

ŠOLSKI CENTER VELENJE

ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

GORIVNE CELICE

Tematsko področje: ELEKTROTEHNIKA, ELEKTRONIKA IN ROBOTIKA

Avtorja:
Srečko Pajenk
Rok Podjavoršek

Mentor: mag. Janko Malovh

Velenje, 2011

KAZALO VSEBINE

1. POVZETEK RAZISKOVALNE NALOGE.....	4
2. UVOD.....	5
2.1 KAJ JE GORIVNA CELICA.....	5
2.2 UPORABA GORIVNIH CELIC	5
2.3 AKTUALNOST GORIVNIH CELIC PRI NAS.....	5
3. ZGODOVISKI PREGLED GORIVNE CELICE.....	6
4. DELOVANJE GORIVNIH CELIC	9
5. VRSTE GORIVNIH CELIC.....	10
5.1 GORIVNE CELICE LAHKO DELIMO GLEDE NA:.....	10
5.2 KLJUB NAVEDENI DELITVI, PA OSTAJA OSNOVA DELITEV GORIVNIH CELIC GLEDE NA ELEKTROLIT:	10
5.2.1 ALKALNE GORIVNE CELICE.....	12
5.2.2 FOSFOR-KISLINSKE GORIVNE CELICE	13
5.2.3 GORIVNE CELICE S TRDNIMI POLIMERI	14
5.2.4 GORIVNE CELICE S STALJENIM KARBONATOM	15
5.2.5 DIREKTNO METANOLSKE GORIVNE CELICE	16
6. UPORABA ZA POGON VOZIL	17
7. EKONOMIČNOST VPLIV NA OKOLJE.....	19
8. PRIDOBIVANJE VODIKA IZ VODE Z ELEKTROLIZO	20
8.1 KAJ JE ELEKTROLIZA?	20
8.2 PRIDOBIVANJE VODIKA	20
8.3 PRIDOBIVANJE VODIKA Z ELEKTROLIZO	21
8.4 POTEK ELEKTROLIZE	22
8.5 UPORABA ELEKTROLIZE	23
9. AVTOMOBIL NA GORIVNE CELICE.....	23
10. ZAKLJUČEK.....	25
11. LITERATURA IN VIRI	26

KAZALO SLIK

Slika 1 princip delovanja gorivne	1
Slika 2 William Grove	7
Slika 3 Delovanje gorivne celice	9
Slika 4 Alkalne gorivne celice	12
Slika 5 Fosforjeve gorivne celice	13
Slika 6 Gorivne celice s staljenim karbonatom	15
Slika 7 Pogon za vozila	17
Slika 8 princip delovanja	18
Slika 9 gorivo	19
Slika 10 pridobivanje vodika z elektrolizo	22
Slika 11 avtomobil na gorivne celice	24

1. POVZETEK RAZISKOVALNE NALOGE

Naslov naloge: Gorivne celice

Sva dijaka zaključnega letnika programa elektrotehnik energetik in v tej raziskovalni nalogi bova predstavila gorivne celice. Najprej nekaj o delovanju gorivnih celic. Znotraj celice poteka elektrokemična reakcija. Celica je sestavljena iz katode, anode, elektrolita in prevodne snovi. Vodik dovajamo v gorivno celico k anodi. Tam spusti svoj elektron, ki se po žici poda na pot proti katodi. Pri katodi pa spuščamo kisik, ki sprejme elektrone in nastane oksidni ion. Nadaljevala bi z vrstami gorivnih celic:

- Alkalne gorivne celice: delujejo s čistim vodikom in kisikom in dosežejo električni izkoristek do 60%.
- Fosfor-kislinske gorivne celice: Izkoristek je okoli 40%. Delujejo na temperaturah med 180 in 200°C.
- Gorivne celice s trdimi polimeri: V teh celicah kot elektrolit uporabljamo tanek sloj polimera v obliki trakov. Te celice delujejo pri nizkih temperaturah (100°C) in imajo zelo kratek zagonski čas.
- Gorivne celice s staljenim karbonatom: V teh celicah kot elektrolit uporabljamo alkalne kovinske karbonate (Li, K in Na). Ker lahko soli delujejo kot elektroliti samo v tekoči fazi, je delovna temperatura celic med 600 in 700°C.
- Direktne metanolske gorivne celice: Za razliko od ostalih gorivnih celic jih poganja čisti metanol zmešan s paro, ki ga sistem dovaja direktno k anodi celice.

V nalogi sva vključila še uporabo gorivnih celic in pridobivanje vodika. Gorivne celice uporabljamo predvsem za prevozna sredstva. Uporabljajo se tudi za sisteme ogrevanja, v industriji, v vojski in drugje. Največkrat pridobivamo vodik z elektrolizo vode. Elektroliza je kemijski postopek. Vanj moramo vložiti energijo, da sprožimo redoks reakcijo, ki razkroji spojino na elemente.

2. UVOD

2.1 KAJ JE GORIVNA CELICA

Gorivne celice (ang. Fuel cells, nem. Brennstoffzellen) so elektro-kemične naprave, ki omogočajo pretvorbo kemijske energije v električno in toplotno. Odlikujejo se po dobrem izkoristku, majhni masi in volumnu ter tihemu in okolju prijaznemu delovanju. Sam naziv gorivne zavaja, saj v njih pravzaprav nič ne gori. Trenutno je njihova glavna slabost visoka cena in nepopolna infrastruktura pri ponudbi goriva. Najbolj enostavne nizko-temperaturne gorivne celice lahko kot gorivo uporabljajo le čisti vodik, bolj zapletene ali pa visokotemperaturne pa tudi metanol in ostale tekoče ogljikovodike. Visoke ceno so povezane z visokimi razvojnimi stroški in delno tudi z dragimi materiali, ki se uporabljajo.

Princip njihovega delovanja je odkril že Sir William Grove leta 1839. Razvoj gorivnih celic se je začel že pred desetletji v vesoljskih in vojaških programih (Gemini in Apollo), kjer stroški niso bili problematični. Danes smo na stopnji, ko so gorivne celice tik pred komercializacijo.

