

Brændselsceller på vej mod kommercialisering

Dansk forskning i brændselsceller er for alvor kommet på verdenskortet. En ny facilitet på Risø skal producere 400 avancerede celler om ugen, hvorefter cellerne samles i stakke og testes på Haldor Topsøe A/S. Teknologien vil være kommercielt moden om fem til ti år

Ti års dansk grundforskning i keramiske brændselsceller er nu ved at give bonus. På Risø opbygges et pilotanlæg, som skal producere 400 brændselsceller om ugen. Hos Haldor Topsøe A/S samles cellerne i stakke, og firmaet er ved at designe en 5 kW enhed, som skal demonstrere cellestakkenes elproduktion og driftssikkerhed.

Målet er i første omgang at levere cellestakke og mindre anlæg til demonstrationsformål. Samtidig samarbejder Risø med Rolls-Royce om udvikling af store brændselscellekraftværker i Megawattklassen. De effektive keramiske brændselsceller er for alvor på vej ud af laboratorierne og ud i det virkelige liv.

- Der er næppe tvivl om, at markedet for keramiske brændselsceller vil blive rigtig stort, når teknologien bliver kommercielt moden om 5-10 år, siger forskningsleder Niels Christiansen, Haldor Topsøe A/S.

Dét er der mange gode grunde til. For det første er de keramiske celler (Solid Oxide Fuel Cells, SOFC) uovertrufne til at omsætte den kemiske energi i naturgas til strøm; virkningsgraden for el forventes at blive 50-60 procent, hvilket overgår de industrielt modne brændselscelletyper, som har virkningsgrader på 40-50 procent. Moderne kraftværker, der fyrer med kul, naturgas eller biogas omdanner 47-48 procent af brændslets energi til elektricitet, mens elvirkningsgraden på decentrale kraftvarmeværker ligger på mellem 25 og 35 procent.

- Ved at koble anlæg med keramiske brændselsceller til en gasturbine kan den samlede elvirkningsgrad komme op på 70-75 procent. Jo mere strøm, man kan hive ud af en given mængde brændstof, jo mindre bliver udslippet af drivhusgassen CO₂ pr. produceret kilowatttime, og jo billigere bliver strømmen, siger fungerende programleder, Søren Linderoth fra Risøs Afdeling for Materialeforskning.

Samtidig er brændselsceller generelt miljøvenlige. Ved anvendelse af brint som brændsel, produceres der vand, som er et harmløst restprodukt. Elproduktionen finder sted ved lavere temperaturer end under forbrænding, og derfor slipper man også for luftforurening med kvælstofilter, som dannes i forbrændingsprocessen. Svovl fjernes fra gassen, inden den sendes ind i brændselscellerne.

En praktisk fordel ved de keramiske celler er deres fleksibilitet; de kan nemlig opbygges i moduler med varierende antal cellestakke i forskellige størrelser. Derfor er SOFC-celler både velegnede til små anlæg, fx i et hus eller til at drive elmotoren i en kølevogn, og i store kraftværker i Megawattklassen, hvor flere moduler kobles sammen.

Der er imidlertid en slange i paradiset. De keramiske brændselsceller har hidtil været så dyre, at deres fortrinlige egenskaber ikke har kunnet opveje produktionsomkostningerne.

- Vi har været involveret i det danske brændselscelleprogram sammen med Risø siden 1989, men de kommercielle perspektiver blev først rigtig interessante, da Risø for et par år siden udviklede en ny celletype, som har potentialet til at konkurrere økonomisk med konventionelle kraftværker, siger Niels Christiansen.

Det er denne celletype, som nu skal produceres i betydelige antal i det nye pilotanlæg på Risø og samles i stakke på Haldor Topsøe A/S. Satsningen er massiv efter danske forhold. Alene på Risø arbejder 35 forskere og teknikere på fuld tid med udviklingen af keramiske brændselsceller, og budgettet for de næste tre år er 64 millioner kr. Heraf kommer 60 procent af midlerne fra Energistyrelsen og elseskaberne, mens resten betales af deltagerne i programmet. Haldor Topsøe A/S og Risø er de største bidragsyderne med henholdsvis 15 og 10 millioner kr.

