

钢铁粉尘冷固结球团工艺研究*

沈宗斌 沙永志

(钢铁研究总院)

摘要 针对首钢粉尘进行了冷固结实验研究,通过对单种粉尘和混合粉尘的冷固结球团冷态性能的研究,得出以下结论:利用糖浆、水玻璃或水泥作为粘结剂时,冷固结球团可作为转炉冷却剂或高炉添加剂使用;以水泥、聚乙烯醇与CMC(羧甲基纤维素钠)混合液体作粘结剂、并且条件适当的情况下,冷固结球团可以作为高炉添加剂使用。

关键词 钢铁粉尘 冷固结 粘结剂 工业废弃物*

STUDIES ON COLD BONDED BRIQUETTES TECHNOLOGY OF DUST FROM STEEL INDUSTRY

SHEN Zongbin SHA Yongzhi

(Central Iron and Steel Research Institute)

ABSTRACT This paper describes cold bonding experiment of dust from Shougang Iron and Steel (Group) Corporation. Based on the investigation on normal temperature properties of cold bonded briquettes of single dust and mixed dust, the results obtained are as follow: when syrup, soluble glass or concrete are adopted as adhesives, cold bonded briquettes may be used as a coolant during converter steelmaking and burden material of blast furnaces; they may also act as additive of blast furnaces in proper conditions, where cold bonded briquettes are jointed with the mixture of concrete, polyethylene alcohol and CMC.

KEY WORDS dust from iron and steel industry, cold bonding, adhesive, industrial waste

1 钢铁粉尘处理的意义与现状

中国钢铁产量已连续多年保持高速增长,成为世界钢铁大国,伴随而来的环保问题也日趋突出。我国钢铁企业所产生工业废弃物的污染已越来越严重地影响到所在地周边的环境,并开始制约企业自身的发展。因此,消除工业废弃物污染、实现清洁生产、特别是处理生产各工序产生的各种粉尘等工业废弃物是今后我国钢铁工业保持持续健康发展的重要指标。

国外钢铁厂开展粉尘冷固结球团的生产和使用已有多年的历史。如日本新日铁的名古屋钢铁厂于1978年、君津钢铁厂于1989年先后采用了冷固结球团技术对粉尘进行回收利用。生产实践已经证实:向高炉中配加冷固结球团最高允许量达20%,配加

2%~5%对高炉操作通常没有影响。NRS(National Recovery Systems)公司在高炉内使用冷固结球团的最高比例是12%^[1]。瑞典SSAB厂使用冷固结球团配比在80 kg/t没有引起高炉炉尘量增加,但观察到对气流分布有影响^[2]。ILVA钢铁厂把每年约27万t金属碎屑、粉尘和渣等固体废料经过预处理、压块后在高炉和BOF转炉内使用,效果不错。加拿大的伊利湖钢铁公司1994年3月以来,把钢铁厂中低锌含量的氧化物回收料压制成块,作为高炉炉料使用量为1.2万t/月,占高炉炉料的7.1%,高炉使用压块后,天然气、煤和油等其他燃料消耗量下降。现已增加压块使用量,对生产和铁水质量无影响。如以上所述,北美和欧洲的某些企业由于烧结机系统取消,使得冷固结球团技术得到开发和应

* * 国家~~原~~新~~资源~~基金资助项目(宝钢联合基金),项目批准号:50274032

联系人:沈宗斌,高级工程师,北京(100081)钢铁研究总院冶金过程工程与环境工程技术中心

用。

2 钢铁粉尘处理方法及存在的问题

2.1 钢铁粉尘的特点

钢铁生产是由原料处理(烧结、球团、焦化)、炼铁、炼钢、轧钢等多道工序组成。每吨钢大约产生 5%~10% 的各种粉尘,其中主要包括烧结粉尘、焦

化粉尘、高炉粉尘及尘泥、转炉粉尘、电炉粉尘、轧钢皮及尘泥等,见表 1。这些粉尘的特点是含铁和含碳,是宝贵的二次资源。然而,由于成分复杂、粒度变化范围大(见表 2、3)以及水分波动大等原因,使得粉尘的利用较为困难。据估算,我国的粉尘有效利用率不足 80%。

表 1 我国钢铁厂含铁粉尘发生量

Table 1 Amount of dust bearing iron in the Chinese steel plants

项目	烧结尘	高炉尘泥	转炉尘	电炉尘	轧钢皮	轧钢油泥
发生比例/kg·t ⁻¹	30~50	15~50	20	10	20	2.4
估算年发生量/万 t	600	420	160	35	240	30