2.2 UPORABA GORIVNIH CELIC

Z gorivno celico pridobivamo električno energijo in toploto. Imajo dober izkoristek, zato jih lahko uporabljamo na različnih podočjih. Naštela bova nekaj področij uporabe gorivnih celic:

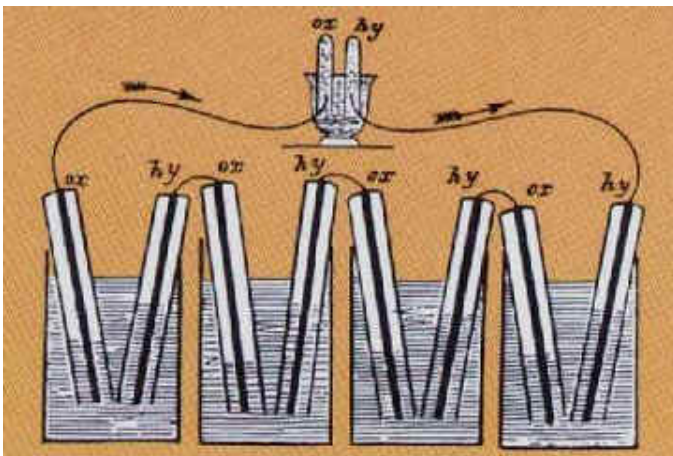
- OGREVANJE
- AVTOMOBILIZEM
- PRENOSNI VIRI ENERGIJ

2.3 AKTUALNOST GORIVNIH CELIC PRI NAS

Cena nafte se je dvignila, podražili se bodo naftni derivati. Vsi ti podatki nas vznemirijo in nekako spodbudijo, da razmišljamo o varčevanju. Varčevanje si največkrat predstavljamo tako, da bomo znižali porabo energije in stroškov zanjo. Le redkokdaj pa pomislimo ob varčevanju na varovanje našega okolja. Informiranost in ozaveščenost javnosti o povečanju emisij ogljikovega dioksida, učinkih tople grede, zmanjševanju ozonske plasti je precejšna, ko pa je potrebno varčevati, bomo najprej pogledali v svoj žep. Gospodarstveniki in politiki se zavedajo predvsem problema onesnaževanja okolja, zato na različne načine spodbujajo ukrepe za učinkovito proizvodnjo in porabo energije in zmanjševanje emisij toplogrednih plinov z večanjem uporabe obnovljivih virov energije.

3. ZGODOVISKI PREGLED GORIVNE CELICE

Leta 1839 je Anglež William Grove predstavil delovanje gorivne celice članom Royal Society v Londonu. Med prikazom je demonstriral pridobivanje električne energije z zgorevanjem vodika. Kot reagenta je uporabil vodik in kisik v kombinaciji z žvepleno kislino, kot produkta pa sta nastala električna energija in voda. Kljub temu, da je princip delovanja gorivne celice prvi pojasnil Grove, sta šele leta 1889 Ludwig Mond in Charles Langer prvič uporabila izraz gorivna celica.



Naprava, s katero je Grove leta 1839 pojasnil princip delovanja gorivne celice. Vodik in kisik, se nahajata v cevkah nad spodnjimi posodami z žvepleno kislino, v katerih so potopljene elektrode iz platine. Vodik in kisik reagirata s kislino v spodnjih posodah, kot produkta se pojavita voda in el. napetost, ki poganja el. tok po vodniku do zgornje posode, kjer poteka elektroliza vode.

Slika1 princip delovanja gorivne

Prvo trajno delujočo gorivno celico je razvil leta 1932 Francis Bacon. Kot tehnik se je Bacon zavedal, da uporaba dragih kovin npr. platine, ki so jih do tedaj uporabljali kot material za elektrode, ne bo omogočila komercialnega uspeha gorivnih celic. Ugotovil je, da bi lahko ob uporabi manj korozivnega elektrolita (vodna raztopina KOH), elektrode izdelali tudi iz cenejšega niklja. V petdesetih in šestdesetih letih prejšnjega stoletja je ameriška vesoljska agencija NASA razvila tehnologijo gorivnih celic, ki so jih uporabljali v vesoljskih programih Gemini in Apollo in jih še danes uporabljajo v programu Space Shuttle. Razvoj gorivnih celic še vedno uspešno poteka, kar se kaže v mnogih novih izvedbah gorivnih celic, ki so jih razvili bodisi za oskrbo z energijo ali za pogon vozil.

1839

Angleški znanstvenik William Grove razvije napravo, ki deluje na elektrokemičnem principu in je sestavljena iz 26 celic. To odkritje predstavlja prvo primitivno gorivno celico.



Slika 2 William Grove
http://en.wikipedia.org/wiki/William_Robert_Grove

1890

W. Oswald objavi delo, ki pojasni osnovni fizikalno- kemični princip delovanja gorivne celice.

1911

Bauer in Ehrenberg sestavita gorivno celico, katere gorivo predstavlja ogljikova palica, ki kot anoda pošilja v raztopino C^{4+} ione. Potrebna obratovalna temperatura znaša 1000-1100 °C. Elektrolit je raztopljen sol. Na katodi, raztaljenem srebru, na katerega sproti vpihavamo kisik, nastajajo O^{2-} ioni.

1932

Francis Bacon razvije H_2/O_2 gorivno celico.

1952

Bacon razvije skupaj s sodelavci Cambridgske univerze gorivno celico s 5 kW izhodne električne moči.

1952

Harry Karl Ihrig razvije traktor z močjo 15 kW, ki ga poganjajo gorivne celice.

1959

Razvito je prvo osebno vozilo, s pogonom na gorivne celice.

1950/1960

Ameriška vesoljska agencija NASA razvija tehnologijo gorivnih celic za uporabo v vesoljskih

plovilih. Vesoljski misiji Gemini in Apollo uporabljata gorivne celice, kot primarni vir električne energije v vesoljskih plovilih.

1970

Zaradi nastopa naftne krize se pojavijo velike investicije kapitala v razvoj gorivnih celic (ZDA, Nemčija).

