨料;同样,润磨料的生球抗压强度也大于未磨料。尤其在含水率较高的情况下(9.5% 左右),物料经润磨后其生球落下强度和抗压强度提高的幅度比低含水率(8.0% 左右)情况下提高的幅度要大。

由图 4 可知,在用料结构、污泥配比(5.5%)、膨润土配比(3.2%)都一致的情况下,当生球水分为 8.0% 和 9.5% 时,混合料经润磨

后造球成球率分别达到 84 % 和 80 % ,比未经润磨的成球率 67.5 % 和 72 % 分别高出 16.5 和 8 个百分点。因此,对含污泥的混合料进行润磨有利于提高成球率。

分析认为,这是由于配有污泥的混合料经润磨后,污泥块能够得到有效地研磨、粉碎、分散和混合,远比人工研磨混匀的效果好,所以经润磨后的物料既避免了因大量小团粒污泥存在影响母球过多和生球的长大,又提高了细度和分散度,有利于污泥粘结性能的发挥,改善了物料的成球性。因此,润磨处理对含有污泥的混合料造球生产和生球质量有着显著的促进作用。

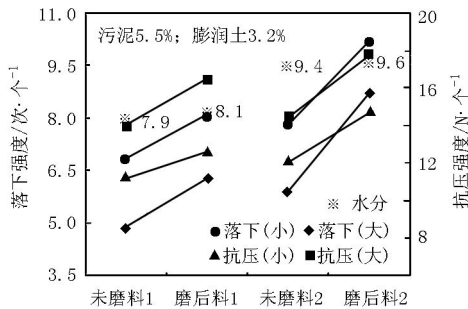


图 3 润磨对配加污泥生球质量的影响 (料 1 与料 2 配比完全相同,仅水分不同)

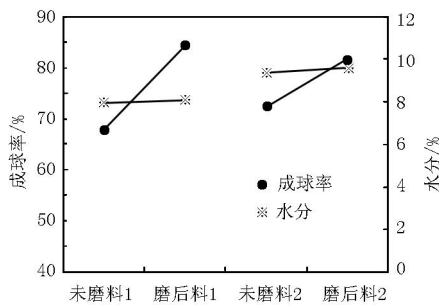


图 4 润磨对配加污泥生球成球率的影响

4.4 配加炼钢污泥与降低膨润土的关系及替代比

球团配加污泥可以替代部分膨润土,降低膨润土消耗。图 1、图 2 及试验结果分析也已验证。但其替代比该是多少? 尚未见文献报道。为此,笔者利用 Mintab 统计软件,根据本次试验结果进行了两者关系及替代比的分析。以污泥配比、膨润土配比、生球水分为可变量,分别以代表生球质量的落下强度和抗压强度为响应值

进行三元回归分析,分别得到回归方程 1、方程 2 及残差图(图 5、图 6)。

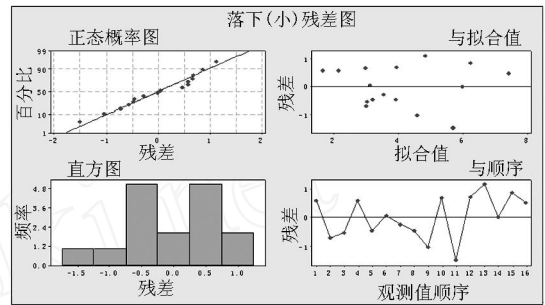


图 5 落下强度与膨润土配比、污泥配比、生球水分的残差图

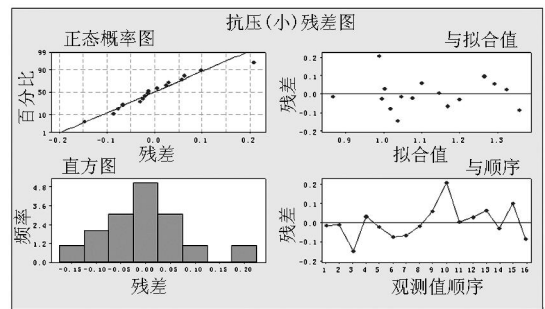


图 6 抗压强度与膨润土配比、污泥配比、生球水分的残差图

方程 1:落下(小) = - 8.05 + 1.84 膨润土配比 + 0.341 污泥配比 + 0.358 水分, $R^2 = 81.6\%$

方程 2:抗压(小) = 0.986 + 0.185 膨润土配比 + 0.0439 污泥配比 - 0.0903 水分, $R^2 = 74.0\%$

方程 1 和 2 的 R^2 分别达到 81.6 % 和 74.0 %。图 5、图 6 中的正态概率图和残差直方图也显示落下强度、抗压强度与三变量的残差数据都服从正态分布,表明各组试验结果(观测值)与拟合值的残差范围合理,方程 1 和方程 2 是有效的。

