利用含钒金属化原料制取钒渣

ДЕРЯБИН Ю·А·, СМИРНОВ Л·А·, КУЛИКОВА Л·П·

在处理乌拉尔钛磁铁矿时，高炉炉料中钛含量的提高使含钒生铁的冶炼过程明显复杂化，因此认为，卡奇卡纳尔原料的高炉冶炼是处理乌拉尔钛磁铁矿的所有工艺问题中最薄弱的环节。当转为处理卡奇卡纳尔矿床本身的矿石（卡奇卡纳尔第二采选公司的原料基地）时，预计精矿中二氧化钛的含量将从2.5%增加到3.5—3.7%。毫无疑问，这些问题将更为尖锐。由沃尔科夫和科潘矿床的矿石选出的精矿中，TiO_2的含量还将更高，达到5.0—6.6%。上述三个矿床的精矿中五氧化二钒含量为0.6—1.3%。

含钒球团金属化及其在电炉（例如矿热电炉）中熔炼，以制取含钒的铁碳熔体，并且随后通过吹氧使钒进入渣相，可以作为解决这个问题的方案之一。鉴于电炉生铁和普通高炉生铁的化学成分和温度的显著差别，有必要对这些钒渣形成的特点和性能进行专门研究。

电炉冶炼过程的特点和冶炼结果

用半工业试验电弧炉（ДСП—0.5）进行了一系列重熔卡奇卡纳尔金属化球团的试验，该金属化球团的化学成分如下（重量，%）：4.6SiO_2，3.0Al_2O_3，5.0CaO，2.3MgO，15.3FeO，68.5MFe，0.7V_2O_5，0.013P_2O_5，3.0C，2.7TiO_2，0.3MnO，0.07Cr_2O_3，0.008S。

电炉熔炼过程的程序如下：а）金属化原料的装料、加热和熔化；б）用磨碎的焦粉还原炉渣，并最大限度地加热熔池

当用水浸热渣时，实际上全部水溶性钒都进入溶液。随后用10%的硫酸溶液处理此渣时，与渣中CaO和MgO发生强烈的中和作用（在А—7渣样中CaO和MgO的含量为39.1%），生成硫酸钙和硫酸镁，渣浆为乳白色，具有较粘的稠度。渣浆的过滤基本上不能进行，钒几乎未进入溶液。如果在PH2.0左右进行酸浸，那么100%的酸的补充耗量将超过200公斤/吨渣。进入酸溶液的钒收率小于8—10%。

因此，电炉渣化学分解性的试验表明，钒渣在750℃下焙烧时，钒的水溶性化合物的含量不超过35—50%。由于这些渣中非矿物组分的含量高，首先是CaO的含量高，因而不能实现酸浸。对渣进行中和处理需要消耗大量的酸，这在工艺上是不合算的。改善渣的质量可以通过提高钒的含量和降低非矿物成分的含量来达到。在电炉内最大限度地将钒还原进入铁水，而在转炉型装置中通过铁水的氧化处理来实现富钒渣的冶炼，大概是更合理的。

参考文献（略）

译自《Комплексное Использование Минерального Сырья》, 1982, №3, 56—61.

曹川保 译　　何其松 校

以便使钒得到最充分的还原；в）扒出还原渣；г）使溶解于铁相中的碳和成渣元素预氧化（这时钒也氧化），以形成钒渣；д）铁相的脱氧和合金化。

图1和表1充分反映了其中一炉试验的结果。显然，由于使用了金属化原料，被还原的铁相与普通含钒生铁的区别在于有害杂质磷和硫的含量降低了$\frac{2}{3}\sim\frac{4}{5}$。试验表明，在还原期结束和扒出初期还原渣之后，甚至在完全显露出铁液面的情况下，也有部份炉渣不可避免地残留在电炉炉壁上，随后使钒渣受到明显的污染。由于上述原因以及钒渣本身的相重性小（表1，试样4），加之电炉炉门坎和炉壁处的镁砂强烈溶解于渣中，致使我们未能成功地获得V_2O_5含量超过6%的电炉渣。