1980

NASA nadaljuje z uporabo gorivnih celic kot vira električne energije tudi v programu Space Shuttle.

1993

Izdelan je prvi avtobus, ki ga poganjajo gorivne celice.

1997

Toyota in Daimler-Chrysler predstavita prototip osebnega avtomobila, ki ga poganjajo gorivne celice.

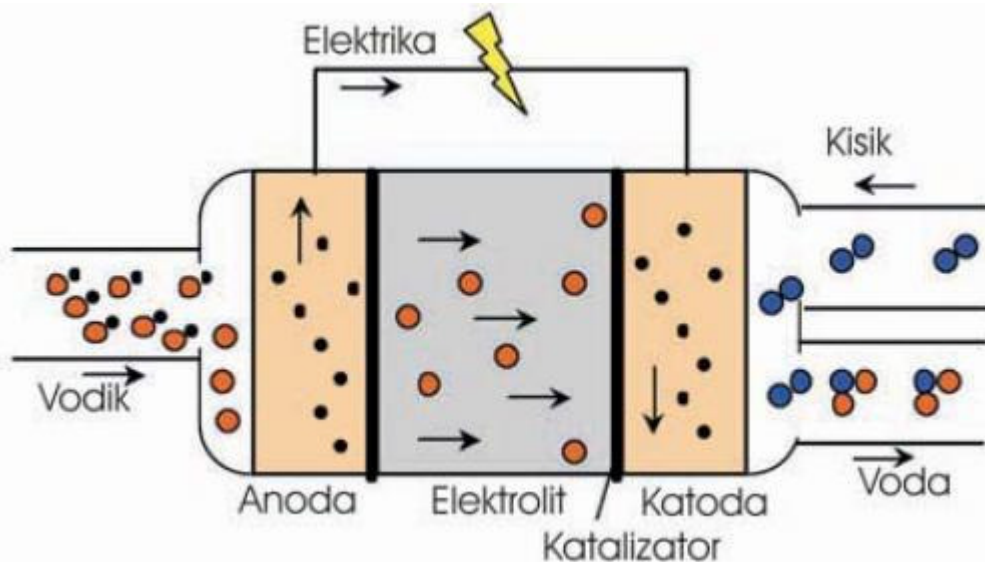
1999

Koncern Daimler-Chrysler predstavi vozilo za prevoz potnikov, s pogonom na gorivne celice, ki ne povzroča škodljivih vplivov na okolje.

4. DELOVANJE GORIVNIH CELIC

Znotraj celice poteka elektrokemična reakcija. Celica je sestavljena iz katode, anode in elektrolita, prevodne snovi. Za reakcijo se uporablja kisik, lahko tudi iz zraka, ter neko gorivo. To gorivo je v večini primerih vodik, lahko pa se uporabi tudi metan ali kakšen višji ogljikovodik. Kadar se uporablja vodik je celotna reakcija le obrnjena elektroliza vode. Ta reakcija lahko poteče na dva načina. Pri prvem samo zmešamo reaktante in dobimo eksplozijo, pri drugem pa reakcijo upočasnimo z inhibitorjem in dobimo električni tok. Če si ne želimo izdelati bombe je druga varianta vsekakor uporabnejša.

Vodik dovajamo v gorivno celico k anodi. Tam spusti svoj elektron, ki se po žici poda na pot proti katodi. Pri katodi pa spuščamo kisik, ki sprejme elektrone in nastane oksidni ion. Ta preko katode in elektrolita pride do vodikovega iona in med njima poteče reakcija, spojita se v vodo. Voda odteče iz gorivne celice skozi svojo cev. Elektroni po žici ustvarijo tok in s tem lahko opravijo električno delo. Zelo pomembna je prepustnost vseh sestavnih delov gorivne celice. Elektrodi morate prevajati ione in elektrone. Elektrolit pa elektronov ne sme prepuščati, saj so tako prisiljeni potovati po žici, kar tudi hočemo.



Slika 3 Delovanje gorivne celice
http://www.mojmikro.si/geekfest/pogled_naprej/gorivne_celice

5. VRSTE GORIVNIH CELIC

5.1 GORIVNE CELICE LAHKO DELIMO GLEDE NA:

- delovno temperaturo na visoko ($>260^{\circ}\text{C}$), srednje ($120 - 260^{\circ}\text{C}$) in nizko temperaturne ($<120^{\circ}\text{C}$) gorivne celice,
- tlak delovanja (visoko, srednje, nizko tlačne),
- uporabljeno gorivo in oksidant gorivo in oksidant v pilnastem agregatnem stanju (vodik, amoniak, zemeljski plin, zrak, kisik), tekoča goriva (metanol), celice na trdna goriva (premog),
- stanje goriva v direktne - v katerih se osnovno gorivo (vodik) pripravi v sami celici in indirektno pri katerih osnovno gorivo pripravimo zunaj celice.

5.2 KLJUB NAVEDENI DELITVI, PA OSTAJA OSNOVA DELITEV GORIVNIH CELIC GLEDE NA ELEKTROLIT:

- Alkalne gorivne celice (AFC - alkaline fuel cell)
- Fosfor-kislinske gorivne celice (PAFC — phosphoric acid fuel cell)
- Gorivne celice s trdnimi oksidi (SOFC — solid oxide fuel cell)
- Gorivne celice s trdnimi polimeri (SPFC — solid polymer fuel cell)
- Gorivne celice s staljenim karbonatom (MCFC — molten carbonate fuel cell)
- Direktno metanolske gorivne celice (DMFC — direct methanol fuel cell)