表 2 部分粉尘的化学成分

Table 2 Chemical composition of some dust

项目	TFe	C	Zn	Na	K	Pb	Cl
原料场粉尘	52	6	0.03	0.02	0.01		
烧结粉尘	46	7	0.03	0.50			
高炉粉尘(干)	34	32	0.30	0.50	0.20		0.06
高炉粉尘(湿)	36	28	1.00	0.60	0.20		
转炉粉尘	64	2	1.00				
电炉粉尘	33		18.00			2	2.00
LF 粉尘	5		13.00			2	4.00
轧钢皮	70						

表 3 部分粉尘的典型粒度组成

Table 3 Typical granularity component of some dust

项目	>4.75 mm	>0.84 mm	>0.50 mm	>0.149 mm	>0.044 mm	>0.038 mm	>0.005 mm
高炉粉尘	2	9	18	42	68	76	
氧化铁皮	9	19	64	77	92	94	
转炉粗尘			12	43	82	83	95
转炉细尘						8	55
电炉尘						10	40

2.2 传统的粉尘处理方法及存在的问题

前国内外企业普遍采用的处理方式有三种:配入烧结、外售、填埋。其中配入烧结是最主要的粉尘处理方法。但是由于成分、粒度及水分的不稳定,造成烧结混合料的粒度组成变坏、烧结透气性下降等现象,最终导致烧结利用系数降低、能耗升高、烧结矿质量下降等问题。而且随着影响环境较明显的烧结工艺的应用逐渐受到限制,用烧结来处理粉尘的做法将会受到越来越多的制约。例如,北美和欧洲一些企业迫于严格的环保压力,已减少甚至取消了烧结矿的生产。

将粉尘进行外售处理的方法仅适合于某些少量特殊的粉尘处理。在我国,一些企业所售出的粉尘被

简单再加工(如焙烧)后又返回钢铁厂使用。该方法不仅造成较大的经济损失,而且给加工地周边环境带来严重污染。至于填埋方法,由于占用土地和污染环境等缺陷,加之处理费用高,这种方法已逐步被取消。到目前为止,对于一些无法使用和处理的粉尘,企业往往采取堆积的临时方式进行处理。

2.3 粉尘的其他处理方法

为了有效地利用粉尘资源、消除环境污染、实现钢铁生产的零排放的环保要求,各国的钢铁企业均在努力探索,寻求新的粉尘处理方法。这些新的粉尘处理方法包括直接还原法、熔融还原法、冷固结球团(压块)法等。

直接还原法是将粉尘中的铁氧化物通过还原转

变成金属铁, 并回收粉尘中的其他有用元素如锌的处理过程, 直接生产的还原铁产品供电炉炼钢使用。目前直接还原法的开发已经有了最新的进展, Midrex 公司开发的直接还原新工艺 Fastmet 已经在日本新日铁的 Hirohata 厂和神户的 Kakogawa 厂应用, 两个专门处理粉尘的生产装置建成并正式投产运行, 其规模分别是 19 万 t/a 和 1.4 万 t/a。然而, 目前用这种直接还原的方法处理粉尘还存在着投资大、生产成本高等问题。

各国在开发熔融还原工艺过程中, 都将可直接处理粉尘作为目标之一。然而, 工艺开发的技术难度和运行的高成本及其他附加条件使得距离批量商业化生产应用尚需很长时间。

相比之下, 粉尘冷固结球团法由于其简便、灵活、成熟、低投资以及低成本、粉尘处理产品消耗量大等特点, 现已被国外许多企业所采用, 是一种较好的处理粉尘的专用方法。

3 实验设计

3.1 粘结剂选择

本研究采用了以下几种粘结剂—水玻璃、水泥、糖浆、聚乙烯醇与 CMC 混合液等物质。

表 4 粉尘物理性能检验结果
Table 4 Investigation results of physical properties of dust

项目	15~12 mm	12~10 mm	10~8 mm	8~5 mm	5~3 mm	3~1 mm	<1 mm	堆比重/ t·m ⁻³	水分/ %
结末/%	0.4	1.4	3.90	23.9	41.0	19.0	10.2	2.80	0.167
焦粉/%		0.5	1.35	14.2	28.2	17.2	38.4	1.27	7.750
轧钢皮/%		1.9	1.00	4.5	20.9	20.8	50.6	2.84	1.000

