

炼铜渣——建材原料

Ю. П. 库布里雅科夫等

炼铜生产向无废和少废工艺过渡,首先要解决的问题就是废渣的利用问题。阿尔玛累矿冶公司氧气闪速熔炼贫渣的物理-机械性质和利用这些废渣的可能性过去已有报道。但是,在文献中实际上没有可作为建材原料的炼铜废渣的物理-机械性质的报道。

为了进行研究,将废渣样品在颚式破碎机中破碎,取出粒级为0.4mm(破碎的块度为100—150mm)和粒级为0—4mm的水碎渣样。废渣含有0—5mm的细粒级(砂级)和粒级为5—40mm的粗粒级(碎石级),见表1。

在所有的渣样中(表2)占优势的粒级为20—40和10—2mm,其含量分别为21.1—71.3%和3.4—50.2%。在水碎渣中主要的粒级为0.315—2.5mm(占32—35%)。在制备混凝土时,由于细粒级别的含量少(参看表2),必须选出破碎渣中的砂粒级别,炼铜生产的水碎渣、石英砂、竖炉的水碎渣和其细粒填料,都可用来作砂粒用。

为了确定在建筑中使用废渣的可能性,测定了粗粒和细粒级别的组分,对于建筑业来说碎石最合理的粒度组成具有下述比例:

$$50 \leq 0.5 (\Pi_{\text{最小}} + \Pi_{\text{最大}}) \leq 70\%$$

式中 $\Pi_{\text{最小}}$ 和 $\Pi_{\text{最大}}$ 分别表示筛上颗粒的最小和最大粒径%,每个样品的颗粒特征可从这个公式中求出(表3)。

所得结果表明,阿尔玛累和巴尔喀什公司的反射炉熔渣的碎石部分必须分选为5—10毫米的细粒级和10—20毫米的粗粒级,按国家标准23756-79的要求和试验碎石渣的颗粒形状分属第I和II类。

碎石的堆体重一般是变化的,同时,对于用于特殊建筑物的混凝土来说,当碎石中铁的含量在30%时,碎石体重要控制在1900公斤/米³以上,炼铜渣生产的碎石应完全符合这种要求。

用天然岩石生产碎石的中空度介于一般粗填料的范围,当计算混凝土的组成时可采用40%。吸水率和尘粒含量的容许值相当于混凝土用天然碎石的规定,上述特征的平均值参看表4

根据苏联国家标准(ГОСТ) 8269-76测定碎石强度特征:在170毫米的圆柱中测定可碎性强度,在HAM锤碎机中测定抗冲击强度(试验用渣的粒级为20和40毫米),在格板筒中测定耐磨性(10和20毫米)。

按照技术要求,研究用渣碎石其强度属于1000和1200号,按冲击性属于Y-75级(由卡尔撒巴依斯基冶炼厂生产的Y-50渣碎石除外),按其耐磨性属于N-1和N-20级。

碎石的抗冻性相应地为MP3-150MP3-200(国家标准23756-79)和MP3-150-MP3-300(国家标准8267-32)。抗冻性的测定方法是將样品置于硫酸钠溶液中逐渐饱和,然后干燥,使样品的重量恒定后,经过15个试验循环后确定的。

表1

研究用渣的化学组成及其粒级含量(%)

