# 高价值利用含钒钢渣的新途径
## ——矿热炉处理法

刘　昌　廷

（攀枝花钢铁研究院）

含钒钢渣经矿热炉处理，获得两种产物——高钒生铁和还原渣，可全部高价值地利用而无新的废渣产生。

国内外钢渣利用的技术发展很快。但总的说来，钢渣利用率还很低，特别是在高价值利用方面更低，不到10%，大部份钢渣仍弃而不用。

攀钢半钢炼钢的转炉渣是以含贵重元素钒为特点的废渣，对这样的钢渣，若采用常规工艺处理，不仅在工艺上会遇到新的困难，而且还不可能全部高价值地利用。为此，我院寻求了用矿热炉熔炼含钒钢渣的新方法。

用矿热矿熔炼含钒钢渣，总的设想是：（1）有效地提取渣中的有价元素钒、铁、锰等，然后分步进行回收，最终获得钒铁或钒锰合金和钢等产品；（2）提取有价元素后的渣—还原渣，达到或稍加调整后达到制作白水泥或其它水泥熟料的成份要求。其流程见图1。实现上述设想，含钒钢渣即可全部高价值利用而无新废渣产生。

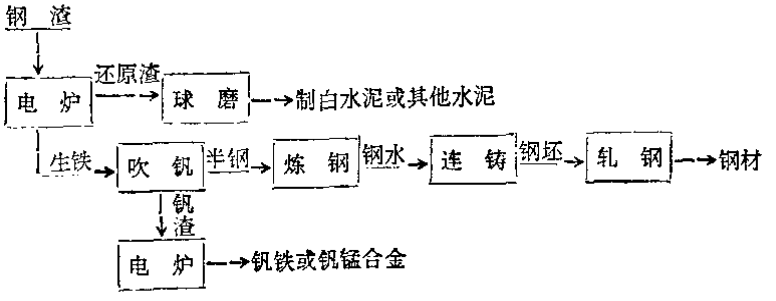


图1　矿热炉熔炼含钒钢渣的设想流程框图

为了实现上述设想，先后在100KVA和250KVA矿热炉上进行了试验，获得了较满意的产品—高钒生铁和还原渣（白色无熟料水泥的原料）。本文仅就此工艺试验结果综述如下。

## 一、产品的质量

### （一）产品的化学成份

高钒生铁和还原渣的成份见表1，2。

高钒生铁成份　　表1

| 成　份 | C | Si | Mn | P | S | V | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 5.32 | 0.38 | 1.75 | 0.74 | 0.005 | 3.62 | 0.54 |

从表2可看出：渣铁分离良好；除MgO偏高外，其余基本上达到普通白水泥熟料成份的要求。

还原渣主要成份 表2

| 成份 | CaO | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | MgO | FeO | $Fe_2O_3$ | MFe | $V_2O_5$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 60.39 | 23.09 | 6.63 | 6.66 | 0.46 | 痕量 | 痕量 | 0.065 |
| 水泥熟料成份,% | 60～66 | 19～24 | 4～7 | <4.5 | — | <0.45 | | — |

