

# Næste Generations Genopladelige Batterier

Batterier er vigtigere end nogensinde, de bliver mere og mere udbredte og kravene til dem kun højere og højere. Næste generations batterier skal være effektive, sikre og billige. Zinc-luft-batteriet er ideelt til dette formål, og nu har vi meget bedre indsigt i, hvordan disse batterier bliver bedre og mere pålidelige.

Siden starten af 1990'erne har batterier været en naturlig og vigtig del af vores dagligdag. Det ekstremt pålidelige Li-ion-batteri med høj kapacitet gjorde batterier mindre og bedre år for år. Samtidig blev de anvendt på flere måder end nogensinde, drevet af en rivende udvikling inden for elektronik. Samtidig har det stigende fokus på klimaforandringer været skyld i en voldsom stigning i efterspørgslen af bæredygtige energiløsninger. Andelen af vindmøller og solceller er blevet så høj, at det kan være en udfordring for elnettet at afsætte al strømmen. Det kan også skabe en stor udfordring i perioder med lidt vind og sol, hvor at det er svært at sælge al strømmen. Af samme årsag er elbiler endnu engang blevet aktuelle. Derfor kommer batterierne atter i fokus. Der er mildt sagt et kæmpe behov for energilagring - hvor Li-ion-batterier ikke er den mest optimale løsning. Uanset om det er til energilagring eller til vores gadgets, så er Li-ion-teknologien langt den bedste inden for batterier. Vi mennesker har et kæmpe behov for batterier. Skal bare en brøkdel af behovet dækkes, er der behov for en ny generation af batterier der kan overtage opgaverne fra Li-ion batteriet.

Li-ions værdige aftager er zinc-luft-batteriet. Det udmærker sig ved at have meget høj kapacitet. Andre fordele er, at zinc-luft-batterier ikke kan brænde og er meget billigere at fremstille end Li-ion-batteriet.

zinc-luft-batterier er en del af en større batterifamilie, der hedder metal-luft-batterier. Denne batteritype udmærker sig ved, at ilten i luften bliver brugt til reaktionen i batteriet. Under afladning reduceres ilten i luften således, at den kan reagere med metalelektroden. Under opladning går reaktionen den anden vej, og ilten bliver frigivet til omgivelserne. zinc-luft batterier bliver altså tungere, mens de bliver afladt og lettere, når det bliver opladt. Dette princip gør, at batteriet opnår meget høje kapaciteter, fordi man kun har behov for en metalelektrode.

zinc-luft-batterier er en veludviklet batteritype, der har eksisteret kommercielt siden 1936. Der er dog en udfordring, da zinc-luft-batterier er primære batterier hvilket betyder, de kan ikke oplades elektronisk. Man kan kun oplade dem 'mekanisk', hvor man skal skille batteriet ad og erstatte zinc-pladen. At gøre et batteri genopladeligt er kompliceret, fordi elektrokemien i batteriet skal fungerer effektivt i lang tid uden at miste kapacitet, og materialerne, batteriet er lavet af,

skal holde meget længere.

## **Strømopsamlere til et langt liv**

Den kemiske energi gemt i batterier omdannes til strøm i elektroderne og strømmen forbindes til det eksterne kredsløb via af såkaldte strømopsamlere. Strømopsamlere skal have høj ledningsevne og kunne bestå hele batteriets levetid. I zink-luft-batterier består metalanodens strømopsamlere typisk af tin eller kobber. Ved brug af en særlig type batteritype og fintfølelse udstyr, kan stabiliteten af disse materialer bestemmes med større præcision end nogensinde før. På denne måde kan forholdene i batteriet bestemmes, og materialerne testes hver for sig.

Ud af materialerne kobber, tin, wolfram, rustfrit stål, titanium og nikkel er det kun kobber der vil holde længe som metalstrømopsamler. Det andet materiale, tin, som historisk set er meget udbredt, rustet tæt på det potentiale som zink oxiderer i. I et primært batteri vil strømopsamlere af tin bidrage til den reaktion, hvilket gør batteriet bedre, men kun i starten. Hvis man skal bruge det flere gange, vil strømopsamleren simpelthen forsvinde. De andre materialer udvikler brint, der over tid vil ødelægge batteriet

## **Er der andre muligheder end basiske elektrolytter**

Mange af problemerne med zink-luft-batterier som for eksempel selvkorrosion, som bliver undersøgt senere, skyldes den meget basiske KOH elektrolyt. Derfor giver det mening at se på, om der er andre elektrolytter der kan bruges. Derfor undersøges en basisk referenceelektrolyt, som derefter bliver sammenlignet med tre andre elektrolytter, en basisk med tilsætningsstoffer, en klorbaseret elektrolyt og endelig en organisk elektrolyt, der kan lede zink-ioner.