Ime	s polimerno membrano	alkalijske	s fosforno kislino	z raztopljenim karbonatom	s trdnim oksidom
kratica in angleški naziv	PEMFC, Polymer Exchange Membrane Fuel Cells	AFC, Alcalic Fuel Cells	PAFC, Phosphoric Acid Fuel Cells	MCFC, Molten Carbonate Fuel Cells	SOFC, Solid Oxide Fuel Cells
delovna temperatura, °C	80 - 90	100	200 - 250	650	800 - 1000
električna stopnja delovanja η_{el} , %	50 - 60	$\gg 70$	40	50 - 60	50 - 60
gorivo	vodik (reformirani)	vodik	vodik (reformirani)	vodik (reformirani)	vodik (reformirani) in CO
pretvorba goriva	zunanja	-	zunanja	zunanja in notranja	zunanja in notranja
oksidant	kisik ali zrak	kisik	kisik ali zrak	kisik ali zrak in CO ₂	kisik ali zrak
področje uporabe	vozila in kogeneracija (manjših moči)	vesoljska tehnika	kogeneracija (manjših moči)	kogeneracija (večjih moči)	kogeneracija (večjih snaga)

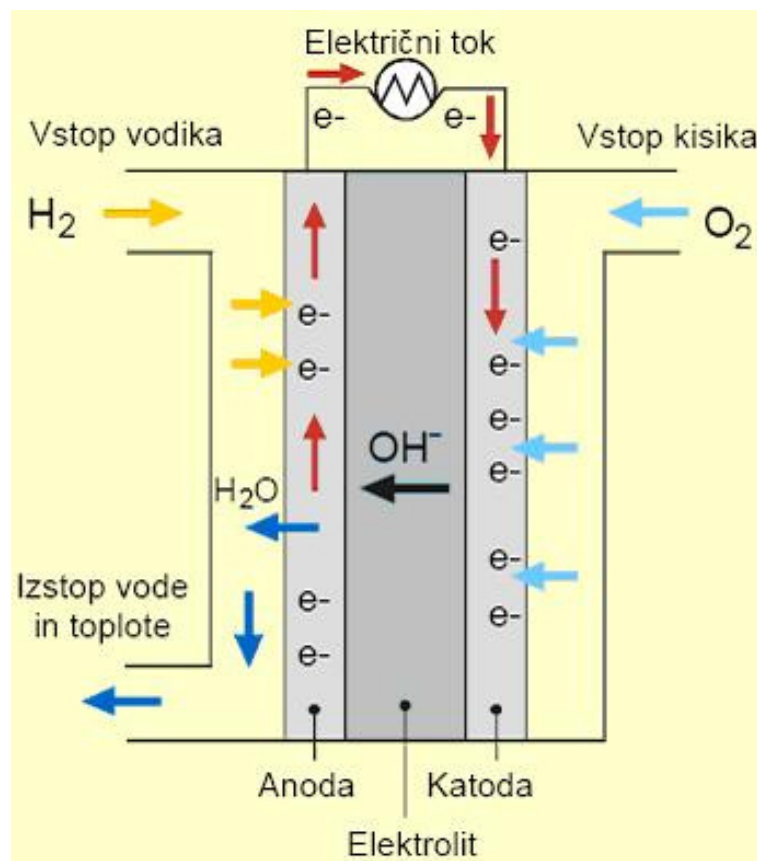
5.2.1 ALKALNE GORIVNE CELICE

Alkalne gorivne celice (AFC alkaline fuel cell) delujejo s čistim vodikom in kisikom in dosežejo električni izkoristek do 60%. Elektrolit je v večini primerov KOH (kalijev hidroksid). Razvite so bile v petdesetih in šestdesetih letih prejšnjega stoletja za vesoljska plovila.

reakcija na anodi: $\text{H}_2 + 2(\text{OH})^- = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

reakcija na katodi: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2(\text{OH})^-$

Te celice delujejo pri nizkih temperaturah (<120°C). Problem pri delovanju predstavlja reakcija med elektrolitom in CO₂, ki se nahaja v zraku. Nastaja namreč kalijev karbonat, ki maši porozne elektrode in zmanjšuje učinkovitost delovanja. Zato moramo kot oksidant uporabljati čisti kisik. Za katalizator uporabljamo platino, kar močno podraži to izvedbo gorivnih celic.



Slika 4 Alkalne gorivne celice

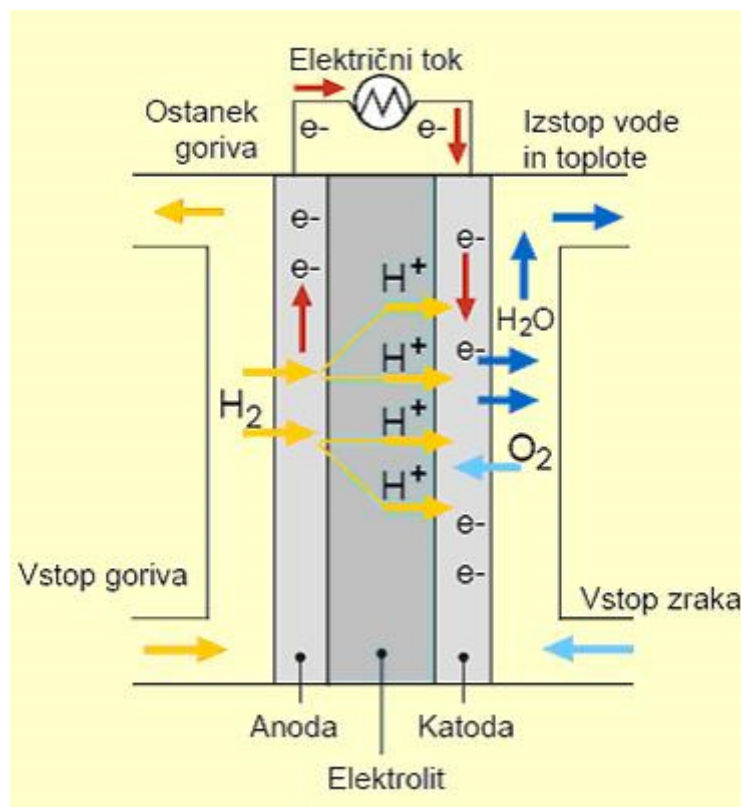
5.2.2 FOSFOR-KISLINSKE GORIVNE CELICE

Te celice so v tem trenutku edine komercialno dosegljive. Izkoristek je okoli 40%. Delujejo na temperaturah med 180 in 200°C. Njihova prednost je, da niso tako občutljive na prisotnost CO₂ (do 5%), zato lahko v procesu uporabljamo vodik, ki ga v celici pridobivamo iz metanola ali zemeljskega plina, kot oksidant pa zrak. Njihova slabost je, da potrebujejo dolg zagonski čas do 5 ur.

reakcija na anodi: $\text{H}_2 = 2 \text{H}^+ + 2\text{e}^-$

reakcija na katodi: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{H}_2\text{O}$

Tako kot pri alkalnih, tudi pri fosfor-kislinskih gorivnih celicah uporabljamo kot katalizator drage materiale - na primer platino.



