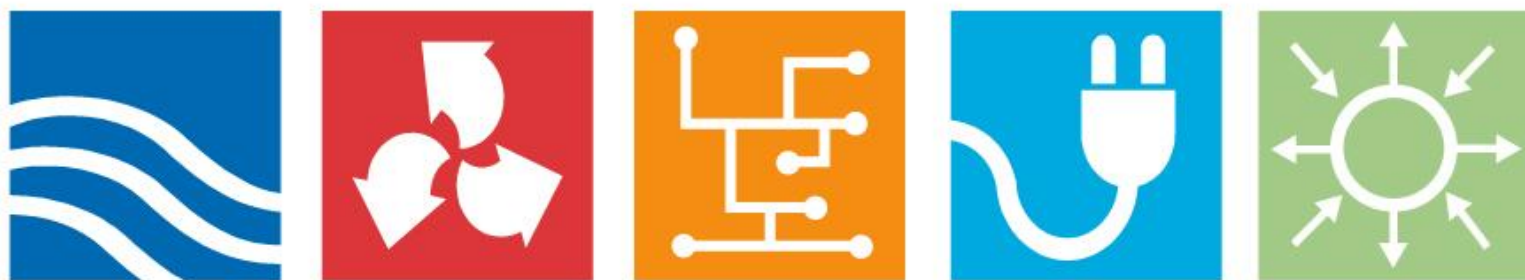




Teknikbevakning av stationära smältkarbonatbränsleceller (MCFC) 2008

Elforsk rapport 09:45



Carina Lagergren, Göran Lindbergh

April 2009

Teknikbevakning av stationära smältkarbonatbränsleceller (MCFC) 2008

Elforsk rapport 09:45

Förord

Denna rapport är framtagen inom projektet Teknikbevakning av bränslecellsområdet under 2008 (Elforsk projektnummer 2539). Rapportens huvudsakliga slutsatser presenteras i en slutrapport för hela teknikbevakningsprojektet (Elforsk rapport 09:09).

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

Stockholm april 2009

Bertil Wahlund

Programområde EI- och värmeproduktion

Sammanfattning

Stora satsningar under flera decennier har gjort MCFC till en av de mest utvecklade bränslecellsteknikerna idag. Ett flertal anläggningar är i drift runtom i världen och nya startas hela tiden. Det har installerats mer än 100 system och totalt är ca 70 MW_e installerat. Systemens storlek varierar då MCFC oftast byggs i moduler på några hundra kW. Generellt sett ligger storleken på de färdiga systemen från 250 kW_e upp till några MW_e och ska därför jämföras med mindre kraftvärmeanläggningar. Driftstider på flera år har uppnåtts av olika aktörer. CRIEPI i Japan har kört en singelcell med en kontinuerlig last på 200 mA/cm² under mer än 68 000 h, medan MTU Onsite Energy (fd. CFC-solutions, Tyskland) och Fuel Cell Energy (USA) har kört flera system på konstant last (minst 120 mA/cm²) över 30 000 timmar.

Ett ökande antal system används för förnybara bränslen, främst rötgas från kommunala reningsanläggningar. I dessa system kan den värme som också produceras i bränslecellen tas tillvara för förvärmning av det material som skall rötas.

Trots en ganska mogen teknik så finns det fortfarande en del områden som behöver utforskas och utvecklas vidare. Exempel på sådana områden är frågor kring nedbrytningen av några av cellkomponenterna och cellernas prestandaförbättring.

Summary

Thanks to large investments during the last decades the MCFC is today considered as one of the most developed fuel cell techniques available. Several plants are operating at different sites all over the world and new ones are continuously started. In total more than 100 systems and about 70 MWe are installed worldwide. Since MCFCs are often built in modules of some hundreds kW, the size of the systems is varying. However, most often the systems have a power ranging from 250 kW to a few MW, corresponding to smaller heat and power production plants. Several of the players in the MCFC market have achieved some years of operating hours. CRIEPI (Japan) has continuously run a single cell at 200 mA/cm^2 for more than 68 000 h, while MTU Onsite Energy (former CFC-solutions, Germany) and Fuel Cell Energy (USA) have operated cells at constant load (more than 120 mA/cm^2) for more than 30 000 h.

An increasing number of plants are used for operation with renewable fuels, mainly digester gas from municipal wastewater treatment plants. In these systems the heat produced in the fuel cell may be utilised for pre-heating the material being digested.

Despite a relatively mature technology there are still areas that need to be further investigated and developed. Issues in focus are the degradation of some of the cell components and the improvement of the performance.

Innehåll

1	Tekniköversikt	1
2	Aktörer inom MCFC-området	4
2.1	Fuel Cell Energy	4
2.2	MTU Onsite Energy	5
2.3	Ansaldo Fuel Cells	7
2.4	POSCO Power	8
2.5	CRIEPI	9
2.6	Tubitak Marmara Research Centre	10
3	Teknikbevakning under 2008	12
4	Framtida utveckling	14

1 Tekniköversikt

Smältkarbonatbränslecellen (MCFC, molten carbonate fuel cell) är en högttemperaturbränslecell där de kemiska reaktionerna sker på nickelbaserade elektroder i närvaro av en blandning av smälta karbonater såsom litium-, kalium- och natriumkarbonat. Den höga temperaturen (runt 650 °C) möjliggör oxidering av både gas- och vätskeformiga kolväten, kolmonoxid och vätgas utan användning av ädelmetall i katalysatorerna. MCFC är således flexibel när det gäller valet av bränsle, såvida bränslet har en låg svavelhalt (<1 ppm). Oxidationen av bränslet sker på anoden. På katoden används syre direkt ur luften, samt koldioxid recirkulerad från anodens utlopp.

