

稀散金属锗富集回收技术的研究进展*

周智华¹ 莫红兵²

(1. 湖南科技大学化学工学院·湘潭 411201; 2. 中南大学化学化工学院·长沙 410083)

摘要: 锗主要应用于电子工业, 随着锗应用越来越广, 需求量稳定增长。本文综述了近年来稀散金属锗的富集、回收技术的发展和现状, 系统地介绍了金属锗回收的途径和富集、回收的方法。

关键词: 锗 富集 回收

中图分类号: TF803.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4051(2006)02-0064-04

PROGRESS OF TECHNOLOGY ON RECOVERY AND PRECONCENTRATION OF GERMANIUM

Zhou Zhihua¹ · Mo Hongbing²

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University of science and technology · Xiangtan 411201; 2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Central-south University, Changsha 410083)

Abstract: Germanium is mainly used in electronic and communication industry. The application of germanium becomes wider and wider and the need for it increases steadily. The paper reviews the progress of technology on recovery and preconcentration of germanium, especially on the method and approach of recovery and preconcentration of germanium.

Key words: Germanium recovery Preconcentration

锗广泛应用于电子、原子能工业等高科技领域、具有重要的经济价值。目前, 全世界对锗的需求逐年增加。锗除了少部分存在于独立矿物中, 大部分通常伴生于铅锌矿中, 主要来自于粗金属的生产。由于锗在锌浸渣中主要以类质同相存在, 所以从锌浸渣提取锗有一定的难度, 且其回收成本受原料中锗的回收率影响较大, 并受处理矿物中所采用工艺的制约。近年来, 随着锗的用途越来越广, 锗的需求量也在不断增加, 而对于锗的富集、回收也进行了很多的研究。随着高科技的发展, 其回收工艺有了较大的发展。本文主要综述了金属锗回收的途径和富集、回收的方法。

1 酸浸法

酸浸法包括常压酸浸法和加压酸浸法。

Megan^[1]和郑顺德^[2]的研究表明: 利用常压酸浸法从锌浸渣中提取镓和锗, 镓锗不能同时达到很高的浸出率。MeganP. 研究了酸浓度、浸出时间和温度及SO₂添加的效果, 还研究了预焙烧锌浸渣。锌浸渣在80℃用硫酸浸出4h, 锗的浸出率从28.8%提高到57.3%; 当温度从25℃提高到100℃, 浸出时间4h, 锗的浸出率从44%提高到57.1%; 采用通入SO₂的方法, 浸出时间从1~6h, 浸出温度80℃, 锗的浸出率从46%提高到59%。赋存状况。研究发现, 锌焙砂在浸出过程中, pH接近1.5~2, 发生反应生成的Si(OH)₄的多聚体吸附锗, 形成的结构很复杂; 产生的Si(OH)₄越多, 吸附越强, 锗的浸出率越低。Harbuck^[3]提出了提高锗浸出率的措施: 降低锌精矿中硅含量, 降低焙烧温度, 在HF浸出。H₂SO₄浸液中不溶解的锗以SiO₂·GeO₂形式存在, 在80℃继续用HF与不溶解残渣比为1:4, 可提取留在残渣中锗的93%, 将H₂SO₄和HF两者浸出的锗

* 本课题为国家“九五”科技攻关资助项目

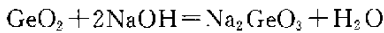
收稿日期: 2005 09 12

作者简介: 周智华(1973-) 男 汉族 湖南双峰人 硕士 讲师

相加, 锗的浸出率可达 98%。用常压酸浸法从锌浸渣提锗, 由于酸的消耗量大, 对环境污染严重, 常压酸浸法用于生产还有一定的困难。Megan P^[1] 等人通过加法的办法浸出锌浸渣中的镓锗, 在实验室取得良好的效果: 在 200℃, 锗浸出率 96%。鲁军乐等^[2] 进行了“热酸浸出—铁矾法炼锌工艺中锗和银的富集和回收”的实验室扩大试验, 在 10 个循环试验中, 工艺流程畅通, 以黄钾铁矾沉铁代替通常的钠或铵铁矾沉铁使锗在矾渣中的损失减少到 50% 以下, 锗的银都富集于高酸浸出渣中, 它们的总回收率分别为 89.93%~100%; 锌的总回收率分别为 96.80% 及 92.52%。这些为工业性试验提供了可靠依据。也有文献报导^[3] 采用湿法“稀酸浸取萃取法提锗—浓酸浸取复盐热解法提铝—硅质渣制造水泥”3 步连续加工新技术, 有效地回收了粉煤灰中的金属锗和铝, 余渣则全部用于制备硅酸盐水泥, 从而为再生资源—粉煤灰的高技术综合利用提供了一条经济可行的途径。