企 业	Cu	Zn	Pb	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₄	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	粒级（毫米）	
											0—5	5—10
反 射 熔 炼 炉												
阿尔玛累	0.90	—	—	31.8	40.8	11.5	3.2	5.4	1.6	1.3	7.18	92.82
巴尔喀什	0.31	0.9	0.07	44.7	19.6	7.0	9.7	12.8	1.7	0.4	19.89	80.20
红乌拉尔*	0.45	3.3	0.20	24.4	38.7	9.0	5.1	5.3	1.8	0.95	100.0	—
卡尔撒克巴依	0.75	1.0	0.50	48.6	15.7	7.5	8.1	11.3	1.6	0.8	22.70	77.30
斯基	0.41	3.3	0.14	32.7	37.5	9.0	4.6	4.3	1.7	1.5	13.36	86.64
中乌拉尔												
竖 炉 熔 炼												
伊尔蒂什*	0.45	4.0	1.2	32.8	37.4	6.0	4.6	7.4	1.9	1.2	100	—
麦渣诺戈尔	0.79	1.1	0.08	34.9	40.7	7.0	2.6	6.7	1.7	1.7	7.60	92.40
斯基	0.48	2.2	0.12	35.0	38.5	5.5	4.6	7.9	1.4	0.8	26.93	73.07
卡拉巴什												
电 炉 熔 炼												
阿拉维尔茨基*	0.52	0.7	0.2	34.3	43.9	5.0	3.5	5.2	2.1	0.7	100.0	—
氧 气 闪 速 熔 炼												
阿尔玛累	1.40	—	—	32.8	38.7	15.0	3.4	3.9	2.4	1.2	3.16	96.84

• 水淬渣

表2

渣的粒度组成

企 业	筛上产品	各 筛 级 (毫 米) 的 筛 上 产 品 (%)									
		40	20	10	5	2.5	1.25	0.63			
		筛 上 产 品 (%)									
阿尔玛累 巴尔喀什 红乌拉尔 卡尔撒克巴依斯基 中乌拉尔	A	4.85	71.30	8.42	8.25	3.13	1.28	0.46	0.81	0.42	0.64
	B	4.85	76.15	84.57	92.82	95.95	97.23	97.69	98.50	98.92	99.56
	A	—	48.5	24.60	7.1	7.09	3.00	4.30	1.80	1.60	2.10
	B	—	48.5	73.10	80.20	87.20	90.20	94.50	96.30	97.90	100.0
	A	—	—	—	—	6.20	36.40	20.90	27.50	6.30	2.50
	B	—	—	—	—	6.20	42.60	63.50	91.00	97.30	99.80
伊尔蒂什 麦德诺戈尔斯基 卡拉巴什	A	—	—	—	—	11.40	4.60	2.10	1.60	1.50	1.10
	B	—	21.0	34.10	22.10	88.70	93.30	95.40	97.00	98.50	99.60
	A	—	21.0	55.20	77.30	5.00	2.85	1.78	1.24	1.34	痕量
	B	—	21.9	50.20	14.54	8.00	2.85	1.78	1.24	1.34	痕量
	A	—	21.9	72.10	86.64	92.64	95.49	97.27	98.51	99.81	—
	B	—	—	—	—	14.25	54.25	12.15	13.25	3.95	1.45
阿拉维尔茨基 阿尔玛累	A	—	—	—	—	14.25	68.50	80.65	93.90	97.85	99.30
	B	5.20	64.60	16.60	5.70	3.00	1.80	0.50	0.90	0.60	0.80
	A	5.20	69.80	86.40	92.10	95.10	96.90	97.40	98.30	98.90	99.70
	B	—	28.80	28.65	16.41	11.05	5.36	1.44	2.93	3.40	2.75
	A	—	28.80	56.65	73.06	84.11	89.47	90.91	93.84	97.24	99.99
	B	—	—	—	—	5.80	38.40	24.30	22.50	5.50	3.50
阿拉维尔茨基 阿尔玛累	A	—	—	—	—	5.80	44.20	68.50	91.00	96.50	100.0
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	A	1.81	59.26	34.17	1.60	0.84	0.82	1.05	0.45	—	0.16
	B	1.81	61.07	95.24	96.84	97.32	98.14	99.19	99.64	99.64	99.80

