

钕铁硼废料和抛光粉废粉中稀土的 联合回收工艺研究

牟保畏, 王 丽, 雍胜利, 李红霞, 郭晶晶

(包头师范学院 化学学院, 内蒙古 包头 014030)

摘要:从钕铁硼废料和抛光粉废粉中回收稀土时,存在试剂耗量大、处理成本高等问题。针对上述问题,利用钕铁硼废料中铁的还原性,研究了采用联合工艺回收 2 种废料中的稀土。结果表明:先用 6 mol/L 盐酸溶解钕铁硼废料,再向酸解液中加入稀土质量 1.2 倍的草酸,铁沉淀率为 7.87%,而稀土沉淀率可达 96.51%,稀土沉淀物经焙烧可得稀土总量为 94.26%的氧化物;向沉淀后液中加入 6 mol/L 盐酸,用于从抛光粉废粉中还还原浸出稀土,在抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比为 3 g/6 mL、盐酸与沉淀后液体积比为 7/6、反应温度 60 °C、反应时间 30 min 条件下,抛光粉废粉中稀土平均浸出率可达 82.41%,浸出的稀土经草酸沉淀、焙烧,所得氧化物的稀土总量为 98.04%。该工艺可实现对 2 种废料中稀土的联合回收,显著降低稀土废料的处理成本,具有一定的推广应用价值。

关键词:钕铁硼废料;抛光粉废粉;酸浸;稀土;联合回收

中图分类号:TF845 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-2617(2025)02-0151-07

DOI:10.13355/j.cnki.sfyj.2025.02.003

钕铁硼废料和抛光粉废粉是稀土产品在生产 and 应用过程中产生的 2 种常见的废弃物,其中稀土含量均较高,具有很高的回收价值,且年产量较大^[1-2]。这 2 种废料均没有腐蚀性、浸出毒性和放射性,因此被归类为非危险性固体废物^[3-4],但有些极易自燃的钕铁硼废料具有一定的环境危害性^[5]。这 2 种废料与稀土精矿相比,杂质含量更低,更易于后续从中回收稀土,可以减少固废二次污染,同时降低稀土生产成本,对于实现稀土矿产资源的可持续利用具有重要意义。

目前从钕铁硼废料中回收稀土的方法主要分为火法和湿法 2 种工艺。火法工艺^[6-9]流程短,较为清洁,但处理量小,回收率低,能耗非常高,且对原料品质要求也相对较高,因此尚未实现工业化应用^[10]。湿法工艺包括全溶法^[11-12]、选择性浸出法^[13-16]等,其基本流程都是先将废料进行溶解,在溶解过程中或溶解后将稀土与铁进行分离,之后对稀土溶液进行除杂净化,最后将稀土沉淀后

进行焙烧,得到稀土氧化物。湿法工艺应用较广泛,但流程较长,最终还会产生一定量二次废物。

目前从抛光粉废粉中回收稀土的主要方法分为物理分离法与化学分离法。其中,物理分离法主要依靠浮选^[17]、磁选^[18]等技术将稀土氧化物与杂质分离,操作较简单,药剂消耗低,但杂质元素无法彻底去除,从而影响回收产品纯度与质量。化学分离法^[19-22]主要是通过化学反应或溶解—沉淀等工序将其中的杂质除去,使稀土氧化物富集,该法适用于回收纯度较高的混合或单一稀土,但一般工艺流程较长,酸碱耗量较大,成本偏高,且也会产生一定量二次废物。

值得注意的是,从钕铁硼废料中回收稀土时,其中的铁元素通常会被氧化成+3 价,导致其还原性未得到有效利用。而另一方面,采用还原剂辅助酸浸法^[23-24]回收抛光粉废粉中的稀土时,需要额外加入还原剂将 Ce(IV) 还原为易溶的 Ce(III)。鉴于钕铁硼废料和抛光粉废粉中各组

