

# 安钢用后耐火材料资源化利用途径探讨

贾红玉 刘敬东 窦连生

(安阳钢铁集团有限责任公司)

**摘要** 结合国内外钢铁企业用后耐火材料资源化利用情况,分析了安钢目前用后耐火材料资源化利用存在的问题,对用后耐材资源化利用的途径、技术路线和发展方向进行了探讨。

**关键词** 用后耐材 资源化 途径 探讨

## DISCUSSION ON APPROACHES FOR RECYCLING UTILIZATION OF USED REFRACTORIES

Jia Huongyu Liu Jingdong Dou Liansheng

( Anyang Iron and Steel Group Co. ,Ltd)

**ABSTRACT** This paper introduces utilization conditions of used refractories in steel corporations at home and abroad , analyses the problem existed in the utilization of used refractories in Anyang steel and discusses the utilization approaches and technical route and prospect for recycling utilization of used refractories.

**KEY WORDS** used refractory resource approaches discussion

### 0 前言

耐火材料是钢铁冶金行业的重要辅助材料,2013年我国钢铁行业消耗各类耐材约1500万吨,占全国耐火材料总量的50%左右,可产生废旧耐材约700万吨。当前对这些废旧耐火材料的处理方式仍是大多数被当做工业垃圾填埋,仅有少量被粗放利用,这不仅浪费资源,还污染环境。其实这些废旧耐材通过粉碎、拣选、分类等工艺处理后,能够得到较好的耐火原料,用于生产各种定型、不定型耐火材料产品。既可以节约国家矿产资源、减少环境污染,还可以降低企业的生产成本。

### 1 国内外用后耐材资源化利用情况

#### 1.1 国外用后耐材资源化利用情况

国外对用后耐火材料的资源化利用非常重视,把用后耐火材料再利用上升到环保、资源利用、提高企业的经济效益和社会效益的高度去认识,制定相关法规,成立专门研究机构,组建专业公司,资源化利用率较高,有些钢铁企业已达到了80%以上。其主要有两个利用途径:钢厂就地消化,经处理加工成耐火材料或冶金辅料实现再利用;耐火材料公司或专门公司等外部企业回收,经加工处理后获得耐火原料,制备再生耐火材料,或用作土壤改性剂和建筑材料。1987年,欧洲耐火材料制品协会法国公司的合作开发集团组建了Valoref公司,专门从事全球废

弃耐火材料的研究工作。用后耐火材料正在向全部被利用、零排放的方向发展。

在日本的钢铁工业中,用后耐火材料回收利用率普遍较高,主要用作造渣混合物及型砂的代用品。有的钢铁企业以废砖为主原料,开发出了钢包底周边捣打料、钢包浇注料以及定型产品。例如:知多钢厂用85%再生料和15%的新料生产出的电炉熔池部位用不烧镁砖,以90%的再生料和10%新料生产出的电炉渣线用镁碳砖,以及全部用再生料生产出的RH底烧成镁铬砖等。黑崎公司利用废旧的刚石墨制品作原料开发了浸入式水口砖;鹿岛钢铁公司开发了滑板砖的二次利用工艺。出铁沟的废旧耐火材料均被重复使用,它主要用作 $Al_2O_3 - SiC - C$ 质浇注料的骨料。

美国在脱硫剂、炉渣改质剂(造渣剂)、溅渣护炉添加剂、铝酸钙水泥的原料、耐火混凝土骨料、铺路料、陶瓷原料、玻璃工业用原料、屋顶建筑用粒状材料、磨料和土壤改质剂等方面采用用后耐火材料,取得较好的效果。

韩国浦项钢铁公司统一把用后耐火材料回收,经过拣选和破碎成40 mm以下的颗粒,拣出废钢和不同的耐火材料。废钢作为炼钢原料,而耐火材料根据不同类别,分别作为耐火材料的原料、溅渣护炉料等冶金辅助料和铺路料等。

## 1.2 国内用后耐材资源化利用情况

在我国,用后耐火材料的利用率不高。随着国家环保政策的严厉,综合利用逐步受到重视。近几年有了较大的发展,特别是国内大型钢铁企业和科研院所纷纷投入力量开展相关研究工作,但由于起步较晚,目前的综合利用率不超过30%。

