

引用格式: 宋言, 陈向强, 张阁. 湿法炼锌危废铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺核心装备与工程设计[J]. 有色设备, 2024, 38(5): 53-60.

SONG Yan, CHEN Xiangqiang, ZHANG Ge. Engineering design and core equipment of side-submerged combustion smelting-continuous fuming process for hazardous waste lead-silver slag from zinc hydrometallurgy[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2024, 38(5): 53-60.

湿法炼锌危废铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺 核心装备与工程设计

宋言, 陈向强, 张阁

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 针对甘肃某锌冶炼厂湿法炼锌所产工业危废铅银渣的特点, 通过铅银渣冶炼机理分析以及铅银渣侧吹熔炼-连续烟化工艺过程热力学计算, 进行铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺核心装备选型与工程设计, 开发了一种环保、节能、连续、高效的铅银渣绿色冶炼工艺及装备, 建成并顺利投产了年处理 14 万 t 铅银渣的示范工程。通过侧吹熔炼-连续烟化工艺工程设计与工业化实践, 充分验证了该工艺在处理铅银渣等非自热物料上的优势, 采用侧吹熔炼-连续烟化熔池熔炼工艺, 将煤以粉煤的形式喷入熔池中, 同时进行富氧熔炼, 可以有效提高燃料利用率, 降低煤率 (<25%), 并可以有效回收银等贵金属, 最终实现了含锌危废铅银渣的减量化、无害化与资源化。

[关键词] 工业危废; 铅银渣; 锌冶炼; 渣无害化; 综合回收; 资源化利用

[中图分类号] TF812

[文献标志码] A

[文章编号] 1003-8884(2024)05-0053-08

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.05.008

锌的湿法冶炼技术主要分为直接浸出和间接浸出, 其中间接浸出中的热酸浸出方法会产出大量铅银渣。根据对企业的调研, 一般每生产 1 t 锌会产出 0.5 ~ 1.0 t 的铅银渣^[1-3]。我国是产锌大国, 自 2005 年以来已经连续 19 年世界第一, 2013 年, 我国锌产量更是突破 700 多万 t, 高达 756.4 万 t, 导致大量湿法炼锌所产铅银渣积累堆存^[4-6]。铅银渣成分复杂, 含有铅、锌、砷等有害元素, 其大量堆存不仅占用宝贵的土地资源, 而且污染当地环境^[7-10]。目前, 随着国家环保要求的日益严格, 铅银渣已被《国家危险废物名录》列为危险废物 (HW48, 321-021-48)。

甘肃某锌冶炼厂针对锌精矿含铁比较高的特点, 锌冶炼采用热酸浸出-黄钾铁矾除铁工艺, 产出大量

的铅银渣, 近 30 年来堆存的铅银渣已达数十万 t。此铅银渣含银、铅、锌等有色金属, 如何“变废为宝”, 开发适用于该铅银渣的绿色高效处理工艺^[11], 实现危废铅银渣的减量化、无害化与资源化迫在眉睫。针对上述问题, 中国恩菲工程技术有限公司提出了一种铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工程设计方案。

1 铅银渣物性分析

铅银渣主要成分见表 1。铅银渣含 Pb 5.5%、Zn 4.60%、Fe 15.57%, 银含量较高, 达 73.72 g/t。

表 1 铅银渣(干基)主要成分分析

Table 1 Main composition analysis of lead-silver slag (dry basis) %

成分	Zn	Pb	Fe	Cu	S	Cd	As
含量	4.60	5.50	15.57	0.22	7.88	0.04	0.06
成分	Sb	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Ag*	F	Cl
含量	0.03	14.68	1.27	0.00	73.72	0.01	0.01

注: * 表示该物质的单位为 g/t。

[收稿日期] 2024-05-28

[第一作者] 宋言(1989—), 男, 河北邢台人, 高级工程师, 博士, 主要从事铅锌冶炼工程设计与工艺研究。

[基金项目] 国家重点研发计划-复杂铅基多金属固废协同冶炼技术与大型化装备-含锌铅基固废还原熔炼-连续烟化技术及装备(2019YFC1907303)。

通过冶化流程计算与在线控制系统开发平台 MetCal v7.00 理论计算,得到铅银渣物相组成(表2)。铅银渣中 Zn 物相主要为 ZnO、ZnS 和 ZnO·Fe₂O₃,