Billigere celler

En brændselscelle består af en gaselektrode og en luftlektrode, der er adskilt af en elektrolyt. Luftlektroden omdanner iltmolekyler til negativt ladede iltioner ved optagelse af elektroner.



Der er næppe tvivl om, at markedet for keramiske brændselsceller vil blive rigtig stort, når teknologien bliver kommercielt moden om 5-10 år, siger forskningsleder Niels Christiansen, Haldor Topsøe A/S. Foto: Boye Koch.

Iltionerne vandrer gennem elektrolytten over til gaselektroden, hvor ilt reagerer med brint og danner vand. For hvert nydannet vandmolekyle frigives der to elektroner, som sendes på arbejde i elnettet. Elektronerne vender tilbage til brændselscellen, og her samles de op af iltatomer i luftelektroden, hvorved der dannes nye iltioner, som får processen til at starte forfra. Elproduktionen kører så længe, der tilføres nyt brændstof. En individuel brændselscelle yder en spænding på 1 volt og højere spændinger opnås ved at stække cellerne.

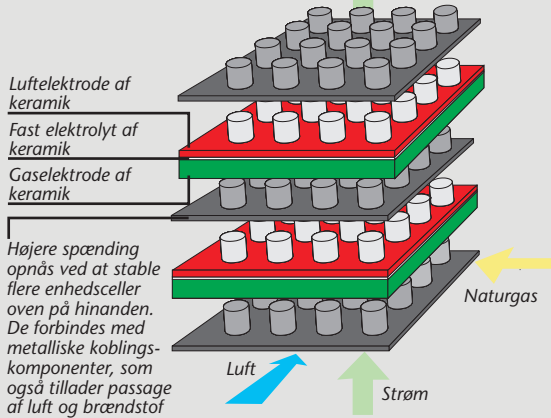
I de oprindelige danske brændselsceller var elektrolytten det bærende element - en keramisk plade med en tykkelse på 200 mikrometer. Når iltionerne bevæger sig gennem elektrolytten møder de modstand, og diffusionen af iltioner foregår nemmest ved høje temperaturer, hvilket også gælder for de katalytiske processer på elektroderne. Derfor var arbejdstemperaturen i de oprindelige celler nødt til at være så høj som 1000 grader Celsius.

I det nye design er gaselektroden det bærende element, hvilket har gjort det muligt at reducere tykkelsen af elektrolytten til 20 mikrometer, og samtidig er de keramiske materialer blevet forbedret, så den indre modstand er kommet så langt ned, at det ikke er nødvendigt med så høj temperatur. Resultatet er, at cellerne arbejder fortrinligt ved temperaturer på 850 grader. På kort sigt er det målet at sænke temperaturen til 750 grader, mens det langsigtede mål er at fremstille celler med en arbejdstemperatur på 650 grader.

- En lav arbejdstemperatur gør det muligt at bruge billigere materialer. Her var vi tidligere nødt til hæfte de enkelte celler og cellestakke sammen med dyr keramik, som kan holde til at arbejde ved 1000 grader i lang tid. I de nye celler kan man bruge billigt stål til formålet, siger Søren Linderoth.

Portræt af en SOFC brændselscelle

En enhedscelle med en spænding på ca. 1 volt består af disse tre keramiske plader:



Højere spænding opnås ved at stable flere enhedsceller oven på hinanden. De forbindes med metalliske koblingskomponenter, som også tillader passage af luft og brændstof

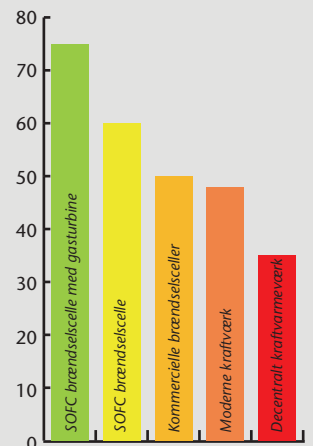
Her sættes ind på at gøre SOFC cellerne kommercielt konkurrencedygtige