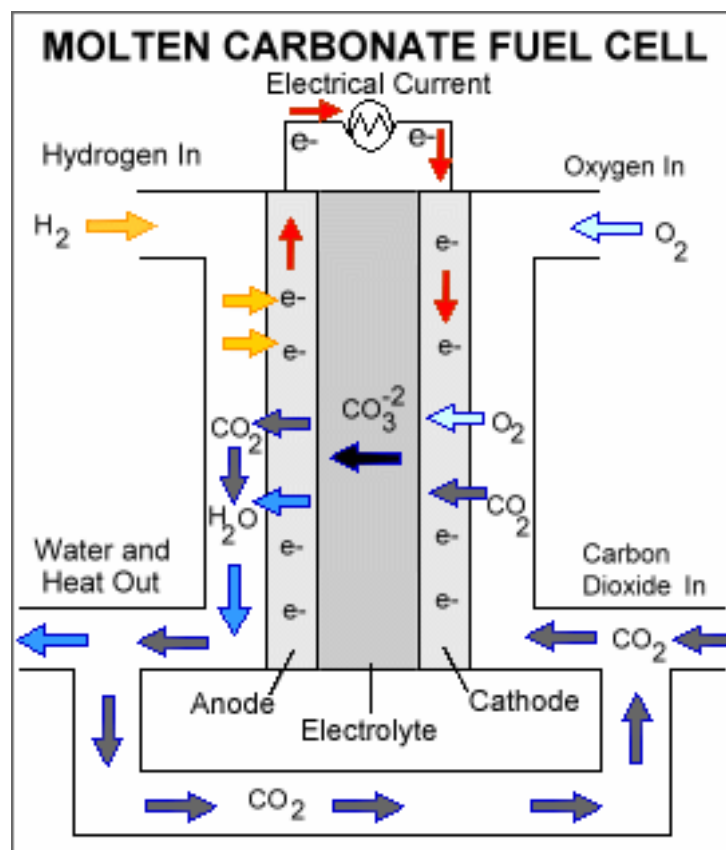


Fig. 1. Principskiss över en enskild cell i en MCFC. [US Department of Energy].

Stora satsningar under flera decennier har gjort att MCFC idag är en av de mest utvecklade bränslecellsteknikerna och ett flertal anläggningar är i drift runtom i världen. Totalt sett ligger den installerade effekten nu på ca 70 MW (jfr 22 MW, 2007) och man har uppnått driftstider på 37 000 h för en stack. Av den totalt installerade effekten är ca 40 MW installationer som syftar till

nätförsörjning (grid support), medan hela 9 MW är installerade i spillvattenanläggningar. Resten av den installerade effekten återfinns i bl a hotellbyggnader, produktionsanläggningar, sjukhus och universitet. Systemens storlek varierar då MCFC oftast byggs i moduler på några hundra kW. Generellt sett ligger storleken på de färdiga systemen från 250 kW_e upp till några MW_e och ska därför jämföras med mindre kraftvärmeanläggningar. Prestanda hos en MCFC beror på driftbetingelserna, men totalverkningsgraden är jämförbar med traditionella kraftvärmeanläggningar. Stacken har en elverkningsgrad på ca 50 %, som kan ökas till 65 % genom tillkoppling av en gasturbin, och en totalverkningsgrad på upp emot 90 %. Tillförlitligheten på de system som idag finns installerade är mycket hög, över 95 %, något som företagen ofta använder som säljargument.

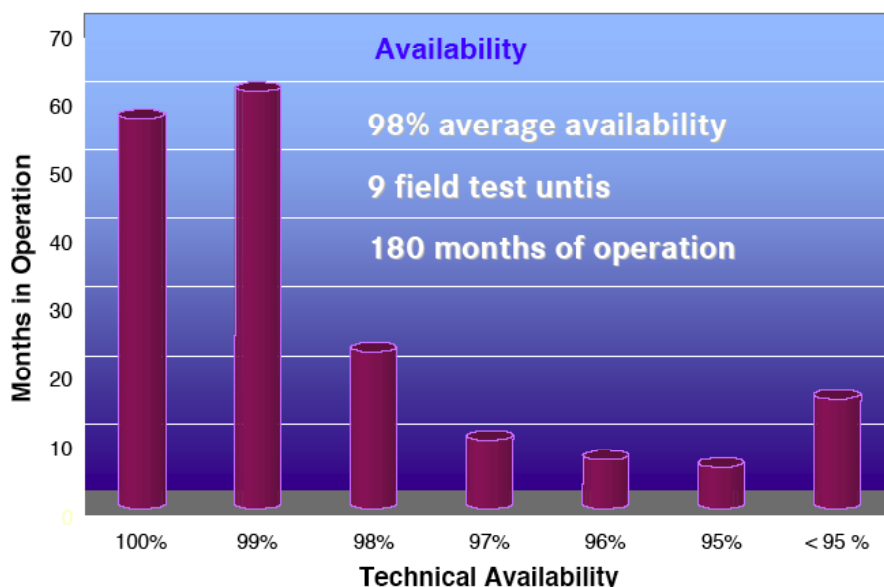


Fig. 2. Data som visar på smältkarbonatbränslecellernas tillförlitlighet i drift. Presenterade av dåvarande CFC solutions på IEAs Annex 17-möte i Korea, December, 2007.