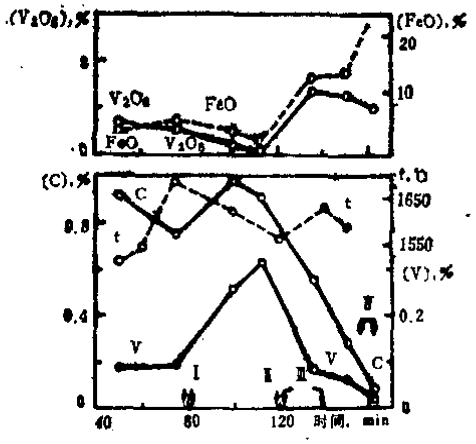

图1 A炉熔炼过程中铁相和渣相的化学成分和熔池温度的变化。Ⅰ—加碎焦；Ⅱ—扒渣；Ⅲ—加氧化铁皮；Ⅳ—向熔池吹氧。

A炉熔炼过程铁相化学成分的变化 表1

试样号	铁相成分，（重量）%						
	C	V	Si	Mn	Ti	P	S
1	0.92	0.090	0.040	0.042	0.027	0.006	0.0061
2	0.76	0.096	0.020	0.057	0.013	0.008	0.0066
3	1.00	0.260	0.061	0.093	0.028	0.011	0.0084
4	0.96	0.350	0.150	0.136	0.053	0.012	0.0069
5	0.56	0.079	0.033	0.050	0.011	0.010	1.0084
6	0.28	0.062	0.100	0.091	0.020	0.013	0.0084
7	0.07	0.018	0.046	0.049	0.028	0.010	0.0105

因此，为了制取更富的钒渣，后来在100kg转炉中（在ИВ—300感应炉基础上），进行了合成低碳生铁的吹氧试验，该生铁的温度和化学成份与含钒海绵铁电炉熔炼还原期结束时铁相的温度和化学成分相当。

脱钒试验结果及其讨论

试验采用的铁碳熔体成分为（重量，%）：1.01—1.08C，0.35—0.60V，0.21—0.31Si，<0.2Mn，≤0.01P，<0.01S。铁相的初始温度为1520—1570℃，终结温度为1580—1610℃。吹氧时间为2.5—4.0min，吹氧强度约为3m³/t·min。吹氧后铁相成分为（重量，%）：0.31—0.53C，0.22—0.46V，0.08—0.20Si，<0.14Mn。

转炉的镁质内衬被还原渣预渣化，这就保证了获得氧化钙含量不同的转炉钒渣。吹氧所得钒渣的化学成分列于表2。

转　炉　钒　渣　的　化　学　成　分　　表 2

熔渣	钒渣成分，（重量）%								
	CaO	SiO_2	MnO	MgO	V_2O_5	TFe	TiO_2	P_2O_5	Al_2O_3
а	19.15	23.60	3.37	33.60	7.43	8.20	1.96	0.054	1.90
б	10.30	23.70	5.85	30.00	13.96	9.90	4.85	0.046	2.39
в	7.50	23.46	6.50	30.83	15.39	8.74	7.00	0.042	2.55
г	4.90	20.56	9.10	24.17	22.17	12.0	6.55	0.055	2.39

新的一组试验与电炉钒渣比较是成功的，渣中V_2O_6的含量明显提高（特别是б—г炉），而且所有试验钒渣与普通转炉渣的区别是全铁含量低。显然，如果在转炉中吹氧不是进行到规定的钢中含碳量，而是吹炼成软半钢（<0.1%C），那么渣的氧化度和钒的成渣程度就会更高些。

对试验钒渣进行了矿物物相组成的研究，包括在МИЗ—1型求积仪上用光学方法进行的单个物相含量的定量计算（表 3）和用X射线结构（图 2）及X射线显微光谱法（表 4，图 3）所进行的研究。

钒渣的矿物组成　　表 3

熔渣	矿物相含量，%		
	尖晶石（晶粒尺寸 μ）	方镁石	硅酸盐结合剂
а	15（9－12）	25	60
б	38（30－45）	—	62
в	35（30－50）	4	61
г	40（30－50）	4	56