注: 此表与表5中的A、B分别为筛上产品、过筛产品。

0.11 < 0.14

0.42 0.46 0.54 0.56 0.60 0.63 0.64 0.65 0.66 0.67 0.68 0.69 0.70 0.71 0.72 0.73 0.74 0.75 0.76 0.77 0.78 0.79 0.80 0.81 0.82 0.83 0.84 0.85 0.86 0.87 0.88 0.89 0.90 0.91 0.92 0.93 0.94 0.95 0.96 0.97 0.98 0.99 1.00 1.01 1.02 1.03 1.04 1.05 1.06 1.07 1.08 1.09 1.10 1.11 1.12 1.13 1.14 1.15 1.16 1.17 1.18 1.19 1.20 1.21 1.22 1.23 1.24 1.25 1.26 1.27 1.28 1.29 1.30 1.31 1.32 1.33 1.34 1.35 1.36 1.37 1.38 1.39 1.40 1.41 1.42 1.43 1.44 1.45 1.46 1.47 1.48 1.49 1.50 1.51 1.52 1.53 1.54 1.55 1.56 1.57 1.58 1.59 1.60 1.61 1.62 1.63 1.64 1.65 1.66 1.67 1.68 1.69 1.70 1.71 1.72 1.73 1.74 1.75 1.76 1.77 1.78 1.79 1.80 1.81 1.82 1.83 1.84 1.85 1.86 1.87 1.88 1.89 1.90 1.91 1.92 1.93 1.94 1.95 1.96 1.97 1.98 1.99 2.00 2.01 2.02 2.03 2.04 2.05 2.06 2.07 2.08 2.09 2.10 2.11 2.12 2.13 2.14 2.15 2.16 2.17 2.18 2.19 2.20 2.21 2.22 2.23 2.24 2.25 2.26 2.27 2.28 2.29 2.30 2.31 2.32 2.33 2.34 2.35 2.36 2.37 2.38 2.39 2.40 2.41 2.42 2.43 2.44 2.45 2.46 2.47 2.48 2.49 2.50 2.51 2.52 2.53 2.54 2.55 2.56 2.57 2.58 2.59 2.60 2.61 2.62 2.63 2.64 2.65 2.66 2.67 2.68 2.69 2.70 2.71 2.72 2.73 2.74 2.75 2.76 2.77 2.78 2.79 2.80 2.81 2.82 2.83 2.84 2.85 2.86 2.87 2.88 2.89 2.90 2.91 2.92 2.93 2.94 2.95 2.96 2.97 2.98 2.99 3.00 3.01 3.02 3.03 3.04 3.05 3.06 3.07 3.08 3.09 3.10 3.11 3.12 3.13 3.14 3.15 3.16 3.17 3.18 3.19 3.20 3.21 3.22 3.23 3.24 3.25 3.26 3.27 3.28 3.29 3.30 3.31 3.32 3.33 3.34 3.35 3.36 3.37 3.38 3.39 3.40 3.41 3.42 3.43 3.44 3.45 3.46 3.47 3.48 3.49 3.50 3.51 3.52 3.53 3.54 3.55 3.56 3.57 3.58 3.59 3.60 3.61 3.62 3.63 3.64 3.65 3.66 3.67 3.68 3.69 3.70 3.71 3.72 3.73 3.74 3.75 3.76 3.77 3.78 3.79 3.80 3.81 3.82 3.83 3.84 3.85 3.86 3.87 3.88 3.89 3.90 3.91 3.92 3.93 3.94 3.95 3.96 3.97 3.98 3.99 4.00 4.01 4.02 4.03 4.04 4.05 4.06 4.07 4.08 4.09 4.10 4.11 4.12 4.13 4.14 4.15 4.16 4.17 4.18 4.19 4.20 4.21 4.22 4.23 4.24 4.25 4.26 4.27 4.28 4.29 4.30 4.31 4.32 4.33 4.34 4.35 4.36 4.37 4.38 4.39 4.40 4.41 4.42 4.43 4.44 4.45 4.46 4.47 4.48 4.49 4.50 4.51 4.52 4.53 4.54 4.55 4.56 4.57 4.58 4.59 4.60 4.61 4.62 4.63 4.64 4.65 4.66 4.67 4.68 4.69 4.70 4.71 4.72 4.73 4.74 4.75 4.76 4.77 4.78 4.79 4.80 4.81 4.82 4.83 4.84 4.85 4.86 4.87 4.88 4.89 4.90 4.91 4.92 4.93 4.94 4.95 4.96 4.97 4.98 4.99 5.00 5.01 5.02 5.03 5.04 5.05 5.06 5.07 5.08 5.09 5.10 5.11 5.12 5.13 5.14 5.15 5.16 5.17 5.18 5.19 5.20 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 