

HA 型粘结剂性能评判的研究

刘国根¹, 邱冠周¹, 孟永强²

(1. 中南大学有色金属材料科学与工程教育部重点实验室, 湖南 长沙 410083)

(2. 河北科技大学材料科学与工程学院, 河北 石家庄 050054)

摘要:冷固结球团直接还原工艺成功的关键因素之一是成型粘结剂的选用。粘结剂性能评判, 传统的方法是通过考查球团矿的机械强度来说明粘结剂性能的优劣, 步骤繁锁。经过试验研究, 本文提出了用粘度大小来评判粘结剂性能的直接方法并从理论上进行了论证。对于 HA 型复合粘结剂, 在六速旋转粘度计上测量, 50g 复合粘结剂的粘度若大于或等于 $6.5 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$, 表示粘结剂性能较好, 能满足铁精矿冷固球团直接还原工艺的要求; 若小于或等于 $3.0 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$, 则表示该粘结剂性能较差。

关键词:HA 型粘结剂; 性能评判; 粘度; 机械强度

中图分类号:TF046.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2002)03-0034-05

有关铁精矿成型粘结剂性能的评判前人开展了不少工作^[1,2], 但大多数都是对膨润土进行研究。最初, 人们根据球团矿的机械强度判断粘结剂性能的优劣, 后来, 研究者试图根据膨润土的某些物理化学参数评判其性能。膨润土虽是有效的粘结剂, 但它的成份主要是硅和铝, 这就增加了冶炼过程熔剂的消耗, 提高了炼铁的成本, 而且膨润土中的 SiO_2 对铁的还原还有抑制作用^[3], 因此迫切需要开发新型粘结剂, 而 HA 型粘结剂就是一种来源十分广泛, 应用前景看好的球团粘结剂。关于 HA 型粘结剂性能的优劣, 目前仍然是根据其对应球团矿的机械强度来评判, 由于它是通过球团矿的机械强度间接地来说明粘结剂性能的优劣, 所以是一种间接方法。作者试图根据粘结剂本身的物理化学参数来直接评判粘结剂的优劣, 即所谓的直接法。HA 型粘结剂的有效成份是一种高分子盐, 而高分子

溶液的粘度与高分子的大小、分子链长短、分子形状、溶液浓度、高分子在溶液中的形态等因素有关。因此, 粘度是高分子溶液许多物理化学参数的综合反映, 可以作为评判 HA 型粘结剂质量的重要指标之一。作者的研究结果也表明, 用直接方法评判的结果与用间接方法评判的结果基本一致, 但是前者简捷, 后者繁杂。

1 基本原理

由于矿粒间距离远小于矿粒粒径, 因此, 两矿粒间的作用可简化为用平板模型来描述。在两平板间, 因粘结剂溶液具有粘性而产生阻力, 欲使颗粒间产生相对运动而导致球团破裂, 外力须克服粘滞阻力, 这种阻力越大, 生球强度就越高。粘滞阻力大小可用粘滞理论^[4]描述:

收稿日期: 2001-09-10

基金项目: 教育部跨世纪人才基金资助项目

作者简介: 刘国根(1963—), 男, 工学博士, 中南大学有色金属材料科学与工程教育部重点实验室副主任, 副教授, 主要从事矿物加工工程方面的研究工作。

$$F_v = \frac{3\eta V^2}{2\pi X^5} \cdot \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

式中: F_v 为粘滞阻力, η 为粘度, X 为颗粒间距, V 为粘液体积, $\frac{dx}{dt}$ 为变速率。从式(1)不难看出,对于同一成型物料,若粘结剂的量、水的量、变形速率固定,那么粘滞阻力只与粘度有关,而且是正比关系。因此根据粘度大小来评判粘结剂性能的直接评判方法是有理论根据的。

2 实验

2.1 间接法试验方法

间接法评判的流程如图 1 所示,具体的参数如下:外配水 10%,粘结剂的量 2%,团压压力 3000N/cm²,加压速度 1mm/s,每个团块的重量为 50g,成品团矿为生团,即湿团经 120℃干燥 6h 所得,耐磨指数为 AC 小转数转 1min 所得结果。

2.2 直接法试验方法

称取 50g 粘结剂于烧杯中,加 300ml 水,搅拌数分钟(可加热助溶),离心分离,溶液置于六速旋转粘度计的外筒中,用水释至刻度,在粘度计上可直接测出其粘度,流程见图 2。

