

Polymerbrændselscellen – litiumbatteriets af øser?

Polymerbrændselsceller gennemgår en rivende udvikling og kan vise sig at udgøre en del af løsningen på de miljø- og klimamæssige udfordringer, som knytter sig til dækningen af vort energibehov. Ligesom litiumbatterier frembyder brændselsceller stor energitæthed, men for begge afgøres det miljømæssige potentiale af historien bag den energi, de frigiver

Af Mikkel Juul Larsen, Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi, Syddansk Universitet

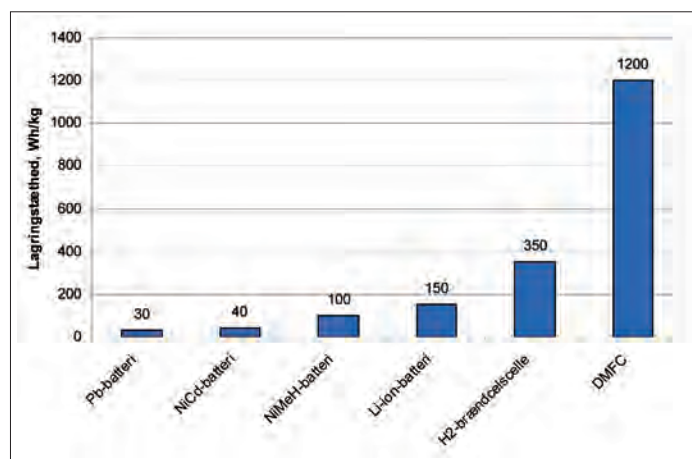
Udviklingen af det moderne litiumbatteri har banet vejen for fremvæksten af al den bærbare elektronik i form af mobiltelefoner, computere, navigationssystemer etc., som vi dagligt anvender, og som de færreste kunne forestille sig at leve uden.

Litiumbatteriets succes skyldes dets meget høje energitæthed, lette genopladning og kapacitetens uafhængighed af den forudgående grad af afladning som beskrevet af Eivind M. Skou i dette tidsskrift i 2003 [1].

Litiumbatterierne har fremragende effektivitet som energibærere og kan fungere som alsidig elektricitetsforsyning uden lokal forurening. Dog må batterierne oplades med elektricitet, som for hovedpartens vedkommende på verdensplan stadig produceres via varmeenergi fra afbrænding af fossile brændsler eller fra kerneprocesser. Omdannelse af varmeenergi til elektrisk energi er underlagt Carnot-begrænsningen, og dagens fossilfyrede centrale kraftvarmeværker har kun effektiviteter på 35-47% mht. elektricitetsproduktion.

Dette faktum gør, at litiumbatterierne i sig selv ikke repræsenterer en løsning på tidens miljøproblemer i forbindelse med energifremstilling. Der er derimod behov for en løsning, der kombinerer litiumbatteriets store energitæthed med en effektiv udnyttelse af den primære energikilde. En tilgang til denne problemstilling er anvendelse af brændselsceller, som kan konvertere kemisk bundet energi i brint eller brintrige brændsler direkte til elektricitet med en meget høj effektivitet. Da energiomsætningen sker ved en elektrokemisk proces, dannes der desuden stort set ingen forureningsprodukter. Brændselscellesystemer kan dimensioneres, så de producerer alt fra 5 W til flere hundrede kW med næsten identisk effektivitet, så de er velegnede som energiforsyninger i både bærbare elektroniske apparater og køretøjer og som større eller mindre stationære strømforsyningsanlæg.

Ved vurderingen af energitætheden i et strømforsyningssystem skal der tages højde for lagring af energien. I batterisystemer er energien akkumuleret kemisk i selve det galvaniske element, hvorimod energilagringen i et brændselscellesystem foregår i form af lagring af det energirige brændsel uden for cellerne. Figur 1 viser energilagringstætheder for en række elektrokemiske systemer, der kan anvendes som strømforsyninger i bærbare apparater. For brintbrændselscellen lagres brændslet som metalhydrid, mens brændslet til methanolbrændselscellen (DMFC) er vandige methanolopløsninger i små tanke. Energitætheder for komplette brændselscellesystemer inkl. brændselslagring kan i mange tilfælde overstige litiumbatterisystemers. Det indikeres af figur 1, at især methanolbrændselsceller har et anseligt potentiale



Figur 1. Forskellige elektrokemiske systemers energilagringstætheder, dvs. disponibel energi pr. masse af lagringsmedium. Brint lagres som MeH_x og methanol som $\text{CH}_3\text{OH(aq)}$. DMFC = direkte methanol-brændselscelle [2].

som erstatning for litiumbatterier i små apparater med stort energibehov [2].

Polymerbrændselsceller

Her fokuseres der på polymerbrændselscellen (PEFC). Denne type er den mest fleksible af de fem gængse kategorier af brændselsceller, idet et PEFC-systems relativt enkle opbygning og arbejdsbetingelser gør det muligt at lave PEFC-systemer i meget forskellige størrelser. I en polymerbrændselscelle er elektrolytten en tynd, vandbefugtet kationledende membran, der leder protoner fra anoden til katoden og fungerer som barriere for gasser og vand mellem elektroderne. Polymer elektrolyttens varmemestabilitet begrænser PEFC'ernes arbejdstemperatur opadtil, og det typiske temperaturområde er 40-130°C. En polymerbrændselscelles virkemåde og opbygning er beskrevet i boks 1.