5.27 5.28 5.29 5.30 5.31 5.32 5.33 5.34 5.35 5.36 5.37 5.38 5.39 5.40 5.41 5.42 5.43 5.44 5.45 5.46 5.47 5.48 5.49 5.50 5.51 5.52 5.53 5.54 5.55 5.56 5.57 5.58 5.59 5.60 5.61 5.62 5.63 5.64 5.65 5.66 5.67 5.68 5.69 5.70 5.71 5.72 5.73 5.74 5.75 5.76 5.77 5.78 5.79 5.80 5.81 5.82 5.83 5.84 5.85 5.86 5.87 5.88 5.89 5.90 5.91 5.92 5.93 5.94 5.95 5.96 5.97 5.98 5.99 6.00 6.01 6.02 6.03 6.04 6.05 6.06 6.07 6.08 6.09 6.10 6.11 6.12 6.13 6.14 6.15 6.16 6.17 6.18 6.19 6.20 6.21 6.22 6.23 6.24 6.25 6.26 6.27 6.28 6.29 6.30 6.31 6.32 6.33 6.34 6.35 6.36 6.37 6.38 6.39 6.40 6.41 6.42 6.43 6.44 6.45 6.46 6.47 6.48 6.49 6.50 6.51 6.52 6.53 6.54 6.55 6.56 6.57 6.58 6.59 6.60 6.61 6.62 6.63 6.64 6.65 6.66 6.67 6.68 6.69 6.70 6.71 6.72 6.73 6.74 6.75 6.76 6.77 6.78 6.79 6.80 6.81 6.82 6.83 6.84 6.85 6.86 6.87 6.88 6.89 6.90 6.91 6.92 6.93 6.94 6.95 6.96 6.97 6.98 6.99 7.00 7.01 7.02 7.03 7.04 7.05 7.06 7.07 7.08 7.09 7.10 7.11 7.12 7.13 7.14 7.15 7.16 7.17 7.18 7.19 7.20 7.21 7.22 7.23 7.24 7.25 7.26 7.27 7.28 7.29 7.30 7.31 7.32 7.33 7.34 7.35 7.36 7.37 7.38 7.39 7.40 7.41 7.42 7.43 7.44 7.45 7.46 7.47 7.48 7.49 7.50 7.51 7.52 7.53 7.54 7.55 7.56 7.57 7.58 7.59 7.60 7.61 7.62 7.63 7.64 7.65 7.66 7.67 7.68 7.69 7.70 7.71 7.72 7.73 7.74 7.75 7.76 7.77 7.78 7.79 7.80 7.81 7.82 7.83 7.84 7.85 7.86 7.87 7.88 7.89 7.90 7.91 7.92 7.93 7.94 7.95 7.96 7.97 7.98 7.99 8.00 8.01 8.02 8.03 8.04 8.05 8.06 8.07 8.08 8.09 8.10 8.11 8.12 8.13 8.14 8.15 8.16 8.17 8.18 8.19 8.20 8.21 8.22 8.23 8.24 8.25 8.26 8.27 8.28 8.29 8.30 8.31 8.32 8.33 8.34 8.35 8.36 8.37 8.38 8.39 8.40 8.41 8.42 8.43 8.44 8.45 8.46 8.47 8.48 8.49 8.50 8.51 8.52 8.53 8.54 8.55 8.56 8.57 8.58 8.59 8.60 8.61 8.62 8.63 8.64 8.65 8.66 8.67 8.68 8.69 8.70 8.71 8.72 8.73 8.74 8.75 8.76 8.77 8.78 8.79 8.80 8.81 8.82 8.83 8.84 8.85 8.86 8.87 8.88 8.89 8.90 8.91 8.92 8.93 8.94 8.95 8.96 8.97 8.98 8.99 9.00 9.01 9.02 9.03 9.04 9.05 9.06 9.07 9.08 9.09 9.10 9.11 9.12 9.13 9.14 9.15 9.16 9.17 9.18 9.19 9.20 9.21 9.22 9.23 9.24 9.25 9.26 9.27 9.28 9.29 9.30 9.31 9.32 9.33 9.34 9.35 9.36 9.37 9.38 9.39 9.40 9.41 9.42 9.43 9.44 9.45 9.46 9.47 9.48 9.49 9.50 9.51 9.52 9.53 9.54 9.55 9.56 9.57 9.58 9.59 9.60 9.61 9.62 9.63 9.64 9.65 9.66 9.67 9.68 9.69 9.70 9.71 9.72 9.73 9.74 9.75 9.76 9.77 9.78 9.79 9.80 9.81 9.82 9.83 9.84 9.85 9.86 9.87 9.88 9.89 9.90 9.91 9.92 9.93 9.94 9.95 9.96 9.97 9.98 9.99 10.00