Slika 5 Fosforjeve gorivne celice

5.2.3 GORIVNE CELICE S TRDNIMI POLIMERI

V teh celicah kot elektrolit uporabljamo tanek sloj polimera v obliki trakov. Te celice delujejo pri nizkih temperaturah (100°C) in imajo zelo kratek zagoni čas. Edina kapljevina v celici je voda. Izkoristek teh celic je med 45 in 60%. Ker ne vsebujejo jedkih snovi in prenesejo velike razlike v tlakih imajo dolgo življenjsko dobo. Posebej so primerne za uporabo v električnih avtomobilih in avtobusih.

reakcija na anodi: $\text{H}_2 = 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

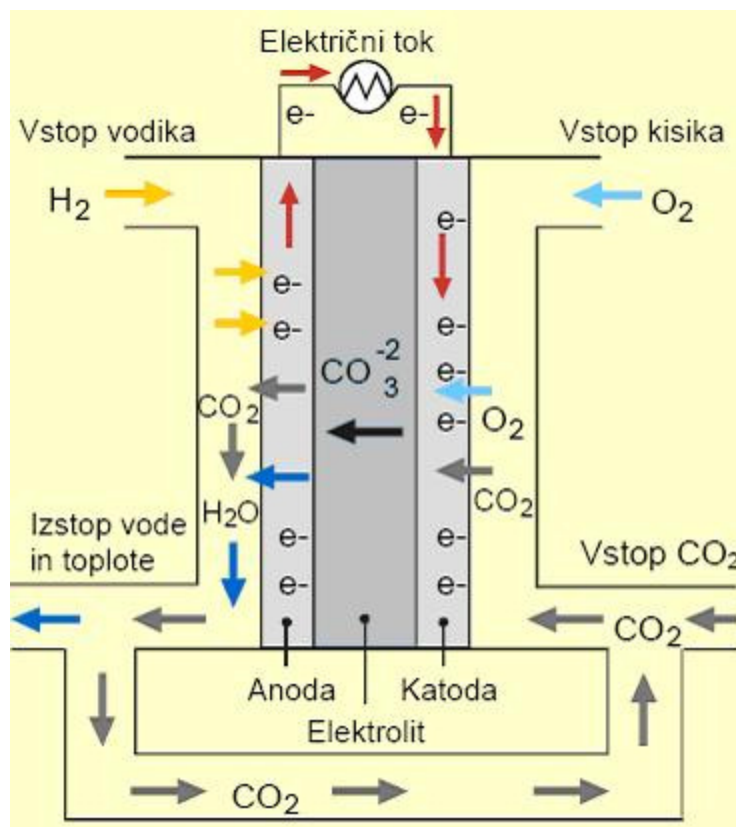
reakcija na katodi: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}$

5.2.4 GORIVNE CELICE S STALJENIM KARBONATOM

V teh celicah kot elektrolit uporabljamo alkalne kovinske karbonate (Li, K in Na). Ker lahko soli delujejo kot elektroliti samo v tekoči fazi, je delovna temperatura celic med 600 in 700°C (kar je nad temperaturo tališča omenjenih snovi).

reakcija na anodi: $\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$
reakcija na katodi: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{CO}_3^{2-}$

Zaradi visokih temperatur ni potrebna uporaba dodatnih katalizatorjev. Kot gorivo se uporabljajo zemeljski plin in ogljikovodiki, ki jih uvajamo direktno v gorivno celico brez dodatne zunanje kemijske razgradnje, kot na primer pri fosfor kislinških gorivnih celicah. Staljeni alkalni kovinski karbonati so zelo korozivni, zato pri teh celicah pogosto prihaja do težav s tesnjenjem. Pri delovanju t. i. "vročega modula" visokih temperatur okoli 650°C se vroči plini in para lahko uporabijo za sekundarno proizvodnjo elektrike - podobno kot pri kombiniranem procesu s plinsko turbino. Pričakovani izkoristki takšnih elektrarn so nad 65%. V primerjavi s klasično elektrarno predstavlja to skoraj dvakratno povečanje proizvodnje elektrike.



Slika 6 Gorivne celice s staljenim karbonatom

5.2.5 DIREKTNO METANOLSKE GORIVNE CELICE

Za razliko od ostalih gorivnih celic jih poganja čisti metanol zmešan s paro, ki ga sistem dovaja direktno k anodi celice. Metanol je bolj primeren za gorivo, ker je njegov transport in distribucija javnosti lažja kot pri vodiku, zaradi njegovega tekočega stanja pri sobnih pogojih in večje energetske gostote. V primerjavi z drugimi tipi celic je ta koncept še vedno relativno nov in raziskave v to smer za ostalimi zaostajajo 3-4 leta.