Forbrænding ved sådanne lave temperaturer hindrer dannelsen af kvælstofilter (NO_x), ligesom den katalyserede elektrokemiske proces sikrer fuldstændig forbrænding og dermed fravær af kulmonoxid og sodpartikler i produktstrømmen ved anvendelse af kulstofholdige brændsler. De lave arbejdstemperaturer er også årsag til PEFC'ernes mange anvendelsesmuligheder, da kravene til materialeegenskaber og varmestyringssystemer er beskedne i forhold til andre brændselscelletyper, og PEFC-systemerne er dermed relativt små og ukomplicerede og hurtige at starte op. Dette gør PEFC'er egnede ►



Ren gas er god kemi



strandmøllen.dk

Hjemmesiden med den bedste rådgivning om gas til alle formål!



Strandmøllen A/S har 90 års erfaring med produktion og salg af gas. Det forpligter. Derfor går vi aldrig på kompromis med kvalitet, sikkerhed og rådgivning.

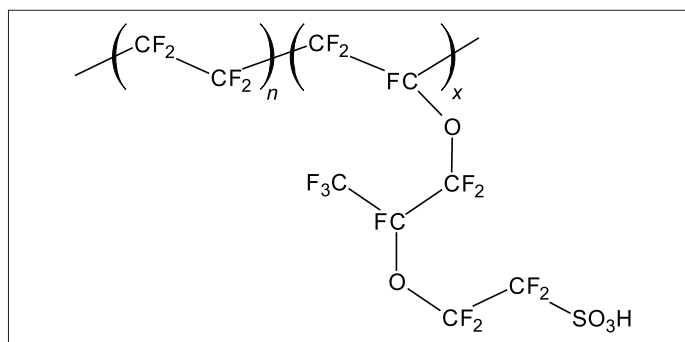
'701 02 107

som strømforsyning i selv meget små elektroniske apparater såsom mobiltelefoner. PEFC-systemer er ligeledes den teknologi, der foretrækkes af automobilindustrien til fremdrift af brændselscelledrevne personbiler, og PEFC-konceptet er den brændselscelleteknologi, der investeres klart mest i.

Membranmaterialer

Den centrale komponent i en PEFC er den protonledende polymermembran. For at brændselscellen skal fungere effektivt, skal en lang række strenge krav til membranen opfyldes, og derfor er der langt mellem de egnede materialer. Membranen skal være stærk og holdbar ved temperaturpåvirkning og kemiske påvirkninger. Den skal kunne lede protoner med så lille modstand som muligt, men være uigennemtrængelig for ilt og brint/methanol. Desuden skal den helst ikke optage for meget vand af hensyn til membran-elektrode-samlingen (MEA) samt brændselscellesystemets størrelse, kompleksitet og arbejdstemperatur.

Den oftest benyttede membran er Nafion® fra den store amerikanske virksomhed DuPont™. Dette materiale består af en hydrofob fluoreret kulstofkæde med fluorerede polyætersidekæder med hydrofile sulfonsyregrupper. En strukturformel ses på figur 2. I befugtet tilstand vil der dannes nanofaser



Figur 2. Nafion®s struktur.

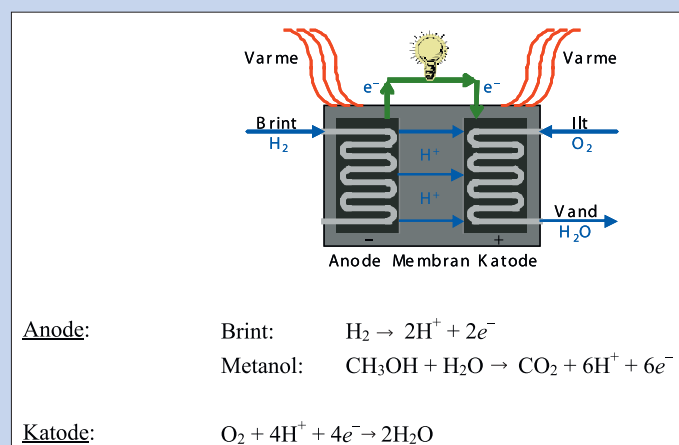
af henholdsvis hydrofob fluorpolymer og sulfonsyregrupper orienteret mod vandlommer.

