



Pyrometallurgische Rückgewinnung von Metallen aus Lithium-Ionen-Batterien

Vom Abfall zum Rohstoff – Was bedeutet Recycling wirklich?

Ambitionierte Recyclingziele und eine steigende Nachfrage nach Lithium und kritischen Rohstoffen werfen die Frage auf, wie herausfordernd das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) ist. Die Antwort hängt davon ab, was wir unter Recycling verstehen. Definitionsgemäß ist Recycling ein Prozess oder Verfahren zur Gewinnung verwertbarer Materialien aus Abfallstoffen. Dies ist zweifelsfrei richtig, dennoch erfasst diese Definition nicht vollständig den heutigen Sinngehalt von Recycling. Dieser beinhaltet noch den Aspekt der Nachhaltigkeit. Zeitgemäßes Recycling von Lithium-Ionen-Batterien umfasst die Anwendung umweltfreundlicher sowie nachhaltiger Technologien, um hohe Recyclingraten zu erreichen. Es genügt nicht mehr nur Abfallstoffe wiederaufzubereiten, sondern die Wertschöpfungskette insgesamt darf nur geringe Verluste aufweisen, ohne dabei Risiken für die Umwelt einzugehen.

Was also bedeutet Recycling aus heutiger Sicht? Eine allgemein gültige Definition könnte sein: „Ein Prozess oder Verfahren zur nachhaltigen Umwandlung von Reststoffen zu Rohstoffen und Erfüllung der Zielvorgaben für die zurückgewonnenen Produkte, um eine Verwendung in anderen Industrien oder direkt in der LIB-Herstellung zu ermöglichen.“ Klingt kompliziert, ist es auch. Nichtsdestotrotz, komplexe Problemstellungen führen zu innovativen Lösungen.

Das COMET Modul FuLIBatteR (Future Lithium-Ion Battery Recycling for Recovery of Critical Raw Materials) greift dieses Problem auf und entwickelt nachhaltige Lösungsstrategien zur Umwandlung von Abfallstoffen in wertvolle Rohstoffe bei hohen Recyclingraten. Die Intention, aufgeteilt auf drei Projekte, ist kritische Rohstoffe und wertvolle Metalle aus Lithium-Ionen-Batterien wiederzugewinnen. Im vorangegangenen Newsletter erklärten wir, wie in Projekt 1 Graphit mittels Flotation aus dem Aktivmaterial zurückgewonnen wird. Projekt 2 „Pyrometallurgical processing of LIBs and black matter“ beschäftigt sich mit der Hochtemperatur-Rückgewinnung von Metallen aus LIBs. An was denken Sie, wenn Sie „pyrometallurgisch“ hören? An hohe Temperaturen oder Schmelzen und nicht unbedingt umweltfreundliche Bedingungen? Seien Sie gewiss, dies muss nicht unbedingt der Fall sein.

Abbildung 1 zeigt den InduRed Reaktor, das Herzstück des sogenannten RecoPhos Prozesses. Entwickelt am Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik auf der Montanuniversität Leoben wird dieser innovative Reaktor unter reduzierender Atmosphäre betrieben und mit erneuerbarer Energie induktiv beheizt. Das Bett aus Graphitwürfeln dient als Suszeptor für das magnetische Feld, sodass die entsprechende Wärme für den pyrometallurgischen Prozess bereitgestellt werden kann. Im oberen Teil des Reaktors wird das Aktivmaterial aufgegeben, welches in dem Reduktionsprozess in eine lithiumhaltige Gasphase und eine Legierung mit den Metallen Cobalt, Nickel, Mangan und Eisen getrennt wird. Was unterscheidet nun diesen Prozess von den anderen pyrometallurgischen Recyclingverfahren? Das Überführen des Lithiums in die Gasphase hat den großen Vorteil, dass Lithium nicht verschlackt, sondern für eine Weiterverarbeitung abgetrennt wird. Das Projektteam arbeitet derzeit an Verbesserungen hinsichtlich der Funktionalität und der

Recyclingeffizienz des Reaktors. Zusätzlich wird ein Scale-up des Reaktors mit Erhöhung des Technologiereifegrads umgesetzt. Eine Steigerung der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit soll durch Weiterentwicklungen in der Automation, eine kontinuierliche Betriebsweise sowie durch Verbesserungen bei der Abgasnachbehandlung und erhöhte Recyclingraten erreicht werden. Um die Effizienz zu steigern, wurden unterschiedliche Tiegelmaterialien untersucht. Demnächst werden die Ergebnisse in Elsevier Ceramics veröffentlicht.