а渣的化学成分和物相组成十分接近电炉熔炼氧化期的钒渣。其中在渣的衍射图上（图 2 а）标示出了钙镁橄榄石（1.58、1.81、2.65、2.93、3.16、3.63Å）、方镁石（1.49、2.10、2.39Å）和尖晶石晶体（1.49、1.62、2.11、2.54、2.97Å）

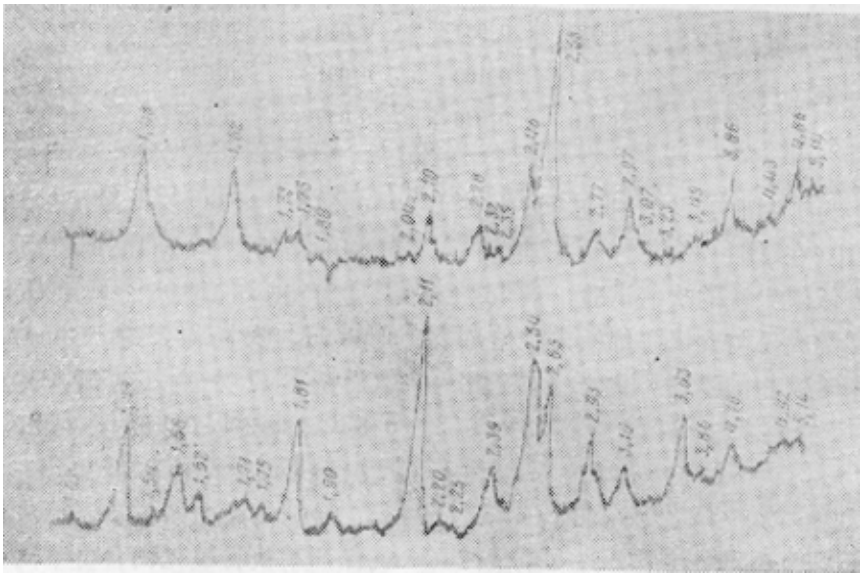

图2　а炉和г炉钒渣的衍射图；衍射线条表示面间距Å（衍射仪ДРОН—0.5）

钒渣某些单个物相的局部X射线显微分析结果 表4

渣	渣的物相组成	含量，（重量）%						
		Fe	Mn	Cr	V	Ti	Si	Mg
B	尖晶石颗粒	5.11	3.09	2.40	34.88	4.86	—	12.76
		5.45	3.39	2.45	35.18	5.18	—	13.07
	正硅酸盐	2.83	2.45	—	0.70	0.45	16.49	29.75
		3.05	2.79	—	0.34	0.19	17.01	29.12
	玻璃相	4.86	4.50	—	0.37	2.39	13.05	7.42
		6.55	4.42	—	0.25	4.10	12.61	5.26
Г	尖晶石颗粒	9.23	5.12	1.98	35.34	5.17	—	7.43
		11.94	6.88	1.79	31.55	5.51	—	6.11
		8.56	5.41	1.95	36.46	5.10	—	7.59
	正硅酸盐	8.14	7.08	—	0.39	—	17.39	16.18
		7.53	5.49	—	0.39	—	16.00	25.65
	玻璃相	4.75	5.10	—	0.48	5.19	16.18	2.06
		5.83	5.22	—	0.33	5.46	16.55	2.33
		5.89	5.76	—	0.35	5.24	15.87	2.32