国内用后耐材资源化利用主要有三种方式:制备再生耐火材料,制备冶金工业的辅助原料,修复后继续使用。用后耐火砖和不定形耐火材料,其中包括MgO-C砖,通常用于炉衬的热修、铸孔开铸剂,或者用作制造新MgO-C砖的原料;废旧的 $Al_2O_3$ -C砖也可以用作制造滑板砖、浸入式水口砖、保护套管的原料;用于二次利用及修复的废旧耐火材料主要有 $Al_2O_3$ -ZrO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>砖、氧气转炉、电弧炼钢炉、钢包用的MgO-C砖、电炉用镁铬砖等。例如一些钢厂把用后镁碳砖再次利用到转炉和电炉衬上,可以降低对于耐火材料原料的消耗;有些钢厂将用后镁碳砖加工成颗粒作为电炉填充料;还有一些耐火材料厂生产镁碳砖和铝碳砖时直接加入少量用后的镁碳砖和连铸铝碳材料来降低原材料成本,取得了明显效果。

宝钢是我国用后耐火材料回收利用走在前列的企业,他们对从钢包、转炉用后的镁碳砖到高炉铁水沟、混铁车的衬砖等设备的含碳化硅及碳质用后耐火材料进行再利用研究,已初步取得了良好的效果。将用后滑板作为中间包冲击板使用,有些炉衬砖在拆除后,用作新炉体的永久衬砖使用。比较典型产品有镁碳砖、ASC质浇注料等,其研制的再生镁铬砖应用到RE炉用喷补料里,并显示出良好的使用效果。他们还研究了铝镁碳钢包砖和铁沟料等用后耐火材料进行了再生研究。该公司的科研人员利用80%以上的用后镁碳砖废料和新料制出的再生镁碳砖,经检测,其性能已接近或达到新产品的水平。

济钢将用后耐火材料破碎后用于铁沟捣打料降低了铁沟料的成本,实现了炼钢用含碳耐火材料的回收利用。

鞍钢将钢包用后铝镁浇注料粉碎加工成一定粒度的颗粒料,再按照20%的比例将其加入新料中制成新浇注料进行实际使用。

北京科技大学对用后铝镁尖晶石钢包浇注料进行了深入的研究并取得了很好的效果。铝镁尖晶石钢包浇注料是由特级铝矾土颗粒料、铝镁尖晶石细粉、镁砂粉、硅灰等优质耐火材料原料组成,在钢包上使用后,材质并无太大变化。对用后铝镁尖晶石钢包浇注料进行适当的加工处理得到质量合格的二次颗粒原

料用于炮泥生产,所产生的炮泥用于125-380M3高炉,满足了高炉铁口的使用要求,取得良好的节能环保效益和经济效益。

国内用后耐材资源化利用虽然取得了一些不错的成果,但研究的广度和深度都不足,整体利用率低,与发达国家存在相当差距。研究对象主要集中在镁碳砖、铝镁碳砖、滑板、水口等少数产品上,且在处理工艺技术方面的研究深度不够,对诸如含碳废料的水化处理技术,对颗粒整形技术等基础性问题报道较少。

## 2 安钢用后耐材回收利用现状

安钢集团目前年产钢850万吨左右,年消耗各类耐材约13万吨,可产生用后耐材5万吨左右,分别来自于炼焦、炼铁及炼钢工序,主要有钢包砖、铁沟料、水口、滑板、碳化硅砖等,这些用后耐材没有得到充分的循环利用,部分进行简单修复,部分回收后简单外销,还有一部分没有回收,随着炉渣外排,造成资源的浪费。

安钢用后耐火材料资源化利用率较低,主要原因如下:一是耐材使用部位分散在不同的厂和工序,缺乏统一管理,没有集中回收;二是耐火材料在使用过程中,因发生化学反应、渗透、扩散、溶解,会导致其变质或侵蚀,而且在拆除后堆放过程中,其表面会受到环境杂质的粘附,由于掺杂杂质较多,分离困难,回收手段欠缺;三是部分耐材回收后由于技术不成熟,不能够循环利用;四是缺乏专业部门统筹协调,回收原料使用环节受到影响。