收稿日期:2024-10-15

基金项目:内蒙古自然科学基金面上项目(2022MS02005);包头师范学院科研项目(BSYKJ2023-ZY05)。

第一作者简介:牟保畏(1985—),男,硕士,讲师,主要研究方向为稀土湿法冶金。

通信作者简介:李红霞(1985—),女,博士,教授,主要研究方向为废水、废渣中资源的分离与提取及相平衡。E-mail:hongxia_lli@126.com。

分具有的不同特性,研究提出了一种联合工艺思路,将钕铁硼废料酸溶、草酸沉淀回收稀土后,再利用滤液中的 Fe²⁺ 对抛光粉废粉中的稀土进行还原浸出,在一种处理工艺中实现 2 种废料中稀土的联合回收,从而减少回收工艺过程的试剂消耗,实现稀土废料的低成本处理。

1 试验部分

1.1 试验原料及设备

钕铁硼废料为钕铁硼生产厂的切削料,薄片状,表面有一定程度的氧化而呈黑褐色,其主要化学成分见表 1,XRD 图谱见图 1。可以看出:钕铁硼废料所含主要元素是 Fe 和稀土元素 Ce、Pr、Nd,主要物相为 Nd₂Fe₁₄B、CeO₂、PrO₂、Nd₂O₃ 等。

表 1 钕铁硼废料的主要化学成分
Table 1 Main chemical components of NdFeB waste %

REO	Fe	B	Nd ₂ O ₃ /REO	Pr ₆ O ₁₁ /REO	CeO ₂ /REO
37.78	61.52	0.54	66.40	21.14	12.26

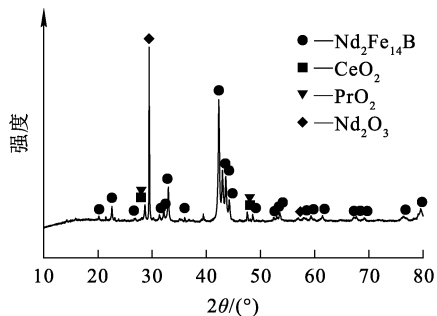


图 1 钕铁硼废料的 XRD 图谱

Fig. 1 XRD pattern of NdFeB waste

抛光粉废粉为灰白色粉末,在 100 °C 下烘干后过 100 目筛,备用,其化学成分分析结果见表 2,XRD 图谱如图 2 所示。可以看出:抛光粉废粉所含主要元素是 Si、Al 和稀土元素 La、Ce 等,主要物相为 CeO₂、LaOF、Al₂O₃ 等。

表 2 抛光粉废粉的主要化学成分
Table 2 Main chemical components of polishing powder waste %

REO	CeO ₂ /REO	La ₂ O ₃ /REO	Lu ₂ O ₃ /REO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
67.95	73.10	26.57	0.44	7.68	8.94	0.60	0.21

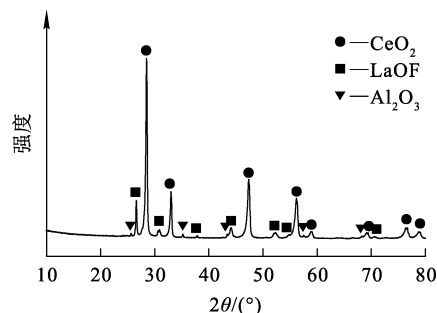


图 2 抛光粉废粉的 XRD 图谱

Fig. 2 XRD pattern of polishing powder waste

试剂:盐酸(天津市大茂化学试剂厂)、草酸(天津市风船化学试剂科技有限公司),均为分析纯。

设备:数显恒温磁力搅拌水浴锅(SHJ-2A,湖南前沿科技有限公司),马弗炉(SX13-BYI,包头云捷电炉厂),电子分析天平(T-403,北京赛多利仪器系统有限公司)。