Nafion® opfylder mange af kravene til polymerelektrolytten – især holdbarhed og protonledningsevne – men den er meget dyr og kan ikke anvendes ved temperaturer over ca. 85°C. Endvidere optager den meget vand, og den er desuden ikke optimal i methanolbrændselsceller pga. stor permeabilitet over for methanol. En række andre firmaer producerer membraner ►

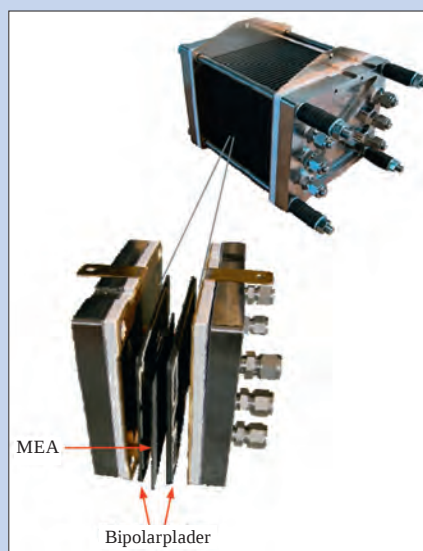
Boks 1. En polymerbrændselscelles virkemåde og opbygning

I en polymerbrændselscelle (PEFC) oxideres brændslet ved anoden, mens ilt reduceres ved katoden. Brændslet kan bestå af brint eller et let oxiderbart brintrigt stof – oftest methanol – mens ilten kan suppleres via den atmosfæriske luft. Ved anodereaktionen dannes brintioner (protoner) og elektroner. Elektronerne bevæger sig gennem en elektrisk leder til katoden, hvor ilt reduceres. Oxidationspotentialt ved anoden og reduktionspotentialt ved katoden giver anledning til en spændingsforskel, som driver protoner gennem elektrolytten fra anoden til katoden. Slutresultatet er dannelse af vand ved katoden ved forening af protoner, ilt og elektroner.

Elektroderne er typisk tynde lag af porøst kulstof, som er lamineret sammen med elektrolytmembranen, så der dannes et celleelement kaldet en membran-elektrode-samling (MEA). En MEA's tykkelse er ofte bare omkring 0,5 mm. I elektrodernes overflade mod membranen er inkorporeret små mængder katalysatormateriale med ædelmetal. I katoder og anoder til brintføde bruges platin, mens der i anoder i direkte methanol-brændselsceller (DMFC) ofte bruges en legering af platin og ruthenium. De elektrokemiske reaktioner finder sted ved grænsefladerne mellem elektroder og elektrolyt, da der her skabes kontakt mellem reaktanter, katalysator, elektrolyt



Figur 3.



Figur 4.

og det elektrisk ledende elektrode-materiale. Grænsefladernes størrelse og beskaffenhed samt mængden af aktiv katalysator i elektrodeoverfladen er derfor af stor betydning for brændselscellens ydelse. Det kan i dag lade sig gøre at fremstille platin/kulstof-katalysatormateriale med 55 masse-% platin i partikler med en gennemsnitlig diameter på ca. 2 nm [10], hvorved

omkring 60% af platinatomerne er overfladeatomer og dermed aktive katalysatorer. Platinindholdet i moderne brint-MEA'er kan være ned til 0,5 mg/cm².

Reaktionen mellem brint og ilt har et standardpotential på 1,23 V og methanols reaktion med ilt et ditto på 1,18 V. Disse spændinger er for lave til de fleste praktiske anvendelser, og grundet overspændinger ved elektroderne og modstand i elektrolytten vil de spændingsforskelle, der kan opnås over arbejdende brændselsceller, altid være endnu mindre. Det er derfor nødvendigt at serieforbinde adskillige brændselsceller, hvilket gøres ved at stable MEA'er i en cellestak. I stakken er MEA'erne adskilt af strømopsamlings- og gasfordelingsplader (bipolarplader) almindeligvis af grafit, og det er også via disse plader, at den elektriske forbindelse mellem MEA'erne oprettes. I det samlede brændselscellesystem indgår desuden pumper, eventuelle brændselsreformere og rensningsenheder, varmevekslingsanordninger, anlæg til fugtighedsstyring samt eventuelt en dc/ac-konverter.

vi stoler kun på
Dräger sensorer –
det samme gør verdens
største firmaer.



Gør som en halv million andre brugere!

Alle vores bærbare gasdetektorer er 100% udviklet og produceret hos Dräger selv, ved brug af vores egen førende sensorteknologi - med op til 5 års levetid. De er designet til at holde længere end konkurrenternes og til at detektere den størst mulige variation af gasser og dampe. Vores sensorer giver bedre sensitivitet og er billigere at eje, da de ikke skal udskiftes hvert 2. år! Du sparer ikke kun penge, men opnår samtidig den bedste nøjagtighed og repeterbarhed, i selv de barskeste miljøer. www.draeger.com

Dräger. Teknik for Livet.

med strukturer, der ligner Nafion[®]s, men generelt lider de af de samme problemer. For nuværende er kun perfluorerede (det vil sige med fuld fluorsubstitution på kulstofkæderne) membraner i kommerciel produktion.