## 3 用后耐火材料资源化利用途径探讨

### 3.1 用后耐火材料回收工艺

用后耐火材料由专业的单位集中回收后,根据其来源和特性,可采用拣选、分类、破碎、除铁和特殊的再利用工艺:用后耐火材料经过收集,分选和切割,分为变质层和原生层两部分,其中变质层主要由亚铁侵蚀造成,在变质层表面含有一定量的磁性铁,经过破碎和磁选可以将含铁物质分离出来,分离的含铁颗粒可以作为烧结配料使用,不含铁颗粒可以进入炼钢渣剂配料使用;原生层经过分选后,将镁碳、镁铝碳、铝碳等材料分开,经过分级破碎后,将不同粒级的颗粒作为耐火材料配料使用;可以把回收的铝碳质耐火材料用于铁沟捣打料来部分代替其中的高铝料。将废旧钢包浇注料回收用于炮泥生产,可满足高炉铁口的使用要求。一些高档次耐火材料,例如水口、滑板、塞棒等材料,可以经过修补后继续使用,也可以采用降级使用的方式回收利用,无法使用的破碎后,替代铁沟料中的高铝矾土。用后耐

材资源化利用工艺流程如图1所示。

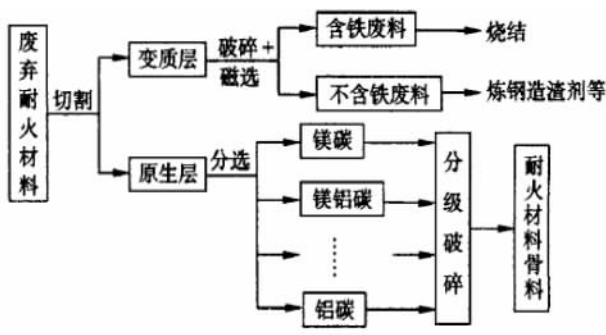


图1 用后耐材资源化利用工艺流程

该回收工艺有如下优点: (1) 实现用后耐材的“零排放”, 本工艺处理的是钢铁冶炼生产过程中产生的各种用后耐火材料, 产品基本上可全部回收, 实现了废弃物的零排放; (2) 工艺处理能力灵活, 根据企业钢铁产量、产品结构、耐火材料寿命变化, 可以灵活调整工艺设备配置和处理能力; (3) 实现用后耐材的增值, 本工艺利用的是用后的耐火材料, 经过加工处理后, 生产的产品多为高附加值产品, 在当前资源、能源紧张的市场条件下, 具有很高的经济效益。

### 3.2 用后耐火材料的资源化利用途径

由于耐火材料的种类很多且成分复杂, 应将其按来源和主要的化学成分进行分类, 便于更好的拓宽资源化利用途径。

#### 3.2.1 高炉出铁场用后耐火材料

高炉出铁场所用的耐火材料有: 主沟浇注料、渣沟浇注料、铁沟浇注料、摆动流嘴料和主沟预制件等。将回收的用后主沟料, 经过特殊工艺, 提取出再生刚玉, 用于高炉出铁口处主沟接头捣打料的生产, 回收的渣铁沟浇注料, 经过特殊工艺提取出再生矾土颗粒, 用于再生渣铁沟浇注料(渣铁沟预制件)的生产, 将回收的渣沟预制件直接破碎后, 用于渣沟捣打料的生产。对回收的用后废弃主沟料进行还原处理, 通过特殊的工艺使其中的致密刚玉、棕刚玉及各种微粉等原材料从废主沟料中分离出来, 为下一步制备新铁沟料、渣沟料产品打下原料基础, 从而实现用后耐材再利用。

1) 再生主沟浇注料。提取出的致密刚玉等原料经检测部门检验, 产品指标与同类新原料相比无明显差距。再生刚玉颗粒骨料应用于高炉出铁场的主沟浇注料中, 武汉某耐材厂在这方面做过小样研究, 掺入20%的再生刚玉对产品使用性能基本没有影响。

2) 再生渣沟浇注料。宝钢对再生渣沟浇注料

进行了研究, 将从废弃主沟料中提取出的致密刚玉作为主原料, 制备的新渣沟浇注料产品(添加75%的致密刚玉, 27%的新原料)的各项指标均已达到和超过了宝钢使用的技术要求和标准。