应当指出，倘若因MgO而引起水泥的安定性不合格，在本工艺的条件下可以采取措施来降低MgO，使之达到要求的成份。

### （二）产品成份间的关系

高钒生铁中，钒、硅之间的关系直接影响到钒的回收率和吹钒的钒渣品位。因此，为了得到高钒收率和高品位钒渣，需弄清它们之间的关系并在工艺上加以控制。

在试验的碱度范围内，〔V〕/〔Si〕与(V)/〔V〕的关系见图2，经统计得(1)：

$$〔V〕/〔Si〕=3.87+421.3(V)/〔V〕 \quad (1)$$

从式（1）可以看出：

1．高钒生铁中，〔V〕/〔Si〕值随(V)/〔V〕增加而增加，而与铁中含钒量无显著关系。

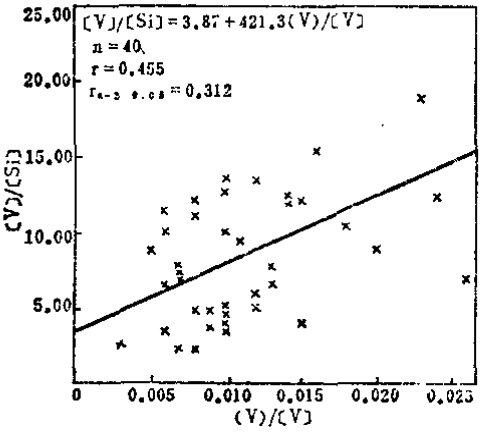


图2 〔V〕/〔Si〕与(V)/〔V〕的关系

2．矿热炉冶炼含钒钢渣所得的高钒生铁的〔V〕/〔Si〕值远比普通含钒铁水高，也比配40%单渣返回高炉冶炼的铁水高2倍以上。

### （三）产品的质量

1．高钒生铁

据表1和高钒生铁在含钒铸铁件中的应用(2)可初步认为：①高钒生铁代替401钒铁可广泛用于低钒铸铁件，能满足性能要求，且可降低成本；②由于〔V〕/〔Si〕值高，所以是吹炼高钒渣的优质原料。

2．还原渣

还原渣的物相组成鉴定的主要结论是(3)：①还原渣除主要含$C_2S$，$C_3S$及少量铝酸盐和玻璃质外，很少见到其它物相；②个别炉次可看到极细小的尖晶石相，主要含MgO，其最大微粒 <20μm；③电子显微镜观察到，在试验的冷却制度下，还原渣各物相都处于固熔体中，杂质元素在固熔体内分布均匀。

对还原渣制取白水泥的试验研究结果(4)表明：①典型炉次的还原渣制取的白水泥，白度可达国家三级品；②强度可到325#～425#；③安定性和凝结时间可达规定要求；④还原渣制取白水泥，技术上可行，经济效果也较好。

综上所述，提钒后的转炉渣，经矿热炉处理可获得两种产品。因此，可以认为，含钒钢渣完全能够全部高价值的利用。

应当指出，为了获得两种满意的产品，必须控制好操作温度。操作温度偏

低，渣铁分离不好，有价元素还原不理想；操作温度偏高，能耗增加，炉衬侵蚀严重，以致$CaC_2$生成，降低还原渣白度。此外，还原剂量也是影响产品质量的重要因素。还原剂过剩时，熔炼前期伴随$\Sigma FeO$，$V_2O_5$还原的同时，较多的$TiO_2$也被还原；熔炼末期过剩的还原剂留在渣中，会降低渣的白度，当操作温度偏高时，过剩的还原剂还会生成$CaC_2$，致使渣的白度降低。

## 二、主要技术经济指标及分析

### （一）产品产率

高钒生铁：0.22t/t钢渣

还原渣：0.58t/t钢渣

### （二）钒回收率

钒回收率为90.15%。由资料〔5〕可见，钒主要是在还原渣和烟气中损失掉（完善除尘系统后烟气中的损失还可降低）。为了减少钒在渣中的损失，应该控制渣量和钒在渣中的含量。但是，还原渣中$V_2O_5$的含量控制过低时，又对产品质量有明显的影响。因此，为了提高钒的回收率，渣中$V_2O_5$的含量必须控制适当。为了减少渣量，提高钒的回收率，必须控制碱度。

### （三）电能单耗

电能单耗平均为1623kWh/t钢渣，波动范围为1350～1800kWh/t钢渣。

电能的单耗是不理想的。由资料〔6〕知，①电炉的电损很高，占总热量的19%；②冷却水耗热特大，占总热量的15.8%。电损高是因为：①本实验用的电炉不是熔炼钢渣的专用设备，所以不能完全满足钢渣熔炼的要求；②由于炉体结构不合理、高度不够、炉顶温度过高的缘故而使冷却水耗热很大；③原料烧失量大、水份高和炉况判断不准、炉温偏高等。此外，冶炼时间拖长也会增加电耗。

从上述分析不难看出，只要选用适合渣量大、金属量小和按钢渣自身特性设计的矿热电炉，就完全可能大幅度的降低电损和冷却水耗热，从而提高热效率，降低能耗。

## 三、经济效益估算及分析

根据试验获得的主要技术经济指标，选用年处理2万吨钢渣的矿热炉（5000KVA），对其经济效益进行了估算，结果列于表3。

从表3可看出：

（1）经济效益是显著的。

（2）经济效益的高低主要决定于电耗和铁中的钒含量（与钢渣含钒量有关）。在钒回收率不变的情况下，降低电耗和使铁中钒量增加，会显著提高经济效益。根据调查和统计，攀钢新排放的钢渣中$V_2O_5$不低于1.6%，渣场160万吨左右的老渣中$V_2O_5$则高于2.0%。因此，从原料角度看，经济效益是有保障的。至于电耗，选用与钢渣熔炼特性相适应的大型矿热炉以及用液态钢渣入炉会大幅度的降低电耗，提高经济效益。

