

中国的铂族金属二次资源及其回收产业化实践

贺小塘, 郭俊梅, 王 欢, 李 勇, 吴喜龙, 赵 雨, 韩守礼, 李 锐, 谭文进, 刘 文
(贵研资源(易门)有限公司, 贵研铂业股份有限公司 稀贵金属综合利用新技术国家重点实验室, 昆明 650106)

摘 要: 中国是全球最大的铂族金属的消耗国, 但矿产资源严重短缺, 凸显铂族金属二次资源循环利用的重要性。在分类描述中国铂族金属二次资源物料的基础上, 介绍了贵研资源(易门)有限公司在铂族金属二次资源回收利用产业化建设中采用的工艺、技术和装备状况, 阐明了对中国铂族金属冶金工业发展趋势的理解。

关键词: 冶金技术; 铂族金属; 二次资源; 富集; 精炼; 回收

中图分类号: TQ426.96 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2013)02-0082-08

Reviews of Platinum Group Metals Secondary Resource and Recycling Industries in China

HE Xiaotang, GUO Junmei, WANG Huan, LI Yong, WU Xilong,

ZHAO Yu, HAN Shouli, LI Kun, TAN Wenjin, LIU Wen

(Sino-Platinum Metals Resources (Yimen) Co. Ltd., State Key Laboratory of Advanced Technologies for Comprehensive Utilization of Platinum Metals, Sino-Platinum Metals Co. Ltd., Kunming, 650106, China)

Abstract: China is the largest platinum group metals (PGMs) consuming country in the world. However, the mineral resources of PGMs is very rare, therefore, the recovery of PGMs from secondary resources is very important in China. The classification of the PGMs secondary resources in China was described. The process, technology and equipment industrial used in Sino-Platinum Metals Resources (Yimen) Co. Ltd., were introduced. The author's understanding of development trend of China's PGMs metallurgical industry was presented.

Key words: metallurgical technology; platinum group metals; secondary resources; beneficiation; refining; recovery

铂族金属广泛用于航天、航空、石油及化学工业、信息传感工业、首饰收藏、高级光学玻璃、玻璃纤维行业、医疗器械和医药等领域, 可以说还没有任何一类其他金属或材料能像铂族金属一样, 在经济金融和科技工业两方面都具有优越的双重功能。铂族金属对工业的作用, 像我们人体离不开维生素一样, 又被誉为“工业维他命”, 数量虽少, 但必不可缺。由于铂族金属性能的独特性和资源的稀缺性, 在世界上被作为“战略储备金属”, 在高新技术产业发展中, 被誉为“第一高技术金属”。

本文介绍了中国的铂族金属资源情况及二次资源市场物料现状, 分析了我国铂族金属二次资源回收利用的技术与产业现状, 提出了对铂族金属二次资源产业发展趋势的见解。

1 中国铂族金属资源现状

1.1 矿产资源

全球95%铂族金属伴生在铜镍硫化矿中, 南非和俄罗斯的矿产铂族金属占全球90%, 俄罗斯的钯

收稿日期: 2012-6-20

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目 (2012AA063203、2012AA063204、2012AA063207), 云南省科技创新强省计划项目(2011AA004)资助。

第一作者介: 贺小塘, 男, 高级工程师, 研究方向: 贵金属冶金生产与研究。E-mail: hxt1130@163.com

产量世界第一，南非是世界最大的铂生产国，第二大钯生产国^[1]。根据矿产资源调查，我国铂族金属矿产资源十分贫乏，远景储量不到350吨，仅占世界总储量的0.48%，铂族金属矿产资源主要蕴藏在甘肃金昌和云南金宝山^[1]。金昌伴生铂族金属铜镍硫化矿，以铜镍为主，铂族金属为副产品，铂族金属平均含量仅为0.4 g/t；云南弥渡金宝山铂钯矿，铂族金属品位低的为1.5 g/t，高的品位有15 g/t，具有开采价值的为大于6 g/t，铂族金属为主，铜镍为副产品，由于采、选、冶技术难度大，目前还没有工业开采。

我国铂族金属矿产资源极其贫乏，90%矿产铂族金属来自金川公司，2011年从矿产资源中提炼的铂族金属量仅2.5吨。与此同时，中国是世界铂族金属第一消耗国，2011年中国铂的需求量为62.8吨，钯的需求量为57.5吨^[2]，依靠矿产资源远不能满足工业发展的需要，开展二次资源回收，实现资源循环利用是发展的必由之路。

1.2 二次资源

1.2.1 汽车尾气净化废催化剂

由于铂族金属对汽车尾气特有的净化能力，每年超过60%的铂、钯、铑都用于生产汽车尾气净化催化剂^[3]。2011年，全球汽车尾气催化剂中的铂用量达到了96.6吨，钯为187.6吨，铑为22.1吨，从汽