如图 1 所示, 各种粉尘的成球强度均随着水玻璃添加量的增加而提高, 抗压强度按照结末—瓦斯灰—除尘灰—轧钢皮—OG 泥的顺序递减。结末、除尘灰和瓦斯灰的成球强度超过 50 kg/个(球), 这个强度基本可以满足作为转炉冷却剂的要求。因此, 结末、除尘灰和瓦斯灰在利用水玻璃作为粘结剂进行冷固结造块的情况下, 此冷固结制品可以作为转炉的冷却剂。

4.3 糖浆效果

如图 2 所示, 除了结末之外, 各种粉尘的成球强度均随着糖浆添加量的增加而提高, 抗压强度按照轧钢皮—瓦斯灰—出尘灰—OG 泥的顺序递减, 瓦斯灰和轧钢皮的效果明显, 最高可达 150 kg/个(球)。结末不易成球。因此, 瓦斯灰和轧钢皮在利用糖浆作为粘结剂进行冷固结造块的情况下, 此种冷固结制品可以作为高炉的添加原料。

3.2 粘结剂单种粉尘粘结效果的试验

为了确定合适的粘结剂, 针对单种粉尘进行了不同粘结剂(水玻璃、水泥、糖浆)粘结效果的试验, 粉尘包括: 烧结末, 除尘灰(高炉), 瓦斯灰, 炼钢 OG, 轧钢皮。

3.3 多种粉尘混合后对粘结剂粘结效果的试验设计

试验设计 A 结末: 除尘灰: 瓦斯灰: 炼钢 OG: 轧钢皮: 铁精矿 = 153: 10: 12: 25: 10: 若干

试验设计 B 结末: 除尘灰: 瓦斯灰: 洗气灰: 炼钢 OG: 轧钢皮 = 500: 50: 50: 50: 50

4 实验结果与经济技术分析

4.1 原料物理性能检验

对首钢提供的粉尘进行了初步的物理性能检验, 得到的结果如表 4 所示。表中显示结末中粒度大于 5 mm 的比例接近 30% 左右, 这将成为处理粉尘冷固结的一大难点, 粉尘粒度大不利于粘结剂的成球作业。

4.2 水玻璃效果

4.4 水泥效果

如图 3 所示, 各种粉尘的成球强度均随着水泥添加量的增加有增加的趋势。但是在 3 日之内水泥养生后的冷固结球团抗压强度很小, 达不到要求, 因此必须延长养生的时间。据国外的经验, 利用水泥作为粘结剂时至少需要养生 4~6 周。此外, 也可以利用高温蒸汽养生的方法来强化冷固结的效果, 缩短冷固结过程的反应时间。总之, 利用水泥作为粉尘冷固结粘结剂的情况下, 成本低廉并且工艺过程简单。但是同时也要考虑到利用这种粘结剂需要一定的固结时间, 并且应该提供用于粉尘冷固结反应的相应场地。

4.5 以水泥作为粘结剂时多种粉尘混合料冷固结的效果

4.5.1 以试验设计 A 为条件的养生效果

根据试验设计 A 的粉尘配比进行了试验, 结果

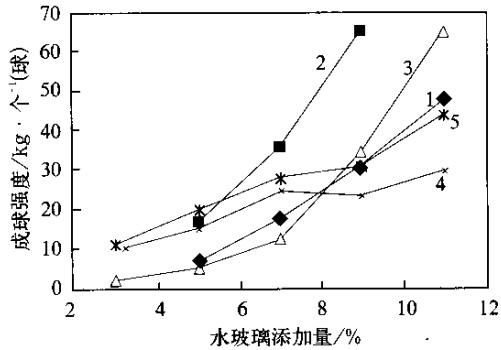


图 1 水玻璃添加量对粉尘成球强度的影响

Fig. 1 Effect of additive amount of soluble glass on the strength of dust briquettes