3) 再生ASC质耐火材料。将优质的高炉主沟用后的刚玉碳化硅炭浇注料进行拣选除渣、粉碎加工和除铁, 再对颗粒进行处理, 以其为原料制备再生ASC砖, 其理化指标达到了优质ASC砖的水平, 再生的ASC浇注料和捣打料的性能, 也达到或优于相应实际使用产品的水平。浇注料可用于出铁沟、沟盖、鱼雷车; 捣打料可用于出铁沟铁水包; ASC砖可用于鱼雷车、混铁炉、高炉。

#### 3.2.2 用后镁碳质耐火材料

用后转炉和钢包镁碳砖经过拣选、处理等工艺过程制得的镁碳砖原料, 在生产镁碳砖时, 以5%~20%的比例混入到新的镁碳砖配料中使用, 也可直接加入溅渣护炉料中, 或磨成细粉作为镁碳质耐火泥等镁碳质耐火材料的原料。另外, 可将用后镁碳砖经过拣选、除铁、水化和颗粒加工等进行工艺处理后, 作为制备镁碳砖的原料, 用该原料制成的镁碳砖的各项指标和使用效果, 都已达到生产优质镁碳砖等产品的技术要求。复合镁碳颗粒原料可用于替代新镁碳砖产品生产中的主原料——电熔镁砂和石墨。采用该再生原料制备的复合镁碳颗粒的生产成本, 远低于同规格的电熔镁砂和石墨的市场价, 具有很强的市场竞争力。该原料的广泛使用, 可大大降低耐火材料制品的成本, 从而降低钢铁企业的吨钢消耗成本。宝钢试验生产的再生镁碳砖产品在宝钢分公司炼钢厂300t钢包渣线上试用, 取得了很好的使用效果。在使用22次LF精炼的条件下, 一次性使用寿命仍达到了82炉。在使用过程中镁碳砖未出现剥落、开裂和异常熔损等现象, 侵蚀速度也较新镁碳砖低。因此, 用后镁碳砖的回收利用是完全可行的。

#### 3.2.3 用后铝镁碳质耐火材料

用后铝镁碳砖在生产同材质的铝镁碳砖时可适量配加, 并可以把用后铝镁碳砖破碎成细粉, 生产同材质的耐火泥, 用于砌筑铝镁碳砖。从钢包拆包现场拣选出粒度大于20mm的废弃铝镁碳砖, 除去表面粘附的废钢和残渣等杂质, 再经人工破碎、颧破、锤破和球磨机破碎成粒度为1mm~5mm的再生颗粒料和小于0.088mm再生细粉。将这些再生料用在中小型高炉炮泥中, 可以满足高炉出铁口的要求。其也可以作为生产铝镁碳砖、铁水罐浇注料的原料使用。武钢混铁炉

(下转第53页)

统工作,其涵盖了工艺、生产、设备、操作、管理等方面内容。

方大特钢炼钢厂通过对冶炼、钢包、精炼、连铸、生产五个工序,涵盖工艺、生产、设备、操作、管理方面内容的研究,制定了措施,并侧重重点措施执行,取得了降低 LF 电耗明显的成效。

## 6 参考文献

(上接第 19 页) 内衬砖加入废  $Al_2O_3 - MgO - C$  砖再生料生产的  $Al_2O_3 - MgO - C$  内衬,在某 1300t 混铁炉上使用,抗侵蚀性优良,可以满足现场使用要求。

### 3.2.4 用后 $Al_2O_3 - SiC - C$ 质耐火材料

用后的  $Al_2O_3 - SiC - C$  砖,经过拣选、破碎和粉磨处理后,再经过除铁等工艺处理,可作为铝碳砖原料和冶金辅料的原材料和浇注料的颗粒原料使用。生产同材质的耐火泥,用于砌筑铝碳化硅砖。破碎的颗粒料也可部分用于生产铝碳化硅不定形耐火材料,如高炉炉前用的渣沟浇注料、渣沟捣打料、渣铁沟沟盖等。如:作为铁水罐包嘴浇注料、 $Al_2O_3 - SiC - C$  火泥、兑铁槽免烘烤捣打料的原料使用。武钢利用再生原料生产的产品指标和使用寿命效果较好,铁水包寿命从原来的 600 次左右上升为 1000 次以上(含其他措施),鱼雷罐衬砖寿命从原来的 1200 次左右上升为 1300 次以上(包括使用条件的改善等因素)。

