

Plastik i brændselscellen

Brændselsceller baseret på plastmaterialer (polymerer) er den type, der forskes mest i verden over – bl.a. fordi bilfabrikanterne satser på disse til brug i brintbiler. Endnu lader det kommercielle gennembrud for denne type brændselsceller dog vente på sig – primært fordi prisen stadig er for høj.

Af Jesper Lebak Jespersen

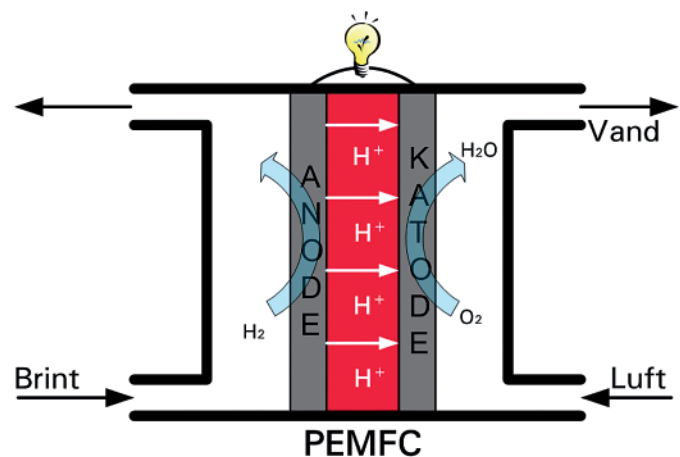
■ Visionen om en fremtid, hvor bilerne kører på brint, afhænger i høj grad af udviklingen af brændselsceller. Den type brændselsceller, bilindustrien satser på, kaldes PEM-brændselsceller (hvor PEM står for *Proton Exchange Membrane* eller *Polymer Electrolyte Membrane*), og de fungerer ved relativt lave temperaturer sammenlignet med brændselsceller baseret på keramiske materialer, som er omtalt i foregående artikel. PEM-brændselsceller er baserede på polymerer – dvs. plastmaterialer – og er den type brændselsceller, der forskes mest i verden over.

Der findes overordnet tre forskellige typer af polymer-brændselsceller (se boks). I Danmark forskes der i alle typerne, ligesom der produceres stakke og systemer baseret på alle de tre typer. Derfor

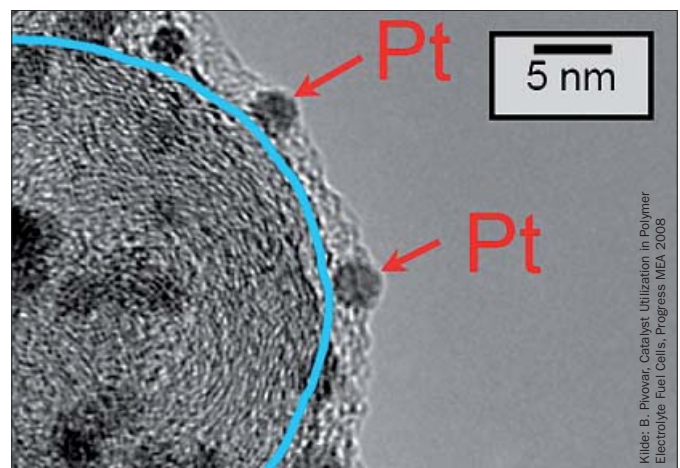
er Danmark godt med i udviklingen inden for PEM-brændselsceller globalt set, selvom det i Danmark ikke er bilindustrien, der driver udviklingen.

Kostprisen driller

Prisen for brændselsceller er stadig den største hindring for commercialisering af brændselsceller. I dag bruger man platin hæftet på kulstof, primært som katalysator på elektroderne i en PEM-brændselscelle. Mængden af platin, der bruges i de forskellige typer af brændselsceller varierer meget, men brugen af platin som katalysator på elektroderne er samlet set den væsentligste årsag til den høje pris på brændselsceller. Derfor forskes der intenst i at mindske brugen af platin, bl.a. ved at anvende nanopartikler, hvilket giver det



En PEM-brændselscelle består af en elektrolyt, som populært sagt kaldes cellens hjerte eller proton-pumpen, og af to elektroder (anode og katode), som populært benævnes cellens lunger, hvor brint og ilt omsættes



Billede taget i transmissions-elektronmikroskop af strukturen i elektroden i en PEM-brændselscelle. Små partikler af platin sidder på en struktur af kulstof.

Kilde: B. Pivovar, Catalyst Utilization in Polymer Electrolyte Fuel Cells, Progress MEA 2008

Tre forskellige typer af polymer-baserede brændselsceller

PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell):

Den mest udbredte type, typisk baseret på en syntetisk polymer med sulfonsyregrupper som muliggør protontransport, hvor vand (H_2O) giver protonledningsevne og elektroderne består af en kulstofstruktur med platin. Arbejdstemperaturen er på 60-120 °C.