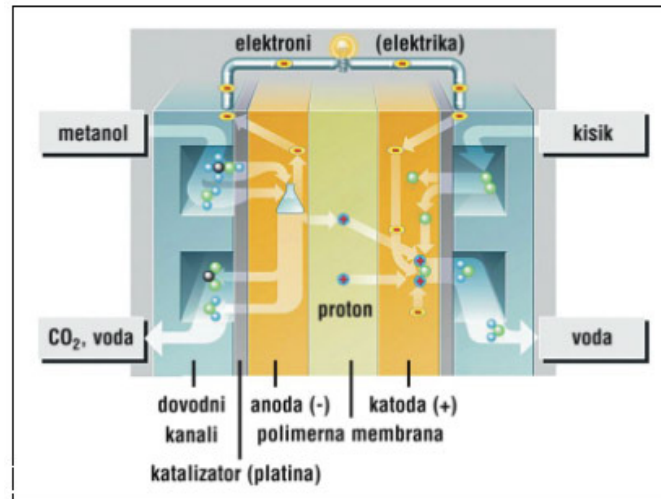
6. UPORABA ZA POGON VOZIL

Obstaja več vrst gorivnih celic, za avtomobilsko industrijo pa so najzanimivejše polimerno - membranske (polymer electrolyte membrane - PEM) in so tudi najenostavnejše. Pri tem tipu na ogljikovo anodo pod pritiskom dovajamo plinast vodik, ki zaradi platine, ki je nanosena na elektrodo, izpusti svoj elektron. Ostane še vodikovo jedro - proton (vodik je namreč zgrajen iz enega protona in enega elektrona), ki mu posebna polimerna membrana na mestu elektrolita dovoli prehod do katode. Elektron ne spusti skozi, zato slednji začne potovati drugi elektrodi naproti po daljši poti skozi porabnik, kar se odraža v električnem toku. Na drugi strani se elektron in proton zopet srečata, pri temu pa se pod pritiskom dovaja na katodo kisik. Trije elementi se tu združijo v vodo, ki je poleg odvečne toplote edini stranski produkt. Ena sama celica da napetost le 0,7V, tako da je treba za znaten vir elektrike zbrati več njih in jih povezati v celični blok. Da se pa porabi tudi vodo, saj je njena oddana toplota relativno majhna, delovna temperatura PEM-celice pa znaša okrog 80 stopinj celzija. Ta celica ima velik količnik razmerja med močjo in svojo velikostjo in je zato zelo kompaktna, z izkoristkom do 50% pa veliko učinkovitejša od bencinskega motorja, katerega izkoristek redko preseže 20%.



Slika 7 Pogon za vozila

http://d111.fnm.uni-mb.si/tehnika-old/vsebina/projekti/energetika/alternativni_pogoni.html



Slika 8 princip delovanja

http://d111.fnm.uni-mb.si/tehnika-old/vsebina/projekti/energetika/alternativni_pogoni.html

Težavo predstavlja predvsem cena. PEM-celice so v primerjavi s preostalimi tipi, sploh pa z motorji na notranje izgorevanje, precej drage. Za celico potrebujemo tudi platino, ki je več ali izjemno draga, saj gre za najplemenitejšo kovino.

Večji problem predstavlja tudi vodik. Sam po sebi je sicer učinkovitejši shranjevalnik energije kot bencin, saj na enako maso nosi trikrat več energije. Kljub temu ga v plinasti obliki v povprečno velik rezervoar spravimo relativno majhno količino, medtem ko je shranjevanje v tekočem agregatnem stanju zaradi nujnih visokih pritiskov in nizkih temperatur nevarno ter drago. Za dostavo vodika bi bilo treba postaviti tudi mrežo povsem novih črpalk, čemur bi zelo nasprotovali naftni lobiji.

Težavno je tudi pridobivanje samega vodika, ki ga pridobivamo predvsem z dvema postopkoma. Prvi je elektroliza vode, kjer z električnim tokom vodo razbijemo na vodik in kisik; ta način potrebuje tudi veliko količino električne energije. Drugi postopek je predelava ogljikovodikov v fosilnih virih, ki pa ima za stranski produkt onesnaževanje. S kisikom sicer ni težav, ker lahko namesto njega uporabimo navaden zrak. Določen problem predstavlja tudi elektromotor, ki prav tako nima stodontnega izkoristka.

Določen napredek predstavlja gorivna predelovalna naprava, s pomočjo katere bi vodik pridobivali v motorju iz bolj dostopnih in lahko shranjevanih virov, kot so metanol, metan, propan ali tudi bencin. Najprimernejši kandidat za avtomobilsko gorivo je metanol - metilni alkohol saj se lahko enostavno skladišči in razpošilja. Tudi nakupovanje bi potekalo podobno kot danes bencin na bencinskih črpalkah.



Slika 9 gorivo

http://d111.fnm.uni-mb.si/tehnika-old/vsebina/projekti/energetika/alternativni_pogoni.html

Po napovedih naj bi proti koncu tega desetletja dobili prve serijske avtomobile s pogonom na gorivne celice. Leta 2012 naj bi imeli v ZDA vsega 2500 avtov s pogonom na gorivne celice. Veliko naprednejši so Japonci, kajti v deželi vzhajajočega sonca naj bi že leta 2010 imeli 50.000 avtov na gorivne celice.

7. EKONOMIČNOST VPLIV NA OKOLJE

Električni avtomobili tehnično sicer niso zahtevni, a se vedno znova pojavi vprašanje, kako je z onesnaževanjem okolja pri pridobivanju elektrike, njihova največja omejitev pa je predvsem dolgotrajno polnjenje z energijo. Za motorje z notranjim izgorevanjem, ki se množično uporabljajo danes, je značilen zelo majhen izkoristek in preveliko onesnaževanje okolja. Za prihodnost so tako veliko bolj zanimivi hibridni avtomobili, ki imajo bencinski in električni motor in tako skušajo združiti dobre lastnosti iz obeh področij. Na tem področju so Američane močno prehiteli Japonci, saj Toyota in Honda že sedaj ponujata serijska hibridna modela prius in insight. Oba avtomobila imata običajen in električni motor in akumulatorje vendar se precej razlikujeta. Pri Hondi so skušali izdelati avtomobil, ki bi zmožal prepeljati čim daljšo pot, tako so izdelali zelo majhen avtomobil za dve osebi z izjemno varčnim bencinskim motorjem. Pri Toyoti pa so skušali izdelati avtomobil s čim manjšo vrednostjo izpušnih plinov za urbana okolja. Osvojil je celo laskavi naziv za Naj avtomobil ZDA za leto 2004.