车尾气净化废催化剂回收的铂为38.1吨，钯为51.5吨，铑为8.7吨^[2]。尽管很多机构都在研究新型催化剂来取代或减少铂族金属的使用量，但随汽车数量的增加和环保标准的提高，铂族金属的需求还会进一步增长^[3]。

根据作者的估计和相关市场人员统计，目前中国每年产生汽车尾气净化废催化剂800~1000吨；未来数年中，随着装有尾气净化装置的汽车开始大量进入报废期，会有大批的汽车尾气废催化剂需要回收。2011年，中国取代美国成为世界汽车生产第一大国，年产汽车1800万辆，以每辆汽车需要安装1~2 kg的新催化剂计算，10年后，随着汽车的报废，每年更换的废催化剂有2~3万吨，铂族金属的回收量有25~40吨。汽车尾气净化废催化剂是铂族金属二次资源最大的目标市场。

1.2.2 化工催化剂

铂族金属都具有较强的催化活性，化学工业重要的催化剂^[4]。据统计，2011年中国化工行业使用的铂族金属新增加钯有4.7吨，铂有3.3吨^[2]，连同生产线周转使用的铂族金属，化工行业积压了数百吨的铂族金属，价值巨大，回收再利用意义重大。催化剂应用领域、载体组成、活性组分、贵金属的含量、使用寿命等详细情况见表1。

表1 化工类各种催化剂使用的情况^[5]

Table 1 PGMs catalysts used in the chemical industry

应用领域		载体	活性组分	贵金属含量/%	寿命/年
炼油 催化剂	重整	Al ₂ O ₃	Pt、Pt/Re、Pt/Ir	0.02~1	1~12
	异构化反应	Al ₂ O ₃ 、沸石	Pt、Pt/Pd		
	加氢裂化	SiO ₂ 、沸石	Pd、Pt		
	液体天然气发动机燃料技术	Al ₂ O ₃ 、SiO ₂ 、TiO ₂	Co+(Pd、Pt、Ru、Re)		
化工	硝酸工业	网	PtRh、PtPdRh	100	0.5
	双氧水	Al ₂ O ₃	Pd	0.3	1
	HCN	网	PtPdRh	100	1
	PTA(精对苯二甲酸)	椰壳炭	Pd	0.5	0.5~1
	VAM(醋酸乙烯)	Al ₂ O ₃ 、SiO ₂	Pd/Au、Pd/Cd	1~2	4
	Ethylene Oxide(烯烃氧化)	Al ₂ O ₃	Ag	10~15	
	KAAP(Kellogg合成氨工艺)	活性炭	Ru		
	均相 催化剂	Oxo alcohol(羰基合成醇)	Rh	*(100~500)×10 ⁻⁶	1~5
精细 化工 催化剂	醋酸工业	均相	Rh、Ir/Ru		
精细 化工 催化剂	加氢	活性炭	Pd、Pt、Pt/Pd、Ru、Rh、Ir	0.5~10	0.1~0.5
	氧化				
催化剂	Debenzylation(脱苄反应)				

*单位为质量分数。

1.2.2.1 石油化工催化剂

截止到2009年底,我国大陆共有大型连续重整装置36套,主用到的铂族金属催化剂要是单铂重整催化剂、双金属重整催化剂、多金属重整催化剂等。石油重整催化剂、加氢裂化催化剂、异构化催化剂的用量约4000吨,铂族金属的量约10吨,主要为Pt/Al₂O₃、Pt-Re/Al₂O₃、Pt-Sn/Al₂O₃、Pd/Al₂O₃等载体催化剂^[6-7]。

1.2.2.2 精细化工合成用催化剂

精细化工行业使用的催化剂^[8]种类繁多,常用的铂族金属催化剂包括:

- (1) 乙烯氧化制乙醛所用PdCl₂-CuCl₂催化剂;
- (2) 醋酸、醋酐、醋酸纤维工业甲醇低压羰基合成用的RhI₃催化剂,每年铑的使用量数百公斤;
- (3) 低压铑法丙烯羰基合工艺使用的铑派克(ROPAC)或三苯基膦羰基氢化铑[HRhCO(PPh₃)₃];
- (4) 歧化松香用的Pd/C催化剂;
- (5) 精对苯二甲酸(PTA)精制用的椰壳Pd/C催化剂,约1000吨,含铑约5吨;
- (6) 蒽醌法合成H₂O₂所用的Pd/Al₂O₃,每年需要更换的催化剂约1000吨,铑含量约3吨。

1.2.2.3 制药催化剂

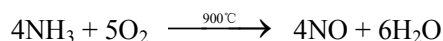
制药行业以炭载体催化剂为主,如Pd/C、Pt/C、Ru/C、Pt-Pd/C、Rh/C等以及辛酸铑、醋酸铑等均相催化剂。