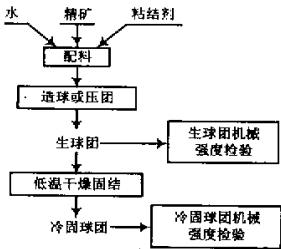


图 1 间接法流程

3 结果与讨论

3.1 成型工艺的选择

从成型设备的角度来看,成型可分为造球、压团两种。实践表明,造球过程中工艺因素如外配水的量、球的大小等很难重现,而水分对生球强度有很大的影响。水分过低,生球

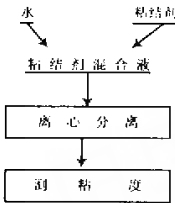


图 2 直接法流程

中矿粒之间毛细水不足,孔隙被空气填充,生球非常脆弱;水分过大,矿粒间毛细管的水过于饱和,这时毛细粘结力将不复存在,球就会互相粘结、变形,影响球的强度[5]。若将水分对球团矿强度的影响归结为粘结剂作用的结果,那么评判结果可能出现偏差。压团的工艺因素比较好控制,因为对同一物料,水可以一次性定量加入,那么团块机械强度主要与压力、加压方式、持压时间、加压速度、团块重量及粘结剂有关,压力、持压时间、加压速度、团块重量都可由仪表控制,可以做到基本一致,如果选定加压方式不变,很显然,团球机械强度的差别主要是由粘结剂引起的,这就是作者用间接评判方法时选用压团的原因。

3.2 粘度与球团矿质量的关系

按间接法、直接法两种试验方法分别测试了 17 种粘结剂,其中 F 粘结剂为中南大学的专利产品,1—16 号粘结剂为作者选自全国有代表性的原料按最佳工艺生产的 HA 型粘结剂,结果见表 1。由表 1 可以看出,系列粘结剂的粘度与其用于成型得到的球团矿的机械强度有较好的正相关性,即粘度较大的粘结剂其对应的球团矿机械强度较高,粘度较小的粘结剂,其对应的球团矿机械强度较低。从表 1 还注意到,同一产地的粘结剂,若粘度相当,那么其对应球团矿的机械强度也十分接近,如宜章 1 号与 2 号,还有江西萍乡产的两种粘结剂(麻山、赤山)。当然,就是同一产地的粘结剂,由于其原料相差很大(如:形成年代,有效含量等)其性能也相差甚远,如黑龙江 1 号与 2 号。鉴于 F 粘结剂已成

功地应用于铁精矿冷固球团直接还原新工艺, 试验测得其粘度为 $6.5 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ (20℃), 因此, 我们提出: 20℃时, 当粘度大于或等于 $6.5 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 时, 该粘结剂可作为

铁精矿冷固球团成型的粘结剂, 当粘度小于或等于 $3.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 时, 该粘结剂则不能作为铁精矿冷固球团成型的粘结剂。

从理论上讲, 粘结剂的粘度直接影响生

表 1 粘结剂的粘度与对应球团矿质量的关系

序号	粘 结 剂	粘度* / $10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$	湿团矿强度		成品团矿强度		
			抗压 / $\text{N} \cdot \text{cm}^{-2}$	落下 /次· $(0.5\text{m})^{-1}$	抗压 / $\text{N} \cdot \text{cm}^{-2}$	落下 /次· m^{-1}	耐磨指数 /— $3\text{mm}\%$
0	F 粘结剂	6.5	55	3.0	370	5.0	6.2
1	宜章 1 号	7.0	52	3.0	350	4.6	6.3
2	宜章 2 号	7.5	61	3.0	404	5.8	6.0
3	麻山	12.0	60	4.0	406	6.8	5.8
4	赤山	12.0	45	4.0	406	6.8	5.8
5	内蒙 1 号	12.5	71	17.0	500	31.8	4.0
6	内蒙 2 号	8.0	62	4.5	408	17.0	4.3
7	内蒙 3 号	10.0	90	14.6	661	26.9	4.2
8	黑龙江 1 号	11.0	55	4.5	363	4.9	6.1
9	黑龙江 2 号	3.0	/	1.0	1.0	1.0	/
10	南宁	3.0	/	1.0	8.0	1.0	/
11	小龙潭	2.0	/	1.0	1.0	1.0	/
12	先锋	2.0	/	1.0	1.1	1.0	/
13	路南	1.5	/	1.0	1.4	1.0	/
14	凤鸣村	2.0	/	0	1.4	1.0	/
15	内蒙	1.5	/	1.0	1.0	1.0	/
16	宝清	1.5	/	1.0	1.0	1.0	/