1.2 分析方法

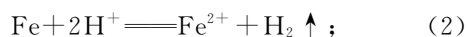
采用草酸盐重量法测定各固体、溶液中的稀土总量;采用重铬酸钾容量法测定溶液中的铁含量;采用 5110 全谱直读电感耦合等离子体发射光谱仪(安捷伦科技有限公司)测定 2 种废料中的稀土配分和硼、铝、镁等非稀土元素含量。

1.3 试验过程

1) 钕铁硼废料的处理

室温下,将钕铁硼废料分批加入到一定体积浓度为 6 mol/L 的盐酸中,直至不再溶解,过滤除去残留的少量油泥,所得酸解液在一定条件下加入一定质量比的草酸沉淀稀土,沉淀后液备用,滤渣晾干后于 950 °C 下焙烧 2 h,即可得到稀土氧化物,分析其稀土沉淀率。

该过程发生的主要化学反应如下:



酸解液中稀土或铁沉淀率的计算公式如下:

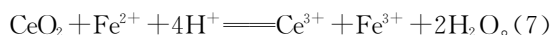
$$\eta = \frac{\rho_1 V_1 - \rho_2 V_2}{\rho_1 V_1} \times 100\%。 \quad (6)$$

式中:η—稀土或铁沉淀率,%;ρ₁—酸解液中稀土或铁质量浓度,g/L;V₁—沉淀过程所用酸解液体积,L;ρ₂—沉淀后液中稀土或铁质量浓度,g/L;V₂—沉淀后液体积,L。

2) 抛光粉废粉的处理

向上一工序沉淀后液中加入 6 mol/L 盐酸和一定量抛光粉废粉,在一定试验条件下反应后过滤,分析浸出液中稀土含量,计算抛光粉废粉中稀土浸出率。

该过程发生的主要反应如下:



抛光粉废粉中稀土浸出率计算公式如下:

$$x = \frac{\rho_3 V_3 - \rho_4 V_4}{m\omega} \times 100\% \quad (8)$$

式中: x —抛光粉废粉中稀土浸出率,%; ρ_3 —浸出液中稀土质量浓度,g/L; V_3 —浸出液体积,L; ρ_4 —沉淀后液中稀土质量浓度,g/L; V_4 —浸出过程所用沉淀后液体积,L; m —抛光粉废粉质量,g; ω —抛光粉废粉中稀土质量分数,%。

2 试验结果与讨论

2.1 钕铁硼废料酸溶液中稀土沉淀条件的选择

钕铁硼废料酸解液中含有大量 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} , 由于草酸与 Fe^{3+} 形成的配合物极易溶解^[25], 同时草酸稀土的溶解度远比草酸亚铁的小^[26], 因此, 可用草酸作为钕铁硼废料酸解液中稀土的沉淀剂, 优先沉淀稀土, 使其与铁分离。

为使生成的草酸稀土易于沉降和过滤, 将草酸沉淀稀土的温度控制在 70 °C^[27], 向钕铁硼废料酸解液中分别加入稀土质量的 1.1、1.2、1.3、1.4、1.5 倍的草酸, 搅拌反应 30 min 后过滤, 沉淀后液后续用于浸出抛光粉废粉中稀土, 滤渣经焙烧得到稀土氧化物。草酸与稀土质量比对钕铁硼废料酸解液中稀土、铁沉淀率及氧化物中稀土总量的影响结果如图 3 所示。

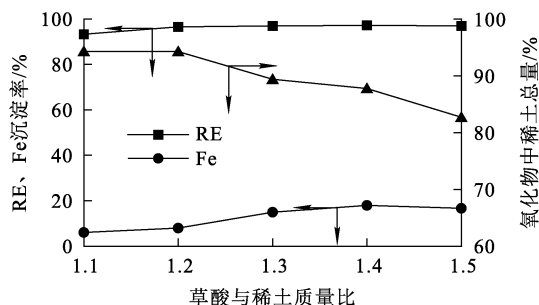


图 3 草酸与稀土质量比对钕铁硼废料酸解液中稀土、铁沉淀率及氧化物中稀土总量的影响

Fig. 3 Effects of mass ratio of oxalic acid to rare earth on precipitation rate of rare earth and iron and total amount of rare earth oxide in acid solution of NdFeB waste