1—除尘灰; 2—结末; 3—瓦斯灰;
4—炼钢 OG; 5—轧钢皮

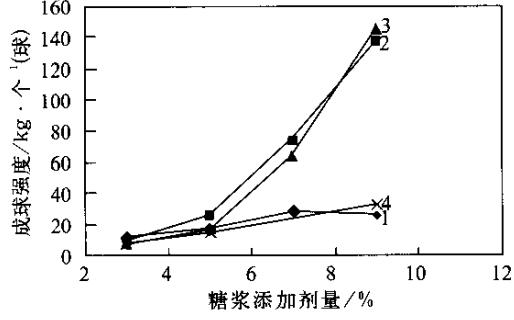


图 2 糖浆添加量对粉尘成球强度的影响

Fig. 2 Effect of additive amount of sirup on the strength of dust briquettes

1—炼钢 OG; 2—瓦斯灰; 3—轧钢皮; 4—除尘灰

在养生 20 天的条件下, 冷固球团的成球强度高达 110 kg/个(球), 可以满足作为转炉冷却剂的要求, 达到了比较满意的效果。因此可以说, 利用这种粉尘配比进行冷固结造块是可行的。

4.5.2 试验设计 B 的水泥养生效果

图 4 为根据试验设计 B 的粉尘配比进行粉尘冷固结的试验结果。随着养生时间的推移和水泥添加量的增加, 球团抗压强度也增加。在加入 12% 水泥和 15% 水分的状态下, 养生 30 天(4 周左右)后的冷球抗压强度可达到 200 kg/个(球)。因此可以认为, 在适当增加水泥添加量和选择合适粉尘配比的情况下, 冷固结球团的抗压强度是能够达到作为高炉添加剂的要求的, 水泥作为粉尘冷固结球团的粘结剂是可行的。

4.6 聚乙烯醇与 CMC 混合液体作粘结剂的试验

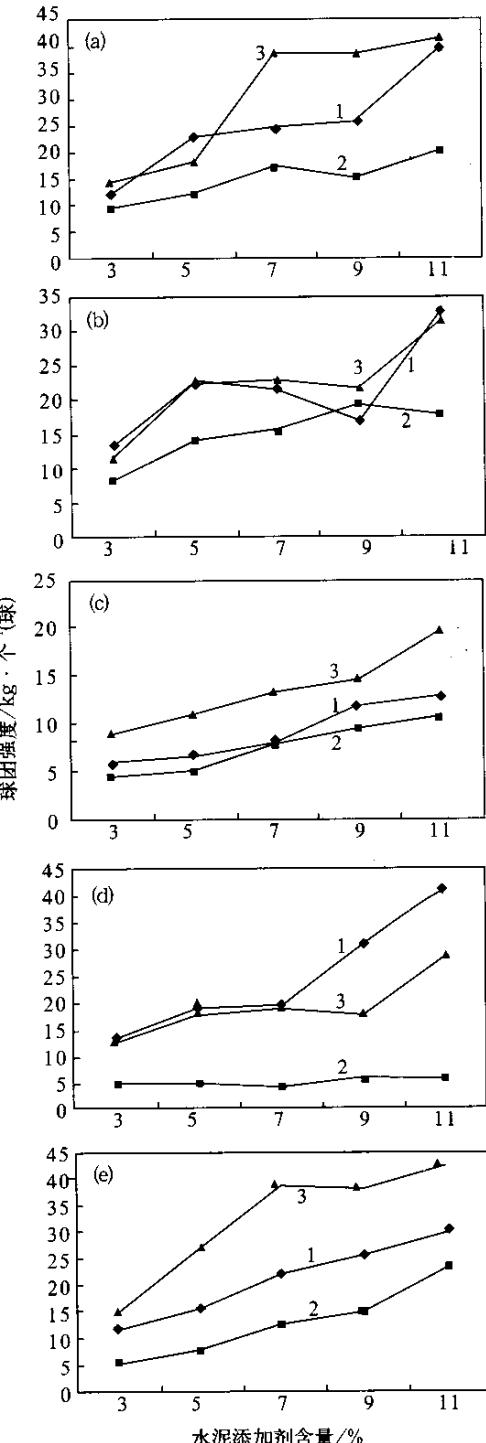


图 3 水泥添加量对成球强度的影响

Fig. 3 Effect of additive amount of concrete on the strength of briquettes

(a) 结末; (b) 除尘灰; (c) OG 泥; (d) 瓦斯灰; (e) 轧钢皮
1—1 天; 2—2 天; 3—3 天

把聚乙烯醇与 CMC 混合液体作为粉尘冷固结

的粘结剂时,烘干温度对冷固结球团抗压强度的影响如图5所示。从图中可以看出,随着烘干温度的提高,冷固球团抗压强度将下降。在烘干温度为100℃的情况下,球团抗压强度可达到170 kg/个(球)。因此,在使用此类粘结剂的情况下,选择适当的烘干温度是可以制作粉尘冷固结球团作为高炉添加剂使用的。

