



UNIVERSITA' DI PISA

Facoltà di Ingegneria

---

Corso di Laurea in

INGEGNERIA CHIMICA

Tesi di Laurea

**Smaltimento e recupero di materie  
prime da batterie al litio**

Relatori:

Prof. Luigi Petarca

Prof. Leonardo Tognotti

Candidato:

Andrea Decarlo

---

Anno Accademico 2009-2010

---

# Sommario

<b>1</b>	<b>Introduzione</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Concetti di base sulle batterie<sup>(3)</sup></b> .....	<b>5</b>
2.1	Componenti principali di celle e batterie .....	5
2.2	Classificazione di celle e batterie .....	6
2.3	Operazioni di una cella .....	7
2.4	Caratteristiche di una batteria .....	8
2.5	Fattori che influenzano le performance delle batterie .....	9
2.6	Struttura di una batteria .....	9
2.7	Linee guida per la scelta delle batterie per le diverse applicazioni .....	10
<b>3</b>	<b>Batterie al litio</b> .....	<b>12</b>
3.1	Batterie agli ioni di litio .....	12
3.2	Batterie Litio-polimero .....	18
<b>4</b>	<b>Stato dell'arte sui processi di recupero di metalli da batterie esauste</b> .....	<b>20</b>
4.1	Processi fisici di pretrattamento .....	22
4.2	Processi di trattamento chimici .....	22
4.3	Processi Combinati .....	23
<b>5</b>	<b>Impianti in esercizio di trattamento delle batterie</b> .....	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>Metodi analitici</b> .....	<b>32</b>
6.1	Spettroscopia di emissione atomica <sup>(12)</sup> .....	32
6.1.1	Spettrometria di emissione a fiamma .....	35
6.1.2	Spettrometria di emissione al plasma .....	35
6.1.3	Spettrometria di emissione con eccitazione elettrotermica .....	44
6.1.4	Analisi degli ioni metallici con spettroscopia ICP .....	45
6.2	Spettrofotometria XRF <sup>(13)</sup> .....	46

---

6.2.1	Principi chimico-fisici .....	46
6.2.2	Analisi elementare XRF (fluorescenza XR).....	47
<b>7</b>	<b>Recupero di litio da “Libs” .....</b>	<b>48</b>
7.1	Introduzione.....	48
7.1.1	Equilibri multipli in gioco .....	50
7.1.2	Estrazione liquido-liquido <sup>(15)</sup> .....	52
7.2	Prove sperimentali e risultati.....	61
7.2.1	Pretrattamento di scarica .....	62
7.2.2	Smantellamento delle batterie .....	63
7.2.3	Dissoluzione dei metalli attraverso “acid leaching” .....	64
7.2.4	Separazione dei metalli.....	70
<b>8</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>85</b>

# 1 Introduzione

Ogni anno sul mercato Europeo sono immesse 800000 tonnellate di batterie, circa il 25% di queste sono batterie agli ioni di litio <sup>(1)</sup>. Le caratteristiche delle batterie agli ioni di litio le hanno rese particolarmente adatte per apparecchiature portatili quali, ad esempio, dispositivi di comunicazione e informatici, riproduttori portatili, apparecchiature mediche, dispositivi industriali, applicazioni militari e qualsiasi altro prodotto che richiede una fonte energetica e di alta qualità.

Grazie a queste caratteristiche e a una sempre maggior diffusione di questi dispositivi la divulgazione sui mercati mondiali delle batterie al litio è in continua crescita. Batterie e accumulatori non pongono particolari problemi quando sono in fase di utilizzo o di stoccaggio, ma hanno un periodo di vita medio di circa tre anni; esiste dunque un problema ambientale legato al loro smaltimento.

Le batterie al litio contengono, infatti, materiali tossici, infiammabili e in parte volatili. I rischi connessi allo smaltimento delle batterie esauste sono dovuti alla diffusione nell'ambiente di tali materiali pericolosi, sia attraverso l'incenerimento, sia attraverso il deposito in discarica.

Uno dei problemi per la produzione di queste batterie è l'approvvigionamento di litio. Il litio è, infatti, disponibile in natura in quantità limitata e richiede processi di estrazione particolarmente complicati e costosi e il mercato è in mano a pochi produttori <sup>(2)</sup>.

Il recupero delle materie prime da batterie al litio, che sarà poi riutilizzato per la produzione di nuovo materiale catodico, risulta quindi molto vantaggioso sia da un punto di vista economico sia da quello ambientale.