由图 3 可知, 随草酸用量增加, 稀土和铁沉淀率均逐渐升高, 而氧化物中稀土总量降低; 草酸用量从稀土质量的 1.2 倍增至 1.3 倍时, 稀土沉淀率升幅不大, 而铁沉淀率明显升高, 氧化物中稀土总量大幅减小; 继续增加草酸用量, 稀土和铁沉淀率变化不大, 而稀土氧化物中稀土总量继续减小。综合考虑, 钕铁硼废料酸解液沉淀稀土时选择草酸用量为稀土质量的 1.2 倍, 此时铁沉淀率为 7.87%, 稀土沉淀率可达 96.51%, 该沉淀经焙烧所得氧化物稀土总量为 94.26%。

2.2 各因素对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响

2.2.1 抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比的影响

控制 6 mol/L 盐酸与沉淀后液体积比为 10/6, 在恒温 70 °C 下搅拌反应 30 min, 考察抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响, 结果如图 4 所示。

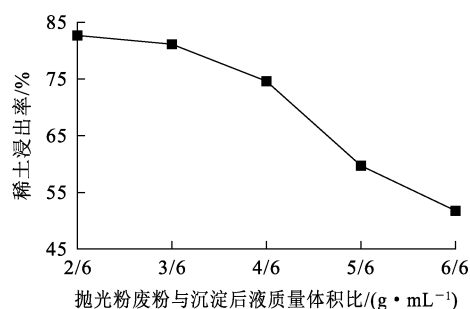


图 4 抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响

Fig. 4 Effect of solid mass to liquid volume ratio of polishing powder waste to precipitated liquid on leaching rate of rare earth in polishing powder waste

由图 4 可知: 稀土浸出率随抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比增大而逐渐降低, 这是因为抛光粉废粉中 CeO_2 的浸出需 Fe^{2+} 发挥还原作用, 而沉淀后液中 Fe^{2+} 总量有限, 当抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比较大时, 滤液中的 Fe^{2+} 无法将 CeO_2 完全还原浸出; 抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比由 3 g/6 mL 增至 4 g/6 mL 时, 稀土浸出率呈明显下降趋势。为保证抛光粉废粉中稀土浸出率, 选择抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比为 3 g/6 mL 进行后续试验。

2.2.2 盐酸与沉淀后液体积比的影响

控制抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比为 3 g/6 mL,在恒温 70 °C 下搅拌反应 30 min,考察 6 mol/L 盐酸与沉淀后液体积比对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响,结果如图 5 所示。

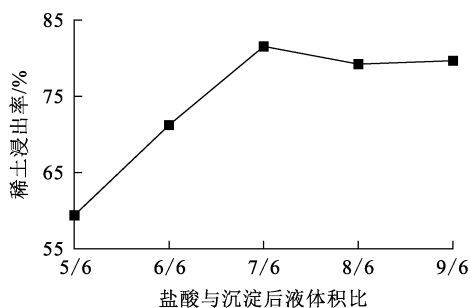


图 5 盐酸与沉淀后液体积比对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响

Fig. 5 Effect of volume ratio of hydrochloric acid to precipitated liquid on leaching rate of rare earth in polishing powder waste

由图 5 可知:稀土浸出率随盐酸与沉淀后液体积比增大而逐渐升高,说明增大盐酸用量有利于抛光粉废粉中稀土的浸出;盐酸与沉淀后液体积比增至 7/6 时,继续增大盐酸与沉淀后液体积比,稀土浸出率略有降低后趋于平稳。综合考虑,选择盐酸与沉淀后液体积比为 7/6 进行后续试验。

2.2.3 反应时间的影响

控制抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比为 3 g/6 mL、盐酸与沉淀后液体积比为 7/6,在恒温 70 °C 下搅拌反应,考察反应时间对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响,结果如图 6 所示。