4.7 市场前景与社会效益

根据粉尘冷固结球团成果推广的市场容量和实际情况,预测项目初期进入工程化阶段时,假使有五个与首钢同样规模的公司应用此项技术的经济效益每年大约2亿人民币。预测其3~5年后进入市场后的经济效益每年大约5亿人民币。

粉尘处理技术的开发与利用也必将产生巨大的经济和社会效益。钢铁企业应用这一技术,不仅回收了二次资源、降低了成本,也避免了向周边排放污染的危险。城市以及所有的居民居住地由于粉尘造成的污染大大减少,环境将大为改善,人民的健康也将得到保障。与此同时这也有利于农作物的生长发育,有利于改善日常生活赖以生存的条件。

5 结论

(1) 在利用单种粉尘进行造块的情况下,采用水玻璃做粘结剂时,结末、除尘灰和瓦斯灰的单种类成球强度达到50 kg/个(球)以上,基本满足作为转炉冷却剂的强度要求。

(2) 瓦斯灰和轧钢皮采用糖浆做粘结剂效果明显,单种类成球强度达到150 kg/个(球),基本能够满足作为高炉添加剂的性能条件。

(3) 把水泥做粘结剂进行粉尘冷固结作业,养生数周后可以获得性能良好的冷固结制品。本试验研究在养生20天的条件下,冷固球团的成球强度高达110 kg/个(球),预计养生4~6周情况下,可以达到150 kg/个(球)的成球强度。

(4) 以水泥为粘结剂分别对不同原料配比进行了混合料试验,结果表明在加入12%水泥和15%水分的条件下,养生30天后的冷球抗压强度可达到200 kg/个(球)。

(5) 以聚乙烯醇与CMC混合液体作为粘结剂时,在烘干温度100℃的条件下,球团抗压强度可达到170 kg/个(球)。

以上是使用不同物质——水玻璃、水泥、糖浆、聚乙烯醇与CMC混合液作为粉尘粘结剂的冷固结效果试验。其试验结果仅限于冷态情况下的性能数据,对于热态情况下性能数据的测定还有待于进一步进行试验研究。钢铁研究总院的周玉航、温颜明、葛铸高提供了与本文相关的数据,在本实验研究过程中也得到了首钢集团公司技术中心李国伟、刘文运等的大力协助,在此一并表示感谢!

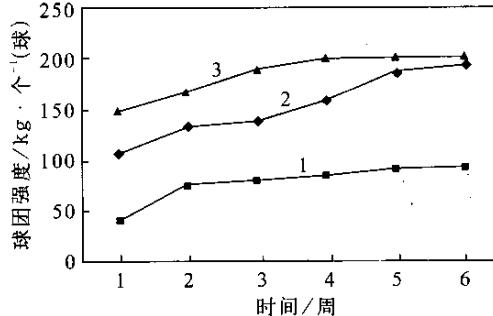


图4 水泥养生时间和添加量对球团强度的影响

Fig. 4 Effect of placement time and additive amount of concrete on the strength of briquettes

1—水泥添加量9%; 2—水泥添加量12%; 3—水泥添加量15%

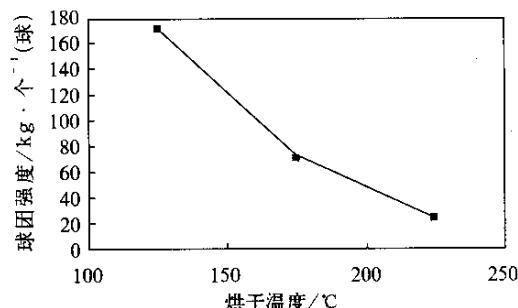


图5 烘干温度对球团抗压强度的影响

Fig. 5 Effect of drying temperature on the compressive strength of briquettes

参 考 文 献

- 1 Landon M P, Torok J F, Barnett T P, et al. An Overview of Steel Mill Waste Oxide Recycling by Cold Bonded Roll Briquetting. Ironmaking Conference Proceedings, 1998, 1237~1243.
- 2 Tina de Bruin and Lena Sundqvist SSAB Tunnplåt: Briquetting—One Way of Treating By-products at SSAB Tunnplåt in Luleå, Ironmaking Conference Proceedings, 1998, 1263~1273.