MCFC-tekniken marknadsförs som en pålitlig teknik där kunden kan tänka sig att betala extra för att få en större tillgänglighet, en tillgänglighet som också bekräftats av de fälttester som pågår runtom i världen. Vid reningsverk och i vissa tillverkningsprocesser finns också bränslet på plats som avfall i form av metanhaltiga bränslen, vilket gör att bränslet i dessa fall har en låg kostnad. I reningsverken bildas bränslet till bränslecellen genom anaerob jäsning av rötslammet. Den elektriska ström som genereras i bränslecellen används för att driva vattenreningsanläggningen, medan den värme som produceras används till förvärmning av rötslammet inför den anaeroba jäsningen. Vattenreningsprocessen blir på detta sätt mycket energieffektiv.

Materialen i bränslecellsstacken består främst av metalliska material (mer än 50 %) och materialfrågor är och har varit en kärnfråga för MCFC.

Katodstabiliteten har, vid sidan av ett för högt pris, länge ansetts som det största problemet för kommersialisering av MCFC.

MCFC har genom åren utvecklats främst för användning med naturgas, men som redan nämnts så kan MCFC köras på en rad olika bränslen. Tekniken är alltså inte alls beroende av ett vätgassamhälle. Vätgas är naturligtvis ett möjligt bränsle, och dessutom ett mycket bra sådant, men absolut inte det enda. För närvarande finns ett mycket stort intresse för användning av tekniken där möjliga bränslen redan finns tillgängligt. Ett exempel är i reningsverk som beskrivits ovan, ett annat är att använda restgaser som uppkommer vid livsmedelsproduktion (MCFC-tekniken finns t ex i ölbryggerier i såväl USA som i Japan). Då det idag inte finns någon infrastruktur för vätgasproduktion är det inte heller någon aktör som arbetar med utveckling av MCFC för vätgas. Men skulle läget ändras så går MCFC, precis som alla andra bränslecellstyper, mycket bra på vätgas.

2 Aktörer inom MCFC-området

Det finns idag två stora industriella aktörer på marknaden, Fuel Cell Energy i USA och MTU Onsite Energy (tidigare CFC Solutions) i Tyskland, men även i Italien, Korea, Turkiet och Japan finns ett flertal aktörer. I nedanstående sammanställning återfinns korta beskrivningar av verksamheten hos de enligt vår mening viktigaste aktörerna. Den omfattar däremot inte akademisk forskning på universitet och högskolor, som idag pågår i bl a Japan, Frankrike, Grekland, Italien och Sverige.

2.1 Fuel Cell Energy

Fuel Cell Energy (FCE) är med sina 30 års erfarenhet av högtemperaturbränsleceller ledande när det gäller utveckling och produktion av stationära bränslecellsanläggningar för kommersiella och industriella tillämpningar. FCE har totalt en produktion på 250 GWh bakom sig och de marknadsför idag fyra olika produkter: DFC300MA, DFC1500MA, DFC3000 och DFC-ERG. De tre förstnämnda levererar i tur och ordning 300 kW, 1.2 MW och 2.4 MW effekt, men är möjliga att skala upp till 50 MW. Den sistnämnda, DFC-ERG, är ett hybridsystem där bränslecellen är kopplad med en gasexpansionsturbin, som kan ta tillvara den energi som normalt förloras i ett naturgasdrivet system då gasen kopplas över från de stora transportledningarna till det lokala ledningsnätet.

Elverkningsgraden för FCEs vanliga bränslecellssystem är 47 % och för DFC-ERG 65 %. FCEs bränsleceller passar bra också för ihopbyggnad med traditionella gasturbiner. Elverkningsgraden blir då 58 %. FCEs samarbetar här med Enbridge i, och ett sådant system har nu i Montana gått i 8000 h.

FCEs bränsleceller körs på gasformiga bränslen, såsom propan, naturgas, kolgas och rötgas, men kan med mindre förändringar i systemet också köras på vätskeformiga bränslen. Dessa kolvätebränslen internreformerar i bränslecellsstacken. FCE har tretton anläggningar i drift som går på biogas, nio av dessa är installerade i spillvattenanläggningar. I en sådan anläggning kan tillgången på gas variera och möjlighet till automatisk inblandning av naturgas finns därför.

Fuel Cell Energy har en kommersiell produkt och de har totalt mer än 60 anläggningar installerade på 45 olika platser runtom i världen. Tillverkningen av bränslecellerna sker i FCEs fabrik i Torrington, Connecticut, och tillverkningskapaciteten i fabriken är idag 50 MW per år, men man planerar att till 2010 ha en kapacitet på 100 MW per år.



