



RECUPERO DEL LITIO DA BATTERIE ESAUSTE: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE DI INVESTIMENTO

La diffusione delle batterie al litio rende strategico il recupero di metalli critici come litio, cobalto e nichel. Il riciclo riduce dipendenza estera e impatti ambientali, creando opportunità industriali e finanziarie. Tra le tecnologie emergenti spicca il processo carbotermico a microonde sviluppato dall'Università di Brescia, più efficiente e sostenibile.



Nel presente articolo si concentra l'attenzione su un caso specifico e di grande rilevanza applicativa: il recupero del litio, materia prima critica, dalle batterie ad accumulo.

Soluzioni di circolarità per il recupero del litio

La crescente diffusione delle batterie agli ioni di litio rappresenta uno degli elementi chiave della transizione energetica globale. La domanda di accumulatori è destinata a crescere rapidamente, trainata soprattutto dal settore dei veicoli elettrici e dei sistemi di accumulo energetico, indispensabili per la gestione dei problemi derivanti dalla discontinuità della produzione di fonti rinnovabili. Tuttavia, tale crescita comporta una pressione significativa sulle risorse naturali, in particolare sui metalli critici come litio, cobalto e nichel, la cui disponibilità è limitata e geograficamente concentrata. In epoca di tensioni geopolitiche e restrizioni al commercio internazionale, la difficoltà di reperimento di queste risorse rischia di mettere in crisi intere filiere e catene del valore. La risposta, soprattutto per l'Europa, passa necessariamente dal recupero e da soluzioni di circolarità.

Il recupero dei materiali da batterie a fine vita assume quindi un ruolo strategico sia dal punto di vista economico sia ambientale. Le batterie agli ioni di litio contengono numerosi materiali di valore e il loro riciclo consente di ridurre la dipendenza dalle



MITO Technology Srl (<https://mitotech.eu/>) è una società di advisory specializzata nel venture capital deep tech. Negli ultimi 15 anni ha costruito un ruolo attivo nell'ecosistema europeo dell'innovazione, collaborando con università, centri di ricerca, startup e spin-off accademici. Nel 2018 ha avviato la gestione di MITO Tech Transfer, primo fondo di venture capital italiano interamente focalizzato su tecnologie di sostenibilità. Nel 2024 ha lanciato MITO Tech Ventures, uno dei primi fondi europei early-stage nel climate tech classificato Article 9 ai sensi del regolamento SFDR. Entrambi i fondi operano come RAIF ai sensi della normativa del Granducato di Lussemburgo.



materie prime vergini e mitigare gli impatti ambientali associati all'estrazione mineraria. Oltre che un passaggio fondamentale per il recupero della sovranità energetica, questo ambito fornisce anche un inatteso serbatoio di opportunità per gli investitori di venture capital. Nel 2023 il mercato globale di riciclo delle batterie ha raggiunto gli 11,34 miliardi di dollari ed è proiettato verso i 17,8 miliardi di dollari nel 2032, con un tasso annuo composto di crescita del 7,80%. Tuttavia, la complessità dei processi di recupero presuppone grande attenzione ai profili industriali e di costo e, dunque, un confronto tra soluzioni e percorsi di ottimizzazione al fine di comprendere quali saranno le soluzioni finali strumentali alla transizione.

Tecnologie di riciclo delle batterie

Le principali tecnologie di riciclo delle batterie includono la pirometallurgia, l'idrometallurgia e il riciclo diretto. La pirometallurgia utilizza alte temperature per fondere i materiali, mentre l'idrometallurgia impiega soluzioni chimiche per estrarre selettivamente i metalli. Il riciclo diretto mira invece a recuperare i materiali attivi senza modificarne la struttura. Nessuna delle tre soluzioni può dirsi oggi del tutto soddisfacente e vi sono tentativi di miglioramento in varie direzioni; vale la pena però soffermarsi sui processi carbotermici perché, per quanto si dirà, essi rappresentano la soluzione a più alto potenziale.

Il processo carbotermico: lo stato dell'arte

Il recupero carbotermico rappresenta una variante della pirometallurgia in cui il carbonio agisce come agente riducente. A temperature elevate, il carbonio reagisce con gli ossidi metallici favorendo la riduzione dei metalli e la loro separazione.