De nævnte svagheder, som Nafion[®] og lignende perfluor-sulfonylpolymere udviser, er stærkt medvirkende til, at polymerbrændselsceller i de fleste anvendelser endnu ikke udgør et konkurrencedygtigt alternativ til mere konventionelle energiforsyninger. Der ligger altså en stor udfordring i billigt at fremstille en membran, der bl.a. er mere termisk stabil end Nafion[®] og er mere velegnet i methanolbrændselsceller. Netop disse to sidstnævnte aspekter er særlig væsentlige af følgende årsager:

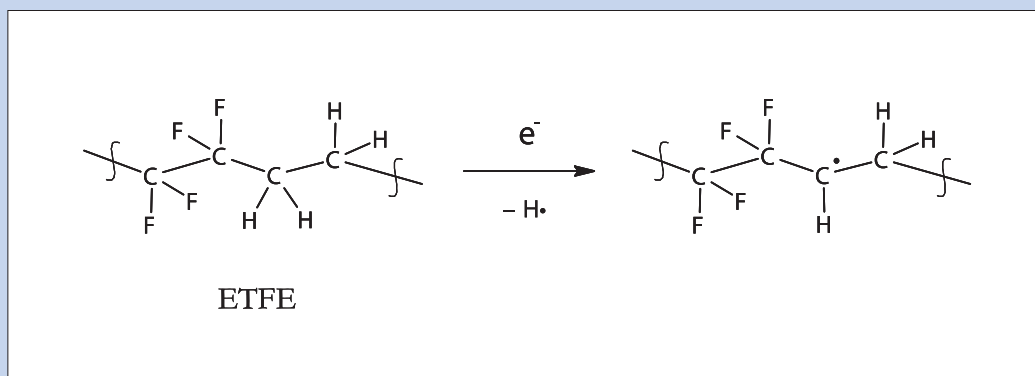
- Drift ved højere temperaturer end 80°C (f.eks. 120-130°C) giver bedre celleydelse grundet bedre katalysatoraktivitet og nedsætter renhedskravet til brændslet mht. katalysatorgiften CO, ligesom størrelsen af celledækkens kølesystem kan reduceres.

- Methanol kan meget vel vise sig at blive en af fremtidens foretrukne energibærere, da det modsat brint er en væske i standardtilstanden og dermed langt nemmere og sikrere at distribuere og håndtere. Desuden er methanols rumfangsmæssige energitæthed større end både komprimeret og flydende brints, og methanol kan i modsætning til de fleste organiske og uorganiske væsker forholdsvis let oxideres direkte i en PEFC.

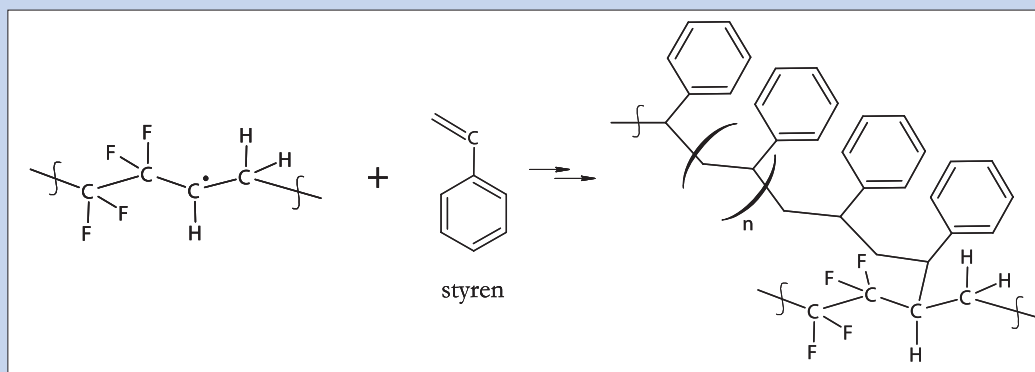
Rundt om i verden udføres der megen forskning i at udvikle en egnet polymerelektrolyt til forhøjede arbejdstemperaturer og til methanolbrændselsceller. Endnu er det ikke lykkedes at fremstille et materiale, som imødekommer alle de stillede krav i tilstrækkelig udstrækning. Der har været megen interesse omkring organiske polyarener funktionaliseret med sulfonylgrupper [3]. En særlig interessant tilgang er en helt eller delvis fluoreret organisk polymer podet med kæder af sulfoeret polystyren [4]. Disse systemer fremstilles ud fra billige kommercielt tilgængelige fluorpolymerfilm ved strå-