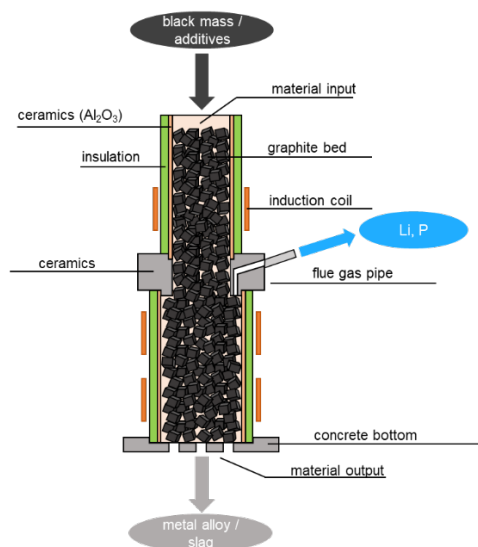


Abbildung 1: InduRed Reaktor. Quelle: Ponak, C. et al. 2019, Recovery of Manganese, Chromium, Iron and Phosphorus from Basic Oxygen Furnace Slags. In GDMB (Ed.): European Metallurgical Conference 2019. Optimum utilization of esources lausthal-Zellerfeld: GDMB Verlag GmbH, 1311–1319.

Darüber hinaus werden neue Tiegelgeometrien getestet, um die Lithiumdiffusion zu minimieren. Das Tiegel-design ist entscheidend für hohe Recyclingraten, indem der Prozess effizienter und gleichzeitig nachhaltiger wird. Damit ist ein optimierter Reaktor eine überzeugende, über den Stand der Technik hinausgehende Variante. Erste Versuche zeigen, dass Recyclingraten von über 90 % für Lithium und Phosphor in der Gasphase und bis zu 98 % für Nickel, Kobalt, Mangan, Kupfer und andere Elemente erzielt werden können.

Neben den Forschungsarbeiten präsentierte das Team von FuLIBatteR die Ergebnisse einem breiten, internationalen Publikum. K1-MET wurde als assoziierter Partner des transnationalen Projekts IPCEI (Important Projects of Common European Interest) Eu-BatIn mit FuLIBatteR im „Workstream D – Recycling and Sustainability“ aufgenommen.

Die Arbeiten wurden auch von 14. bis 15. März 2024 beim Workshop „EU Battery Convention Days“ in Bologna und von 13. bis 15. Mai 2024 in Dresden vorgestellt. Auf nationaler Ebene nahm K1-MET am 6. Juni 2024 bei der „automotive.2024 – Austrian Roads to Excellence“ in der voestalpine Stahlwelt in Linz teil und stellte dort FuLIBatteR vor. Darüber hinaus ist FuLIBatteR bei folgenden Konferenzen vertreten:

- 11th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 19. – 22. Juni 2024, Rhodos, Griechenland (Beitrag von P3)
- European Congress on Biotechnology, 30. Juni – 3. Juli 2024, Rotterdam, Niederlande (2 Beiträge von P3)
- 29th International Congress for Battery Recycling ICBR 2024, 10. – 12. September 2024, Basel, Schweiz (Beitrag von P2)

Das Modul FuLIBatteR ist Teil des österreichischen Kompetenzzentren-Programms COMET (Competence Center for Excellent Technologies). Dieses Programm wird von der FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft) koordiniert. FuLIBatteR wird durch das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, das Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft und die Länder Oberösterreich und Steiermark gefördert. Das Konsortium umfasst (alphabetisch aufgelistet) acib GmbH, Audi AG, BOKU University of Natural Resources and Applied Sciences, BRAIN Biotech AG, Coventry University, Ebner Industrieofenbau GmbH, Montanuniversität Leoben, RHI Magnesita GmbH, Saubermacher Dienstleistungs AG, TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich GmbH, UVR-FIA GmbH, voestalpine High Performance Metals GmbH und VTU Engineering GmbH. Das Projektkonsortium wird von der K1-MET GmbH als Konsortialführung koordiniert.