1. Det nye pilotanlæg på Risø skal føre til effektive produktionsmetoder for elektroderne
2. Tyndere elektrolyt med bedre keramiske materialer sænker den indre modstand. Det sænker igen driftstemperaturen. Målet er at nå ned på 650 grader
3. Lavere temperaturer gør det muligt at bruge billigere celleforbindelsesmaterialer
4. Udvikling af de bedst egnede metoder til at håndtere naturgas som brændstof

Elvirkningsgraden for SOFC brændselscellen overgår alle andre former for elproduktions teknologier

Brændselscelletyper

Forkortelse	AFC	PAFC	SPFC	MCFC	SOFC
Dansk navn	Alkalisk	Fosforsyre	Polymer	Carbonat smelte	Fastoxid
Brændsel	Højren brint	Brint uden kulmonoxid	Ren brint	Brint, kulmonoxid, naturgas	Brint, kulmonoxid, naturgas
Elektrolyt	Kalium hydroxid	Fosforsyre	Polymer	Saltsmelte	Keramik
Elektroder	Nikkel	Grafit mm., platin	Grafit mm., platin	Nikkel- og lithiumoxid	Nikkelholdig keramik
Temperatur	100	200	100	650	850-1000
Effektivitet i procent el udbytte	40	40	40	60	60
Anvendelse	Rumfart/ Militær	Kombineret kraft/varme (ca. 200 kW)	Rumfart/ Biler	Kombineret kraft/varme (MW-anlæg)	Kombineret kraft/varme (kW-MW-anlæg)



Et af de vigtige mål med det nye pilotanlæg på Risø er at udvikle en effektiv produktionsproces med en høj grad af reproducerbarhed, så man ikke bliver nødt til at kassere en del af produktionen. Derfor er det vigtigt med ikke-destruktive metoder til at undersøge brændselscellernes kvalitet. Her bruger forskerne bl.a. ultralyd, som kan afsløre, hvis de forskellige lag i cellerne ikke sidder ordentligt sammen.

Behandling af naturgas

I de hidtidige forsøg er der blevet anvendt ren brint, som det er lettest at omdanne i en brændselscelle, men i

praksis er biogas og især naturgas de mest oplagte brændstoffer. Haldor Topsøe A/S arbejder nu med at udvikle de bedst egnede metoder til også at omdanne naturgas som brændstof.

SOFC-celler kan i modsætning til andre brændselsceller køre på metan, som er hovedbestanddelen i naturgas, men da naturgassen også indeholder højere kulbrinter som etan og propan er det nødvendigt med en omdannelse af brændstoffet; de højere kulbrinter får nemlig cellen til at kulle til.

En væsentlig del af indsatsen på Topsøe går ud på at udvikle den mest hensigtsmæssige omdannelsesproces, som

enten kan ske i en reformer uden for cellen eller internt i selve cellen. I første omgang satser firmaet på ekstern reformering.

- Vi vil bl.a. søge at finde ud af hvilken forbehandling af naturgassen der er den optimale i forbindelse med SOFC-brændselscellen, fortæller Niels Christiansen.

For at få god økonomi i et kraftværk med brændselsceller er det nødvendigt med en lang levetid på fem til ti år pr. cellestak. Da det jo er lang tid at vente på at få besked, benytter forskerne accelererede tests, hvor cellestakkene udsættes for højere temperaturer og højere strømstyrker end under almindelige driftsbetingelser. De kritiske parametre er blandt andet, i hvilken grad der sker kor-

Risø's vision er brændselscelleanlæg i stedet for olie- eller gasfyr. Brændselscelleanlæg er helt vedligeholdelsesfrie. De kan køre år ud og år ind, bare der tilføres naturgas, brint eller andet luftformigt brændstof.