Pb 物相主要为 PbSO₄, Fe 物相主要为 Fe₂(SO₄)₃、Fe(OH)₃、ZnO·Fe₂O₃ 和 Fe₂O₃。

表2 铅银渣(干基)主要物相分析
Table 2 Main phase analysis of lead-silver slag (dry basis)

物相	ZnS	ZnO	ZnO·Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Fe(OH) ₃	As ₂ O ₅	%
含量	1.520	3.888	1.698	2.222	23.683	12.659	0.089	
物相	Sb ₂ O ₅	CdO	CuS	PbSO ₄	CaSO ₄	SiO ₂		
含量	0.046	0.048	0.329	8.056	3.081	14.679		

2 铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺流程

铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺流程如图1所示。采用胶带输送机将铅银渣、块煤由配料仓转运至移动皮带,均匀加入侧吹熔炼炉内部;采用粉煤喷吹系统通过氧煤喷枪将粉煤喷入侧吹熔炼炉,保持富氧浓度大于50%,控制熔炼温度在1200℃;控制炉内弱还原性气氛,同时,尽量保证煤充分燃烧,提高燃料热利用率。铅银渣高温下熔化分解,硫进入烟气,少量锌、铅及铅的化合物挥发进入烟气,FeO、SiO₂、CaO等熔剂进行造渣。随着物料的加入,炉内渣层厚度不断升高。待炉内熔渣累积到一定厚度,再通过流槽自流进入烟化炉进行烟化。烟化炉仅喷入粉煤及空气,控制空气过剩系数为0.6~0.7,保持炉内较强的还原性气氛,同时控制炉内温度在1250℃,充分保证铅锌的还原挥发。最终控制弃渣含锌2%,含铅0.2%。弃渣水碎后对外销售。

侧吹熔炼炉以及烟化炉产生的含尘烟气,经余热锅炉回收余热、收尘器收尘后送至脱硫工艺;收集的氧化锌烟尘即为本项目的产品,打包对外销售。

铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺具有如下特点。

1) 铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化属于熔池熔炼工艺,能源主要消耗在铅银渣的熔化吸热上,因此本工艺的关键在于铅银渣的熔化是否节能,即选择侧吹熔池熔炼。

2) 由于铅银渣中几乎不存在发热元素,熔池熔炼主要靠外部加热。侧吹熔炼炉采用分散加煤的方式,小部分煤以块煤形式配入炉料中,分散于熔池内燃烧并参与还原反应,大部分煤以粉煤形式由侧吹

喷枪直接喷入熔池。

3) 侧吹喷枪采用富氧助燃,喷入炉内的富氧空气浓度大于50%。该喷枪为多通道结构,不同于现有烟化炉喷枪,其燃烧速度快、火焰温度高。

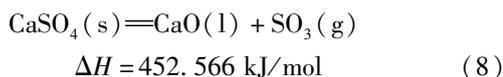
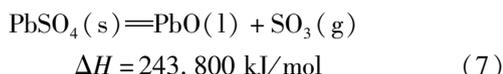
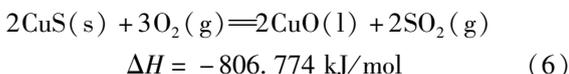
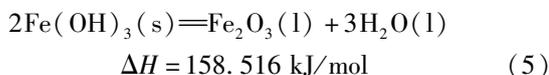
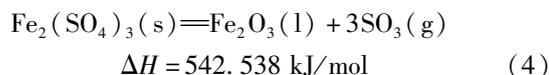
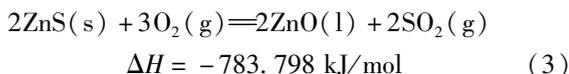
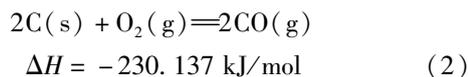
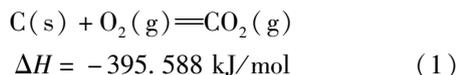
4) 侧吹炉的浸没式熔池熔炼,火焰直接接触熔体,同时高速喷入熔池的气体提高熔池搅动强度,加速了熔池内传热传质过程,可达到快速熔化炉料的效果。