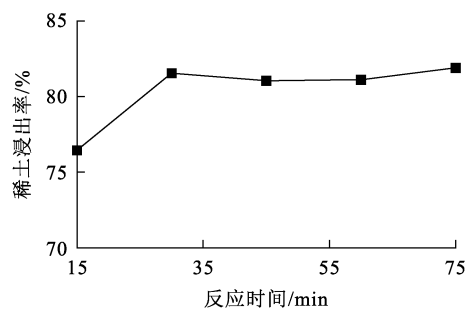


图 6 反应时间对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响

Fig. 6 Effect of reaction time on leaching rate of rare earth in polishing powder waste

由图 6 可知:抛光粉废粉中稀土浸出率随反应时间延长而逐渐升高;反应 30 min 后继续延长反应时间,稀土浸出率变化不明显。综合考虑,选择反应时间为 30 min 进行后续试验。

2.2.4 反应温度的影响

控制抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比为 3 g/6 mL、盐酸与沉淀后液体积比为 7/6,搅拌反应 30 min,考察反应温度对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响,结果如图 7 所示。

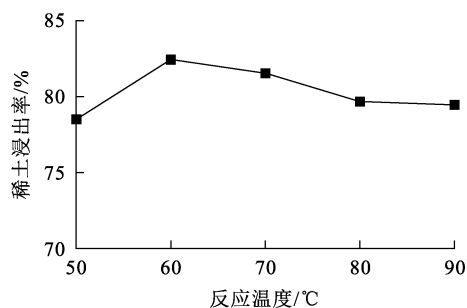


图 7 反应温度对抛光粉废粉中稀土浸出率的影响

Fig. 7 Effect of reaction temperature on leaching rate of rare earth in polishing powder waste

由图 7 可知:稀土浸出率随反应温度升高呈先升高后降低趋势;即适当升高反应温度有利于抛光粉废粉中稀土浸出;但温度超过 60 °C,稀土浸出率又呈略微下降趋势,这可能是由温度过高导致盐酸挥发所致。综合考虑,选择适宜的反应温度为 60 °C。

2.2.5 综合验证试验及浸出液中稀土的回收

由条件试验确定用钨铁硼废料酸解液的沉淀后液浸出抛光粉废粉中稀土的最优反应条件为:抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比 3 g/6 mL,盐酸与沉淀后液体积比 7/6,反应时间 30 min,反应温度 60 °C。在该条件下进行验证试验,结果见表 3。可知:在最优条件下,抛光粉废粉中稀土平均浸出率为 82.36%。与其他还原剂辅助酸浸法^[23-24]相比,该方法的稀土浸出率略低,这可能是由于钨铁硼废料酸解液沉淀稀土时所用草酸过量,后续再用沉淀后液还原浸出抛光粉废粉中稀土时,这部分草酸与抛光粉废粉中的稀土离子结合生成沉淀进入浸出渣中,导致抛光粉废粉中稀土浸出率略低。

表 3 综合验证试验结果

Table 3 Results of comprehensive verification test

试验编号	稀土浸出率/%
1	82.40
2	82.32
3	82.52
平均	82.41

将浸出液过滤后取滤液,加热至 70 °C,之后加入稀土质量 1.5 倍的草酸,搅拌反应 30 min 后过滤,得到草酸稀土沉淀,将沉淀焙烧得到稀土氧化物。经测定,所得稀土氧化物中稀土总量为 98.04%

3 结论

1)用 6 mol/L 的盐酸溶解钕铁硼废料,酸解液中加入稀土质量 1.2 倍的草酸沉淀稀土,稀土沉淀率为 96.51%,铁沉淀率为 7.97%,实现了稀土和铁的初步分离。沉淀经焙烧所得稀土氧化物的稀土总量为 94.26%。