Fig. 3. Installation av FCEs system DFC300 vid ett Hotel Sheraton i USA.

2.2 MTU Onsite Energy

I september 2008 bytte CFC solutions i Tyskland namn till MTU Onsite Energy, sedan deras ägare Tognum Group beslutat att samla alla sina aktiviteter angående decentraliserad energiproduktion under ett namn. MTU Onsite Energy fortsätter dock att marknadsföra sin HotModule[®]. Systemen finns i drift på ett drygt tiotal platser runtom i världen, främst i Europa. Till sina system köper MTU Onsite Energy in själva bränslecellsstackarna från FCE, men siktar på att själva kunna producera även dessa enheter i framtiden.

Den HotModule[®], HM 300, som har funnits med i bilden under de senaste åren har en effekt på 250 kW el och innehåller 342-428 celler. Under 2008 har man emellertid kommit ut med en ny modell, HM 320, som har en effekt på 363 kW el (345 kW el AC) och 250 kW värme. Den nya modellen, som introducerades på Hannover-mässan, har fler än 500 celler, är större än den gamla och är inte heller längre cylindrisk utan har en kvadratisk design. Medan uteffekten är 50 % högre i den nya modellen än den gamla har kostnaderna endast ökat med 25 %. Strömverkningsgraden för dessa system är 55 %, medan den termiska verkningsgraden är 35 %. Verkningsgraden i systemen är oberoende av vilken last som tas ut, något som i allmänhet skiljer bränsleceller från de flesta andra system.

Hot Module[®] kan drivas med naturgas, metanol, biogas och rötgas. Systemet finns installerad i ett antal olika applikationer, exempelvis i datacentraler, industrier och i avfallsanläggningar, där man kan tillvarata såväl producerad elektricitet, som värme/kyla. Ett annat exempel är på sjukhus där en kontinuerlig strömtillförsel måste kunna garanteras. I dessa fall används även den ånga (med en temperatur på 400°C) som produceras i cellen, förutom till

uppvärmning, till sterilisering av sängar och madrasser. Under året har också företaget installerat ett bränslecellsystem på sin egen fabrik i MTU Friedrichshafen. MTU Onsite Energy har uppvisat drifttider för en stack på över 30 000 h.

MTU Onsite Energy marknadsför gärna sina bränslecellsystem mot användning tillsammans med biogaser av olika slag. Som påpekas av dem så har CO_2 i bränslegasen en negativ påverkan på de flesta andra bränsleceller, medan man i MCFC tvärtom påvisat en högre elektrisk verkningsgrad då man kör på CO_2 -rik gas. Användning av rötgas och biogas medför däremot problem med en del föroreningar och kräver därför t ex rening från svavelväte i ett extra reningssteg med aktivt kol. Röt- och biogas har också oftast ett lägre värmevärde än naturgas, vilket gör att högre gasflöden måste användas i de förra fallen, något som man justerar från tillämpning till tillämpning.

Intressant är att man börjat titta på möjligheten att som råmaterial för bränsle kunna använda brasilianska Babassu-nötter som visat sig passa bra för förgasning. Dessa nötter finns tillgängliga i stora mängder, har ingen annat speciellt användningsområde och används inte heller som människoföda. Idag används stora mängder palmolja i kombinerade kraftproduktionsanläggningar på olika håll i Europa. Förutom att framställningen av palmolja medför stora negativa konsekvenser för miljön genom kraftig avverkning av skog, så har också priset på palmolja fyrdubblats under de senaste tre åren. Odlingen av Babassu-nötter kräver däremot endast en tredjedel av arean hos en palmolje-plantage. Även om transportkostnaderna till Europa räknas in ser MTU Onsite Energy denna verksamhet som ett vinstgivande alternativ till palmoljeanvändningen.



Fig. 4. MTU Onsite Energys bränslecellsystem installerat i kommunal avloppsreningsanläggning i Moosburg, Tyskland. Den drivs med rötgas från anläggningen och använder producerad värme till förbehandling av slam.

På några års sikt planerar MTU Onsite Energy för system på upp till 2 MW och man kommer under de närmaste åren att börja producera system på 400 och 500 kW. Under de senaste tio åren har företaget satsat 100 M€ på sin bränslecellsutveckling. I nuläget satsar man ytterligare 10 M€ för utbyggnad av sina produktionsenheter inför starten av serieproduktion 2009/2010.

2.3 Ansaldo Fuel Cells

Ansaldo Fuel Cells (AFC) i Italien har ca 100 anställda och bildades år 2001 som en avknoppning från Ansaldo Ricerche, men är nu en enhet under Ansaldo Energia. Man har varit aktiva inom forskning och utveckling av MCFC i drygt 20 år och är tillsammans med MTU Onsite Energy en av två europeiska aktörer på området.

Till skillnad mot MTU Onsite Energy så satsar företaget på egen tillverkning av cellkomponenter (i Bosco Marengo, Italien) och man har sedan år 2004 en stacktillverkningsenhet i Terni, Italien. Den stack-konditionering som tidigare utfördes i Madrid, Spanien, finns också numera i Terni. Övriga komponenter i bränslecellssystemet köps in från andra tillverkare.