1.2.2.4 有机废气(VOC)净化用催化剂

有机废气(VOC)净化用的催化剂: Pt/Al₂O₃、Pt-Pd/Al₂O₃催化剂。

1.2.2.5 硝酸工业催化剂

铂铑二元催化网、铂铑三元催化网是氨氧化制硝酸的重要催化剂。氨氧化反应如下式:



据作者估计,2011年,中国硝酸工业对铂族金属的需求量为8~10吨(其中约1/3在生产线上周转),从旧催化网回收的铂族金属有6~8吨。从铑捕集网、铂回收过滤器、氨氧化炉灰、热交换管、酸泥等硝酸装置中每年可回收铂族金属1~2吨。

1.2.3 玻纤工业铂铑漏板

中国每年用于玻璃纤维工业的铂族金属约25~30吨,用于制造漏板材料。铂铑漏板长期处于1000℃以上的高温状态,使用一段时间后,漏嘴结构改变、漏板变薄,影响玻璃纤维的生产,这些漏板必须更换,更换下来的废旧玻纤漏板材料含铂

族金属约20~25吨。另外,在高温状态下,铂铑合金中的铂、铑会缓慢氧化挥发,部分进入玻璃纤维而损失,一部分PtO₂和Rh₂O₃会附着在靠近铂铑漏板的浇注料上,高温时分解为金属铂和铑,经过长时间的聚集,形成铂铑合金颗粒,并在浇注料侧面聚集长大^[9-10]。根据使用的条件以及使用的周期不同,浇注料中铂铑合金含量相差悬殊,温度越高、使用时间越长,浇注料中铂铑合金含量越高,一般情况下铂铑合金含量为0.3%~2%,每年从玻纤浇铸料中回收的铂族金属约1.5~2吨。

1.2.4 电子废料

全球70%~80%电子产品生产企业集中在我国的长三角地区、珠三角地区、台湾地区,以及新加坡和马来西亚。电子产品生产企业的合格零件、废弃的产品、客户退货、生产过程中的副产品及应用电子产品报废产生的各种MLCCs、集成电路、中继馈线、陶瓷外壳、厚膜材料、薄膜材料等废料中都含有大量的铜、锡、金、银及铂族金属,铂族金属的含量从几百克/吨到数千克/吨不等,电子废料数量庞大,蕴含的铂族金属总量十分可观^[11-12]。广东清远、浙江台州等地聚集了大量从事废旧电子产品的进口、分类、拆解、回收等业务的小作坊,汇集了全球70%的电子废料,带动了经济的发展,但粗犷的处理方式也对环境造成了严重的影响。

1.2.5 首饰废料

中国是全球铂族金属首饰最大的需求国,2011年首饰行业对铂的需求量为52.3吨,对铑的需求量为9.5吨^[2]。铂族金属首饰废料来源包括:因款式变化淘汰的首饰,首饰加工厂废旧地毯、首饰抛光粉、研磨粉、打磨灰、地沙、沙纸、手套、报废的镀液、镀铑铜丝挂件、积累沉淀的淤泥等,每年产生的废料中铂族金属总量约数十吨。

1.2.6 计算机硬盘废料

目前,钐的最大用途是生产计算机硬盘磁记录材料。在硬盘生产过程中,废旧的靶材和溅射了钐的防护圈上是钐最重要的二次资源,每年需要回收处理的钐已超过10吨。贵研铂业股份有限公司正大力发展贵金属靶材产业,研究生产过程中也产生了大量的钐废料,需要回收利用^[13-14]。

2 中国铂族金属二次资源回收

20世纪60年代起,昆明贵金属研究所老一辈科技工作者奋战在西北的茫茫戈壁中,开创了我国铂族

金属的提取冶金、分离提纯技术基础，为我国的高科技产业做出了巨大的贡献。同时，前辈们高瞻远瞩地对贵金属二次资源回收利用开展了研究，取得了丰硕的成果。硝酸催化网回收技术、石油催化剂回收技术、玻纤工业耐火砖及玻璃渣中回收铂铑及各种铂族金属合金材料的综合回收技术都成功应用于规模化的生产，开启了我国铂族金属二次资源回收利用之门，树立了昆明贵研研究所作为“铂族摇篮”的崇高地位。

进入21世纪，贵研资源(易门)有限公司继承了昆明贵金属研究所的贵金属冶金事业，延续了昆明贵金属研究所50年的技术积累，得到了国家和省市地方政府的大力支持，投资3.02亿元，全力推进“贵金属二次资源综合利用产业化”项目，将成为中国

铂族金属冶金技术与产业的领跑者。

以下将重点介绍探讨我国铂族金属二次资源产业的现状，通过贵研资源(易门)有限公司主要的装备和技术，阐述我们对铂族金属二次资源产业发展方向的理解。

2.1 几种典型的铂族金属二次资源

为适应产业化要求，贵研资源(易门)有限公司将重点开发几类目标市场，包括：汽车尾气净化催化剂、石油化工废催化剂、精细化工废催化剂、合金类废料(硝酸工业、玻纤工业、仪器仪表等)、计算机硬盘用靶材废料等，工艺的开发和产业化建设将紧密围绕几大目标物料展开。