* 粘度为 20℃时的测定值。

球的强度^[4], 表 1 的结果也充分说明了这一点, 但是, 表 1 的结果还表明, 粘度大的粘结剂, 不仅生球团的强度较好, 而且成品球团的强度也较好, 而粘度较小的粘结剂, 其成品球团的强度也差。这是由于成品球团的机械强度决定于颗粒之间的摩擦力、分子粘结力和粘结剂的粘结力^[6]。在相同的铁精矿中添加不同的粘结剂, 成品球团强度的差异应主要与粘结剂分子之间的粘结力和粘结剂与铁精矿之间的粘结力有关。Roorda H J 等人^[7]通过扫描电镜证实: 球团的破裂往往是粘结膜的断裂造成的, 也就是说粘结剂与固体颗粒间的粘结力总是大于粘结剂分子之间的粘结力, 这与 Rumpf H 的观点一致, Rumpf H 认为: 添加有机粘结剂后干球强度主要来自于

颗粒间有机粘结剂形成的固体桥键即粘结剂分子之间的粘结力, 并有如下关系:

$$\sigma=1.1[(1-\epsilon)/\epsilon]H/d^2$$

(2)

式中 σ 为球团抗压强度, ϵ 为孔隙度, H 为固体桥键粘结力, d 为颗粒直径。粘结剂分子之间的粘结力实际上是粘结剂的内聚力, 而内聚力与粘度相关, 一般地, 粘度大的粘结剂, 其分子量较大, 内聚力也较大^[9]。HA 型粘结剂起粘结作用的是有机盐部分, 干球强度应符合式(2), 因此, 表 1 的结果也就得到了解释。

3.3 温度对粘度的影响

一般而言, 溶液的粘度随温度变化而改变。粘结剂的粘度随温度升高而降低, 表 2 为内蒙 1 号粘结剂的粘度与温度关系。因此, 在

粘度测定时,要尽量保持温度恒定,也只有在相同温度下比较粘度的大小才有意义。由表 2 的数据,还可推导出 $\ln\eta$ 与 $\frac{1}{T}$ 成直线关系,内蒙 1 号粘结剂的粘度与温度的关系表示式为:

$$\eta=1.12\times10^{-4}\mathrm{e}^{2.835\times10^4T^{-1}}\tag{3}$$

式中 T 为绝对温度,这与文献[10]所述的溶液的粘度与温度 的关系式吻合。

表 2 粘度与温度的关系

温度 /℃	粘度 / $10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$	$\frac{1}{T}(\text{k}^{-1})$	$\ln\eta$
17	15.0	3.448×10^{-3}	2.708
20	13.0	3.413×10^{-3}	2.565
21	12.5	3.401×10^{-3}	2.526
25	10.0	3.356×10^{-3}	2.303
30	8.5	3.300×10^{-3}	2.140
35	6.5	3.247×10^{-3}	1.872
40	6.0	3.195×10^{-3}	1.792
45	5.0	3.145×10^{-3}	1.609
50	4.5	3.096×10^{-3}	1.504
55	3.8	3.049×10^{-3}	1.335

4 结 论

1. 本文在试验的基础上提出了根据粘结剂粘度大小来评判 HA 型粘结剂性能优劣的直接方法,而且,直接法所得结果与依据球团矿机械强度来评判粘结剂性能的间接法所得结果一致。
2. 对于 HA 型粘结剂,在六速旋转粘度计上测量,20℃ 时,50g 粘结剂的粘度大于或

等于 $6.5\times10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$,那么该粘结剂的性能较好,能满足冷固球团直接还原工艺的要求,若小于或等于 $3\times10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$,那么该粘结剂的性能较差。

参考文献:

1 梁德兰,孔令坛. 膨润土质量检验的简易方法[J]. 烧结球团,1994,19(5):9~12.

2 韩恒余,李人泰,陈朝中. 铁矿球团对膨润土质量要求及铁矿球团用膨润土质量标准的探讨[R]. 长沙:烧结球团,1985. 101~118.