方程 1 和 2 表明,膨润土和污泥的配比都与生球质量(落下和抗压强度)呈正相关关系,那么,在一定程度上两者就可相互替代,即降低膨润土配比可采取增加一定量的污泥配比来保证生球质量指标稳定,反之亦然。设污泥与膨润

土的替代比为 K , 通过方程 1 和方程 2 可分别求得落下强度与抗压强度不变时污泥与膨润土替代比分别为 $k_{\text{落}} = 5.40$ (倍)、 $k_{\text{抗}} = 4.21$ (倍)。为兼顾生球落下与抗压强度指标的平衡, 以 $K = \sqrt{k_{\text{落}} \cdot k_{\text{抗}}}$ 为标准替代比, 那么, 从本试验结果可以得出, 济钢球团厂目前条件下污泥与膨润土的替代比 $K = 4.77$ (倍), 即污泥配比每增加 4.77%, 膨润土可降低 1%。该值与笔者根据多年实践经验推测并指导生产作业的替代比 5.0 (倍) 比较吻合。

5 结 论

1) 配加炼钢污泥能够改善生球质量, 随污泥配比增加, 生球落下强度和抗压强度提高, 尤其是落下强度提高幅度较大。

2) 由于污泥粘性强, 未充分粉碎、分散的小污泥块对实验室间断式造球的成球率影响较大, 但少量小污泥块的存在可以作为母球促进连续生产时造球效果的改善。

3) 润磨工艺对含有污泥的混合料造球生产

和生球质量改善有着显著的促进作用, 其生球落下强度、抗压强度和成球率都明显高于未润磨处理的生球。

4) 在造球生产中, 污泥可以替代部分膨润土, 从本试验数据求得的回归方程得出, 济钢球团厂目前条件下炼钢污泥与膨润土的替代比 K 为 4.77 倍。

参考文献

- 1 付丽娜, 亢立明. 竖炉球团配加炼钢污泥的研究及实践[J]. 烧结球团, 2001, (6): 16~18
- 2 刘振林. 球团配加炼钢污泥实验[J]. 烧结球团, 2001, (1): 10~12
- 3 赵玉潮等. RV02E 混料机混匀炼钢污泥等辅料的试验研究[J]. 中国冶金, 2008, (11): 9~13
- 4 南文哲. 造球喷加炼钢污泥试验[J]. 山东冶金, 1999, (4): 37~38
- 5 贺建峰. 济钢炼钢炼铁污泥的处理和应用[J]. 钢铁, 2003, (5): 57~60
- 6 陈铁军, 张一敏, 张清学. 转炉尘泥综合利用试验研究与工业应用[J]. 矿产综合利用, 2005, (4): 42~43
- 7 何天翔, 程卫. 炼钢潮污泥在铁矿造块中的配用技术[J]. 烧结球团, 2004, (1): 32~34

Experimental Research on Function of Steelmaking Sludge in Pelletizing and Its Substitute Ratio for Bentonite

Cui Bin et al.

Abstract The laboratory experiment shows that the addition of steelmaking sludge can improve quality of green pellet, with the increasing proportion of steelmaking sludge, the green pellet drop index and compression strength increase; The not fully crushed and scattered small sludge has remarkable effect on degree of laboratory balling in batcher, but the existence of small amount of sludge can be used as nucleus particle to promote plant balling production; Sludge can substitute bentonite in pelletizing production, based on the regression equation derived from experiment, it is calculated that the substitute ratio K is 4.77 under the raw material conditions of Jigsteel pellet plant; The damp milling process can remarkably improve the green pellet and pelletizing with the mixed material containing steel-making sludge, it can also increase green ball drop index, compression strength and balling degree.

Keywords steelmaking sludge, balling, substitute ration for bentonite, experimental research