Glavna prednost hibridnih pogonov je v tem, da je bencinski motor lahko precej manjši od motorja v običajnem avtomobilu in zaradi tega tudi precej bolj ekonomičen. Je dovolj močan, da omogoča avtomobilu vzdrževanje konstantne hitrosti, težave pa nastopijo kadar želimo pospeševati ali se peljemo v hrib. V takšnih primerih se vključi električni motor, ki doda moč in tako pripomore bencinskemu motorju. Pri takšnih avtomobilih je vključenih še veliko drugih dejavnikov, ki pripomorejo k večji učinkovitosti:

- pri zaviranju se kot dodatna zavora vključi elektromotor, ki v tem primeru deluje kot generator in dovaja energijo v akumulator,
- običajen motor ne rabi delovati ves čas in se kadar avto stoji na mestu izključi (Npr. pred semaforjem),
- večja aerodinamičnost samega avtomobila,
- bolj varčne pnevmatike,
- ena izmed najlažjih oblik, kako zmanjšati porabo motorja je tudi zmanjšanje teže avtomobila (v te namene se uporabljajo sodobni materiali kot so ogljikova vlakna ter lahki kovini aluminij in magnezij).

RAZLAGA SIMBOLA SIHFC

Simbol metulj predstavlja vodik kot najlažji element v periodnem sistemu; okolju prijazna energija.

Trup metulja predstavljata dva atoma vodika. Metuljevi krili simbolizirata električni tokokrog. Metuljevi tipalki imata poseben pomen: eden simbolizira toploto, drugi pa vodo.



Barve

- **Svetlo modra** = vodik (brezbarvni in najlažji plin)
- **Rdeča** = toplota (izraža moč in energijo)
- **Modra** = voda

8. PRIDOBIVANJE VODIKA IZ VODE Z ELEKTROLIZO

8.1 KAJ JE ELEKTROLIZA?

Elektroliza je kemijski postopek. Vanj moramo vložiti energijo, da sprožimo redoks reakcijo, ki razkroji spojino na elemente. REDOKS REAKCIJA je reakcija pri kateri poteka oksidacija in redukcija. Redukcija je sprejemanje elektronov, oksidacija pa oddajanje elektronov.

8.2 PRIDOBIVANJE VODIKA

Vodik lahko pridobivamo na več načinov. Omenili bomo le nekatere.

Prva metoda, ki se ponuja, je **elektroliza vode**, pri kateri vodo razcepimo na vodik in kisik. Elektroliza je pojav, ko skozi kapljevino teče električni tok, ki povzroči izločanje snovi na elektrodah. Vendar pa ta, na videz enostaven proces, še ni ekonomičen. Seveda bi bilo idealno, če bi razcepili vodo, vendar pa je za to potrebna energija, in to je treba pridobiti na kak drug način.

Danes vodik najbolj ekonomično pridobivamo iz **fosilnih goriv**. Proizvodnja obsega globalno okoli 45 milijonov ton na leto. Skoraj polovica vodika se porabi za proizvodnjo amoniaka, NH₃, predvsem za velike komponente gnojil in amoniaku podobnih snovi v čistilih. Rafinerije uporabljajo drugi največji del vodika za kemične procese, kot npr. odstranjevanje žvepla iz nafte in spreminjanje težkih ogljikovodikov v nafto in dizelska goriva. Za pridelavo vodika iz fosilnih goriv se uporablja parna preobrazba. Pri tej metodi uparijo fosilna goriva,

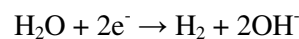
najpogosteje zemeljski plin, ki ga mešajo s paro pri visokih temperaturah in pritiskih v sodelovanju z nikljevim katalizatorjem. Preobrazbena tehnika doprinese veliko vodika, vendar se pri reakciji sproščata ogljikov monoksid in ogljikov dioksid. Slednji je toplogredni plin.

V nadaljevanju pa si pogledjmo še novejša metode pridobivanja vodika.

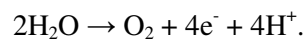
8.3 PRIDOBIVANJE VODIKA Z ELEKTROLIZO

Elektroliza vode se uporablja pretežno za pridobivanje vodika. Voda, ki jo uporabljamo, ne sme biti destilirana (ker takšna ne prevaja električnega toka). Če delamo elektrolizo z destilirano vodo, ji moramo dodati nekaj soli, da se delci lahko gibljejo. Elektrode morajo biti platinaste ker bi pri večini ostalih kovin nastali kisik reagiral.

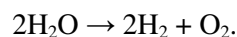
Na katodi se odvija redukcija, nastaja VODIK (u plinastem stanju):

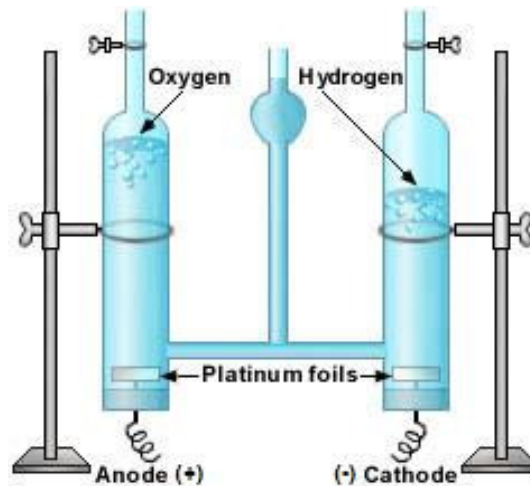


Na anodi se odvija oksidacija pri kateri nastane KISIK (plinasto agregatno stanje):



Končna formula te reakcije se glasi:





Slika 10 pridobivanje vodika z elektrolizo

8.4 POTEK ELEKTROLIZE

Ko priključimo izvor napetosti začne elektrolit tvoriti ione. Pozitivni ioni tega elektrolita potujejo na negativno katodo in negativni na pozitivno anodo. Na negativni katodi se negativni kationi reducirajo tako, da sprejmejo potrebno število elektronov iz anode. Na pozitivni anodi pa se pozitivni anioni oksidirajo in s tem oddajajo višek svojih elektronov katodi. Če posplošimo lahko povemo, da na katodi vedno poteka redukcija, na anodi pa oksidacija. Pri kovinah se na katodi nabirajo pozitivni ioni elektrolita ter kovine s katere je elektroda. Katoda se tako debeli, pozitivna pa ostaja ista, mogoče celo za nekaj centimetrov tanjša.