Se video om brændselsceller på

www.risoe.dk/aktuelt/video/aktuelt.htm



En lavere arbejdstemperatur har gjort det muligt at erstatte dyr keramik med billigt stål, siger Søren Linderoth. Det er en af de væsentlige årsager til den fornyede kommercielle interesse. Foto: Boye Koch.

rosion af stålet, som kobler cellerne sammen, samt om de forskellige dele af cellerne ændrer egenskaber i uheldig retning. Endelig er det vigtigt at afklare, om cellerne kan tåle at køre på gasblandinger i lange perioder.

Indsamlingen af eksperimentelle data

støttes økonomisk af EU og finder sted i et samarbejde mellem Forskningscenter Risø, Haldor Topsøe A/S og en række europæiske partnere, især Rolls-Royce.

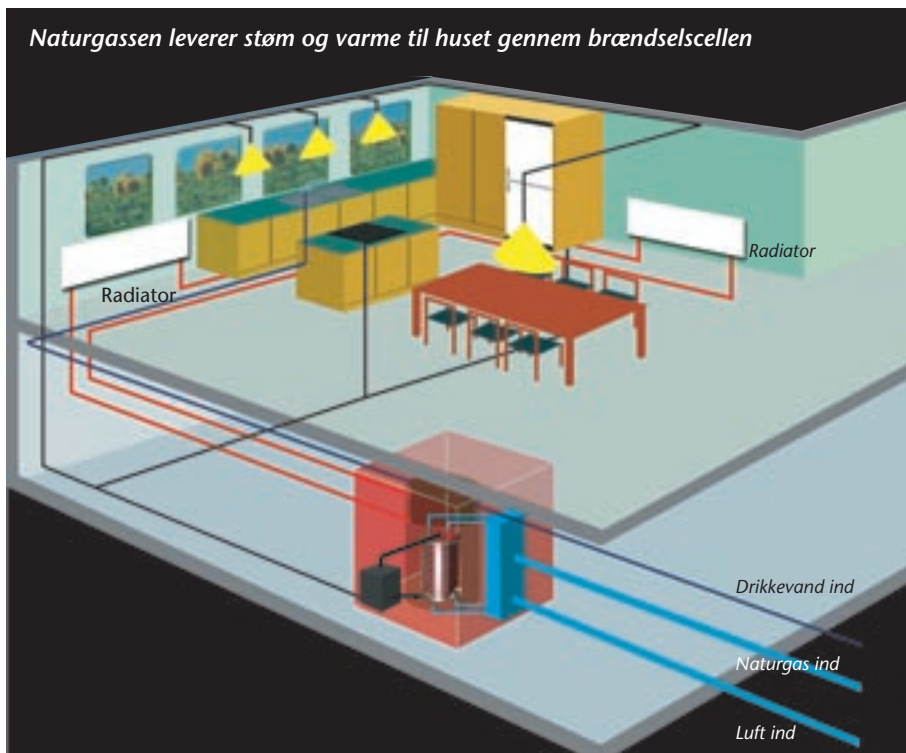
Stort Rolls-Royce anlæg

Mens de flade danske brændselsceller er lige velegnede til både små og store anlæg, har flere internationale firmaer udviklet andre typer design, som specifikt er målrettet mod store kraftværker med effekter på mange megawatt.

I Tyskland og USA bygges der demonstrationsanlæg med en effekt på 1 Megawatt, som bliver udviklet af Siemens-Westinghouse med støtte fra EU og USA. Her er brændselscellerne udformet som store rør.

Rolls-Royce fabrikkerne i England har udviklet et tredje design, hvor cellerne ligger som væltede dominobrikker i forlængelse af hinanden i et fladtrykt rør. Efter planen skal der inden to år bygges et demonstrationsanlæg. Udviklingen af anlægget foregår i nært samarbejde med Afdelingen for Materialeforskning på Forskningscenter Risø.

*Af ROLF HAUGAARD NIELSEN,
videnskabsjournalist*



Naturgassen leverer strøm og varme til huset gennem brændselscellen