2 碱浸法

浸锌渣中的锗在 NaOH 溶液中发生下列反应:

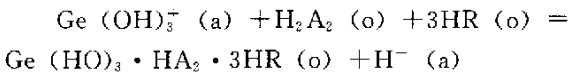


研究表明^[7]: 用苛性钠分解湿法炼锌浸出渣, 可使锗进入溶液, 铁留在残渣中。然后往溶液中添加碳酸钠沉淀锗, 再以盐酸溶解, 借助溶剂萃取。碱浸法处理浸锌渣, 工艺简单, 设备材质容易解决, 能综合回收有价金属, 碱也可再生返用。但浸锌渣含硅高时高碱浓度浸出液中液固分离较困难。

3 萃取法

锌渣中回收锗是先用盐酸或硫溶解锌渣, 再用溶剂萃取的方法提取锗。用溶剂萃取法分离、富集锗化合物是提取锗的重要方法。MHO 采用溶剂萃取法从酸溶液中回收锗, 萃取剂为 LIX63^[8], 该工艺处理效果好, 但与热酸浸出工艺矛盾, 只能在低酸度范围内操作。法国的 Minemet Recherche 开发了从硫酸盐或氯化物中高选择性地回收锗的工艺^[9], 该工艺采用 Kelex100 (8-羟基喹啉) 为萃取剂, 可在很大范围内作业。采用该处理系统具有许多优点: 灵活性大, 选择性好, 负载能力强。在典型黄钾铁矾和赤铁矿法处理工艺中, 酸浸液中锗可能大量积累, 造成对锌电解的不利, 因此用溶剂萃取工艺从浓度很高的溶液中提取锗是可行的, 而在针铁矿法处理工艺中, 循环溶液中几乎没有锗的积累现象, 在这种情况下采用 Kelex100 萃取剂特别有效。在溶剂萃取锗方面, 羟基肟萃取体系和羟基喹啉萃取系统已得到发展, 它们对锗的富集很有

效。我国在溶剂萃取法回收锗方面也做了大量的探索。最常用的萃取剂是二(2-乙基己基)磷酸(HDEHP, P204), 属于酸性磷类萃取剂。HDEHP 萃取 Ge 的动力学机理为界面化学反应控制机理, 界面上 HDEHP 的浓度直接影响其萃取速率。采用逆流酸浸—P204 溶剂萃铟—丹宁沉锗—乙酰胺萃镓的综合法回收其中锌渣的镓、铟及锗^[10]。在回收镓之前, 先用 P204 萃铟, 萃余液用传统的丹宁沉锗—氯化蒸馏法提锗。但丹宁法沉锗有不足之处: 丹宁渣难以过滤, 锗穿滤损失大; 丹宁有机物影响硫酸锌产品白度, 沉锗后含丹宁硫酸锌溶液不适于锌的电沉积。株冶与广州有色金属研究院合作研制了“在硫酸体系中, 使用 P204 + Y_{w-100} 协同萃取锗”新工艺, 实现了从硫酸体系中全萃取回收锗^[11,12]。为了进一步提高锗的萃取率, 将锗萃取剂中 P204 与煤油的配比由传统的 1:4 改为 1:9, 改进后产量明显上升, P204 与煤油单耗明显下降。多年的生产实践表明: 萃取法比传统的丹宁沉淀法有更多的优越性: 萃取剂价廉及来源充足, 萃铟余液可接着萃锗, 萃锗余液调酸补加 Y_{w-100} 消耗大和反萃率低的问题。株冶先后分别探索了采用氢氧化钠代替氨水反萃锗以及将连续补充 Y_{w-100} 改为间接补充 Y_{w-100} 等工艺, 反萃率由 50% 提高到 70%, 锗产量有了大幅度的提高。但氢氧化钠对锗的反萃率仍然较低, 锗生产仍有潜力可挖。为了寻求更好的反萃剂, 核工业部北京冶化院推出了“B”试剂回收锗新工艺^[11], 该工艺能使锗反萃率提高到 95% 以上, 提高锗直收率 12% 左右(置换渣—锗富集物)。但工艺中反萃锗时, “B”试剂浓度过高, 造成辅材成本上升。尤为突出的是反萃锗至沉锗阶段循环液体段膨胀严重, 每隔一段时间不得不将此液排入下水道。因此造成“B”试剂消耗大, 污染环境。但可以通过降低“B”试剂浓度解决, 试验表明: 当降低“B”试剂浓度到 0.5~1.0mol/L 时, 完全能使锗反萃率达 96% 以上。采用用长链烷基羟肟酸(C₁₀₋₁₃)作萃取剂进行离心萃锗试验^[13]。结果表明: 长链烷基羟肟酸性能稳定, 再生循环情况良好, 水溶损失小, 适合做离心萃锗剂; 长链烷基羟肟酸配制的萃锗有机相在三级萃取条件下使余液含锗降至 5ml/L 以下, 可有效分离提锗, 完全可满足锗从锌系统开路所需的锗萃取率; 试验所用的长链烷基羟肟酸离心萃锗, B 反萃剂反萃工艺可行。机理是用 P₂₀₄ (H₂A₂) + C₁₀₋₁₃ (HR) 协萃锗, 萃取时发生阳离子交换, 生成一种十分稳定的萃合物, 反应如下:



以氧肟酸 HGS98 为萃取剂, P204 为协萃剂, 煤油为稀释剂, NH_4F 为反萃剂, 对湿法炼锌过程萃钢余液中锗进行了萃取分离提取。该工艺选择性好, 金属回收率高, 操作简便^[14]。在乳状液膜体系自湿法治锌系统中经一级同时分离镓和锗^[15], 建立了用 P₂₀₄ 和 C₃₋₇ 羟肟酸协同载体, pH 为 3.2 的 NH_4F 溶液为内水相试剂, 使 Ge^{4+} 以溶液状态而 Ga^{3+} 同以 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ 沉淀同步迁移进入内水相并分别回收的液膜体系, 研究了影响 Ga^{3+} 、 Ge^{4+} 迁移的各种因素, 并用加入铁粉法除去了杂质 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 对 Ga^{3+} 、 Ge^{4+} 迁移的干扰。所得镓和锗的回收率分别为 94.7% 和 98.6%, 纯度为 97.8% 和 96.3%。采用新型萃取剂 7815 和反萃取剂 B^[16], 用萃取法从锌浸出液中回收锗, 研究表明, $\rho(\text{Ge})$ 为 0.015~0.003g/L 的锌浸出液, 经三级萃取、一级反萃取, 可得到 $\rho(\text{Ge}) > 3.5\text{g/L}$ 的反萃取合格液。合格液经中和可得 $w(\text{Ge}) > 20\%$ 的粗 GeO_2 产品。中和母液初加反萃取剂后返回使用。以 7815+添加剂+煤油为有机相, NaOH 为反萃剂, 从硫酸锌溶液中萃取提锗^[17]。从硫酸锌溶液至锗精矿锗的回收率大于 94%, 锗的直收率约 80%, 锗精矿含 Ge30% 左右, 萃取提锗后的萃余液经除油处理后, 对锌电解工艺无不良影响。用“H”+煤油+添加剂作萃取剂, 对锗的回收工艺进行了研究^[18]。结果表明: 对于含锗为 0.02~0.03g/L 的氧化锌酸浸上清液, 用“H”+煤油+异辛酸(或 TBP)萃取回收锗, 不仅试剂消耗小, 而且产品(锗富集物)含锗可达 22% 以上。

4 联合法

联合法包括磁选—电解联合法和火湿法联合法。磁选—电解联合法中, 镓锗在回转窑的挥发率较低, 磁选—电解联合法思想是抑制镓锗挥发。工艺流程^[10]如下: 将锌浸渣配以 30% 的煤粉送入回转窑进行高温(1300℃)还原焙烧, 锌浸渣中的锌、铅挥发, 有少量的锗、镓挥发, 大部分镓锗留在窑渣内。由于镓锗的亲铁性, 镓锗大部分富集在还原铁中。窑渣经过粉碎后, 进行磁选, 对磁性物进行回收; 磁性物电炉溶炼制成粗铁, 电解, 从阳极泥中回收镓、锗或将磁性物直接用酸浸。由于在还原焙烧过程中, 回转窑温度很高, 各种反应是在熔融态发生的, 得到的窑渣在结构上表现为各种化合物和合金相互紧密嵌布, 组成复杂, 镓锗常镶嵌