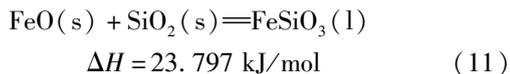
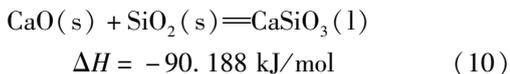
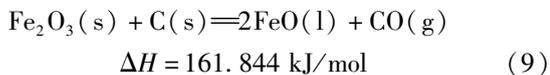
5) 采用富氧空气助燃减小了烟量,提高了侧吹熔炼炉热效率,可明显降低燃料率。

3 铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺原理

3.1 侧吹熔炼阶段

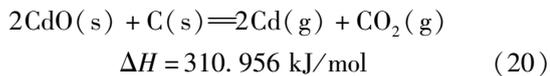
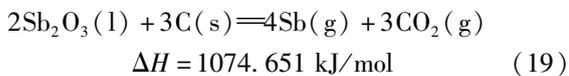
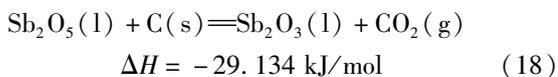
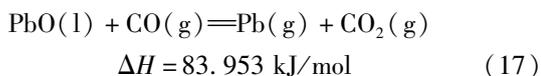
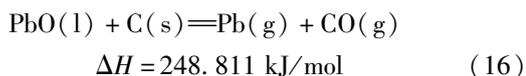
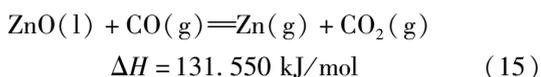
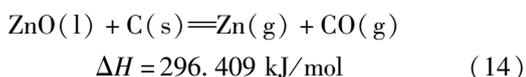
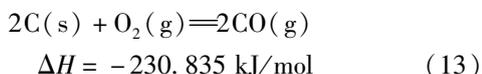
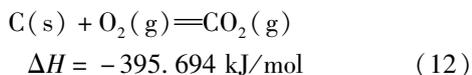
侧吹熔炼阶段采用煤进行补热,在熔炼温度1200℃下,主要发生的反应见式(1)~(11)。





3.2 连续烟化阶段

在烟化温度 1 250 ℃ 下,采用粉煤作为还原剂,该过程主要发生的反应见式(12)~(20)。



烟化过程产出的 Zn、Pb、Sb、Cd 等蒸气在三次风口被氧化为 ZnO、PbO、Sb₂O₅、Sb₂O₃ 和 CdO 等,以烟尘的形式得到回收。

4 铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺工程设计

4.1 热力学计算

采用冶化流程计算与在线控制系统开发平台 MetCal v7.00 建立铅银渣侧吹熔炼-连续烟化工艺数值模型并进行热力学计算。铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺工作制采用 310 d/a、24 h/d,处理铅银渣(干基)14 万 t,侧吹熔炼炉富氧浓度 50%,烟化炉采用普通空气。

侧吹熔炼炉:喷枪鼓入氧气量 4 460 Nm³/h (O₂含量 88%),空气量 5 707 Nm³/h,块煤量为 1.07 t/h,粉煤量为 4.29 t/h。烟化炉:风嘴喷入空气量 13 596 Nm³/h,粉煤量为 2.15 t/h。

通过理论计算,结果如表 3 和表 4 所示。侧吹熔炼炉烟气经二次燃烧后产出烟气体积达 29 855 Nm³/h,烟气主要含 CO₂ 22.73%、SO₂ 3.10%、SO₃ 0.06%、H₂O 19.83%,含尘 56.84 g/Nm³。烟化炉内烟化反应后经三次风口氧化后产出烟气体积达 24 864 Nm³/h,烟气主要含 CO₂ 14.65%、SO₂ 0.13%、SO₃ 0.01%、H₂O 5.20%,含尘 77.04 g/Nm³。