### 3.2.5 用后镁铬质耐火材料

用后镁砖、镁铬砖经破碎后适量配加生产镁砖、镁铬砖原料中,还可以适当配加在镁质挡渣堰板原料中,并可加工成细粉用于生产耐火泥。RH 真空精炼炉以及回转窑检修拆卸下来的废镁铬砖,主要作为 RH 喷补料,引流砂和中间包涂料上,取得了良好的效果。经过拣选和粉碎成不同颗粒后,应用于目前散状料生产的镁铬质产品。采用粒度相当的镁铬砖废料取代中档镁砂和铬铁矿粉,生产镁铬涂料和镁铬质捣打料。调整后的两种产品分别在武钢热轧总厂和炼钢总厂二分厂使用,情况良好。其也可用于生产出钢口捣打料、钢包底干式捣打料。RH 用镁铬砖是优质的材料,以用后镁铬砖为原料,再生出不烧镁铬砖,性能良好。

### 3.2.6 用后刚玉 - 尖晶石质浇注料

刚玉 - 尖晶石质浇注料是一种可砌筑在转炉精炼钢包包底、包壁等部位,可明显提高钢包寿命的耐火材料,寿命是镁碳砖、铝镁碳砖等砖砌钢包的 2 倍以上,其主要组成为板状刚玉和白刚玉,所以,用后

- [1] 成果光, 萧忠敏, 姜周华, 等. 新编钢水精炼暨铁水预处理 1500 问[M]. 北京: 中国工业出版社, 2007: 98.
- [2] 胡井涛, 魏军, 刘善喜, 魏国增, 李占清. 降低 LF 精炼电耗研究[J]. 钢铁, 2014, 49(3): 78 - 82.
- [3] 干勇, 姜起华, 张如斌, 等. 炼钢—连铸新技术 800 问. 北京: 冶金工业出版社[M], 2003: 183 - 187.
- [4] 肖连华, 崔宝民, 戴栋, 等. 电弧炉泡沫渣埋弧冶炼的实践与探讨[J]. 炼钢, 2000, 16(5): 47 - 50.

拆除的废弃刚玉 - 尖晶石质浇注料的品位高,具有极高的再生利用价值。选以刚玉、莫来石、碳化硅、尖晶石等为骨料的耐火浇注料残衬,经破碎得到的各级别残衬颗粒料,经除铁处理后可直接用于生产耐火捣打料、综合筑炉用的耐火浇注料等。如在生产大沟捣打料时,配加回收的高炉主沟浇注料残衬(加入量为 70%)。

## 4 结论

1) 用后耐火材料具有回收利用价值,实现资源化利用,提高再生产品的附加值,既可减轻对环境的污染,还具有可观的经济效益。

2) 通过资源化利用工艺方案的实施,通过降级使用的方式,各种高、中、低档的用后耐火材料均能实现资源化回收利用。

3) 开展分离技术、均化技术、纯化技术研究,逐步向提高到再生料部分或全部替代正品颗粒料的综合利用转变,最大限度地提高综合利用水平及产品附加值,具有重要意义。

4) 综合有效利用用后耐火材料,需要管理与技术双管齐下,包括政策性措施,从用后耐火材料的分类回收、分类分项研究,直到作为二次原料进行生产和使用,整个过程需要有机结合受控。

5) 从发展和环保的角度考虑,应对用后耐火材料的资源化利用高度重视,借鉴部分企业的成功经验,加快用后耐火材料资源化利用的研究步伐,早日实现用后耐材资源化利用。

## 5 参考文献

- [1] 姚金甫, 崔维平, 洪建国, 等. 钢铁企业用后耐火材料的再生利用. 耐火材料, 2010, 44(3): 235 - 237.
- [2] 刘金山, 冯峰. 用后耐火材料制备再生颗粒料的新工艺. 耐火材料, 2014, 48(2): 139 - 140.
- [3] 张鹏华. 酒钢耐火材料全量资源化利用方向探讨. 科技创业家, 2012(18): 90.
- [4] 范志辉, 陈建雄, 徐延庆, 等. 用后耐火材料综合利用现状、问题与建议及产业发展的思考. 耐火材料, 2011, 45(6): 466 - 469.
- [5] 姜华. 宝钢用后耐火材料的技术研究与综合利用. 宝钢科技, 2005(3): 9 - 11.