在另一种构造的颗粒之中, 或与铁形成合金, 所以用物理方法很难分开, 即使用磁选法分离获得的产物, 每种产物中含有镓锗, 而没有一个产物可以称得上是富集物。对磁性产物进行处理, 不管是酸浸还是电解, 能耗都很大, 并且镓锗的回收效果不好, 有待进一步研究。采用火湿法联合工艺^[19]处理锗蒸馏残渣, 该工艺是先将锗残渣经多膛炉焙烧, 然后酸洗, 单宁沉锗, 烟化炉处理洗涤渣, 最后用湿法从烟气中回收锗。锗的挥发率及湿法直收率分别为 90.23%, 73.85%。实践证明, 该工艺是从锗残渣中回收锗的一条有效途径。

5 碱熔—中和法

锌浸酸在碱溶时发生下列反应: $\text{GeO}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{GeO}_3 + \text{CO}_2$

郑顺德^[2,20]等人用碱溶法处理锌浸渣, 锌浸渣配加碳酸钠在 950~1100℃ 碱溶, 碱渣进行球磨水浸, 然后用 CaCl_2 沉锗, 酸浸锗渣, 酸浸液加 NaOH 调 pH 值至 1~2, 然后进行栲胶沉锗, 将锗的富集物在 550℃ 焙烧 3h, 得到含锗 10%~25% 的富锗精矿。锗的回收率达到 82%。该工艺锗的回收率较高, 其他元素也得到了回收, 但是该工艺有待于进一步改进, 锌浸渣直接配碱, 碱的消耗量较大, 球磨时间过长, 能耗高, 锗进入碱性溶液, 利用酸碱中和, 酸碱耗费大, 液固分离较多, 降低锗的回收率, 提高了成本。采用碱熔—碱煮—中和和沉锗—酸浸提钢工艺回收电炉底铅中的钢和锗, 具有流程及设备简单、投资少、钢的回收率高、操作容易、生产成本低、经济效益显著等优点。锗的总直收率可提高 11.8%。长期积压的电炉底铅可望得到合理利用。该法稍不足的是: 锗的直收率偏低, 锡比较分散, 碱耗较大。熔盐分层法处理隔焰炉底铅的试生产表明^[21]: 底铅中的有价金属锗绝大部分进渣, 钢和铅大部分进粗铅, 然后可用常规流程分别回收钢、锗、铅; 该工艺独创, 设备投资少, 有价金属分离效果好、操作容易、生产成本低、钢锗铅回收率高、环境污染小、经济效益显著。

6 真空熔炼法

锗常赋存于铅、锌矿中。硬锌是火法治炼铅锌过程中的副产物, 其主要成分是铅、锌, 常含锗、钢等。用真空炉蒸馏出锌和锌铅合金, 使锗、钢富集蒸馏残渣中, 即得到锗(钢)精矿。硬锌真空蒸馏, 在真空度 66~106Pa, 温度 1000℃, 恒温蒸馏 40~100min, 锗在残渣中的富集比为 10.63~1520 倍, 直收率 97.26%~94.09%, 钢的富集比大于

9.5 倍，直收率大于 90%^[22]。在密闭鼓风炉炼铅锌过程中，锗和铟富集于真空炉渣中，铟富集于 B 塔底铅和粗铅中，先采用氯化蒸馏从真空炉渣中回收锗，再从其残液中用 TBP 和 P204 萃取回收铟，锗、铟的回收率分别高于 78%、83%，采用碱熔造渣捕集铟、水洗除碱、混酸浸出铟的工艺从 B 塔底铅中回收铟，回收率 85%^[23]。