经过模型分析,侧吹熔炼炉热平衡见表 5。侧吹熔炼炉:热收入基本为煤反应的化学热(式(1)和式(2));热支出包括物理热和热损失两大部分,其中物理热占 92.8%,热损失包括铜水套散热等,占 7.2%。烟化炉烟化热平衡见表 6。烟化炉:烟化反应热收入包括熔渣显热和化学热(式(12)~式(20)),其中,熔渣显热占 51.91%,化学热占 48.09%;热支出包括物理热和热损失,其中,物理热占 93.11%,热损失包括水套散热等,占 6.89%。

表 3 侧吹熔炼炉烟气成分及参数

Table 3 Flue gas composition and parameters of side-blown melting furnace

组分	CO ₂	SO ₂	SO ₃	N ₂	H ₂ O	烟气温度/ ℃	烟气体积/ (Nm ³ ·h ⁻¹)	烟气含尘/ (g·Nm ⁻³)
体积分数/%	22.73	3.10	0.06	50.76	19.83	1 196	29 855	56.84

表 4 烟化炉烟气成分及参数

Table 4 Fume composition and parameters of fuming furnace

组分	CO ₂	SO ₂	SO ₃	O ₂	N ₂	H ₂ O	烟气温度/ ℃	烟气体积/ (Nm ³ ·h ⁻¹)	烟气含尘/ (g·Nm ⁻³)
体积分数/%	14.65	0.13	0.01	3.50	76.51	5.20	1 509	24 864	77.04

表 5 侧吹熔炼炉热平衡

Table 5 Heat balance of side-blown melting furnace

热类型	热收入				热类型	热支出			
	物料	温度/°C	热量/ (MJ·h ⁻¹)	占比/%		物料	温度/°C	热量/ (MJ·h ⁻¹)	占比/%
物理热	煤粉	25	0.00	0.00	物理热	炉渣	1 200	19 657.23	28.25
	块煤	25	0.00	0.00		烟尘	1 200	1 077.89	1.55
	富氧空气	25	0.00	0.00		烟气	1 200	43 837.24	63.00
	铅银渣	25	0.00	0.00		小计		64 572.36	92.80
	小计		0.00	0.00					
化学热		25	69 584.88	100.00	热损失		5 012.51	7.20	
合计			69 584.88	100.00	合计		69 584.87	100.00	

表 6 烟化炉烟化热平衡

Table 6 Heat balance of fuming furnace

热类型	热收入				热类型	热支出			
	物料	温度/°C	热量/ (MJ·h ⁻¹)	占比/%		物料	温度/°C	热量/ (MJ·h ⁻¹)	占比/%
熔渣显热	熔化渣	1 200	39 314.47	51.91	物理热	炉渣	1 250	40 438.93	53.39
	煤粉	25	0.0	0.00		烟尘	1 250	659.91	0.87
	空气	25	0.0	0.00		烟气	1 250	29 422.58	38.85
	石灰石	25	0.0	0.00		小计		70 521.42	93.11
	小计		39 314.47	51.91					
化学热		25	36 428.64	48.09	热损失		5 221.69	6.89	
合计			75 743.11	100.00	合计		75 743.11	100.00	

4.2 物料计算

侧吹熔炼炉及烟化炉主要物料平衡分别见表 7、表 8。侧吹熔炼炉投入主要物料包括块煤 7 182 t/a、煤粉 3 1 602 t/a、铅银渣 140 000 t/a、石灰石 12 622 t/a，同时产出侧吹炉渣 111 406 t/a 和烟尘 11 473 t/a；烟化炉投入主要为侧吹炉渣 111 406 t/a、煤粉 11 050 t/a，同时产出烟化炉渣 106 746 t/a，烟化烟尘 2 842 t/a。