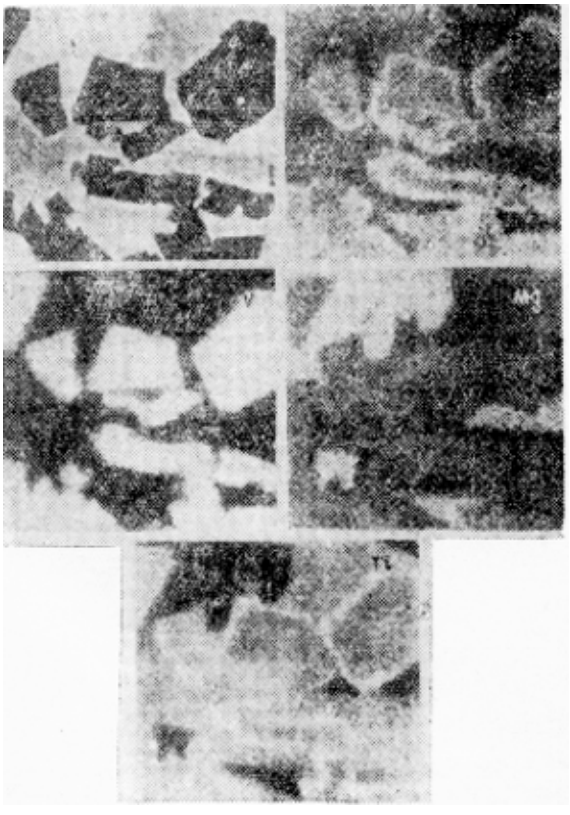

图3 钒渣Г的显微组织 ×600

的特征线条。

б渣可以看成是中间产品，因此，我们不止于研究它的显微组织特点，而是立即转而描述в和г渣的物相。与普通转炉渣一样，这两炉渣中尖晶石晶粒的分布也是不均匀的，但其尺寸要大得多，而晶体的析出形态则是各式各样：骨状晶、伸长的连晶体、致密性被破坏了的晶粒，规则的立方楞角的晶粒较少。在某些区域发现尖晶石被还原成R_2O_3相，并生成金属铁。根据很强烈的光折射判断，有些地方硅酸盐结合剂变为橄榄石系列的固溶体。晶体间充填着玻璃质。

г渣的衍射图（图26）证实了岩相分析的数据。例如，相当于尖晶石的衍射线条1.62、2.10、2.53、2.97的强度比实际上与理论比值相同—65：30：100：30，并与尖晶石中方镁石颗粒的含量很低是一致的。而在а渣中（方镁石含量达25%），

面间距2.11Å的反射强度甚至比2.54Å的衍射线的反射强度更高。

X射线显微光谱分析提供了某些单个物相的化学成分和渣相生成与结晶特点的最完整的资料（表4和图3）。首先引起注意的是尖晶石中钒和镁的含量很高，钒含量为32—36%（这比楚索夫冶金工厂普通钒渣中的15—25%高），镁含量为6—13%。结合剂的正硅酸盐部分也大大地富集了镁，其含量为16—30%。假定极限情况下正硅酸盐的分子式为纯镁橄榄石的分子式Mg_2SiO_4，则可求得镁含量为34%，硅含量为20%。这些数值与实际值的差别可以解释为在正硅酸盐中存在有一定百分数的钙和重过渡金属—铁和锰。

在结束显微组织的描述时谈一下钛的相间分布。钛在正硅酸盐中的含量不高，为0.5%，而在玻璃质中达5%，甚至更高。此外，在玻璃质中发现有钛铁矿（$FeTiO_3$）薄片。从文献中已知，Mg_2TiO_4在镁橄榄石中的溶解度不超过4%，这符合于钛在正硅酸盐中的容许含量（1%），并与我们的研究结果完全一致。

根据化学成分和物相组成判断，试验钒渣完全适合于熔炼富硅—钒中间合金和钢的直接合金化，而且在这种情况下，还原剂的消耗比利用含TFe达25—35%的普通转炉渣要低得多。

结论

1.指出了利用含钒金属化原料生产钒渣的可能性。采用两步法操作，即海绵铁在电炉中熔化和还原，然后在转炉中进行低碳含钒生铁的吹钒以制取钒渣，得到了五氧化二钒含量最高的钒渣。

2.用X射线结构分析和X射线显微光谱分析方法研究了转炉钒渣某些单个物相的相组成和化学成分。

参　考　文　献（略）

译自　《Известия Академии Наук СССР, Металлы》, 1981, №2, 48—53.

曹川保　译　　何其松　校