7 展望

多年来，我国对锗的回收进行了大量有成效的工作。提取锗各种方法中，加压酸浸法、溶剂萃取法等已在生产中成功使用，其他方法尚处于试验阶段，但是加压酸浸法、溶剂萃取法等都存在镓锗回收率低的问题，可以加快新型溶剂的研制、开发、生产和推广；对磁选联合法做进一步改进，使铅锌挥发，在不形成熔融态的条件下使铁还原，镓、锗等元素充分富集在金属铁相中，以增强磁选分离的效率。

参考文献

[1] Megan P, Wardell, Acid Leaching Extraction of Ga and Ge. [J] J Met, 1987, 39 (6): 40-45.
 [2] 郑顺德. 从锌渣浸渣中综合回收锗铅银的试验研究 [J]. 有色冶炼, 2001, (4): 34-38.
 [3] Harbuck D, D. Increasing germanium extraction from hydrometallurgical zinc residues [J]. miner H & metallurgical process, 1993, 10 (1): 1-4.
 [4] Megan P, Wardell, Extraction of germanium and Gallium from Domestic resources [J]. Light Metals, 1998, (5): 857-862.
 [5] 何静, 鲁君乐, 刘中清. 热酸浸出一铁矾法炼锌工艺中富集锗的研究 [J]. 广东有色金属学报, 2002, 12 (SI): 21-28.
 [6] 黄少文, 刘蓓, 李祥生等. 酸浸法粉煤灰提锗提铝及材料应用

研究 [J]. 南昌大学学报 (工科版), 1999, 21 (3): 85-90.
 [7] Torma A, E. Method of extraction of germanium and Gallium [J]. Miner. Process. Extr. Metall. 1991, (3): 235-258.
 [8] Schepper A, D. Hydrometallurgy, 1976, (1): 291-295.
 [9] Cote G, A. Hydrometallurgy, 1980, (5): 149-154.
 [10] 蔡江松, 杨永强, 张亚平. 从锌浸渣中回收镓和锗的研究及实践 [J]. 矿产保护与利用, 2002, (5): 34-37.
 [11] 肖华利. 株冶回收锗技术的变革与展望. 有色冶炼, 1996, (6): 54-57.
 [12] 肖华利. 株冶从铟锗置换渣中提取锗的技术进步 [J]. 稀有金属, 2000, 24 (4): 273-276.
 [13] 凌克奇, 刘一宁. 长链烷基羟胺离心萃锗试验 [J]. 有色金属 (冶炼部分) 1998, (5): 37-38.
 [14] 汤淑芳, 周春山, 蒋新宇. 锗的氧胺酸 HGS98 萃取分离研究. [J] 稀有金属, 2000, 24 (4): 273-276.
 [15] 石太宏, 王向德, 万印华等. P204 与 C5-7 羟胺酸液膜体系自湿法治锌系统中同步迁移分别回收镓和锗 (II). 膜科学技术, 1999, 19 (4): 34-38.
 [16] 谢访友, 王纪, 冯理理等. 有萃取法从锌浸出液中回收锗 [J]. 铀矿冶, 2000, 19 (2): 91-96.
 [17] 陈世明, 李学全, 黄华堂等. 从硫酸锌溶液中萃取提锗 [J]. 云南冶金, 2002, 31 (3): 101-105.
 [18] 肖华利. 用“H”试剂从氧化锌酸浸液中回收锗的试验研究 [J]. 稀有金属与硬质合金, 1998, (2): 19-22.
 [19] 王洪江, 罗恒. 火湿法联合工艺处理锗蒸馏残渣. 广东有色金属学报, 2002, 12 (SI): 44-50.
 [20] 郑顺德, 从电炉底铅中回收铟和锗 [J]. 有色金属 (冶炼部分), 1997, (3): 26-28.
 [21] 郑顺德. 熔盐分层法处理熔渣炉底铅有色金属 (冶炼部分) [J]. 1999, (6): 12-13.
 [22] 李淑兰, 刘永成, 翟大成. 硬锌真空蒸馏富集锗、铟的研究 [J]. 昆明理工大学学报, 1994, 19 (4): 38-45.
 [23] 吴成春. 在密闭鼓风炉熔炼过程中锗铟的富集及综合回收 [J]. 广东有色金属学报, 2002, 12 (SI): 39-43.