4.3 铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工艺核心设备

4.3.1 侧吹熔炼炉

根据上述理论计算，侧吹熔炼炉日处理铅银渣量（干基）为 452 t/d。根据工程设计经验取熔炼炉床能力为 35 t/(m²·d)，则熔炼炉床面积计算如下： $S = 452/35 = 12.91$ (m²)，根据计算选取 1 台床面积为 13 m² 的侧吹熔炼炉。

4.3.2 烟化炉

根据上述理论计算，烟化炉日处理侧吹熔炼炉熔渣量 360 t/d。取烟化炉床能力为：37 t/m²·d，则烟化炉床面积计算如下： $S = 360/37 = 9.73$ m²，本工程选取 1 台床面积为 10 m² 的烟化炉。

5 生产实践效果

2021 年 12 月，由中国恩菲工程技术有限公司设计、供货的 14 万 t/a 湿法炼锌铅银渣侧吹熔炼-连续烟化工艺综合回收及无害化处理项目在甘肃某铅锌冶炼厂投料试车，并在投产当日产出第一炉炉渣。至 2024 年 6 月，该生产线已经生产 2 年半。稳定生产后，该工艺煤率小于 25%，烟化炉产终渣含锌小于 1.5%，均优于设计指标，该工艺顺利达产达标。如表 9 所示，铅银渣经过侧吹熔炼-连续烟化工艺处理，最终

表7 侧吹熔炼炉主要物料平衡表

Table 7 Main material balance of side-blown melting furnace

投入与 产出	物料 名称	质量/ (t·a ⁻¹)	Zn		Pb		Fe		S	
			占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)
投入	块煤	7 182	0.00	0.00	0.00	0.00	2.89	207	1.11	79.80
	煤粉	31 602	0.00	0.00	0.00	0.00	2.89	913	1.11	351
	富氧空气	100 948	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	铅银渣	140 000	4.60	6 446	5.50	7 706	15.57	21 799	7.88	11 037
	石灰石	12 622	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	63.11	0.00	0.00
产出	侧吹炉渣	111 406	4.34	4 834	2.08	2 312	20.01	22 293	0.79	878.77
	侧吹烟尘	11 473	14.05	1 611	47	5 394	6.01	689	1.42	162.48
	侧吹烟气	214 547	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.86	10 427
投入与 产出	物料 名称	质量/ (t·a ⁻¹)	Cu		Ag		SiO ₂		CaO	
			占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)
投入	块煤	7 182	0.00	0.00	0.00	0.00	9.56	686	2.67	192
	煤粉	31 602	0.00	0.00	0.00	0.00	9.56	3 020	2.67	843
	富氧空气	100 948	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	铅银渣	140 000	0.22	307	0.02	28.00	14.68	20 551	1.27	1 777
	石灰石	12 622	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	126	55.00	6 942
产出	侧吹炉渣	111 406	0.27	297	0.01	5.60	21.23	23 651	8.49	9 461
	侧吹烟尘	11 473	0.08	9.20	0.20	22.40	6.38	731	2.55	293
	侧吹烟气	214 547	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表8 烟化炉主要物料平衡表

Table 8 Main material balance of fuming furnace

投入与 产出	物料 名称	质量/ (t·a ⁻¹)	Zn		Pb		Fe		S	
			占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)
投入	煤粉	11 050	0.00	0.00	0.00	0.00	2.86	316	1.10	122
	侧吹炉渣	111 406	4.34	4 834	2.08	2 312	20.01	22 293	0.79	879
	富氧空气	64 657	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
产出	烟化炉渣	106 746	1.80	1 921	0.20	213	20.97	22 383	0.74	786
	烟化烟尘	2 842	34.02	967	16.27	462	7.95	226	0.58	16.38
	烟化烟气	77 525	2.51	1 946	2.11	1 636	0.00	0.00	0.26	198
投入与 产出	物料 名称	质量/ (t·a ⁻¹)	Cu		Ag		SiO ₂		CaO	
			占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)	占比/%	含量/(t·a ⁻¹)
投入	煤粉	11 050	0.00	0.00	0.00	0.00	9.46	1 045	2.64	292
	侧吹炉渣	111 406	0.27	297	0.01	5.60	21.23	23 651	8.49	9 461
	富氧空气	64 657	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
产出	烟化炉渣	106 746	0.28	294	0.00	2.35	22.90	24 450	9.04	9 655
	烟化烟尘	2 842	0.10	2.97	0.11	3.25	8.69	247	3.43	97.52
	烟化烟气	77 525	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