Målet med AFCs aktiviteter är industriell produktion och kommersialisering av MCFC i ett medellångt perspektiv. Deras första system på 100 kW blev färdigt 1999 och testades på ENEL Ricerca i Milano. Detta steg tog utvecklingen från lab- till demofas. Sedan dess har man genomfört ett tiotal demonstrationer av sina olika system. En av företagets produkter är TWINSTACK® "Series 2TW" med en dubbelstack på 500 kW.

AFC har alla sina system trycksatta. Systemen är individuellt anpassade till speciella applikationer och har körts på en rad olika bränslen, såsom naturgas, rötgas, förgasad biomassa, deponigas, marint diesel och syngas. Drifftider på mer än 15 000 timmar har uppnåtts för en enskild stack, varav 12 000 timmar har varit med uppkoppling till elnätet. För denna stack erhöles 100 % av den beräknade effekten.



Fig. 5 Ansaldo Fuel Cells nya stack på 200 kW

AFC befinner sig nu i den tredje fasen av sin MCFC-satsning: produktutveckling och industrialisering. Man arbetar med att förbättra tekniken och samtidigt sänka kostnaderna. Under året som gått har två nya stackmodeller tillverkats och tagits i bruk, båda på 200 kW.

Sedan september 2005 deltar AFC i ett av EU finansierat femårigt projekt (MC-WAP) som syftar till att få fram ett MCFC-system för marina applikationer. Målet för projektet är utveckling och design av ett multi-MW-system som skall kunna installeras som hjälpkraft på stora fartyg (Ro-Ro, Ro-Pax, kryssningsfartyg) och som skall drivas med marin dieselolja.

Under 2008 har ett avtal tecknats mellan AFC och ENEL, som innebär att ett tri-generation-system med MCFC som bas skall tas fram för produktion av el, värme och kyla. Systemet, som kommer att finnas vid ENELs forskningscenter i Livorno, skall vara på 0,5 MW och beräknas vara klart till mitten av 2009. I detta projekt skall även systemkomponenter för elöverföringen mellan bränslecell och nät tas fram gemensamt av de två parterna. AFC satsar nu, liksom tidigare, hårt på att utveckla nya material för de mest kritiska komponenterna i stacken, detta för att kunna öka prestanda och livslängd på stackarna. Något man anser som kritiskt för en kommersialisering av produkten.

2.4 POSCO Power

I Korea började man 1993 forska på området smältkarbonatbränsleceller och mycket stora satsningar har gjorts för att få igång produktion av dessa celler. POSCO Power har ett avtal med Fuel Cell Energy som innebär att de har tillgång till FCEs tillverknings- och underhållstekniker. Med start under 2005 körde man under två års tid, i två olika demonstrationsprojekt hos RIST (Research Institute of Industrial Science & Technology) och Tanchon Sewage Treatment Plant, stackar på 250 kW. Resultaten var mycket goda med en tillförlitlighet på 95 % för de båda stackarna. POSCO Power har numera ensamrätt på att sälja MCFC i Korea.

Hittills har de köpt in bränslecellsstackar från Fuel Cell Energy, detta för att kunna bygga upp kunskap kring tekniken och de kringssystem som behövs. I dagsläget har man lämnat order på 32,8 MW till FCE och ett stort system av modellen DFC3000 har installerats under 2008. Planen är dock att man skall ha inhemsk tillverkning av MCFC-teknik. Därför har man också under 2008 dragit igång bygget av en "Balance-of-Plant"-fabrik med en produktionskapacitet av 50 MW bränslecellssystem per år.

När det gäller produktionen av cellkomponenter är den redan igång hos RIST (The Research Institute of Industrial Science and Technology), där man också har faciliteter för att montera små stackar, testa singelceller samt stackar på 5 kW. POSCO Power har under 2008 bildat en bränslecellsallians med KEPCO (the Korea Electric Power Corporation) Syd-Koreas enda elkraftsbolag. Syftet med alliansen är att arbeta hårt för en ökad användning av bränsleceller i landet och för att etablera inhemsk bränslecellsindustri, allt i enlighet med nationens satsning på förnybar energi.

Sammantaget satsas det mycket pengar på MCFC-forskning och -utveckling i Korea. Flera stora nationella projekt är igång. Ett projekt på 50 miljoner USD

(2004-2009), där en hel rad med företag och forskningsinstitut deltar (KEPRI, RIST, KIST, POSCO Power, Samsung Eng., Hyosung) syftar till utveckling av en 250 kW stack med extern reformering. Förra året sjösattes ett projekt med en budget på 35 miljoner USD (2007-2010). Detta syftar till att få igång utveckling och produktion av en 300 kW-stack med intern reformering och involverar Doosan, KIST, KIER, KEPCO och Hyosung.