熔渣碎石级的粒度组成和粒度特征

表3

企 业	不同筛孔（毫米）的筛上产品				碎 石 的 粒 度 特 征			
	40	20	10	5	$\Pi_{\text{最大}}$	$\Pi_{\text{最小}}$	$\frac{1.25}{\Pi_{\text{最大}}}$	$\frac{0.5}{\Pi_{\text{最大}} + \Pi_{\text{最小}}}$
反 射 炉 熔 炼								
阿尔玛累	—	75.30*	17.81	6.98	75.30	100	94.12	87.65
		75.30	93.11	100.0				
巴尔喀什	—	60.50	30.70	8.80	60.50	100	75.62	80.25
		60.50	91.20	100.0				
卡尔撒克巴依斯基	—	27.30	57.90	16.80	27.3	100	34.12	63.65
		27.30	83.20	100.0				
中乌拉尔	—	25.30	57.90	16.80	25.30	100	31.62	62.65
		25.30	83.20	100.0				
竖 炉 熔 炼								
麦德诺戈尔斯基	5.64	70.14	18.80	5.42	5.64	100	7.05	52.82
	5.64	75.78	94.58	100.0				
卡拉巴什	—	—	—	—	38.30	100	47.87	69.15
氧 气 闪 速 熔 炼								
阿尔玛累	1.87	61.19	35.28	1.66	1.87	100	2.33	50.93
	1.87	63.06	98.34	100.0				

• 分子为筛上产品, 分母为筛下产品。

炼铜生产碎石渣级的物理-机械性质

表4

企 业	体 重 公斤/米 ³	中 空 度 (%)	吸 水 率 (%)	尘 粒 含 量 (%)	破碎时的稳 定性(可碎 性指标) (%)	抗冲击 性, 条件 表示	耐磨性(耐 磨性指标) (%)
反 射 炉 熔 炼							
阿布玛累	2220	47.3	0.18	0.19	10.8	110.9	8.4
巴尔喀什	1820	41.7	0.68	1.60	12.5	156.0	—
中乌拉尔	2011	33.3	0.32	0.48	11.3	313.0	—
卡尔撒克巴依斯基	1710	41.9	0.45	0.50	11.4	63.0	—
竖 炉 熔 炼							
麦德诺戈尔斯基	2226	42.1	0.60	0.46	9.1	347.2	10.6
卡拉巴什	1884	40.8	0.66	0.13	13.5	125.0	—
氧 气 闪 速 熔 炼							
阿尔玛累	2149	40.0	0.15	0.20	6.5	138.1	10.6

碎石结构稳定性的测定是在蒸馏水中浸泡30昼夜（分解石灰和硫化物），然后再在饱和的水蒸汽中（373K）放置10个小时（硅酸盐分解）。试验结果20—40毫米的碎石重量没有变化，对于所有的样品来说，按其硫化物，石灰石，硅酸盐分解的稳定性都属于第I类。在 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的饱和溶液中研究了30昼夜的碎石样证明，在碱性介质中（失重不超过3%）是很稳定的。

砂粒级渣的粒度组成（表5）分析表明，以在0.63毫米的筛上残留量计，它们属于粗砂，粒度系数为2.81—3.81，按粒度系数这部分渣样可满足粗砂级的要求，但氧气闪速熔炼渣除外，因为它们属于中粒砂。