图1为贵研资源(易门)有限公司的重点目标物料，图2为重点物料处理的原则工艺流程。

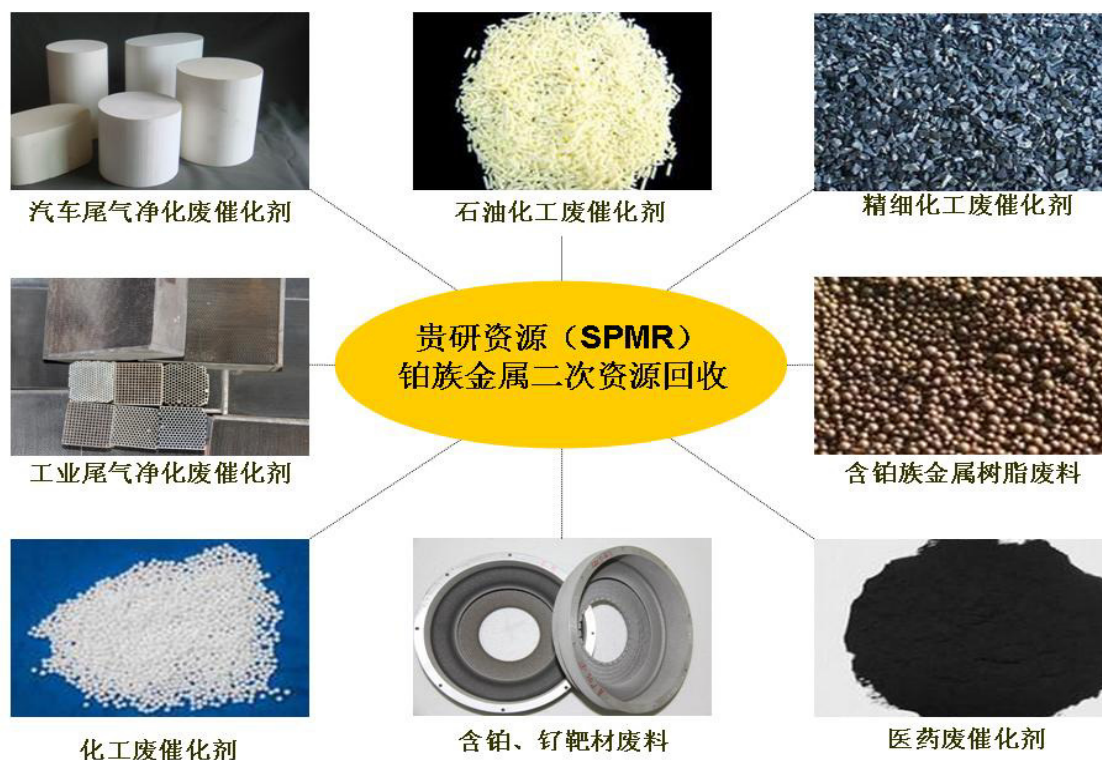


图1 贵研资源(易门)有限公司主要目标物料

Fig.1 Main objective raw materials of Sino-Platinum Metals Resources (Yimen) Co. Ltd.

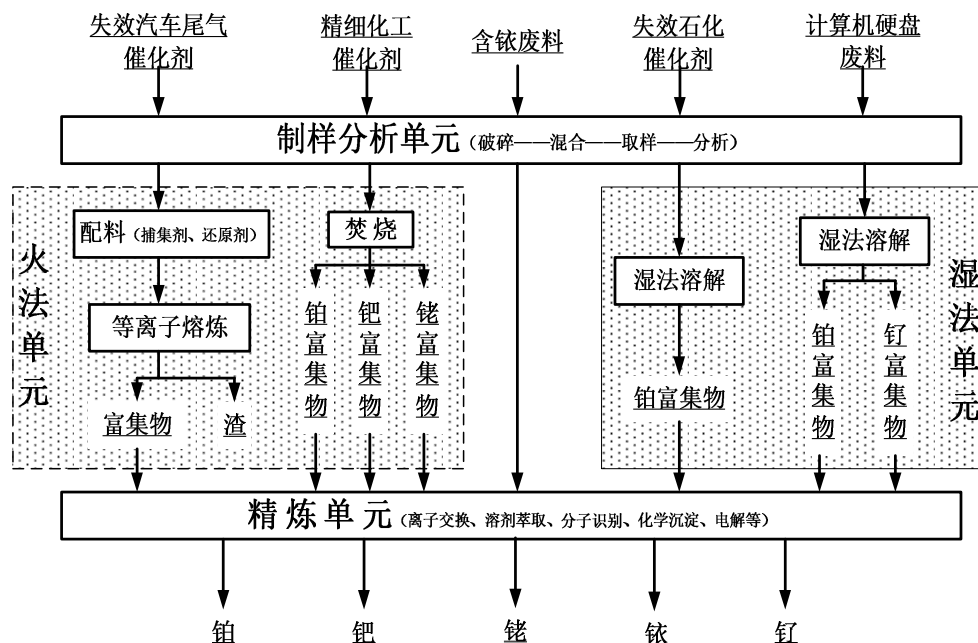


图2 贵研资源(易门)有限公司铂族金属二次资源回收原则流程

Fig.2 The principles flow of the recovery from PGMs secondary resources used in Sino-Platinum Metals Resources (Yimen) Co. Ltd.