3 小埃里克森著,肖琪译. 膨润土对焙烧氧化铁团块低温还原性的影响[J]. 国外烧结球团,1989(2):10~13.

4 Dienes G J, Klemn H F. Theory and application of the parallel plate plastometer. J. Appl. Phys. 1946,17(4):458~462.

5 肖琪. 团矿理论与实践[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1991. 63~64.

6 肖琪. 团矿理论与实践[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1991. 82.

7 阿兰 A. 铁矿球团使用的合成有机粘结剂[C]. 北京:中国金属学会,第六届国际造块会议论文选,1994,126~143.

8 Rumpf H. The strength of granules and agglomerates in agglomeration. New York, Interscience Publisher, Knepper W A, Ed., 1962, 379~413.

9 龚云表. 实用粘接手册[M]. 上海:上海科技教育出版社,1995. 25.

10 川田裕郎著,陈惠钊译. 粘度[M]. 北京:计量出版社,1989. 16.

A Study of Evaluation for HA Type Binder Properties

LIU Guo-gen¹, QIU Guan-Zhou¹, MENG Yong-qiang²

(1. Central South University, Changsha, Hunan, China)

(2. Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, Hebei, China)

Abstract: One key factor of direct reduction of cold bond pellets is the choice of shaped binder. So far as the standard for binder properties is concerned, binder properties have been evaluated by measuring the mechanical strength of pellets in the light of traditional methods which are considerably complicated. In this paper, a direct standard which employs the viscosity of binder to evaluate its properties has been offered and verified in terms of theory.

影响 *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* 生长及亚铁氧化的因素研究

邓敬石¹, 阮仁满²

(1. 昆明理工大学, 云南 昆明 650093)

(2. 北京有色金属研究总院, 北京 100088)

摘要:在测定 *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* 生长曲线的基础上, 以 Fe^{2+} 的氧化表征细菌的生长规律, 考察了初始 pH、接种量、初始 Fe^{2+} 浓度对细菌生长及亚铁氧化的影响。实验结果表明, 在混合营养条件下, 初始 pH 1.6、接种量 10%、初始 Fe^{2+} 浓度 50~100 mmol/L 适宜细菌的生长及亚铁的氧化。

关键词: *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*; 生长; 亚铁氧化

中图分类号: TF111.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6532(2002)03-0038-04

随着生物冶金的发展, 人们将目光越来越多的关注于中等嗜热微生物及极端嗜热微生物。其中中等嗜热菌已在金矿的浸出中获得成功商业应用。已鉴定出的中等嗜热菌主要浸矿菌种为 *Acidimicrobium ferrooxidans*、*Sulfobacillus thermosulfidooxidans*、*Sulfobacillus acidophilus*、*Sulfobacillus thermosulfidooxidans* 存在于富含铁、硫和硫化矿的酸热环境中, 属革兰氏阳性、无机化能营养菌, 细胞呈杆状、棒状, 细胞尺寸 $0.6 \sim 2 \mu\text{m} \times 3 \sim 6.5 \mu\text{m}$, 在不同底物上生长时, 形状及大小有所不同, 专性好氧, 嗜酸, 中等嗜热, 最适宜生长温度 50°C , 有效生长温度可达 58°C ^[1]。以 Fe^{2+} 、硫化矿为能源自养生长, 以酵母提取物为能源异养生长。有酵母提取

物存在时, 可氧化元素硫^[2]。以无机底物为能源自养生长时, 细胞的良好生长需要足够的 CO_2 ^[3], 在有机物存在的混合营养条件下该菌更易生长。在细胞生长过程中有球形孢子生成, 细胞不具运动性。*Sulfobacillus thermosulfidooxidans* 在金属矿物的浸出中起重要作用。本实验在混合营养条件下, 以 Fe^{2+} 为能源, 研究 *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* 的生长及亚铁氧化规律, 并对其主要影响因素进行考察。

1 实验材料与方法

1.1 菌种

Sulfobacillus thermosulfidooxidans
DSM 9293 (Deutsche Sammlung von

At temperature 20°C , 50g of HA-type compositive binder was measured by Fann viscosimeter, if the viscosity is $\geq 6.5 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$, then the binder is of good quality to meet the technological need, whereas, $\leq 3.0 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$, then of low quality.

Key words: HA type binder; Evaluation of properties; Viscosity; Mechanical strength