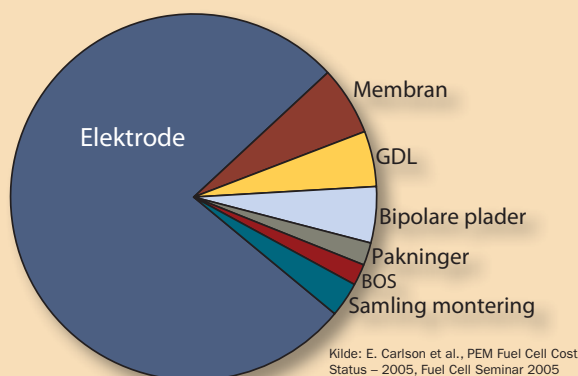
HT-PEMFC (High Temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cell):

Typisk baseret på membran af en syntetisk højtemperaturbestandig polymer, hvor fosforsyre (H_3PO_4) giver protonledningsevne, og Pt/C elektroder. Arbejdstemperaturen er på 120-190 °C

DMFC (Direct Methanol Fuel Cell):

Typisk baseret på samme type membran som PEMFC, og elektroderne er også tilsvarende, dog med større indhold af platin og kan indeholde rhodium. Arbejdstemperaturen er lavere i størrelsesordenen 25-60 °C

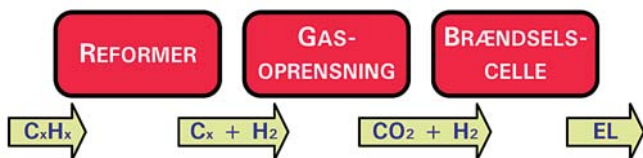
Omkostningsfordeling



Fordeling af omkostninger i en PEM-brændselscelle, baseret på en 80 kW stak og et styketal på 500.000 enheder. Det ses tydeligt, at elektroderne suverænt er de dyreste komponenter, hvilket skyldes brugen af platin.

Reformering af kulbrinter

Reformerprincip



For at kulbrinter som alkohol eller naturgas kan bruges i PEM-brændselsceller, må kulbrinterne først reformeres til en brinholdig gas. Principskitsen viser en sådan reformeringsproces. Normalt kan man ikke direkte anvende brint fremstillet ved reformering af kulbrinter uden en fordyrende rensning. Undtagelsen er brug af højtemperatur-PEM-brændselsceller (HT-PEMFC).

samme elektrokemiske overfladeareal ved brug af en mindre mængde platin. Man undersøger også, om alternative supportstrukturer af kulstof, herunder karbon-nanorør, kan forøge det elektrokemiske overfladeareal. Endvidere leder man også efter alternative materialer som katalysator, men hidtil er platin langt det bedste materiale.

Når cellen ældes

Udover kostprisen er degradering eller ældning af ydelsen fra brændselscellen, den største hindring for en storskala udbredelse af teknologien. Afhængig af brugen er der forskellige krav til levetiden for brændselsceller. For biler forventer man 5.000 timer, for busser 20.000 og for stationære mikro-kraftvarmeanlæg forventer man levetider på mindst 40.000 timers drift. Ældning eller degradering af brændselsceller er en irreversibel proces. Der er flere mekanismer, som gør at cellen ældes, nogle er specifikke for den enkelte brændselscelle-type, mens andre er generelle.

Et generelt ældningsfænomen er, at det elektrokemiske overfladeareal mindses over tid, dvs. at der er færre steder hvor reaktionerne, f.eks. reduktion af ilt: $O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$, kan finde sted. En anden generel ældningsmekanisme er, at membranmaterialet (elektrolytten) over tid bliver ringere til at lede protoner. I en type af PEM-brændselsceller (HT-PEMFC) er det fosforsyre (H_3PO_4) som udgør det protonledende element i elektrolytten. Fosforsyren forsvinder fra membranen over tid via reaktanterne, hvilket mindsker ledningsevnen og dermed ydelsen af cellen. Desuden kan der, typisk under opstart og nedlukning af cellen, opstå skader på kulstofstrukturen i elektroderne, fordi kulstoffet kan korrodere under høje spændinger i brændselscellen.

PEM teknologi og kulbrinter

Mens man hidtil har haft svært ved at finde gode metoder til lagring og distribution af ren brint, så er der ikke samme problemer med lagring og distribution af kulbrinter, såsom

alkohol og naturgas. Det er dog nødvendigt at reformere kulbrinterne til en brinholdig gas før den kan bruges i brændselscellerne. Denne brinholdige gas vil indeholde koncentrationer af kulmonoxid (CO), som kan påvirke ydelsen på brændselsceller meget. Kulmonoxid sætter sig på de aktive steder på katalysatoren, og forhindrer derved brint i at reagere på elektroden. Temperaturen af brændselscellen er dog afgørende for i hvor høj grad kulmonoxid påvirker katalysatoren. Såkaldte højtemperatur-PEM-brændselsceller (HT-PEMFC) kan derfor tolerere meget høje koncentrationer af kulmonoxid (2-3 %), hvor en almindelige PEM-brændselscelle kun kan klare 5-15 ppm kulmonoxid i anodegassen.