2)将钕铁硼废料酸解液的沉淀后液用于浸出抛光粉废粉中稀土,在抛光粉废粉与沉淀后液质量体积比为 3 g/6 mL、6 mol/L 的盐酸与沉淀后液体积比 7/6、反应时间 30 min、反应温度 60 °C 最佳试验条件下,抛光粉废粉中稀土浸出率可达 82.41%,浸出的稀土经草酸沉淀、焙烧可得稀土总量为 98.04%的稀土氧化物。

3)钕铁硼废料和抛光粉废粉中稀土的联合回收策略充分利用了钕铁硼废料中铁的还原性,减少了 2 种废料湿法处理的试剂消耗量,降低了稀土废料的处理成本,实现了 2 种稀土废料中稀土元素的高效回收。该法能在一种处理工艺中同时解决 2 种稀土废料的回收问题,有利于稀土二次资源的有效利用和环境的可持续发展。

4)试验中发现,还原浸出抛光粉废粉中稀土后, Fe^{2+} 被氧化成 Fe^{3+} ,经草酸沉淀稀土后的滤液中又引入了大量 H^+ ,而 Fe^{3+} 和 H^+ 均可用于钕铁硼废料的溶解,后续可以深入开展相关研究,进一步减少钕铁硼废料溶解的盐酸消耗。

参考文献:

[1] 刘鲁静,王俊锋,覃波,等.钕铁硼废料资源化回收利用研究进展及双碳建议[J].中国稀土学报,2024,42(5):869-882.

LIU Lujing, WANG Junfeng, QIN Bo, et al. Research progress of NdFeB scrap resource utilization and "dual carbon" proposal[J]. Journal of the Chinese Society of Rare Earths, 2024, 42(5): 869-882.

- [2] WU Y, SONG M, ZHANG Q, et al. Review of rare-earth recovery from polishing powder waste[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2021, 171 DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105660.
- [3] 许涛,于亚辉,吕保义,等.稀土抛光粉固体废物资源特性研究[J].中国资源综合利用,2010,28(5):22-25.
XU Tao, YU Yahui, LYU Baoyi, et al. Research on resource characteristic of solid waste re polishing powder[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2010, 28(5): 22-25.
- [4] 周炳炎,贾晨夜.进口钕铁硼废料的资源特性分析[J].中国资源综合利用,2008(7):5-7.
ZHOU Bingyan, JIA Chenye. Resource characteristics analysis of imported waste Nd-Fe-B material[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2008(7): 5-7.
- [5] CHOWDHURY N A, DENG S, JIN H, et al. Sustainable recycling of rare-earth elements from NdFeB magnet swarf: techno-economic and environmental perspectives[J]. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2021, 9(47): 15915-15924.
- [6] ABRAHAMI S T, XIAO Y, YANG Y. Rare-earth elements recovery from post-consumer hard-disc drives[J]. Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 2015, 124(2): 106-115.
- [7] LORENZ T, BERTAU M. Recycling of rare earth elements from FeNdB-magnets via solid-state chlorination[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 215: 131-143.
- [8] NLEBEDIM I C, KING A H. Addressing criticality in rare earth elements via permanent magnets recycling[J]. Jom, 2018, 70: 115-123.
- [9] 汪金良,刘兴润.钕铁硼废料焙烧的碳热还原试验研究[J].中国稀土学报,2019,37(1):84-90.
WANG Jinliang, LIU Xingrun. Carbon-thermal reduction of neodymium iron boron scrap[J]. Journal of the Chinese Society of Rare Earths, 2019, 37(1): 84-90.
- [10] MUDALI U K, PATIL M, SARAVANABHAVAN R, et al. Review on E-waste recycling: Part II technologies for recovery of rare earth metals[J]. Transactions of the Indian National Academy of Engineering, 2021, 6(3): 613-631.
- [11] MÜNCHEN D D, BERNARDES A M, VEIT H M. Evaluation of neodymium and praseodymium leaching efficiency from post-consumer NdFeB magnets[J]. Journal of Sustainable Metallurgy, 2018, 4(2): 288-294.
- [12] MAKAROVA I, SOBOLEVA E, OSIPENKO M, et al. Electrochemical leaching of rare-earth elements from spent NdFeB magnets[J]. Hydrometallurgy, 2020, 192(3). DOI: 10.1016/j.hydromet.2020.105264.