(上接第 63 页)

3 结果讨论

3.1 复合材料的力学性能

由表 2 可知, T₁、T₂、T₃ 的拉伸强度、屈服点应力、屈服点伸长率均高于 T₀, 只是扯断伸长率比 T₀ 低; 样品 T₁、T₂、T₃ 相比, 拉伸强度、扯断伸长率、屈服点应力、屈服点伸长率、邵氏硬度逐渐增加。从样品的各项性能指标看, 有机膨润土的加入量可以继续增加, 以便降低复合材料的生产成本。

3.2 结构的变化

从图 1 可以看出, 有机膨润土的 XRD 衍射峰明显, d₀₁₁=1.953nm, 衍射角 2θ 值由钠基蒙脱石的 6.76° 偏移到 4.52°, 且 d₀₀₁=1.322nm 的衍射峰仍然存在, 说明膨润土的有机化处理不彻底。纳米

复合材料 T₁、T₂ 的 d₀₀₁ 值由 3.6898nm 增加到 4.3103nm, 2θ 由 2.39° 降低为 2.048°。衍射峰向小角度方向移动。d₀₀₁ 值成倍增加, 说明 SBR 在熔融挤出过程中已经进入蒙脱石层间, 使其层间距迅速增大, 且 T₂ 比 T₁ 的插层效果更好; T₃ 在 2=2° 处没有出现衍射峰, 一般认为是基体中蒙脱石片层结构完全剥离成纳米片层无规则分散于基体中或是大分子 SBR 插层进入蒙脱石片层使其层间距足够大, 以致超过测试范围^[5]。从纳米复合材料的衍射图中还可以看出, 2θ=20° 附近的衍射峰呈弥散状, 也说明 SBR 的插入, 使蒙脱石的层状结构受到破坏, 结晶程度降低。

由图 2 可以看出, 蒙脱石剥离成纳米片层较均匀地分散于基体中, 形成纳米尺度的复合。

(下转第 70 页)

稀散金属锗富集回收技术的研究进展

作者: [周智华](#), [莫红兵](#), [Zhou Zhihua](#), [Mo Hongbing](#)
 作者单位: [周智华, Zhou Zhihua\(湖南科技大学化学工学院·湘潭, 411201\)](#), [莫红兵, Mo Hongbing\(中南大学化学化工学院·长沙, 410083\)](#)
 刊名: [中国矿业](#) **ISTIC PKU**
 英文刊名: [CHINA MINING MAGAZINE](#)
 年, 卷(期): 2006, 15(2)
 被引用次数: 5次

参考文献(23条)

- Megan P, Wardell [Acid Leaching Extraction of Ga and Ge](#) 1987(06)
- 郑顺德 [从锌渣浸渣中综合回收镉锗铅银的试验研究](#) 2001(04)
- Harbuck D, D [Increasing germanium extraction from hydrometallurgical zinc residues](#) 1993(01)
- Megan P; Wardell [Extraction of germanium and Gallium from Domestic resources](#) 1998(05)
- 何静; 鲁君乐; 刘中清 [热酸浸出-铁矾法炼锌工艺中富集锗的研究](#)[期刊论文]-[广东有色金属学报](#) 2002(SI)
- 黄少文; 刘蓓; 李祥生 [酸浸法粉煤灰提锗提铝及材料应用研究](#) 1999(03)
- Torma A, E [Method of extraction of germanium and Gallium](#) 1991(03)
- Schepper A, D [查看详情](#) 1976(01)
- Cote G, A [查看详情](#) 1980(05)
- 蔡江松; 杨永斌; 张亚平 [从锌浸渣中回收镓和锗的研究及实践](#)[期刊论文]-[矿产保护与利用](#) 2002(05)
- 肖华利 [株冶回收锗技术的变革与展望](#) 1996(06)
- 肖华利 [株冶从镉锗置换渣中提取锗的技术进步](#)[期刊论文]-[稀有金属](#) 2000(04)
- 凌克奇; 刘一宁 [长链烷基羟肟酸离心萃锗试验](#) 1998(05)
- 汤淑芳; 周春山; 蒋新宇 [锗的羟肟酸HGS98萃取分离研究](#)[期刊论文]-[稀有金属](#) 2000(04)
- 石太宏; 王向德; 万印华 [P204与C5-7羟肟酸液膜体系自湿法冶锌系统中同步迁移分别回收镓和锗\(II\)](#) 1999(04)
- 谢访友; 王纪; 马民理 [有萃取法从锌浸出液中回收锗](#)[期刊论文]-[铀矿冶](#) 2000(02)
- 陈世明; 李学全; 黄华堂 [从硫酸锌溶液中萃取提锗](#)[期刊论文]-[云南冶金](#) 2002(03)
- 肖华利 [用“H”试剂从氧化锌酸浸液中回收锗的试验研究](#) 1998(02)
- 王洪江; 罗恒 [火湿法联合工艺处理锗蒸馏残渣](#)[期刊论文]-[广东有色金属学报](#) 2002(SI)
- 郑顺德 [从电炉底铅中回收镉和锗](#) 1997(03)
- 郑顺德 [熔盐分层法处理隔焰炉底铅](#) 1999(06)
- 李淑兰; 刘永成; 翟大成 [硬锌真空蒸馏富集锗、镉的研究](#) 1994(04)
- 吴成春 [在密闭鼓风炉熔炼过程中锗镉的富集及综合回收](#)[期刊论文]-[广东有色金属学报](#) 2002(SI)