Z večanjem mase pa sta povezana FARADAYEVA ZAKONA, ki govorita:

1 Faradayev zakon: količina snovi, ki se izloči na elektrodi je sorazmerna z električnim nabojem, ki preteče skozi elektrolit

$$Q = I \cdot t$$

2 Faradayev zakon: masa snovi, ki se izloči na elektrodi ob prehodu določene količine naboja je sorazmerna atomski masi elementa in obratno sorazmerna njegovi valenci.

$$M = (I \cdot t \cdot M) / (F \cdot z)$$

F- faradayeva konstanta = $9,65 \cdot 10^7$ As/kmol

8.5 UPORABA ELEKTROLIZE

- Za zaščito kovin proti koroziji, oziroma rji.
Npr.: tako zaščitijo ladje
- Za prevleko, sijaj in lepši izgled površin.
- Za pridobivanje vodika (H), ki se uporablja kot gorivo. Za to uporabljajo poceni električno energijo.
- Astronavti, ki v vesolju potrebujejo kisik, ga proizvajajo z elektrolizo vode. Kot vir električne energije pa uporabljajo sončne kolektorje.
- S posebno tehniko elektrolize lahko v površine kovinskih površin kot so na primer orodja in noži, vgravirajo znak.
- Je proces redukcije kovin iz spojin, s katerim dobimo posamezne elemente-kovine.
Npr.: tekoč natrijev hidroksid se z elektrolizo lahko razcepi v natrij in kisik. Stranski produkt je voda.
- Približno 4% vodika, ki je proizveden na celem planetu je produkt elektrolize.
- Obraten proces elektrolizi poteka v galvanskem členu, oziroma v bateriji.

9. AVTOMOBIL NA GORIVNE CELICE

Deli za avtomobil z pogonom na gorivne celice uporabljajo povratne PEM gorivne celice (elektronsko-membranski sklopi, ki jih povezujejo bipolarni plošče). To deluje v obe smeri. Kot elektrolit (za ustvarjanje vodika iz vode) in kot vir energije (za ustvarjanje energije iz vodika). Ko je vodik ustvarjen, ga lahko gorivne celice pretvorijo v električno energijo in tako zaženejo motor vašega avtomobila. Ko vaš avto vozi z vodikom, svetita dve svetlo zeleni LED-diodi, ki sta nameščeni na motorju avtomobila. Avtomobil obvozi poljubne ovire, ki mu stojijo na poti. Dokler nima proste poti, se bo avto obračal ali vozil vzvratno.



Slika 11 avtomobil na gorivne celice
http://shop.conrad.si/websale7/Avtomobil-na-gorivne-celice.htm?shopid=conrad-slowenien&act=product&prod_index=198062&cat_index=SHOP_AREA_17618_2420141

10. ZAKLJUČEK

V seminarju sva predstavila zgodovinski razvoj gorivnih celic, njihovo delovanje, vrste z nekaterimi značilnostmi in nekatera področja uporabe. Področij, na katerih se že uporabljajo gorivne celice, je verjetno še več, vsekakor pa nam bodo v bodoče prav tako znane kot so nam npr. baterije in toplotni motorji. Izkoristek gorivnih celic je bistveno boljši (lahko tudi 90%) kot pri toplotnih strojih, ki uporabljajo druge vire energije. Izraba goriva je pri gorivnih celicah bolj ekonomična. Kljub temu, da so še veliki problemi glede pridobivanja vodika, skladiščenja in transportiranja, imamo na drugi strani zelo malo škodljivih vplivov na okolje, tako da se bo verjetno tehnika prevesila v prid gorivnim celicam. Svetovna politika podpira raziskave o izkoriščanju alternativnih virov energije, predvsem na tistih področjih, ki dajejo najboljše rezultate. Ob tem pa tudi avtomobilska industrija z velikim razmahom ustvarja avtomobile na zahtevnem in konkurenčnem trgu. V bližnji prihodnosti naj bi gorivne celice uporabljali kot vir električne energije za mobilne naprave.

Zakaj se o gorivnih celicah več govori v zadnjem času, čeprav jih poznamo že več kot 100 let? Prvi vzrok je verjetno ta, da so stroški pridobivanja goriv iz nafte bistveno nižji, kot pridobivanje vodika. Ker pa vemo, da so zaloge nafte omejene in njena cena narašča ob vse večjih energetskih potrebah, smo zopet začeli govoriti in razvijati gorivne celice.

Drug problem pri gorivnih celicah je hranjenje vodika in njegovo pridobivanje. Zaenkrat je optimalno pridobivanje iz zemeljskega plina, kjer plin reagira z vodno paro in tvori čisti vodik in ogljikov dioksid. Tudi pri tem pridobivanju smo omejeni z zalogami zemeljskega plina, zato imajo boljšo prihodnost gorivne celice, ki kot gorivo neposredno in brez dodatnih naprav za izločanje vodika uporabljajo metanol.

Če želimo našim potomcem zapustiti Zemljo takšno, kot bi jo želeli, naj ne bo vprašanje denar, politika, interesi velesil, temveč v prvi vrsti ohranjevanje okolja, katerega je človek v zadnjih desetletjih zanemarjal v hlepenju po lažnejšemu življenju.

11. LITERATURA IN VIRI

- [1] <http://www.gimvic.org/prog/Maks/gorivne/zgo.php>
- [2] <http://www.sihfc.si/prikazi.asp>
- [3] <http://www.dpreview.com/news/0406/04062401toshibafuel.asp>
- [4] http://shop.conrad.si/websale7/Avtomobil-na-gorivne-celice.htm?shopid=conrad-slovenien&act=product&prod_index=198062&cat_index=SHOP_AREA_17618_242014
- [5] <http://www.google.si/webhp?rls=ig>
- [6] http://www.mojmikro.si/geekfest/pogled_naprej/gorivne_celice
- [7] http://194.249.18.202/slojoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=33