2.2 铂族金属二次资源的分析检测

在铂族金属二次资源中, 有价金属的含量往往高出矿产资源中的几个数量级。因此, 对二次资源废料中铂族金属进行回收和综合利用, 不仅可以变废为宝、减少环境污染, 而且具有重要的经济价值。先进的、有代表性的取样和分析检测技术是保证金属含量准确的重要因素, 也是市场交易的重要环节之一。

在铂族金属取样手段方面, 具有代表性的有熔融取样法、碎化取样法、管枪取样法、定位排空取样法、铸锭钻孔取样法、铸锭锯屑取样法、水碎粒取样法、钮模取样法、溶液取样法、粉末堆锥四分法等^[15-16]。

在铂族金属分析方面, 具有代表性的分析技术有火试金法、电化学法、重量法、容量法、分光光度法、电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)、火焰原子吸收光谱法(AAS)、X射线荧光光

谱法、透射电镜法和扫描电子显微镜法等^[16-19]。

贵研资源(易门)有限公司拥有国内先进的取样、分析设备, 训练有素的操作人员, 实现物料中有价组分的准确分析, 能满足所有贵金属的回收和精炼业务要求, 确保客户的利益能得到充分体现, 取得了极佳的市场信誉。

2.3 铂族金属二次资源的富集技术

铂族金属二次资源的冶金过程可分为富集和精炼两段。常用的富集技术包括高温焚烧富集技术、高温熔炼富集技术和湿法富集技术, 根据物料的种类与形态, 采用不同的方法富集铂族金属^[20]。

2.3.1 高温焚烧富集技术

各种炭载体催化剂、树脂催化剂、含铂族金属的有机废料主要采用高温焚烧炉焚烧富集^[21]。高温下, 有机物被氧化分解成无毒的CO₂和水蒸汽, 铂族金属富集在焚烧渣中。其原则流程见图3。

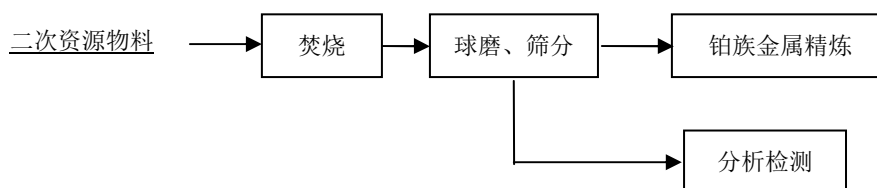


图3 高温焚烧的标准流程

Fig.3 Standard incineration process of high temperature

对于易燃的物料，高温焚烧是国际知名贵金属公司通用的富集方法，尾气环保处理是此过程的核心技术，国内多采用喷淋吸收技术处理尾气，而跨国公司一般采用分级焚烧处理。根据实践经验，分级燃烧效果更显著。基于这一技术，贵研资源(易门)有限公司建造了的微负压高温焚烧炉，图4为焚烧炉炉体照片，每年可处理1000吨的二次资源物料，尾气符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2标准。

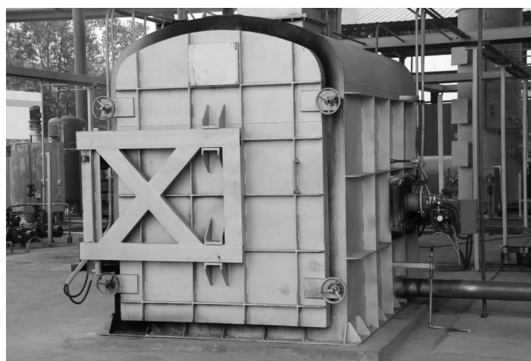


图4 微负压高温焚烧炉

Fig.4 Incinerator with micro-negative pressure

2.3.2 高温熔炼富集技术

采用等离子熔炼炉、电弧熔炼炉以铁、铜、高冰镍为捕集从汽车尾气净化废催化剂、化工类氧化铝载体催化剂、玻纤浇铸料、硝酸工厂的炉灰、铂族金属湿法冶炼残渣和精炼残渣中回收铂族金属^[3, 21]。