本文读者也读过(10条)

- 刘中清 [热酸浸出-铁矾法炼锌工艺中锗的富集](#)[期刊论文]-[矿冶工程](#) 2000(1)
- 阳海燕; 胡岳华. [YANG Hai-yan, HU Yue-hua 稀散金属镓锗在选冶回收过程中的富集行为分析](#)[期刊论文]-[湖南有色金属](#) 2003, 19(6)
- 肖靖泉; 朱国才 [锌冶炼烟尘中锗的富集及锌的回收](#)[期刊论文]-[金属矿山](#) 2004(5)
- 王玲; 张云鹏 [煤中锗提取的方法与分析](#)[期刊论文]-[煤炭加工与综合利用](#) 2003(6)
- 李胜荣; 肖启云; 申俊峰; 孙丽; 刘波; 阎柏琨 [湘黔下寒武统铂族元素来源与矿化年龄的Re-Os同位素制约](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2002, 32(7)

6. [林文军](#), [刘全军](#), [LIN Wen-jun](#), [LIU Quan-jun](#) [铈综合回收技术的研究现状](#)[期刊论文]-[云南冶金](#)2005, 34(3)
7. [罗道成](#), [刘俊峰](#), [LUO Dao-cheng](#), [LIU Jun-feng](#) [流动注射-离子交换分离-二溴邻硝基苯基荧光酮光度法测定煤中铈](#)[期刊论文]-[煤炭学报](#)2005, 30(4)
8. [王晓闻](#), [朱晓鸿](#) [富铈乳酸菌的筛选](#)[期刊论文]-[山西农业大学学报\(自然科学版\)](#)2003, 23(1)
9. [周昌芝](#), [胡晓云](#), [彭珊珊](#), [张奇凤](#) [石墨炉原子吸收光谱法测定大学生膳食中的Se、Mo、Ge、V](#)[期刊论文]-[光谱实验室](#)2002, 19(5)
10. [蔡江松](#), [杨永斌](#), [张亚平](#), [姜涛](#), [黄柱成](#), [郭宇峰](#), [李光辉](#) [从锌浸渣中回收镓和铈的研究及实践](#)[期刊论文]-[矿产保护与利用](#)2002(5)

引证文献(5条)

1. [普世坤](#), [严云南](#), [陈代凤](#) [硅-铈合金废料中铈的回收研究](#)[期刊论文]-[中国有色冶金](#) 2011(4)
2. [普世坤](#), [何贵](#) [太阳能电池用铈单晶片加工废料综合回收利用研究](#)[期刊论文]-[云南冶金](#) 2011(6)
3. [王晓华](#), [陶龙政](#), [郑永萍](#) [燃煤飞灰氯化浸出提取铈的研究](#)[期刊论文]-[内蒙古石油化工](#) 2007(8)
4. [周虹](#), [刘建](#), [吴书凤](#) [泡沫塑料法在高浓度盐酸溶液中吸附回收铈](#)[期刊论文]-[应用化工](#) 2011(11)
5. [刘爽](#), [鲁力](#), [柳德华](#), [康健](#), [黄鹏](#) [我国稀有及稀散金属综合利用技术综述](#)[期刊论文]-[矿产综合利用](#) 2013(5)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgky200602019.aspx