Nel caso del litio, il processo è più complesso rispetto ad altri metalli, poiché tende a formare composti stabili piuttosto che ridursi direttamente. Il processo carbotermico è quindi spesso integrato con trattamenti idrometallurgici per ottenere prodotti finali come il carbonato di litio, il che naturalmente può ridurre la convenienza e aumentare l'impatto ambientale, vista la necessità di aggiungere, sia pure in misura più contenuta, soluzioni chimiche.

Attualmente, i processi di recupero di litio e altri metalli mediante soluzioni carbotermiche presu-

pongono diversi passaggi. A meno di non disporre già di black mass, ogni processo di recupero passa da pretrattamento e frantumazione delle batterie: le batterie a fine vita hanno diverse dimensioni e condizioni e la selezione del materiale da sottoporre al trattamento termico passa necessariamente per una fase di preparazione, che richiede infrastrutture e soluzioni di contenimento dei costi. In realtà, questa fase (e, prima ancora, quella di raccolta e concentrazione dell'e-waste) appare critica per tutte le soluzioni di recupero. Prima della fase di esposizione al calore, il materiale viene miscelato con il carbonio. Il trattamento termico, che deve produrre le reazioni di separazione, presuppone alte temperature (superiore ai 1.100 °C); a valle di questo, segue la fase di separazione delle fasi metalliche e, per quanto riguarda il litio, il recupero tramite lisciviazione.

Tra i vantaggi del processo carbotermico vi sono l'elevata efficienza nella separazione dei metalli pesanti e la capacità di trattare materiali complessi. Tuttavia, si tratta di una soluzione che presenta anche criticità, come l'elevato consumo energetico e la difficoltà nel recupero diretto del litio.

Il quadro regolatorio e le sue sfide

La disciplina dell'Unione Europea, che oggi ruota sul Regolamento Batterie 2023/1542 e sul Critical Raw Materials Act 2024/1252, potrebbe rappresentare un formidabile fattore di traino nelle tecnologie per il recupero di litio, cobalto e altre materie critiche, sebbene la scelta di imporre degli obiettivi sui vari segmenti di attività industriale presupponga che l'industria si attrezzi in tempo per assicurare il rispetto dei target.

Il Regolamento 2023/1542 copre l'intero ciclo di vita: progettazione, impronta carbonica, durabilità, etichettatura, due diligence, passaporto digitale, raccolta, riuso e riciclo. Nel sostituire la vecchia direttiva batterie e spingendo ancora di più per l'uniformazione sul territorio europeo, per le materie prime seconde introduce obblighi di contenuto riciclato:

- dal 18 agosto 2031 batterie industriali >2 kWh, EV e SLI dovranno contenere almeno 16% cobalto, 6% litio, 6% nichel e 85% piombo riciclati;
- dal 18 agosto 2036 si sale a 26% cobalto, 12% litio, 15% nichel, piombo invariato all'85%.

I target di recupero materiali sono a loro volta molto ambiziosi:

- entro fine 2027 recupero minimo 90% cobalto, 50% litio, 90% nichel;
- entro fine 2031 95% cobalto, 80% litio, 95% nichel.

Per l'efficienza di riciclo:

- batterie al litio almeno 65% in peso entro 2025 e 70% entro 2030.

La raccolta è rafforzata:

- portatili 63% entro 2027 e 73% entro 2030;
- batterie per mezzi leggeri, per esempio e-bike/scooter, 51% entro 2028 e 61% entro 2031.

Dal 18 febbraio 2027 è previsto il battery passport per batterie EV, LMT e industriali >2 kWh, con dati su composizione, contenuto riciclato, impronta carbonica, stato di salute e informazioni utili a riparazione/riuso/riciclo.

Il Critical Raw Materials Act, in vigore dal 23 maggio 2024, completa il quadro e fissa per il 2030 benchmark UE pari al 10% per estrazione, 40% per trasformazione e 25% per riciclo del fabbisogno annuo UE per materie prime strategiche.

Nel 2025 la Commissione ha pubblicato regole attuative per calcolare/verificare efficienza di riciclo e recupero materiali.

L'UE è passata da una logica "rifiuto/gestione a fine vita" a una logica industriale di filiera circolare e sicurezza strategica. Litio e cobalto non sono più solo materiali da recuperare: diventano input regolati, tracciati e progressivamente obbligatori nelle nuove batterie. La criticità pratica resta però la capacità industriale: raccolta, trattamento, raffinazione e qualità delle materie seconde devono crescere rapidamente per rispettare i target 2027-2036.

Prospettive incoraggianti dalla ricerca pubblica italiana.