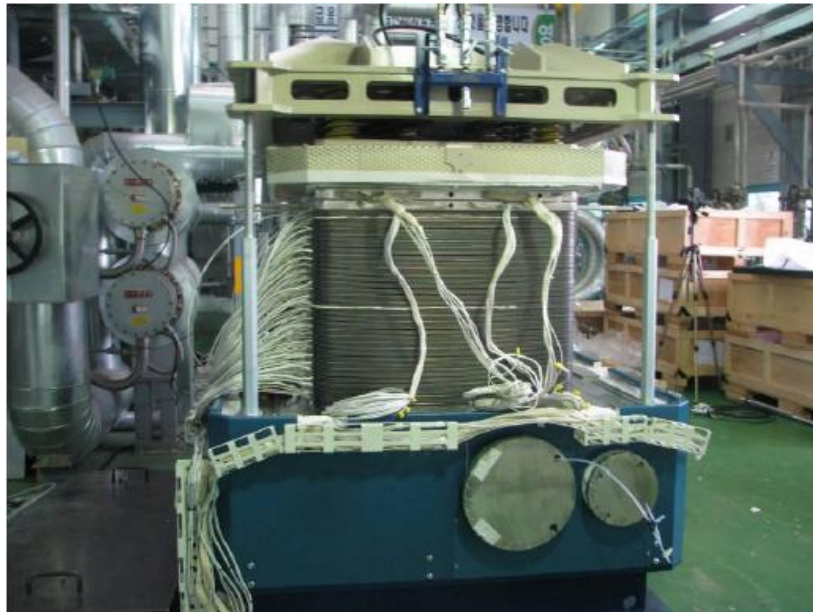


Fig. 6. Stack på 100 kW (130 celler) utvecklad inom projektet som syftar till att ta fram en 250 kW MCFC med extern reformering.

2.5 CRIEPI

Sedan början av 1980-talet har det gjorts stora nationella satsningar på MCFC-teknologin i Japan i en rad olika forskningsprogram. Emellertid slutade det sista stora nationella programmet i och med 2004 års utgång. Den absolut viktigaste slutsatsen som drogs vid den tidpunkten var att det krävs en kostnadsreduktion för att få MCFC-teknologin konkurrenskraftig på marknaden.

En japansk aktör som fortfarande arbetar med forskning på MCFC är CRIEPI (Central Research Institute of Electric Power Industry), som bla har haft ett demonstrationsprojekt där man har kört två trycksatta (4 bar) 300 kW-anläggningar. Dessa system tillverkades av IHI (Ishikawajima-Harima Heavy Industries). IHI har under tidigare år installerat totalt 11 system i Japan, med en sammanlagd effekt på 2,1 MW. Ett av systemen, placerat i Kawagoe, var Japans första 1 MW-system. Detta var i drift i ca 5000 h och levererade 2103 MWh. Den längsta drifttiden för något av systemen är 16 000 timmar.

På CRIEPI idag arbetar man mycket med att undersöka den degradering som sker i MCFC vid långa driftstider och som är en viktig del att komma tillrätta med för att MCFC skall anses konkurrenskraftig. Degraderingen i cellen sker i

två olika faser. I den första fasen sker en gradvis försämring av prestanda som uppkommer pga förlust av elektrolyt från cellen, huvudsakligen orsakad av korrosion av cellens metallkomponenter. I den senare fasen sker en betydligt snabbare degradering, som uppkommer då NiO-katoden löses upp och orsakar kortslutning av utfällt metalliskt nickel. För dessa tester har experiment i en "bench-scale"-cell med 110 cm^2 elektrodarea under tryck ($0,6 \text{ MPa}$) och under lång tid ($>30\,000 \text{ h}$) utförts. Genom att arbeta med post-testanalyser av komponenterna efter att de varit i drift får man input till arbetet med att ta fram metoder och modeller som syftar till bestämning av cellernas livslängd. I post-testanalyserna har cellerna och deras komponenter studerats med avseende på nickelutfällning i elektrolytmatriken, korrosion på strömtillförselare och stabilitet hos elektrolytmatriken.

En annan cell av samma typ körs vid ett tryck på 3 bar och en temperatur på 600°C . Denna cell har varit i drift sedan den 28/11, 2000, en drifttid på ca $68\,000 \text{ h}$, vilket innebär världsrekord för en MCFC-cell. Efter $60\,000$ timmar hade cellspänningen sjunkit från ca 800 mV till 650 mV . Den största delen av denna potentialförlust beror på ökad inre resistans. Celler som körs vid den gängse temperaturen 650°C kommer enligt CRIEPI aldrig kunna uppnå målet på $40\,000 \text{ h}$, åtminstone inte om man kör systemet trycksatt.