Boks 2. Fremstilling af en protonledende membran

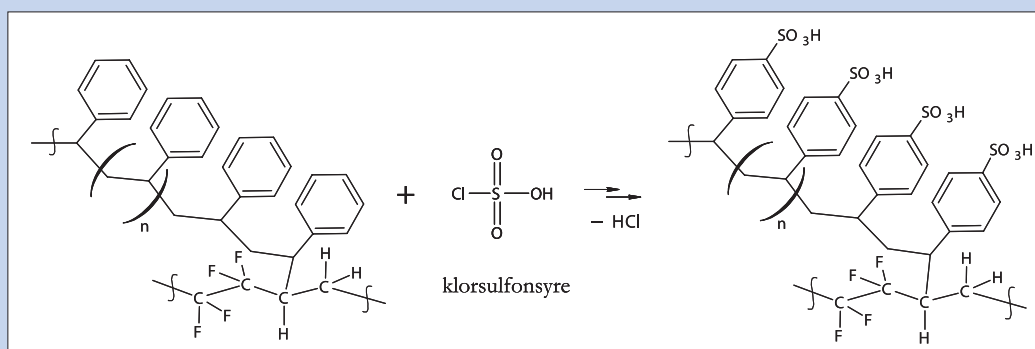
Stærke og gode brændselscellemembraner kan syntetiseres ud fra en række masseproducerede 20-100 µm tykke polymerfilm, som udgør billige udgangsmaterialer. Fluorerede polymerer er særlig velegnede, da bindingen mellem kulstof og fluor er stærk, hvilket giver membranen høj kemisk og termisk stabilitet. Poly(ethylen-*alt*-tetrafluorethylen) (ETFE) anvendes ofte. Membransyntesen udføres i praksis som en tretrinsprocedure. Fluorpolymeren bestråles først med elektroner, hvorved der dannes radikaler i polymeren. Dernæst nedsænkes den bestrålede film i en opløsning af styren og eventuelt divinylbenzen, hvor en polymerisation initieres på radikalerne og propagerer til en ønsket kædelængde. Sluttelig sulfoeres polystyrenkæderne ved en elektrofil aromatisk substitutionsreaktion med klorsulfonsyre.



Trin 1: Elektronbestråling



Trin 2: Podning med styren



Trin 3: Sulfonering

lingspodning og sulfonering i en tretrinsprocedure beskrevet i boks 2.

Den fluorerede basispolymer giver materialet styrke og stabilitet, mens protonledningsevnen introduceres via sidekæderne. I befugtet tilstand opstår der hydrofobe og hydrofile områder som i Nafion®, og systemerne udviser protonlednings-evne på niveau med Nafion®s. Ved at tværbinde polystyrenen med divinylbenzen opnår materialet bedre holdbarhed og mindsket vandoptag, mens protontransporten ofte forringes, da transportmekanismen involverer vandmolekyler. Der må altså indgås et kompromis mellem styrke og ledningsevne via regulering af mængden af tværbinder [5]. I Danmark samarbejder brændselscellevirksomheden IRD Fuel Cells A/S i Svendborg og Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi på Det Tekniske Fakultet ved Syddansk Universitet om forskning i og udvikling af denne type membran.

Status og perspektiver

Med et polymerbrændselscellesystem til brint kan der i dag opnås elektricitetsfremstilling med en nyttevirkning på over 55% baseret på brintens nedre brændværdi (LHV). Yderligere udvikling af materialer og systemer vil uden tvivl medføre en stigning i effektiviteten, der i teorien kan komme tæt på 100%. Til sammenligning omsætter forbrændingsmotorer kun omkring 25% af brændslets energi til arbejde, og selv verdens mest effektive konventionelle kraftværk, Avedøre 2, kan ikke nyttiggøre mere end ca. 49% af energien ved ren elektricitetsproduktion.

Ovenstående fakta belyser polymerbrændselscellernes potentiale for energieffektivisering. De skaber endvidere basis for en renere energiproduktion pga. fraværet af forureningsprodukter. Ydermere anvendes brændsler, som potentielt kan fremstilles uden forbrug af fossile ressourcer – til fordel for vort miljø og økonomien og forsyningssikkerheden i lande, der er afhængige af importeret olie, gas eller kul. Brint kan fremstilles ud fra biomasse [6] eller ved elektrolyse af vand – f.eks. ved brug af vindmøllestrøm i perioder med overproduktion. Methanol kan også fremstilles ved forgasning af biomasse og endvidere ved reaktion mellem brint og kuldioxid oprenset fra røggasser eller lignende [7,8].

Forbedringer inden for elektrodemateriale og -morfologi, katalysatorpartikelstørrelse og kompatibilitet mellem MEA-komponenterne (jf. boks 1) har nedbragt den nødvendige platinmængde i brint/luft-brændselsceller fra adskillige mg pr. cm² MEA til værdier i omegnen af 0,5-0,6 mg/cm² [9,10]. Den platinkatalyserede oxidation af brint forløber i velfremstillede kulstofelektroder så hurtigt, at platinindholdet i en anode kan nedsættes til 0,05 mg/cm². Iltreduktionsreaktionens kinetik er noget mere kompliceret, så der kræves minimum 0,4 mg Pt pr. cm² katode for at opnå gode celspændinger (ca. 0,65 V) og effekttætheder (op til omkring 0,9 W/cm²) ved 80°C [9]. En reduktion i mængden af platin i katoden til et niveau omkring 0,1 mg/cm² er ønskelig for brændselsceller til køretøjer for at gøre disse prismæssigt konkurrencedygtige. Visse legeringer af platin med andre metaller – eksempelvis kobolt – har vist sig at kunne øge den katalytiske aktivitet betragteligt, og der ligger et stort potentiale i udvikling af et forbedret katalysatormateriale [11]. Også videreudvikling af elektrodebærematerialer – f.eks. anvendelse af nanostruktureret kulstof – ser ud til at muliggøre en sænkning af ædelmetalindholdet i elektroderne [12].