目前贵研资源(易门)有限公司正在建造年处理量约1800吨汽车尾气净化废催化剂的等离子熔炼系统，见图5。



图5 正在建造的等离子熔炼系统

Fig.5 Plasma melting system under construction

2.3.3 湿法富集技术

含铂族金属的湿法富集技术包括：溶解技术、化学剥离技术、置换技术、吸附技术等，根据物料类别，采用不同的湿法富集技术。以 γ - Al_2O_3 为载体含铂族金属催化剂主要有 $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Pt-Re}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Pt-Sn}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ，将载体溶解后，铂族金属不被溶解而富集在溶解渣中，形成高含量的铂族金属精矿^[22-25]。

溶解载体的工艺不仅与设备、技术能力有关，还需要考虑工厂所在地的污水处理厂对净水剂的要求。我国的污水处理常用 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 作净水剂，因此国内一般选用硫酸溶解载体氧化铝，产生的硫酸铝废水可以作为净水剂使用。有时催化剂的制造和使用过程中反应温度过高，超过 1000°C 时， γ - Al_2O_3 转变为 α - Al_2O_3 ，大量的载体不能被硫酸溶解，富集的效果较差，这类物料就不适用于硫酸溶解载体的富集工艺^[25-26]。从 $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Pt-Re}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Pt-Sn}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 等废重整催化剂中回收铂和铑的大致工艺流程列于图6。

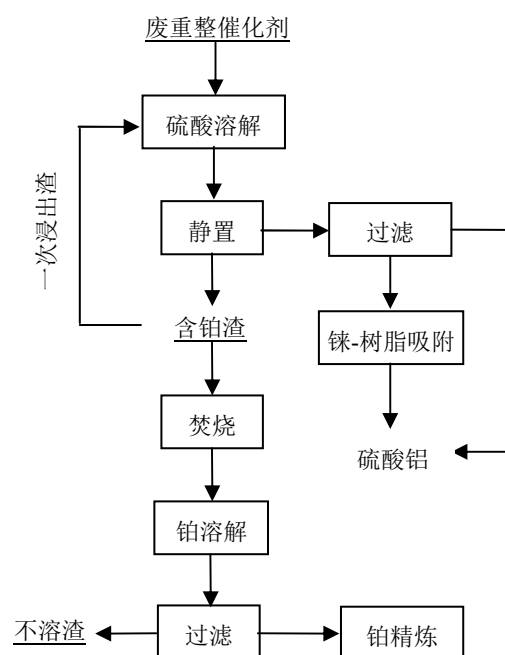


图6 石油重整废催化剂的综合回收流程

Fig.6 Recycling process of spent petroleum reforming catalyst

2.4 铂族金属二次资源的精炼技术

铂族金属的精炼技术包括铂族金属与贱金属的分离和铂族金属的相互分离。一般情况下,铂族金属以络阴离子的形态存在于溶液中,而贱金属以水合阳离子存在于溶液中,铂族金属与贱金属的化学性质差别很大,贵贱金属之间的分离相对简单,但铂族金属有相似的化学特性,因此铂族金属元素之间的相互分离很困难^[27-36]。

常用的铂族金属精炼技术有:化学沉淀、结晶、溶剂萃取、离子交换、电化学沉积、分子识别、氧化蒸馏、高温熔炼等^[37-41]。

图7、8分别是贵研资源(易门)有限公司使用的溶剂萃取装置和在建的分子识别系统,以适应不同物料的分离要求。

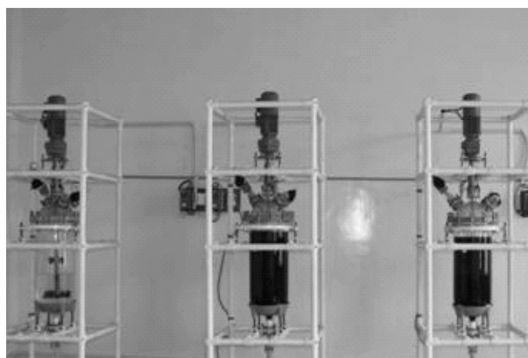


图7 用于铑铱分离的溶剂萃取系统

Fig.7 Solvent extraction plant for the separation of Rh with Ir



图8 用于铂族金属相互分离的分子识别系统

Fig.8 Molecular identification system for the separation of PGMs

3 结论和展望

铂族金属二次资源回收市场前景广阔,开展资源循环利用能够满足我国对铂族金属的迫切需求,

促进工业的发展,符合国家的产业政策,是时代发展的要求。

我国的铂族金属二次资源回收利用产业正蓬勃发展,技术水平、装备能力都有了显著的提升,与跨国公司的差距在不断缩小。贵研资源(易门)有限公司将继承前辈的团结、开拓、奉献的精神,积极响应国家提倡的资源循环利用的政策,在前人的基础上继续努力,提升民族铂族金属二次资源综合利用产业水平,将贵研资源打造成中国的“铂族金属之都”。

参考文献:

- [1] 刘时杰. 铂族金属矿冶学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001.
- [2] Jonathan Butler. Platinum 2012[M]. Hertfordshire UK: Johnson Matthey, 2012.
- [3] 韩守礼, 吴喜龙, 王欢, 等. 从汽车尾气废催化剂中回收铂族金属研究进展[J]. 矿冶, 2010, 31(2): 80-83.
- [4] 潘再富, 刘伟平, 陈家林, 等. 铂族金属均相催化的研究和应用[J]. 贵金属, 2009, 30(3): 42-49.
- [5] Christian Hageluen. Precious metals process catalysts-materials flows and recycling[J]. Chimica Oggi-Chemistry Today, 2006, 24(2): 14-17.
- [6] 张广林, 孙殿. 炼油催化剂[M]. 第二版. 北京: 中国石化出版社, 2012.
- [7] 侯美生. 中国炼油技术[M]. 第三版. 北京: 中国石化出版社, 2011.
- [8] 室井高城. 工业贵金属催化剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [9] 刘坚志. 用选矿方法从玻纤工业废耐火砖中回收铂铑合金[J]. 中国资源综合利用, 1984(3): 38-39.
- [10] 姚现召, 张泽彪, 彭金辉, 等. 玻纤工业废耐火砖中铂铑金属微波碱熔活化-水溶酸浸富集工艺[J]. 过程工程学报, 2011, 11(4): 579-584.
- [11] 林晓, 曹宏斌, 李玉平, 等. 电子废料中的贵金属回收技术进展[J]. 现代化工, 2006, 27(6): 12-16.
- [12] 陈艳, 胡显智. 电子废料中贵金属的回收利用方法[J]. 中国矿业, 2006, 15(12): 102-104.
- [13] 韩守礼, 贺小塘, 吴喜龙, 等. 用含钨废料直接制备试剂级三氯化钨[J]. 贵金属, 2009, 30(4): 37-39.
- [14] 韩守礼, 贺小塘, 吴喜龙, 等. 用钨废料制备三氯化钨及靶材用钨粉的工艺[J]. 贵金属, 2011, 32(1): 68-71.
- [15] 戈润滔. 贵金属分析取样理论中的泊松分布及计算选例[J]. 黄金, 1994, 15(8): 50-53.

- [16] 林海山, 唐维学. 二次资源中贵金属分析方法最新应用[J]. 中国无机分析化学, 2011, 1(1): 40-45.
- [17] 张凤霞, 张志刚. 贵金属的回收及检测方法综述[J]. 中国贵金属, 2010, 5(6): 59-61.
- [18] 鞠军, 陈永红, 高广飞. 贵金属首饰分析研究进展[J]. 黄金, 2011, 32(6): 57-60.
- [19] 董守安. 现代贵金属分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [20] 陈景. 贵金属冶金工艺及理论的研究发展方向[J]. 有色金属, 2002, 54(B07): 1-2.
- [21] Keyworth B. The role of pyrometallurgy in the recovery of precious metals from secondary materials [C]// USA: IPMI 6th International Precious Metals Conference, 1982, 509-538.
- [22] Fathi Habashi. Handbook of Extractive Metallurgy: Precious metals, refractory metals, scattered metals, radioactive metals, rare earth metals[M]. USA: Wiley-VCH, 1997.
- [23] 赵桂良, 高超, 史建公, 等. 含铂废催化剂综合利用技术进展[J]. 中外能源, 2010, 14(3): 65-71.
- [24] 傅建国. 从石油重整废催化剂中回收铂[J]. 中国有色冶金, 2006, 35(2): 43-44.
- [25] Jae ChunLee, Jinki Leong. 硫酸溶解法从废石油催化剂中回收铂[J]. 中国资源综合利用, 2002, 20(5): 16-19.
- [26] 张方宇, 李耀星. 从含铂废渣中回收铂和铝[J]. 有色金属, 2002, 54(B07): 157-159.
- [27] 余建民, 贺小塘. 贵金属提取分离技术新进展[J]. 稀有金属, 1998, 22(2): 123-126.
- [28] 陈景. 铂族金属冶金化学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [29] U H 马斯列尼茨基. 贵金属冶金学[M]. 北京: 原子能出版社, 1992.
- [30] Matthias G, Horst M, Joachim K. Technological aspects in PGM refining[J]. World of Metallurgy-Erzmetall, 2006, 59(2): 81-86.
- [31] 贺小塘, 吴立生, 吴喜龙, 等. 镀铑铜丝的综合回收[J]. 贵金属, 2011, 32(1): 65-67.
- [32] 贺小塘. 铑的提取与精炼技术进展[J]. 贵金属, 2011, 32(4): 72-78.
- [33] 贺小塘, 韩守礼, 吴喜龙, 等. 从铂-铑合金废料中回收铂铑的新工艺[J]. 贵金属, 2010, 31(3): 56-59.
- [34] 贺小塘, 刘伟平, 吴喜龙, 等. 从有机废液中回收铑的工艺[J]. 贵金属, 2010, 31(2): 6-9.
- [35] Bernardis F L, Grant R A. A review of methods of separation of the platinum-group metals through their chloro-complexes[J]. Reactive & Functional Polymers, 2005, 65: 205-217.
- [36] 余建民, 贺小塘, 李奇伟, 等. 贵金属富集与精炼工艺中铜的分离方法[J]. 贵金属, 2001, 22(4): 60-64.
- [37] 马弘, 侯凯湖. 贵金属回收中的离子交换树脂技术[J]. 中国资源综合利用, 2006, 24(9): 7-10.
- [38] 余建民, 贺小塘. 溶剂萃取分离铑的研究进展[J]. 矿冶, 1997, 6(4): 58-61.
- [39] 贺小塘, 韩守礼, 吴喜龙, 等. 分子识别技术在铂族金属分离提纯中的应用[J]. 贵金属, 2010, 31(2): 53-56.
- [40] Steven R Izatt, Neil E Izatt, Bonald L B, et al. A commercial molecular recognition technology (MRT) process for the recovery and purification of rhodium from a complex refinery feed stream[C]// USA: International Precious Metals Institute 33th Annual Meeting, 2009.
- [41] 蒋朝军, 王中茂. 氯化精炼提纯玻璃纤维用旧漏板铂铑合金方法: 中国, CN 101974698A [P]. 2006-04-12.