- [13] 邓庚凤,吴继平,邓亮亮,等.自然氧化预处理钕铁硼废料浸出过程[J].有色金属科学与工程,2017,8(2):119-123.
DENG Gengfeng, WU Jiping, DENG Liangliang, et al. NdFeB magnet scrap pretreated by air oxidation and its leaching process[J]. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2017, 8(2): 119-123.
- [14] LIU F P, PORVALI A, WANG J L, et al. Recovery and separation of rare earths and boron from spent Nd-Fe-B magnets[J]. Minerals Engineering, 2020, 145. DOI: 10.1016/j.mineng.2019.106097.
- [15] 汪金良,王龙君,刘付朋.基于硫酸减量法从钕铁硼废料中选择性转型分离稀土[J].过程工程学报,2020,20(8):921-928.
WANG Jinliang, WANG Longjun, LIU Fupeng. Selective transformation and separation of rare earths from NdFeB magnet scraps based on sulfuric acid reduction[J]. The Chinese Journal of Process Engineering, 2020, 20(8): 921-928.
- [16] KUMARI A, RAJ R, RANDHAWA N S, et al. Energy efficient process for recovery of rare earths from spent NdFeB magnet by chlorination roasting and water leaching[J]. Hydrometallurgy, 2021, 201. DOI: 10.1016/j.hydromet.2021.105581.
- [17] 黄明君.一种从稀土抛光粉废渣中回收抛光粉的方法:201710057377.4[P].2018-08-03.
- [18] HASHIGUCHI K, MISHIMA F, AKIYAMA Y, et al. Magnetic separation system for recovery of glass polishing agent[J]. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2013, 23(3). DOI: 10.1109/TASC.2013.2239173.
- [19] 潘悦怡,杨玉飞,黄启飞,等.废抛光粉中Si、Al杂质脱除技术研究[J].环境工程技术学报,2018,8(1):92-97.
PAN Yueyi, YANG Yufei, HUANG Qifei, et al. Research on silicon and aluminum impurity removal from waste polishing powder[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2018, 8(1): 92-97.
- [20] 董波,牛磊,姚金江.废抛光粉中综合回收Ce、La研究[J].湖南有色金属,2024,40(3):34-36.
DONG Bo, NIU Lei, YAO Jinjiang. Study on comprehensive recovery of cerium and lanthanum from waste polishing powder[J]. Hunan Nonferrous Metals, 2024, 40(3): 34-36.
- [21] LU S, SUN S, HUANG X, et al. Optimization of recovering cerium from the waste polishing powder using response surface methodology[J]. Green Processing and Synthesis, 2017, 6(2): 217-224.
- [22] 伍莺,陈冬英,欧阳红,等.从稀土抛光粉废料中回收稀土试验研究[J].湿法冶金,2015,34(5):398-401.
WU Ying, CHEN Dongying, OUYANG hong, et al. Recovery of rare earth from waste polishing powders[J]. Hydro-metallurgy of China, 2015, 34(5): 398-401.
- [23] BORRA C R, VLUGT T J H, YANG Y, et al. Recovery of rare earths from glass polishing waste for the production of aluminium-rare earth alloys[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2021, 174. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105766.
- [24] 翟京雨,刘广义.硫脲-盐酸体系从稀土抛光粉废料中浸出回收稀土氧化物[J].矿产保护与利用,2022,42(1):158-164.
ZHAI Jingyu, LIU Guangyi. The leaching technology of rare earth polishing powder waste in thiourea-hydrochloric acid system and recovery of rare earth oxides from the lexivium through oxalic acid precipitation[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(1): 158-164.
- [25] VENKATESAN P, SUN Z H I, SIETSMA J, et al. An environmentally friendly electro-oxidative approach to recover valuable elements from NdFeB magnet waste[J]. Separation and Purification Technology, 2018, 191: 384-391.
- [26] 林辉阳,刘子帅,黎文庆,等.钕铁硼油泥稀土和铁同步浸出与分步提取研究[J].有色金属科学与工程,2024,15(1):130-138.
LIN Huiyang, LIU Zishuai, LI Wenqing, et al. Research on simultaneous leaching and stepwise extraction of rare earth and iron from NdFeB sludge[J]. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2024, 15(1): 130-138.
- [27] 李良才.稀土提取及分离[M].赤峰:内蒙古科学技术出版社,2011:456.

