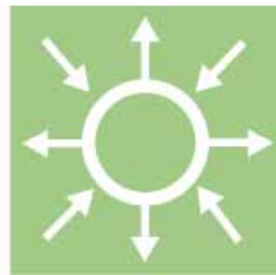


Teknikbevakning av bränslecellsområdet under 2007 - Stationära fastoxidbränsleceller (SOFC)

Elforsk rapport



Mohsen Assadi

Januari 2008

Teknikbevakning av
bränslecellsområdet under
2007 - Stationära
fastoxidbränsleceller (SOFC)
Elforsk rapport

Förord

Denna rapport är framtagen inom Teknikbevakningsprojektet inom bränslecellsområdet 2007 (Elforsk projektnummer 2502). Rapportens huvudsakliga slutsatser presenteras i slutrapporten för hela Teknikbevakningsprojektet (Elforsk-rapport 08:01).

Projektet har finansierats till största delen av Energimyndigheten. EON Sverige och ABB Corporate Research har bidragit med egeninsatser.

Stockholm januari 2008

Lars Wrangsten

Programområde EI- och värmeproduktion

Sammanfattning

Bränsleceller har stor potential att nå hög elverkningsgrad vid mycket låga emissioner och detta även i småskaliga anläggningar. Detta gör bränslecellen till stark kandidat för småskalig kraftvärmeproduktion i den avreglerade energimarknaden. En annan viktig fördel, som är specifik för högtemperaturbränsleceller och i synnerhet fastoxidbränsleceller (SOFC), är deras bränsleflexibilitet. Högtemperaturbränslecellernas bränsleflexibilitet är en direkt följd av deras inre bränslereformeringsförmåga, vilket gör dem till lämpliga energiomvandlingstekniker med biogas som bränsle.

Avdelningen för kraftverksteknik, vid Lunds tekniska högskola, har under ett flertal år bedrivit forskning inom fastoxidbränslecellteknikområdet finansierad av såväl STEM som EU och är en erkänd forskningsmiljö inom SOFC-området på internationell nivå. Bränslecellforskningen på Kraftverksteknik har varit fokuserad på stationära tillämpningar för samtidig el- och värmeproduktion, d.v.s. kraftvärme, och forskargruppen har ett starkt internationellt nätverk.

Under de tre första månaderna av år 2007 arbetade Miriam Kemm med komplettering och validering av Kraftverkstekniks dynamiska bränslecellmodell. Under den tidsperioden befann sig Miriam Kemm på VTTs forskningslabb i Espoo och samarbetade med forskare från VTT. Kemm hade tillgång till mätdata från VTTs testriggar där två olika SOFC-teknologier från Ullisch och Haldor Topsö testas. Data från testanläggningarna användes för validering av Kraftverkstekniks dynamiska bränslecellmodell.

Under år 2008 kommer professor Mohsen Assadi, adj. Professor Lars Sjunnesson och doktorand Magnus Fast från LTH att delta i bevakningsprojektet.

Mohsen Assadi deltar som svensk representant i IEAs SOFC Annex XVIII. På grund av andra åtaganden kunde dock Assadi inte delta i 2007 års IEA möte. Konferensmaterial och publikationer om SOFC-teknikens utveckling har kontinuerligt följts under året och en kort sammanställning presenteras nedan.

Innehåll

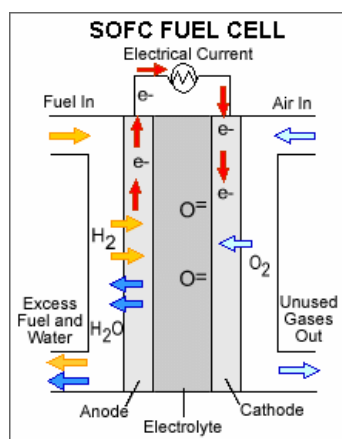
1	Stationära fastoxidbränsleceller (SOFC)	1
1.1	Beskrivning av tekniken	1
1.2	Teknikbevakningen under 2007	3
1.3	Framtida utveckling	4

1 Stationära fastoxidbränsleceller (SOFC)

1.1 Beskrivning av tekniken

Bränsleceller har stor potential att nå hög elverkningsgrad vid mycket låga emissioner och detta även i småskaliga anläggningar.