Hvis brændselsceller økonomisk skal kunne konkurrere med forbrændingsmotorer i køretøjer, må prisen på brændselscellemotorer ned på omkring 120 kr./kW. (En dansk personbils motoreffekt ligger i gennemsnit på ca. 80 kW). Dette fordrer en katalysatorpris på et godt stykke under 50 kr./kW og en

pris på elektrolytmembranen på blot 5-10 kr./kW. Med det nuværende minimum på 0,5 mg Pt pr. cm² MEA er udgiften til katalysator på omtrent 180 kr./kW, mens brugen af en polyperfluorsulfonsyre-elektrolyt som Nafion® i dag repræsenterer en omkostning i omegnen af 200 kr./kW [9]. Dertil kommer brændselscellesystemets øvrige komponenter (jf. boks 1), hvor især bipolarpladerne er en tung udgiftspost. Eftersom den kommercielle produktion af brændselscellesystemer endnu er ekstremt begrænset, er man meget langt fra prismålet på 120 kr./kW for en brændselscellemotor.

Kun et par virksomheder i Danmark producerer polymerbrændselsceller. Som den eneste producerer IRD Fuel Cells A/S polymerbrændselsceller til lavtemperaturdrift. Virksomheden forhandler bl.a. en 3-kW's-cellestak til brint med 70 PEFC'er, der kan yde en strømtæthed på 0,4 A/cm² ved celspændingen 0,69 V, hvilket svarer til en effekttæthed på 0,3 W/cm² [13]. Stakken kan omdanne 56% af brintens energi (LHV) til elektricitet. Elektrolytten i dette produkt er en Nafion®-membran. I boks 3 præsenteres et udvalg af øvrige produkter fra virksomheden.

Direkte methanol-brændselsceller (DMFC) er særdeles interessante pga. brændslets flydende form og høje energitæthed sammenlignet med brint. Svagheden ved denne type celler er forholdsvis lave udgangsspændinger og en nyttevirkning, der oftest ikke er over 35%. Dette skyldes den mere komplicerede oxidation af methanol, hvor seks elektroner er involveret i modsætning til to for brint (jf. boks 1), samt de eksisterende elektrolytmaterialer, der tillader en del af methanolen at trænge fra anoden til katoden med deraf følgende nedsat brændselsudnyttelse og potentialforringelser grundet oxidati-

On-line iltmåling - Mange fordele...

ISM-3

- Menu med mange opsætningsmuligheder
- Stor driftssikkerhed og nøjagtighed
- Stort måleområde 100% - 1 ppm
- To alarmer
- Separat display og sensorenhed som sikrer stor fleksibilitet
- Kalibrering kun nødvendig hvert 3 år
- Selvdiagnostik - visning af vigtige parametre



Interesseret?

Kontakt:

PBI Dansensor

BEST CHOICE FOR GAS AND PERMEABILITY INSTRUMENTATION

info@pbi-dansensor.com · www.pbi-dansensor.com

on ved katoden. Den vanskeligere anodekinetik nødvendiggør desuden for nuværende en relativt stor mængde katalysatormaterialer i anoden, hvilket er med til at fordyre denne type celler.

Fremtiden: Brint, methanol eller batterier?

Der er mange fremtidsperspektiver i methanolbrændselsceller, idet de har visse fordele frem for brændselsceller til brint. Methanolbrændselsceller forventes at være den brændselscelletype, der vil kunne afløse/supplere litiumbatterier på mange områder, da det i mange mindre apparater er mere hensigtsmæssigt at anvende methanol frem for brint som energibærer af hensyn til sikkerhed og i særdeleshed lagerplads (jf. figur 1). Desuden kan methanol meget vel vise sig at slå igennem før brint i et fremtidigt brændselscellebaseret transportsystem, da den eksisterende brændselsinfrastruktur

– tankanlæg og distributionssystemer – er baseret på flydende brændstoffer. Derimod er brint grundet den bedre udnyttelsesgrad i brændselsceller nok mere velegnet end methanol i store stationære strømforsyningsanlæg, hvor de større krav til plads og håndtering lettere kan imødekommes.

Det er dog langt fra sikkert, at litiumbatterier har tabt kampen til brændselsceller. Som bekendt er hverken brint eller methanol stoffer, som er naturligt forekommende i nævneværdig grad, men kemiske forbindelser, som skal fremstilles ved forarbejdning af råstoffer. Miljøgevinsten ved anvendelse af brint og methanol til energifremstilling afhænger helt af arten af disse råstoffer samt energiforbruget og forureningsmængden ved forarbejdningen. Som nævnt kan begge stoffer fremstilles ud fra biomasse, og disse synteseprocesser bliver til stadighed mere energieffektive. Det er således muligt at

Boks 3. Brændselsceller – snart en del af dagligdagen

Virksomheden IRD Fuel Cells A/S i Svendborg har siden 1995 beskæftiget sig med forskning og udvikling inden for brændselsceller og har en unik position i Danmark mht. udvikling af materialer og komponenter til polymerbrændselsceller. En række færdige brændselscellesystemer er tilgængelige fra virksomheden – både i form af stakke med mange anvendelser og specialprodukter.