Combined Recovery Process of Rare Earth from NdFeB Waste and Polishing Powder Waste

MU Baowei, WANG Li, YONG Shengli, LI Hongxia, GUO Jingjing

(Department of Chemistry, Baotou Teachers' College, Baotou 014030, China)

Abstract: In the process of recovering rare earth from NdFeB waste and polishing powder waste, there are problems such as large reagent consumption and high processing cost. In view of the above problems, using the reducibility of the iron in the NdFeB waste, a combined process was studied to recover rare earth from two kinds of waste. The results show that when NdFeB waste is dissolved with 6 mol/L hydrochloric acid and oxalic acid 1.2 times the mass of rare earth is added into the acid

solution, the iron precipitation rate is 7.87%, and the rare earth precipitation rate can reach 96.51%. Adding 6 mol/L hydrochloric acid to the precipitated liquid is used to reduce and leach rare earth from the polishing powder waste. Under the conditions of solid mass to liquid volume ratio of 3 g/6 mL between the polishing powder waste and the precipitated liquid, the product ratio of hydrochloric acid to the precipitated liquid of 7/6, reaction temperature of 60 °C, and reaction time of 30 min, the average leaching rate of rare earth in the polishing powder waste can reach 82.41%. The dissolved rare earth is precipitated by oxalic acid and calcined, and the total amount of rare earth oxides obtained is 98.04%. The process can realize the joint recovery of rare earth in the two kinds of waste, reduce the cost of rare earth waste treatment, and has a certain popularization and application value.

Key words: NdFeB waste; polishing powder waste; acid leaching; rare earth; combined recovery

欢迎订阅 2025 年《湿法冶金》

《湿法冶金》(双月刊)创刊于 1982 年,全国中文核心期刊,由中国核工业集团有限公司主管、核工业北京化工冶金研究院主办,主要内容涉及有色金属、稀有金属、稀散金属、稀土金属、贵金属的选矿及湿法冶金工艺,相关材料(萃取剂、离子交换树脂、吸附剂、絮凝剂等)的合成工艺,冶金过程自动控制系统,设备及仪器仪表的研发技术,分析测试方法,三废治理、二次资源综合回收流程,是一本湿法冶金技术综合性刊物,可供相关科研、设计、生产人员及高校师生参阅。

《湿法冶金》国内统一连续出版物号 CN 11-3012/TF,国际标准连续出版物号 ISSN 1009-2617,广告发布登记为京通市监广登字 20190002 号,由《湿法冶金》编辑部编辑出版。2025 年定价 15.00 元/期,全年 90.00 元,全国各地邮局均可订阅,邮发代号 80-181。编辑部常年办理订刊业务。

通信地址:北京市通州区九棵树 145 号《湿法冶金》编辑部

邮政编码:101149

开户银行:工行北京九棵树支行

开户名:核工业北京化工冶金研究院

账号:0200 0498 0900 8800 221(汇款备注:《湿法冶金》订刊费)

联系电话:010-51674124,51675321

电子邮箱:shifayejin@163.com

投稿网址:https://sfyj.cbpt.cnki.net

广告联系:13911227093(陈先生)