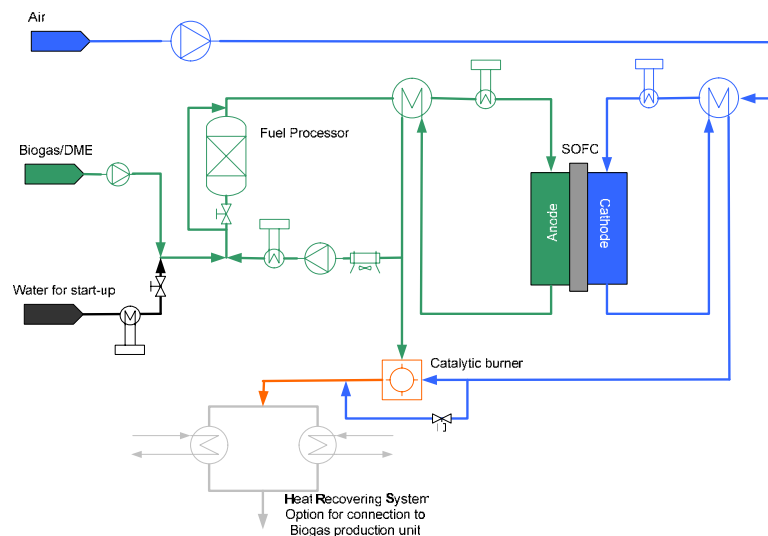
Fastoxidbränsleceller, SOFC, består av anod, katod och fastoxidelektrolyt. Syre i luften joniseras vid katoden och transporteras genom elektrolyten. Vid reaktion med vätgas på anodsidan frigörs elektroner och värme samtidigt som vattenånga bildas. Figur 1 visar funktionssättet hos SOFC.



Figur 1: Funktionssättet hos fastoxidbränslecell

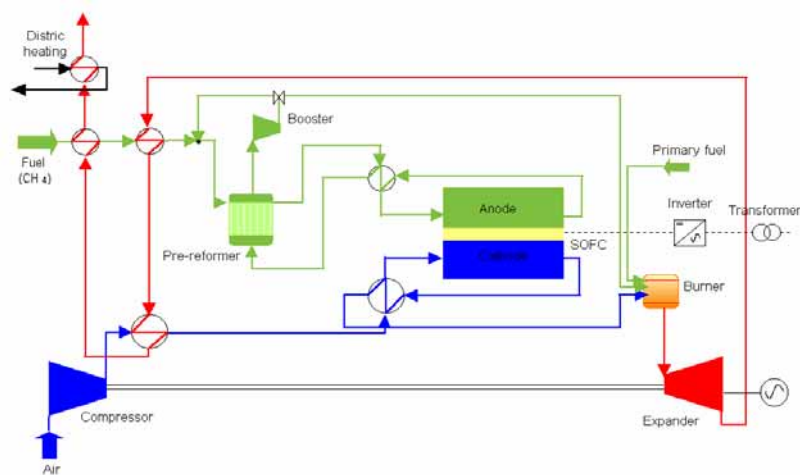
Bränslecellstacken kan arbeta antingen vid atmosfärstryck (stand alone) eller i trycksatt tillstånd, då i kombination med en gasturbin (hybrid plant).

Figur 2 visar exempel på atmosfäriskt bränslecellsystem. Som det framgår av figuren, krävs det ett antal komponenter (balance of plant components BoP) och kringutrustning för att få SOFC systemet att fungera.



Figur 2: Atmosfäriskt SOFC system för samtidig el- och värmeproduktion (CHP).

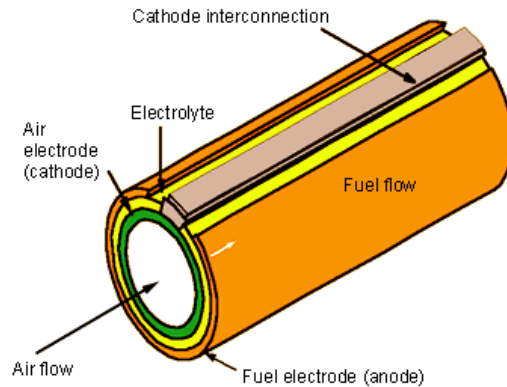
SOFC systemets effekttäthet och verkningsgrad kan förbättras genom trycksättning. Därför har hybridkonceptet, där SOFC trycksätts med hjälp av en gasturbin, utvecklats. Figur 3 visar schematiskt hybridsystemets uppbyggnad.