For nylig lanceredes et brintfyrt (figur 5) til fremstilling af elektricitet og varme i private hjem. Fyret indeholder 47 polymerbrændselsceller og kan ved nominel drift levere 1,5 kW vekselstrøm svarende til 44% af energien i den tilførte brint. Yderligere 31% af brintens energiindhold kan udnyttes i et rumopvarmningssystem. Den forventede salgspris er 60.000 kr. om tre år, og så er prisen konkurrencedygtig med konventionelle olie- og naturgasfyr. Det eksisterende naturgasledningsnet kan bruges til distribution af brint, hvorved vejen er banet for miljøvenlig strøm og varme i stuerne.

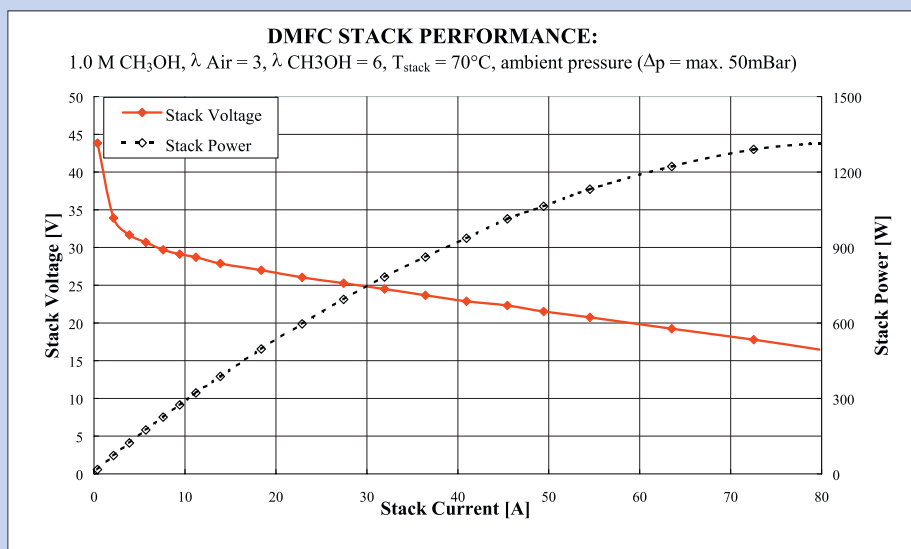


Figur 6.

Figur 5.

Et andet produkt er en DMFC-stak med 52 methanolbrændselsceller (figur 6). Den har et nominelt elektrisk output på 1 kW, idet den kan levere en spænding på 20 V, når der trækkes en strøm på 54 A under arbejdsbetingelserne præsenteret i figur 7. Stakken omsætter 32% af methanolens energi til elektricitet. En sådan methanolstak har mange potentielle anvendelser; eksempelvis som batterilader til fremdrift i en elektrisk kørestol, som energikilde i lysbøjer på havet eller som nødstrømsanlæg i samspil med et batteri.

Data, fotos og grafik: IRD A/S



Figur 7.

fremstille CO₂-neutrale brændsler med en forholdsvis lille miljøbelastning. Dog er processerne endnu ikke økonomisk rentable sammenlignet med brint- og methanolproduktion ud fra dampreforming af naturgas [8], hvilket naturligvis begrænser incitamentet til at producere stofferne ud fra biomasse. Fremstilling af brint ved elektrolyse af vand ved brug af vedvarende energikilder kan dermed synes at være et bedre alternativ – og her kommer litumbatterierne ind i billedet: Hvis der alligevel skal fremstilles strøm, kan denne med fordel anvendes via effektive litumbatterier frem for først at skulle omdannes til brint, som dernæst kan omsættes tilbage til elektricitet i brændselsceller. Litumbatterier som energiforsyning til fremdrift i køretøjer er endnu ikke realiseret kommercielt, men der sker mange lovende tiltag inden for området [14,15].

Om brændselsceller eller en tilgang med litumbatterier og elektricitet fra vedvarende kilder vil repræsentere den miljømæssigt mest hensigtsmæssige løsning på klimaproblemet og andre miljøproblemer afgøres altså af udviklingen inden for fremstilling af brint og methanol, udviklingen i vedvarende elproduktion og den teknologiske udvikling på områderne brændselsceller og litumbatterier. Svaret kan meget vel være en kombination, idet brændselsceller kan vise sig at være mest hensigtsmæssige i visse henseender og litumbatterier i andre.