(上接第 81 页)

- [28] 童雄, 钱鑫, 黄伟. 硫脲浸金过程选择氧化剂的热力学判据研究[J]. 有色金属, 1997, 49(3): 52-54.
- [29] 柴立元. 碱性硫脲从含金废料中选择性溶金的研究[D]. 长沙: 中南工业大学, 1997.
- [30] Chai Liyuan, Masazumi, Okido. Dissolution theory of gold in alkaline thiourea solution (III): Thermodynamics on dissolution of gold in alkaline thiourea solution containing Na_2SO_3 [J]. Transaction of Nonferrous Metals Society of China, 1999, 9(3): 646-650.

CPMC

“2013 年全国贵金属会议”征文通知

1997 年以来,中国有色金属学会贵金属学术委员会(CPMC)主办了国内、国际学术会议及专题研讨会 10 余次,为中国、全球贵金属及相关行业交流与合作,贵金属学术交流和商务洽谈,以及贵金属的发展和创新,起到了极大的推动作用。尤其是近五年,会议在保持浓厚学术氛围的基础上,交流范围进一步扩大,涵盖了技术、信息、市场及相关产业链等方面,成为中国贵金属最有影响力的交流平台。

全球贵金属发展多年,中国贵金属也进入近十年的黄金发展期,在当今全球经济错综复杂的形势下,未来贵金属如何发展?面临怎样的机遇和挑战?这将是“2013 年全国贵金属会议”的使命。“2013 年全国贵金属会议”将于 2013 年 11 月在云南腾冲召开,会议将围绕“贵金属的创新与发展”,以全方位的视角、战略性的高度探索方向、规划未来,谱写贵金属发展的新篇章。届时,昆明贵金属研究所还将在 2012 年发布的《贵金属蓝皮书》基础上,持续发布 2013 年年度《贵金属蓝皮书》行业报告。

现将有关事项通知如下:

一、主办单位

中国有色金属学会贵金属学术委员会

二、承办单位

昆明贵金属研究所 贵研铂业股份有限公司

三、会议日期、地点

2013 年 11 月 云南·腾冲

四、征文范围

- 1、贵金属材料与技术
- 2、贵金属资源与技术
- 3、贵金属检测与技术
- 4、贵金属市场与投资

五、征文要求

本次会议将面向全国征集与会议主题相关的论文,择优选用并安排会议发言。提交的论文由中国有色金属学会贵金属学术委员会评审,录用的论文入编中文核心期刊、中国科技核心期刊《贵金属》增刊出版。录用论文稿件每篇收取版面费 500 元,论文作者确定参加会议的免收版面费。

1、论文截止时间

请于 8 月 31 日前将论文发至 cpmc@ipm.com.cn。请在邮件中注明“CPMC2013”论文,注明作者姓名、工作单位、详细地址、电话、E-mail 地址。

2、论文要求

(1) 论文字数要求在 4000—7000 字左右。

(2) 论文应包括论文题目、作者姓名、工作单位、通讯地址、邮政编码、电话、论文摘要、关键词、正文、参考文献。

(3) 论文文稿用 Microsoft Word 文档投稿,页面尺寸为 A4。要求文中图、表清晰,不采用彩色线条。

六、联络方式

地 址:昆明高新技术开发区科技路988号 昆明贵金属研究所(邮编:650106)

联 系 人:陈家林 邱红莲 朱 梅

联系电话:0871-68328605 0871-68328176 15987152364(朱梅)

传 真:0871-68329961

E-mail: cpmc@ipm.com.cn