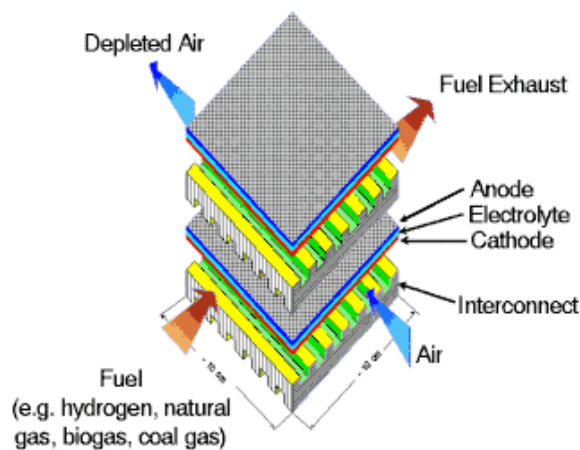
Figur 3: Hybridssystem med SOFC och gasturbin

Det finns två huvudgrupper av SOFC design, tubformiga och plana bränsleceller. Båda har sina för- och nackdelar. En viktig fördel med tub design är enklare tätning jämfört med plana bränsleceller. Nackdelen med tub design är dess övre gräns beträffande systemstorleken och dess högre produktionskostnad. Plana celler är svårare att täta men mycket mer flexibla

när det gäller systemstorlek. Figur 4 och 5 nedan visar den principiella uppbyggnaden av tubformade, resp. plana celler.



Figur 4: Tubformig SOFC



Figur 5: Plan SOFC

1.2 Teknikbevakningen under 2007

Forskning och utveckling inom SOFC-området har fokuserats på att underlätta kommersialiseringen av tekniken genom långtidstester. Testresultat från enheter på 5 till 250kW rapporterades under 2007-års bränslecellkonferenser. Dessa demonstrationsprojekt avser visa den låga komponentdegraderingen och stora bränsleflexibiliteten hos SOFC system.

Rolls Royce rapporterar om 60kW resp. 250kW test enligt nedan:

60 kW system:

- 60kW SOFC har testats sedan 2006
- Bränslet som användes är rent metan och naturgas

250kW system:

- Egen effektförbrukning: 15kW med naturgas som bränsle
- Anod-recirkulationsförhållandet var som förväntat

- Mycket låga NOx emissioner (<2ppm).
- Full drift sedan december 2007.

Rolls Royce förutspår följande utveckling för sina kommersiella system:

- 2010: 1 MW med effektdensitet på 380 watt/liter.
- 2012: 1 MW – 5 MW med effektdensitet på 700 watt/liter
- 2016: 200 kW – 5 MW med effektdensitet på 2000 watt/liter.
- 2020+: 40 kW – 10 MW med effektdensitet på 3000 watt/liter.

Siemens rapporterar om följande uppnådda resultat:

- 46% verkningsgrad vid atmosfärstryck
- 53% verkningsgrad (målet är 55-60%) vid 3 bars tryck för SOFC/GT hybridssystem.
- Enkel cell har testats för över 69000 timmar
- Spänningsdegraderingen var mindre än 0.1% per 1000 timmar
- Termisk lastväxlingsförmågan är > 100 lastväxlingar
- Komplet system har testats för över 35000 timmar

1.3 Framtida utveckling

De största hindren för kommersialisering av SOFC tekniken är hög kostnad och snabb degradering. Hög arbetstemperatur (800-1000°C) anses vara förklaringen till både hög produktionskostnad och snabb degradering. Även om hög arbetstemperatur medför fördelar avseende högre verkningsgrad, större bränsleflexibilitet (internreforming) och lägre interna förluster, anses termisk degradering orsakad av sintring och oxidation av bränslecellmaterialet vara den enskild viktigaste orsaken till den snabba prestandaförlusten hos högtemperatur bränsleceller. Hög arbetstemperatur i SOFC systemet kräver både dyrare högtemperaturmaterial för själva cellen och dyr kringutrustning (BoP). Därför kommer forsknings- och utvecklingsarbetet inom SOFC-området att riktas mot reducering av arbetstemperaturen till ca. 600°C.