砂粒级渣的粒度组成 表5

企 业	筛 上 量	各级别的筛上量（毫米）						粒度模数
		2.5	1.25	0.63	0.315	0.14	<0.14	
反 射 炉 熔 炼								
阿尔玛累	A	48.68	25.19	5.11	3.72	9.58	7.72	3.76
	B	48.68	73.87	78.98	82.70	92.28	100.0	
巴尔哈什	A	35.50	15.20	21.50	9.10	8.10	10.60	4.10
	B	35.50	50.70	72.20	81.30	89.40	100.0	
红乌拉尔	A	6.20	36.40	20.90	27.50	6.30	2.50	3.00
	B	6.20	42.60	63.50	91.00	97.30	99.80	
卡尔撒克巴依斯基	A	50.90	20.80	9.40	7.30	6.70	4.90	3.87
	B	50.90	71.70	81.10	88.40	95.10	100.0	
中乌拉尔	A	45.40	21.40	13.50	9.30	10.00	0.30	3.81
	B	45.40	66.80	80.30	89.60	99.70	100.0	
竖 炉 熔 炼								
伊尔蒂什	A	18.50	33.35	7.82	5.52	22.10	12.66	2.82
	B	18.50	51.90	59.72	65.24	87.34	110.0	
麦德诺戈尔	A	39.47	23.68	6.58	11.84	7.89	10.52	3.53
	B	39.47	63.15	69.73	81.57	89.46	99.98	
卡拉巴什	A	41.00	19.90	5.30	10.90	12.60	10.30	3.35
	B	41.00	60.90	66.20	77.10	89.70	100.0	
电 炉 熔 炼								
阿拉维尔茨基	A	5.80	38.40	24.30	22.50	5.50	3.50	3.97
	B	5.80	44.20	68.50	91.00	96.50	100.0	
氧 气 闪 速 熔 炼								
阿尔玛累	A	18.72	16.51	40.96	17.56	—	6.25	2.24
	B	18.72	35.23	76.19	93.75	—	100.0	

以色列的粘土生产

I. 亚尼夫等

以色列的内盖夫陶瓷材料有限公司生产玻璃砂、钠长石、准班脱岩高岭土和粘土等各种工业矿产品。目前该公司的最重要产品是硬质粘土，经煅烧的最终产品主要被用作耐火材料。用于耐火材料和装饰瓷砖生产的粘土产品越来越多，有时亦用于生产透明卫生用具和餐具。

在以色列内盖夫中部的拉蒙峡谷开采并生产了硬质粘土。二十多年来，这个公司所属的加工厂生产的产品都达到了一定的质量要求。最近，在工作全面展开以后，由于采用了新型磁选机，改变了生产流程，因而使产品质量、回收率，储备等都有新提高。

生 产 工 艺

原料

所用原矿采自沉积矿床，主要含以下矿物：

高岭土 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，勃姆石和硬水铝石 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，锐钛矿 (TiO_2)，赤铁矿 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)。

原生粘土标准化学分析结果见表1。

原生粘土的化学分析结果 (%)

表1

Al_2O_3	35—55	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	0.1—0.5
SiO_2	35—45	$\text{CaO} + \text{MgO}$	0.1—0.5
TiO_2	2—3	烧损	12—14
Fe_2O_3	0.5—12		

对用于生产建筑材料的水碎渣进行了试验，按其粒度系数属于粗砂，当按全苏国家标准 8736-77 和 10263-89 规定的各粒级适当混合时，可用来生产建筑混凝土和灰浆，在这种情况下，应该指出的是 2.5—4 毫米粒级可能会出现裂纹，因此需要在碾砂机上充分碾磨 5—51 分钟。

综上所述，根据破碎砂级铜渣碎石混合物的物理-机械性质，在将它们分选为细粒碎石及砂级的条件下，它们可能属于优质产品并可广泛用于建筑业。

肖 东 译自《Комп.испол.минеР.сырья》，1986，№10

田淑艳 校