

بررسی روش های رایج بازیافت، رصد فناوری و تغییرات ذخایر فلزات ارزشمند باتری های لیتیومی خودروهای الکتریکی

میثم کاربخش راوری^۱، رضا مستعانی^۲، مسعود یآوری نسب^۳، حسن ظهیری نیا^۴، ابوالفضل یعقوبی^۵

۱. سرپرست واحد طراحی باتری لیتیومی ۵.۴.۲، کارشناس واحد طراحی باتری لیتیومی ۳. مدیر گروه ذخیره سازی انرژی و الکترونیک قدرت

رشد تغییرات فلزات باتری



چکیده

افزایش استفاده از باتری های لیتیوم-یون

افزایش عرضه عناصر مورد استفاده

محدود بودن منابع عناصر مورد نیاز

بازیافت تنها راه حل ممکن

از جمله روش های بازیافت متعددی که در منابع علمی مختلف به آن ها اشاره شده است:

هدف بازیافت بازیافت فلزات ارزشمند است، در این مقاله روش های مختلف بازیافت بررسی شده اند.

ارائه پیش بینی های مربوط به روند تغییرات عرضه و تقاضای باتری ها و عناصر ارزشمند مورد استفاده در آن ها

مقدمه

با توجه به آلودگی شدید محیط زیست و بحران انرژی، کشورهای سراسر جهان برای کاهش تولید خودروهای احتراقی داخلی و توسعه وسایل نقلیه الکتریکی تلاش می کنند.

تعداد باتری های تولید شده در سال های آینده افزایش خواهد بود.

باتری های لیتیوم-یون مصرف شده دارای خطراتی از قبیل اتصال کوتاه الکتریکی، انفجار و خوردگی هستند.

نیکل، گرافیت و سایر فلزات سنگین موجود در مواد فعال کاتد، در صورت عدم بازیافت صحیح، باعث آلودگی محیط زیست می شوند.

لنک های LIBF و LIFP وجود در کثرت و تولید بسیار خورنده اند و پس از اکسیداسیون، P₂O₅ و سایر مواد سمی را تولید می کنند.

فرآیندهای بیرومتالورژیکی، هیدرومتالورژیکی و ...

فرآیندهای هیدرومتالورژیکی مانند: لیچینگ، جداسازی، استخراج و رسوب شیمیایی الکتروشیمیایی

بازیافت کامل

۱. تخلیه کامل

۲. جداسازی فیزیکی

۳. جداسازی شیمیایی

روش های بازیافت



نتیجه گیری

منابع معدنی محدود زمین

کمبود منابع مختلف

افزایش شدید قیمت ها

بازیافت

منابع این عناصر در خطر «تمام شدن» قرار دارند.

۱. بیرومتالورژی

۲. هیدرومتالورژی

۳. بازیافت مستقیم

۴. الکترومتالورژی

مراجع

- [1] X. Lai, V. Zheng, and T. Sun, "A comparative study of different equivalent circuit models for estimating state-of-charge of lithium-ion batteries," *Electrochim. Acta*, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.electacta.2017.10.153.
- [2] Y. Yang, E. G. Okonkwo, G. Huang, S. Xu, W. Sun, and Y. He, "On the sustainability of lithium ion battery industry - A review and perspective," *Energy Storage Mater.*, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.ensm.2020.12.019.
- [3] L. P. He, S. Y. Sun, X. P. Song, and J. C. Yu, "Leaching process for recovering valuable metals from the LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂ cathode of lithium-ion batteries," *Waste Manag.*, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2017.02.011.
- [4] X. Zeng, J. Li, and N. Singh, "Recycling of Spent Lithium-Ion Battery: A Critical Review," <http://dx.doi.org/10.1080/10643389.2013.763578>, May 2014, doi: 10.1080/10643389.2013.763578.
- [5] J. Xu, H. R. Thomas, R. W. Francis, K. R. Lam, J. Wang, and B. Liang, "A review of processes and technologies for the recycling of lithium-ion secondary batteries," *J. Power Sources*, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.jpowsour.2007.11.074.
- [6] S. Rothemel et al., "Graphite Recycling from Spent Lithium-Ion Batteries," *ChemSusChem*, Dec. 2016, doi: 10.1002/cssc.201601062.
- [7] J. Ordoñez, E. J. Gago, and A. Girard, "Processes and technologies for the recycling and recovery of spent lithium-ion batteries," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.263.
- [8] R. Sommerville, J. Shaw-Stewart, V. Goodship, N. Rowson, and E. Kendrick, "A review of physical processes used in the safe recycling of lithium ion batteries," *Sustain. Mater. Technol.*, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.susmat.2020.E00197.
- [9] Y. Wang et al., "Recent progress on the recycling technology of Li-ion batteries," *J. Energy Chem.*, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jecem.2020.05.008.
- [10] R. Golmohammadzadeh, F. Faraji, B. Jung, C. Pao-Gonzalo, and P. C. Bonerjee, "Current challenges and future opportunities toward recycling of spent lithium-ion batteries," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112202.
- [11] X. Zhang et al., "Toward sustainable and systematic recycling of spent rechargeable batteries," *Chem. Soc. Rev.*, Oct. 2018, doi: 10.1039/C8CS00297E.
- [12] S. P. Baril, G. Prabhakaran, and B. Kumar, "An innovative approach to recover the metal values from spent lithium-ion batteries," *Waste Manag.*, May 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2015.11.004.
- [13] B. Huang, X. Li, Z. Wang, H. Guo, L. Shen, and J. Wang, "A comprehensive study on electrochemical performance of Mn-surface-modified LiNi_{0.8}Co_{0.15}Mn_{0.05}O₂ synthesized by an in situ oxidizing-coating method," *J. Power Sources*, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.jpowsour.2013.11.092.
- [14] R. C. Massé, E. Tschirch, and G. Cao, "Beyond Li-ion: electrode materials for sodium- and magnesium-ion batteries," *Sci. China Mater.*, Sep. 2015, doi: 10.1007/s40843-015-0084-8.
- [15] B. Huang, Z. Pan, X. Su, and L. An, "Recycling of lithium-ion batteries: Recent advances and perspectives," *J. Power Sources*, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.07.116.
- [16] T. Georgi-Machler, B. Frötscher, R. Weyhe, H. Hög, and M. Rutz, "Development of a recycling process for Li-ion batteries," *J. Power Sources*, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.jpowsour.2012.11.152.
- [17] G. Lombardo, B. Ehin, M. R. Mark, B. M. Stenari, and M. Petranilova, "Incineration of EV Lithium-ion batteries as a pretreatment for recycling - Determination of the potential formation of hazardous by-products and effects on metal compounds," *J. Hazard. Mater.*, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.122372.
- [18] Y. Yao, M. Zhu, Z. Zhao, B. Tong, Y. Fan, and Z. Hu, "Hydrometallurgical Processes for Recycling Spent Lithium-Ion Batteries: A Critical Review," *ACS Sustain. Chem. Eng.*, Nov. 2018, doi: 10.1021/acsuschemeng.8B03545/ASSET/IMAGES/MEDIUM/SC-2018-03545_0008.GIF.
- [19] A. Chagnac and B. Popovich, "A brief review on hydrometallurgical technologies for recycling spent lithium-ion batteries," *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, Jul. 2013, doi: 10.1002/CTB.0653.
- [20] F. Paganelli, E. Moscardini, P. Altimari, T. Abo Atia, and L. Toro, "Cobalt products from real waste fractions of end of life lithium ion batteries," *Waste Manag.*, May 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2015.11.003.

رصد فناوری