Forsknings- och utvecklingsarbete som riktas mot reducering av SOFCs arbetstemperatur kan sammanfattas enligt nedan:

Reducerad arbetstemperatur för SOFC resulterar i följande fördelar:

- Lägre degraderingshastighet orsakad av termiska effekter
- Lägre korrosionshastighet speciellt för interconnect-material
- Reducerad effekt av dålig matchning mellan termisk expansionskoefficient hos cell- och stack-komponenter
- Underlättar användning av metalbaserade tätningsmaterial
- Underlättar användning av billigare metalliskt material och förenklar konstruktionen av systemkomponenter (BoP)

Utveckling av nya cellgeometrier som plana tuber och triangulära rör är senaste nytt inom SOFC utvecklingen. Ett av programmen som avser bidra till

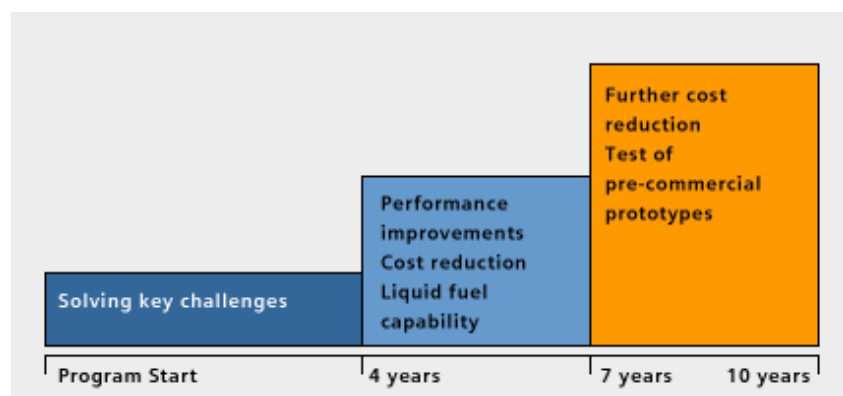
utveckling av ny SOFC-teknik är SECA-programmet som är ett tioårigt program.

En av studierna inom SECA fokuseras på utveckling av triangulära tuber. Celltypen demonstrerades med maximalt effektuttag vid 1000°C. "Delta 8" med åtta tuber har visat hög cellperstanda, vilket kommer att reducera antal celler liksom antalet delar i hela SOFC systemet.

Siemens deltar i ett 80 millioner USD samarbetsprojekt avseende utveckling av triangulär SOFC. Målsättningen är att finna lösningar för "Small-scale, Low-cost SOFC Systems".

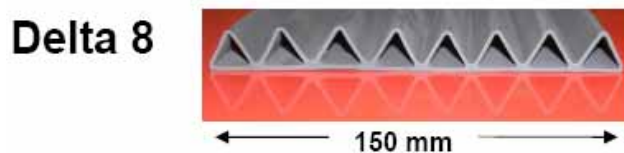
Programmet genomförs i tre faser över 10 år. I slutet av varje fas kommer en prototyp av SOFC system av storleksordningen 3-10 kW testas. Målsättningen är att kunna producera bränslecell för 400 USD/kW.

Figuren nedan visar programmets upplägg:



Figur 6: SECA programmets tidsplan

Många olika tubformer har studerats och "Delta 8" har visat best resultat, med en celleffekt på 1000 W vid 1000° C. Figuren nedan visar utformningen.



Figur 7: Treangulär SOFC

När det gäller hybridanläggningar med SOFC och gasturbiner (som bl.a. Rolls Royce, Siemens och Mitsubishi Heavy Industry arbetar med), kommer forskning och utvecklingen att fokuseras på att förstå interaktionen mellan den snabba gasturbinen och den långsamma bränslecellen. Specifikationer för en gasturbin som specialanpassas till hybridsystemet står högst på dagordningen hos de involverade industrierna.