此外，从利用废物，变废为宝，不新增加钢渣场，消除或减少环境污染方面考虑，也具有重大的社会效益。

## 四、结论

提钒后的转炉钢渣经矿热炉处理，获得高钒生铁和还原渣两种产物，可以全部高价值地利用，且估算的经济效益显著。

经济效益估算 表3

| 支出 | | | | | 收入 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 品名 | 单位 | 单价 元 | 数量 t | 总金额 元 | 品名 | 单位 | 单价 元 | 数量 t | 总金额 元 |
| 钢渣 | t | 4.00 | 20000 | 80000 | 生铁 | t | 270 | 4241.6 | 1145232 |
| 河砂 | t | 7.40 | 1400 | 10360 | 生铁中的钒 | t | 18000 | 158.4 | 2851200 |
| 劣质煤 | t | 30.00 | 3000 | 90000 | 白水泥 | t | 110 | 13688 | 1505680 |
| 石膏 | t | 57.00 | 2080 | 119016 | | | | | |
| 自焙电极 | t | 350.00 | 312 | 109200 | | | | | |
| 电费 | 元/度 | 0.069 | 30000000 | 2070000 | | | | | |
| 工资 | 元/年·人 | 2000 | 180(人) | 360000 | | | | | |
| 动力费 | | | | 540000 | | | | | |
| 车间经费(折旧、修理等) | | | | 800000 | | | | | |
| 合计 | | | | 4128576 | | | | | 5502112 |
| 利润 | 1373536 | | | | | | | | |

## 参考文献


〔1〕 攀枝花钢铁研究院，矿热炉处理含钒钢渣的初步研究（内部资料），1984、2
〔2〕 攀枝花钢铁研究院、成都配件厂，高钒生铁在含钒铸件中的应用（内部资料），1984．8
〔3〕 荀荣华，还原渣岩相分析（内部资料），1984、8
〔4〕 十九冶建研所，钢渣制取白水泥的情况汇报（内部资料），1984、8
〔5〕 攀枝花钢铁研究院，250KVA矿热炉冶炼含钒钢渣的试验研究（内部资料），1984、8
〔6〕 南雅琴等，250KVA矿热炉熔炼钢渣的物料平衡及热平衡测定报告（内部资料），1984、7


（紧接第70页） 善施工现场的面貌，工作效率成倍提高。商品砼运到现场后需及时布料，如采用合理的布料方式可以大大降低砼的造价。例如：对大体积的砼，由于工作面较大，配筋率比较低，采用泵送砼比较合理。相反，如果砼浇灌量不大，工程量比较小，搅拌车及泵车的效率不能充分发挥，如梁、柱及薄壁结构、较薄的筒用壁施工中。这样，就增加了机械台班费用。也可采用其他现场卸料和布料方式，如选用吊斗、流槽、吊筒、小翻斗车、固定式泵等。就目前条件，也不能完全排除翻斗车的运输。总之，由集中搅拌站供应商品砼，在经济适用的原则下应采取多种灵活布料的方式。

（4）简化混凝土标号

我国目前设计要求采用较多的砼标号，砼搅拌站很难在同一班生产中适应各种标号的需求，给生产和应用都带来很大不便。因此，对砼标号的选用，应进行归并。日本为我国设计的大型工程，混凝土一般只有地下工程（地下部分）和地上工程（地上部分）两三种标号，所以，生产和使用都比较方便。

（5）其他管理方面的几个问题

首先应破除小而全的习惯势力，除公司决定各土建公司不设砼搅拌站外，必要时也可采用二期工程水泥供应集中搅拌站，各土建公司基本不供应水泥。同时制定供销之间的合同，明确职责，保证按质按量按期供应商品砼，并制定合理的机械台班费和材料费，按不同情况制定合理的单价，做到土建单位在砼施工中也获得效益而乐于使用。总之，要针对砼施工工艺改革后出现的技术、管理、经济等问题，不断研究改进，以趋日臻完善。