产出的烟化炉渣含 Zn < 1.5% , Pb < 0.06% , Cu < 0.6% , S < 0.2% , Ag < 5 g/t , Au < 0.5 g/t , 经检测该渣达到国家 I 类一般工业固废标准, 并作为建筑用水泥生料外售往水泥厂。冶炼过程中产出的侧吹烟尘含

Zn 48.92%、Pb 18.95%、Ag 1 153.65 g/t、Au 4.44 g/t, 烟化烟尘含 Zn 68.61%、Pb 7.66%、Ag 381.43 g/t、Au 1.07 g/t, 侧吹烟尘与烟化烟尘一同返回现有的湿法浸出工艺处理。

表 9 铅银渣侧吹熔炼-连续烟化工艺各个主要产物成分

Table 9 Main product composition of side-submerged combustion smelting-continuous fuming process for lead-silver slag

成分	Zn	Pb	Fe	Cu	S	Ag/(g·t ⁻¹)	Au/(g·t ⁻¹)	%
铅银渣	4.60	5.50	15.57	0.22	7.88	73.72	0.55	
侧吹炉渣	8.89	1.25	28.13	0.52	0.04	29.04	0.28	
侧吹烟尘	48.92	18.95	0.77	0.16	4.43	1 153.65	4.44	
烟化炉渣	1.37	0.06	34.10	0.57	0.18	4.82	0.39	
烟化烟尘	68.61	7.66	0.21	0.07	0.95	381.43	1.07	

6 结论

通过本次工程设计与工业化实践,可以得到如下结论。

1) 侧吹熔炼-连续烟化工艺具有熔池搅拌强度高、传质传热快等特点,铅银渣等非自热物料采用侧吹熔炼-连续烟化工艺进行处理具有明显的优势。

2) 侧吹熔炼采用多通道氧煤喷枪,将大部分煤以粉状形式喷入熔池中,并采用富氧熔炼,加快熔池传质传热的同时,弥散在熔池中的粉煤充分燃烧放热,提高了燃料的利用率,降低煤率至 25% 以下。

3) 侧吹熔炼-连续烟化工艺在侧吹熔炼阶段,回收铅银渣中的大部分贵金属银和金,银和金富集在烟尘中。

4) 通过铅银渣的侧吹熔炼-连续烟化工程设计,开发出一整套环保、节能、连续、高效的铅银渣绿色冶炼工艺及装备。

5) 采用侧吹熔炼-连续烟化工艺建成并顺利投产了年处理 14 万 t 铅银渣的示范工程项目,最终实现了含锌危废铅银渣的减量化、无害化和资源化。

[参考文献]