Den basiske referenceelektrolyt danner grundlag for sammenligning. Det viser sig, at kaliumhydroxid-baserede basiske elektrolytter er de bedste, da de har de mest stabile af- og opladningsplateauer. Samtidig ses det, at begge basiske elektrolytter udvikler ilt, men at tilsætningsstofferne fungerer ved højere effektivitet.

Den klorbaserede elektrolyt virker slet ikke, fordi det er svært at udnytte kapaciteten i batteriet, og spændingen fra batteriet er ustabil. Der kommer store mængder brint fra batteriet og næsten ingen ilt, hvilket betyder, at noget i batteriet bliver nedbrudt.

Den organiske elektrolyt afflader fint, men det viser sig ved nærmere karakterisering, at denne elektrolyt ikke danner ilt, som den burde. Det betyder, at den kemiske reaktion som får den til at aflade, ikke er et zink-luft batteri. En mulig forklaring er, at det høje lithium-indhold i elektrolytten har medført, at man utilsigtet har lavet et zink-lithium-batteri.

## Zink-legeringer der forhindrer selvkorrosion

Zink-luft-batterier bruger en basisk elektrolyt. Elektrolytten sikrer høj ion-ledningsevne og er relativt nem at fremstille. En uønsket effekt er dog, at zink reagerer med KOH i basiske opløsninger og jo højere pH-værdien er - jo hurtigere sker det. Dette fænomen hedder selvkorrosion. Der er to uønskede effekter af dette; batteriet mister kapacitet, og der udvikles brint. Den eksisterende løsning er at legerer zinc-elektroden med små mængder af kviksølv, men da kviksølv er skadeligt, er det blevet erstattet af andre legeringer af henholdsvis aluminium, bismuth, indium, calcium og lithium i meget små mængder. Der har dog aldrig været en god forståelse af, hvordan disse materiale opnår denne virkning, og om det kan bruges, når batterierne skal holde i mange år.

For at forstå effekten af tilsætningsstoffer, benyttes computersimulering. Det viser sig, at zinkoverfladen på molekylært niveau har nogle specifikke kanter, som er aktive under af- og opladning. Desværre er det også her, at brintudviklingen foregår. For at holde selvkorrosion på et minimum, skal legeringsmetallerne forhindre reaktionen i kanterne. Det viser sig, at det kun er bismuth og indium, der kan gøre det i lang tid. Det kan disse to grundstoffer, fordi de bliver siddende i kanterne, mens de andre opløses over tid. Gennem en række eksperimenter hvor vi tilføjer henholdsvis bismuth og tin hver for sig og senere sammen, bliver computersimuleringerne verificerede. Det viser sig, at bismuth og tin er bedre sammen end hver for sig. Derfor skal zink-luft-batterierne i fremtiden have tilsat små mængder bismuth og tin.

## Røntgenbillede af et zink-luft batteri

Hvordan opfører zink-luft-batterier sig så, når man har taget højde for faktorer som materialevalg, elektrolyt og selvkorrosion? Det undersøges ved at bygge et lille zink-luft batteri inde i et glasrør. Batteriet skal være meget småt, fordi der skal tages røntgenbilleder af det, mens det bliver afladt og opladt. Zink absorberer mange røntgenstråler, så batteriet er på sit bredeste sted ikke mere end to millime-

ter bredt. Røntgenbillederne viser, at zink-luft-batterierne virker og kan fungere længe. Men røntgenbillederne gør det også klart, at zink ikke stabler sig ordentligt og vender tilbage til sin udgangsposition, når vi oplader zink-luft-batterierne. En zink-elektrode skal være porøs, men porøsiteten forsvinder under opladningen. Selv om ændringerne er meget små, hver gang batteriet bliver brugt, vil det på et tidspunkt forhindre batteriet i at fungere. Det viser sig, at det er tilfældet, uanset hvor hurtigt, man af- eller oplader batteriet. Dette er helt ny viden, og det giver liv til ideen om at lave særligt fremstillede zink-anoder, der kan tåle tabet af porøsitet eller helt modvirke det.

## Opsamling

Zink-luft batterier har mange udfordringer, men forskningen viser, at det mest hensigtsmæssige er at bruge en basisk elektrolyt baseret på kaliumhydroxid, gerne med tilsætningsstoffer. De andre alternativer har deres egne udfordringer og derfor er det bedre at bruge de materialer, vi kender. Især fordi kobber og nikkel i basiske opløsninger kan fungerer rigtig fint som strømopsamlere i høje pH-værdier. Den uønskede selvkorrosion kan minimeres ved hjælp at tilsætte bismuth og indium til zink-luft-batterierne. Kan man finde de rigtige koncentrationer, kan effekten reduceres voldsomt. Der skal dog fortsat forskes i at sikre, at zink-elektroden beholder sin form og ikke langsomt ændrer sin struktur, da det langsomt vil ødelægge batteriet, uanset hvor hurtigt man aflader det.