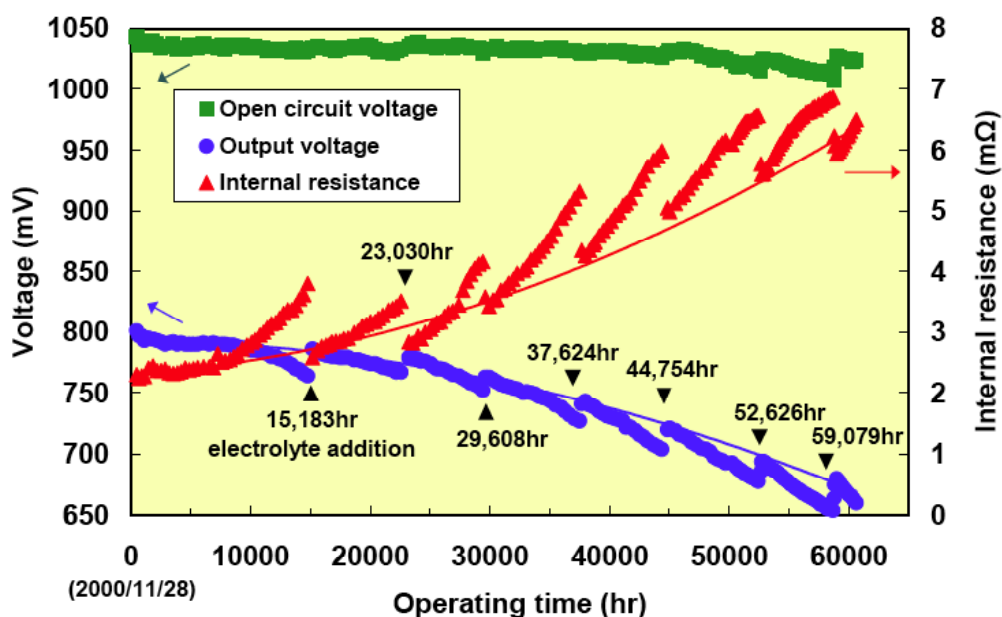


Fig. 7. Cellspänning, öppetspänning och inre resistans som funktion av tiden för CRIEPIs enkelcell på 110 cm^2 .

2.6 Tubitak Marmara Research Centre

Marmara Research Centre (MRC), Turkiet, är det äldsta och största forskningscentret under TUBITAK (the Scientific and Technological Research Council of Turkey). Fokus för MRC ligger på tillämpade forskningsprojekt

utförda tillsammans med såväl nationella som internationella industrier och företag. Sedan några år genomför MRC ett demonstrationsprojekt i vilket ett 500 kW MCFC-system avsett för marina tillämpningar testas.

Bränslecellsstackarna till systemet levereras av Ansaldo Fuel Cells, med vilka man har bildat ett konsortium. Projektet har en budget på 9 M€ och syftar till att demonstrera en sk MCFC-NG (Naval Generator) som drivs med marint diesel med en svavelhalt på max 0,2 %. Demonstrationsanläggningen är landbaserad, men efterliknar i möjligaste mån förhållanden till sjöss vad gäller t ex utrymmeskrav, vibrationer och salthalt i omgivningen. Erfarenheter från detta projekt kommer väl till pass då Tubitak, liksom Ansaldo, är partner i det EU-finansierade projektet MC-WAP, i vilket målet är en APU (Auxiliary Power Unit) för marina applikationer.



Fig. 8. Den landbaserade försöksanläggningen för marina tillämpningar (MCFC-NAV) vid Marmara Research Center, Turkiet.

3 Teknikbevakning under 2008

Under året har vi deltagit i två konferenser relaterade till MCFC: "International Workshop on Accelerated testing in Fuel Cells" i Ulm, samt "Fuel Cell seminar" i USA. I samband med disputationer på Institutionen för kemiteknik har vi haft besök av Michel Cassir, ENSCP, Frankrike, samt Angelo Moreno, ENEA, Italien. Den senare var också en av organisatörerna av workshopen i Ulm.

Workshopen i Ulm var en uppföljning av den workshop som hölls på Kreta under 2007. På Kreta diskuterades strategiska frågor kring bränslecellernas livslängd, något som anses som en nyckelfråga då det gäller att göra bränslecellssystemen konkurrenskraftiga i jämförelse med andra tekniker.

Mål har satts upp av bl a Department of Energy (DoE) i USA för hur lång livslängd som krävs år 2010 för bränslecellerna i olika applikationer: 5000 h för mobila tillämpningar, medan 40000 h anses krävas för användning i stationära tillämpningar. Idag ligger man 25-50 % efter dessa mål, mycket återstår därför att göra på en relativt kort tid.

För att effektivt arbeta med dessa frågor måste man först komma överens om en gemensam definition av degradering och hur man bestämmer denna. Påpekas bör att de livslängdsmål som definierats av DoE rör systemet som helhet och inte själva bränslecellsstacken. Resultat från olika demonstrationsprojekt visar på att det i de flesta fall är andra delar i systemet än bränslecellstacken som felar då problem uppstår.

Under workshopen i Ulm diskuterades mycket om degradering och accelererad testning. Vilka experimentella metoder finns och hur kan de användas för att accelerera individuella nedbrytningsmekanismer? Hur används dataanalys och modellering för att identifiera och bestämma nedbrytningsmekanismer? Vidare diskuterades också nyttan med accelererade test och det påpekades att stor försiktighet måste iakttas då man använder accelererande betingelser. Exempelvis har CRIEPI sett att två olika tidsfaser, med olika degraderingsmekanism, existerar för försämringen av smält-karbonatbränslecellens prestanda under lång tid. I den första delen försämrar prestanda pga. att elektrolyten försvinner från cellen. Denna förlust är beroende av temperaturen på ett mycket komplext sätt.