Ekstremt fleksibel teknologi

Brændselsceller er en ekstremt fleksibel teknologi og kan anvendes i hele effektområdet fra mW til MW. Ofte deles anvendelserne op i stationære, transportable og automotive. Det er vidt forskellige krav, der stilles til de forskellige områder, hvor der for det automotive område er høje krav til de dynamiske egenskaber og effekt-tætheden, mens man mere fokuserer på levetiden for det stationære område. Ens for begge disse områder er dog, at prisen for systemet er afgørende. Det er knap så kritisk på det transportable område som små palle-løftere, gaffeltrucks mv., og derfor er der også flest anvendelser på dette område.

Inden for alle områder findes der dog nicheområder, hvor brændselsceller i dag konkurrencemæssigt er på højde med andre teknologier. Et eksempel er den danske virksomhed Dantherm, der i dag tilbyder et power back-up modul til mobile sendemaster baseret på PEM-teknologi. I takt med, at brændselsceller bliver billigere at producere og levetiden forbedres, stiger interessen for at bruge teknologien i bredere sammenhænge, for brændselsceller er den mest effektive måde at omdanne kemisk energi til elektrisk energi. ■

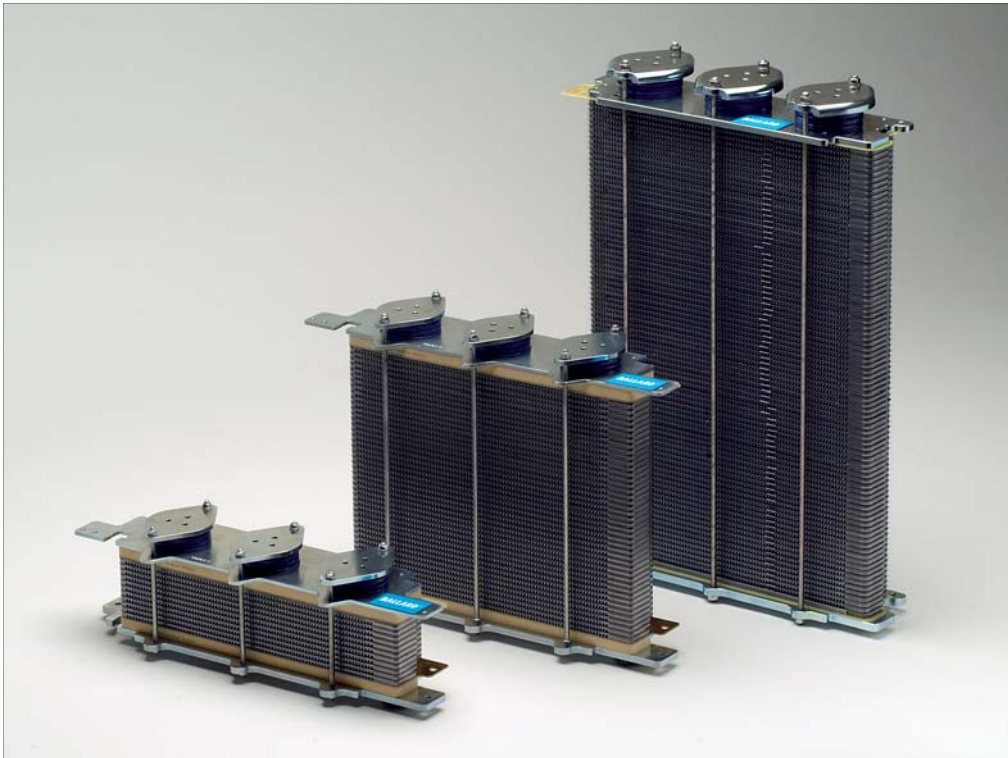


Foto: www.ballard.com

En enkelt brændselscelle kan ikke levere megen spænding, og derfor sættes brændselsceller i serie i en brændselscellestak for at opnå højere spænding. En brændselscellestak er derfor fleksibel i sin opbygning: ønskes højere spænding sættes flere celler i serie, ønskes højere strømstyrke øges det aktive areal af cellerne. Billedet viser forskellige størrelser af stakke af brændselsceller fra det canadiske firma Ballard. Denne type er kølet med luft – der findes også vandkølede brændselsceller.

Om forfatteren



Jesper Lebak Jespersen er civilingeniør ved Center for Vedvarende Energi og Transport, Teknologisk Institut, Tlf.: 7220 1251
E-mail: Jesper.Jespersen@teknologisk.dk

Forslag til yderligere læsning:
J. Larminie and A. Dicks: *Fuel Cell Systems Explained*, 2nd edition, Wiley (2003)

Kilder:
www.hydrogenlink.dk

J. Wu et al., *Journal of Power Sources* 184, (2008), p104-119

Korsgaard et al., *Journal of Power Sources* 162, (2006), p239-245