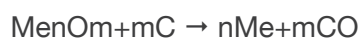
Il caso dell'Università di Brescia

Nell'ambito delle attività di scouting del primo fondo di MITO Technology (MITO Tech Transfer) è emersa un'opportunità di investimento nella tecnologia sviluppata dal gruppo di Chimica per le Tecnologie del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università di Brescia in collabora-

zione con il Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali (INSTM).

La nuova tecnologia carbotermica proposta si basa sulle radiazioni a microonde (MW). Il metodo si fonda su un nuovo meccanismo di riscaldamento ibrido, progettato per sostituire i metodi pirometallurgici classici. Una delle caratteristiche delle microonde (MW) è la loro capacità di riscaldare i materiali sfruttando l'interazione delle molecole con il campo elettromagnetico. La soluzione è coperta da una serie di brevetti congiunti tra l'Università di Brescia e l'INSTM.

Come si è già detto, le riduzioni carbotermiche sono processi metallurgici per la riduzione degli ossidi metallici a metallo. Gli agenti riducenti più comuni sono il coke, il coke di petrolio e il carbone. Questa reazione avviene generalmente a temperature pari o superiori a 1000 °C. In generale, il coke riduce l'ossido metallico (MenOm) a metallo (Me) e monossido di carbonio (CO), tramite una reazione diretta in fase solida:



Questa reazione permette di recuperare i metalli. Tuttavia, rispetto ai metodi convenzionali, il riscaldamento a microonde presenta il vantaggio di un processo più rapido e uniforme, nonché di una maggiore sostenibilità.

Grazie a un finanziamento per la proof-of-concept del fondo MITO Tech Transfer, il gruppo - sotto la guida delle professoresse Elza Bontempi e Laura



Fig. 1 - Trattamento termico a microonde di black mass da batterie esauste (Università di Brescia/INSTM)



E. Depero - ha potuto realizzare un fondo dedicato e iniziare ad effettuare misurazioni ed esperimenti con diverse tipologie di black mass, soprattutto per comprendere meglio i rischi (legati soprattutto alle reazioni del litio sottoposto ad alte temperature) e le opportunità. Il metodo proposto e ottimizzato si è dimostrato efficace per il recupero di metalli critici con performance che vanno di gran lunga oltre gli obiettivi imposti dalla normativa (Fig. 1).

Il sistema offre chiari vantaggi rispetto alle tecniche tradizionali, tra l'altro riducendo significativamente l'uso di reagenti pericolosi e minimizzando il consumo energetico. I risultati sperimentali hanno mostrato elevate rese di recupero per litio, cobalto, nichel e manganese, anche in condizioni moderate di potenza e tempo. Le simulazioni numeriche hanno supportato l'ottimizzazione della geometria del forno e della distribuzione del campo elettromagnetico. Il metodo ha inoltre permesso la scoperta di un nuovo composto a base di nichel con potenziali applicazioni catalitiche, identificato con l'ausilio dell'intelligenza artificiale. La scalabilità è stata dimostrata trattando fino a 200 g di materiale di base. L'approccio rappresenta una soluzione

promettente e sostenibile per il riciclo di materiali strategici e contribuisce al progresso delle pratiche di economia circolare.

Anche in ragione del successo ottenuto, si sta attualmente valutando l'opportunità di uno spin-off accademico, nel quale MITO Technology potrebbe investire attraverso il secondo fondo, MITO Tech Ventures, che si caratterizza, sulla base del Regolamento Europeo sulla disclosure finanziaria (SFDR), come art. 9, e quindi massimamente attento ai profili di misurazione degli impatti ambientali. La sfida per investimenti come quello concernente il recupero del litio riguarda la dimensione delle spese di capitale fisso richieste per la realizzazione di impianti pilota di dimensioni sufficienti ad alimentare un ciclo che consenta la misurazione dei profili di consumo, il recupero di quantità vendibili, la scalabilità. Si tratta di una sfida che gli investitori nel capitale di rischio non possono non raccogliere soprattutto in Italia perché la transizione passa anche per la capacità di assicurare fonti stabili di approvvigionamento delle materie critiche e ciò rappresenta un'opportunità sia dal punto di vista industriale che finanziario.

**NUOVA
ENERGIA PER LA
TUA AZIENDA**



S.r.l.

CONCESSIONARIA DI PUBBLICITÀ PER QUESTA RIVISTA
www.agicom.it