- [1] 宋言,许良,吴卫国. 锌冶炼先进工艺技术及应用实践[J]. 中国有色冶金, 2022, 51(1): 23-29.
- [2] 徐长庆,辛鹏飞,许良. 锌冶炼铅银渣与铅精矿协同处理工艺[J]. 中国有色冶金, 2022, 51(4): 37-42.
- [3] 吴卫国,宋言. 中国铅冶炼工业技术创新与应用实践[J]. 中国有色冶金, 2021, 50(2): 7-13.
- [4] 黄胜,魏帮,刘三平,等. 从锌冶炼浸出渣中回收锌的生产实践[J]. 中国资源综合利用, 2015, 33(5): 45-46.
- [5] 陈向强,宋言. 锌浮渣干湿法处理工艺对比与干法处理工艺关键设备选型及应用[J]. 有色设备, 2024, 38(1): 86-93.
- [6] 吴卫国,宋言. 含铅锌多金属固废的处理工艺创新及工业应用[J]. 有色金属:冶炼部分, 2021(6): 95-100.
- [7] 吴卫国,宋言. 铜铅锌冶炼固废协同处理及有价金属综合回收[J]. 绿色矿冶, 2023, 39(1): 47-52.
- [8] 王胜,张吉,李德磊,等. 脱硫铅银渣烟化法挥发有价金属的研究[J]. 中国有色冶金, 2023, 52(1): 84-90.
- [9] 徐长庆,辛鹏飞,许良. 锌冶炼铅银渣与铅精矿协同处理工艺[J]. 中国有色冶金, 2022, 51(4): 37-42.
- [10] 夏青,李银丽,李彦龙,等. 铅银渣渣冶联合资源化工艺试验[J]. 中国有色冶金, 2022, 51(4): 30-36.
- [11] 汤伟,陈亚州,崔鹏,等. 国内再生铅火法冶炼工艺技术的进展[J]. 有色冶金节能, 2021, 37(4): 10-15.

Engineering design and core equipment of side-submerged combustion smelting-continuous fuming process for hazardous waste lead-silver slag from zinc hydrometallurgy

SONG Yan, CHEN Xiangqiang, ZHANG Ge
(China ENFI Engineering Corporation, Beijing 100038, China)

Abstract: In view of the characteristics of industrial hazardous waste lead-silver slag produced by zinc hydrometallurgy in a Gansu zinc smelter, the side-submerged combustion smelting-continuous fuming process core equipment selection and engineering design for lead-silver slag were carried out, through the analysis of lead-silver slag smelting mechanism and the thermodynamic calculation of lead-silver slag smelted by side-submerged combustion smelting-continuous fuming process. An environmentally friendly, energy-saving, continuous and efficient lead-silver slag green smelting process and equipment have been developed, and a demonstration project for treating 140 000 tons of lead-silver slag was formed. Through the engineering design and industrial practice of the side-submerged combustion smelting - continuous fuming process, the advantages of the side-submerged combustion smelting - continuous fuming process in the treatment of non-self-heating materials such as lead-silver slag are fully verified. By injecting coal into the molten bath in the form of pulverized coal and oxygen-enriched air smelting, precious metals such as silver has been recovered, and the side-submerged combustion smelting-continuous fuming process can effectively improve the fuel utilization rate and reduce the coal rate to < 25%, which realized the reduction, harmlessness and resourceful utilization of zinc-containing hazardous waste lead-silver slag.

Keywords: industrial hazardous waste; lead-silver slag; zinc hydrometallurgy; harmless slag; comprehensive recovery; resourceful utilization ▲

工业和信息化部:重点推动有色金属行业节能降碳减污和数字化智能化改造

9月20日,工业和信息化部办公厅印发《工业重点行业领域设备更新和技术改造指南的通知》(以下简称《通知》)。

《通知》显示,有色金属行业设备更新目标是:重点推动有色金属行业节能降碳减污和数字化智能化改造,推广绿色高效采选、冶炼、材料加工等装备,推动采掘、磨浮、熔炼、电解、挤压、锻造、轧制等重点工序在线检测装置、先进过程控制和智能装备的应用。力争到2027年,实现电解铝吨铝碳减排5%、节电200 kWh,淘汰200 kA以下预焙阳极铝电解槽,35%以上电解铝产能以及55%以上铜、铅、锌冶炼产能达到能效标杆水平,能效基准水平以下产能全部退出,大幅减少二氧化硫和氮氧化物等污染物排放,规模以上有色金属企业关键工序数控化率达到75%以上,装备自主保障能力和数字化智能化应用水平显著提高。涉及电解铝冶炼设备和产能变化的,需先按规定落实产能置换相关政策。

有色金属行业设备更新和技术改造的重点方向主要是矿山领域设备、冶炼领域设备、加工领域设备、工业操作系统和工业软件等五个方面。

(资料来源:中国有色金属报)