För att inte riskera feltolkning av data har man valt att göra långtidstester på mer än 20 000h istället för att accelerera testet med en högre temperatur. Också Ansaldo presenterade laboratoriestudier på hur de porösa komponenternas prestanda minskar med tiden. ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment) tog upp problemet med att mäta degradering i bränsleceller. Oftast anges försämringen i prestanda som minskning av cellspänningen per 1000 timmar. Detta är i och för sig ett korrekt mått, men då cellspänningens minskning med tiden påverkas av t ex strömtätheten krävs att man beskriver under vilka driftsbetingelser bränslecellen körts. ENEA föreslår istället att man skall använda sig av lutningen på ström-spänningkurvan i det aktuella driftsområdet för cellen för att beskriva degraderingen.

Under året har följande hänt hos de olika aktörerna:

Fuel Cell Energy är ledande inom MCFC-tekniken och har nu en total produktion av 250 GWh bakom sig. Man marknadsför fyra olika produkter och totalt sett ligger den installerade effekten på 68 MW. FCE vill inte uppge kostnaden för sina system, men produktionskostnaden för el från anläggningar som levereras under 2009 beräknas vara ca 15 US cent/kWh inkluderande kostnaden för naturgas och underhåll. FCE har totalt mer än 60 anläggningar installerade på 45 platser runtom i världen och dessa drivs med en rad olika bränslen. FCE samarbetar med flera olika partners, t ex MTU Onsite Energy och Posco Power.

MTU Onsite Energy har under året kommit ut med en ny modell av sin HotModule[®]. Modellen som heter HM 320 har en effekt på 363 kW el (345 kW el AC) och 250 kW värme. Systemet kan arbeta med såväl naturgas och metanol, som rötgas och annan biogas. MTU Onsite Energy marknadsför gärna sina bränslecellsystem mot användning tillsammans med röt- och biogas och man har också ett antal system installerade i avfallsanläggningar.

På CRIEPI i Japan har man, som redan nämnts ovan, uppnått väldigt positiva resultat på en singelcell som körts under trycksatta förhållanden (3 bar) på 200 mA cm^{-2} i mer än 68 000 h, över åtta år och världsrekord! CRIEPI arbetar mycket med att ta fram modeller för möjliggöra bestämning av livslängden hos en cell. Utgångspunkten för deras beräkningar är experimentella försök som pågått i mer än 30 000 timmar.

Ansaldo Fuel Cells befinner sig nu i den tredje fasen av sin MCFC-satsning. Denna fas handlar om produktutveckling och industrialisering. Man arbetar med att förbättra tekniken och att sänka kostnaderna. Större system på 0,5 – några MW ligger i fokus. AFC har filosofin att göra nyckelkomponenter till systemen själv och låta underleverantörer göra resten. Det man gör i egna fabriker är tillverkning av cellkomponenter, montering av stackar, samt konditionering av dessa. Under året har två nya stackmodeller på 200kW tillverkats och tagits i bruk.

I Sydkorea har POSCO Power fram till idag lämnat order på 32,8 MW bränslecellstackar till FCE och ett stort system av FCEs modell DFC3000 har installerats under 2008. Under 2008 har man också dragit igång bygget av en fabrik för egen bränslecellstillverkning (Balance-of-Plant) med en produktionskapacitet av 50 MW per år. När det gäller produktion av cellkomponenter finns redan sådan i landet. Korea har en mycket ambitiös satsning på området förnyelsebar energi och i denna satsning ser man bränsleceller som en nyckelkomponent.

4 Framtida utveckling

MCFC-tekniken har utvecklats under lång tid och en mängd fleråriga fälttester med stora system har framgångsrikt genomförts. Idag finns bränslecellssystem som varit i drift i drygt 37 000 h och inget talar för att inte målet på 40 000 h skall uppnås.

Flera av företagen har under det gångna året utvecklat och installerat nya MCFC-system för en rad olika tillämpningar. En av teknikens stora fördelar är flexibiliteten i valet av bränsle. Särskilt intressanta verkar tillämpningar mot olika typer av biogas (rötgas, deponigas, förgasad biomassa) samt system för co- och tri-generation vara. I dessa tillämpningar har man oftast redan bränslet närvarande i anläggningen och också värme som produceras i bränslecellen bidrar till hela anläggningens verkningsgrad.

Många av företagen satsar stora pengar på att under kommande år utöka sin produktionskapacitet och komma igång med serieproduktion. Särskilt aggressiv satsning görs i Syd-Korea där man lägger stora resurser på att öka användningen av bränsleceller generellt i samhället, samt att få igång en inhemsk bränslecellsproduktion. Dessa satsningar ligger i linje med landets nationella satsningar på förnyelsebar energi och ett hållbart samhälle.

Delvis på grund av smältkarbonatbränslecellens mognad sker idag forskning och utveckling kring MCFC-tekniken till stor del på företagen som är verksamma inom området. Fortfarande sker dock t ex utveckling av nya material i samarbete med olika universitet och forskningsinstitut. Den forskning som bedrivs idag syftar främst till att begränsa de olika cellkomponenternas degradering, samt att minska produktionskostnaderna. Fuel Cell Energy anger inför nästa år en elproduktionskostnad på 15 US cent/kWh, inkl. underhåll-, kapital- och bränslekostnader, och menar dessutom att denna kommer att kunna minska ytterligare med 25-30 % då man når en årsproduktion på 50 MW.

Sammanfattningsvis kan sägas att hela området smältkarbonatbränsleceller, och aktörer däri, kännetecknas av optimism och framtidstro.