E-mail-adresse:

Mikkel Juul Larsen: mjl@kbm.sdu.dk

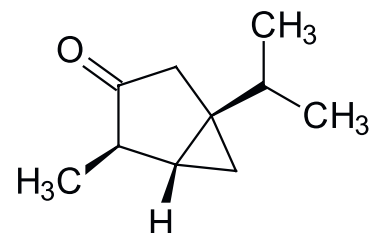
Referencer

- Skou, E. M.: *Batterier og brændselsceller*; Dansk Kemi **84** (2003) nr. 3 25-28
- Müller, J.: *Brennstoffzellen für elektrische Kleingeräte – mit Methanol oder mit Wasserstoff?*; SFC Smart Fuel Cell AG; Brunnthal [http://www.smartfuelcell.de/images/pdf_files/dmfc_vs_h2_jmueller_de.pdf]
- Smitha, B.; Sridhar, S.; Khan, A. A.: *Solid polymer electrolyte membranes for fuel cell applications – a review*; Journal of Membrane Science **259** (2005) 10-26
- Gubler, L.; Gürsel, S. A.; Scherer, G. G.: *Radiation Grafted Membranes for Polymer Electrolyte Fuel Cells*; Fuel Cells **5** (2005) 317-335
- Larsen, M. J.; Ma, Y.; Lund, P. B.; Skou, E. M.: *Crosslinking and alkyl substitution in nano-structured grafted fluoropolymer for use as proton exchange membranes in fuel cells*; accepteret til publikation i Applied Physics A: Materials Science & Processing
- De Wit, J.: *Forgasning af biomasse*; Dansk Kemi **84** (2003) nr. 12 12-14
- Edinger, R.; Isenberg, G.; Höhlein, B.: *Methanol from fossil and renewable resources*; i *Handbook of Fuel Cells – Fundamentals, Technology, and Applications. Volume 3: Fuel Cell Technology and Applications: Part 1* (redigeret af Vielstich, W.; Lamm, A.; Gasteiger, H. A.); John Wiley & Sons Ltd; Chichester; 2003; s. 39-48
- Galindo Cifre, P.; Badr, O.: *Renewable hydrogen utilisation for the production of methanol*; Energy Conversion and Management **48** (2007) 519-527
- Mathias, M. F.; Makharia, R.; Gasteiger, H. A.; Conley, J. J.; Fuller, T. J.; Gittleman, C. J.; Kocha, S. S.; Miller, D. P.; Mittelsteadt, C. K.; Xie, T.; Yan, S. G.; Yu, P. T.: *Two Fuel Cell Cars In Every Garage?*; The Electrochemical Society Interface **14** (2005) nr. 3 24-35
- He, C.; Desai, S.; Brown, G.; Bollepal, S.: *PEM Fuel Cell Catalysts: Cost, Performance, and Durability*; The Electrochemical Society Interface **14** (2005) nr. 3 41-44
- Gasteiger, H. A.; Kocha, S. S.; Sompalli, B.; Wagner, F. T.: *Activity benchmark and requirements for Pt, Pt-alloy, and non-Pt oxygen reduction catalysts for PEMFCs*; Applied Catalysis B: Environmental **56** (2005) 9-35
- Wee, J.-H.; Lee, K.-Y.; Kim, S. H.: *Fabrication methods for low-Pt-loading electrocata-*
- lysts in proton exchange membrane fuel cell systems*; Journal of Power Sources **165** (2007) 667-677
- www.ird.dk, IRD Fuel Cells A/S, Kullinggade 31, DK-5700 Svendborg
- Djursing, T.: *Elbilerne kommer*; Ingeniøren ing.dk 25.06.2007 [http://ing.dk/artikel/79494]
- Godske, B.: *Analyse: Batterier stopklods for fremtidens hybridbil*; Ingeniøren ing.dk 01.07.2007 [http://ing.dk/artikel/79726]

Nyt om...

... Myten om den farlige absint af ivet

Absint er i et par menneskealdre blevet betragtet som farligt for helbredet og forbudt i mange lande. Myten stammer fra 1800-tallet, hvor flere kendte kunstnere skulle have pådraget sig forskellige nervelidelser ved overdreven nydelse af absint, blandt dem Toulouse-Lautrec. Absinten laves på udtræk af malurt *Artemisia absinthum*, som har et højt indhold af thujon. Indholdet af thujon i 1800-tallets absint angives nogle steder så højt som 350 mg/L, hvor indholdet i moderne absint er 20-30 mg/L.



α -Thujon

En forskergruppe har opsporet absint i uåbnede flasker fra slutningen af 1800-tallet og undersøgt deres thujonindhold, det ligger for de højeste på 30-50 mg/L, langt under hvad der er skadelig selv ved en meget høj indtagelse af absint. Man må derfor konkludere, at hvis kunstnerne har fået problemer, har det nok snarere været pga. den mængde alkohol, de fik, end det var pga. thujonen.

Carl Th.

Absinthe myths finally laid to rest, *Chemical & Engineering News* May 5, 2008, side 42; Chemical composition of vintage preban absinthe, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**, 2008, side 3073,

www.pumpegruppen.dk Tlf. +45 45 93 71 00
Fax +45 45 93 47 55



UNITEC™

Laboriepumper

Trykluftdrevne laboriepumper i polyethylene eller PTFE. Kapaciteter fra 1-500 liter/min, max 7 bar.

Kan leveres med ekstraudstyr, f.eks:

- Drænsystem af pumpe
- Membranbrudsensør
- Dobbeltmembran med sensor
- Indbygget pulsationsdæmper
- Stroke counter
- ATEX-certifikat

PUMPE
GRUPPEN A/S

info@pumpegruppen.dk