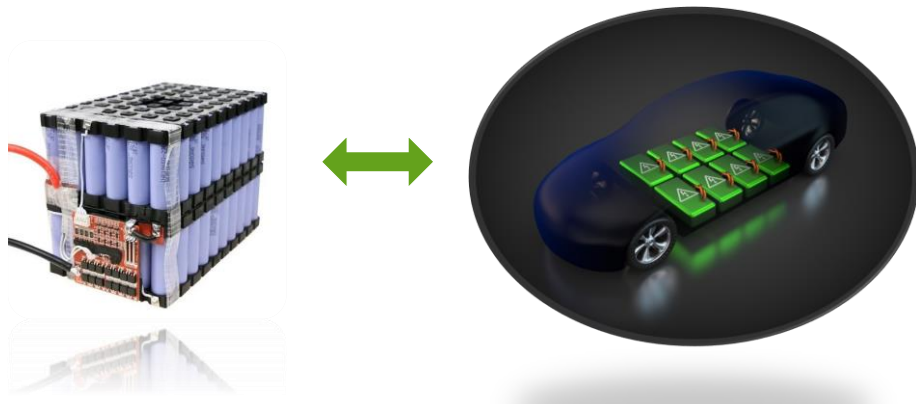




CÔNG NGHỆ PIN SẠC Li-ION và KHÍ HYDRO XANH



TP HCM, ngày 18 tháng 08 năm 2023

1



2

2

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

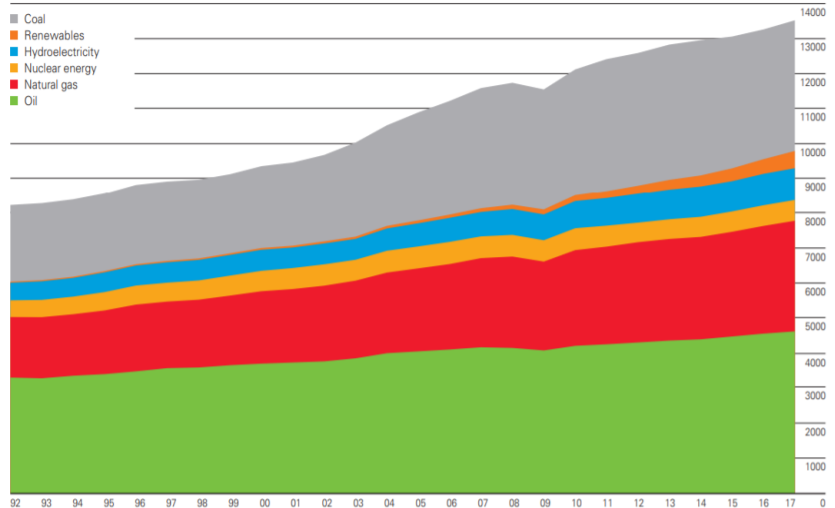
2017: ~13.511 tỷ TOE
 Hóa thạch ~ 85% →
 CH₄, CO₂...

BP statistical review of World Energy 2018

Việt Nam
 Than: Quảng Ninh, U Minh
 Dầu mỏ: Vũng Tàu
 Khí: Vũng Tàu, Cà Mau, Quảng Nam, Quảng Trị

Mặt trời: các tỉnh phía Nam (farm, áp mái)
 Gió: miền Trung và ven biển phía Nam

World consumption
 Million tonnes oil equivalent



World primary energy consumption grew by 2.2% in 2017, up from 1.2% in 2016 and the highest since 2013. Growth was below average in Asia Pacific, the Middle East and S. & Cent. America but above average in other regions. All fuels except coal and hydroelectricity grew at above-average rates. Natural gas provided the largest increment to energy consumption at 83 million tonnes of oil equivalent (mtoe), followed by renewable power (69 mtoe) and oil (65 mtoe).

3

3

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

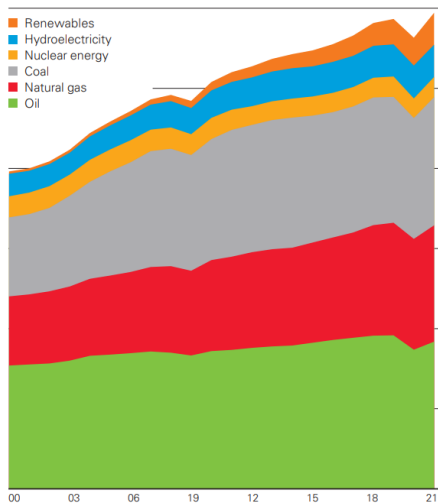
2021
 Than + Dầu + KHÍ đốt:
 chiếm 490 Exjoules
 trong tổng số 590
 exJoules năng lượng
 Phần còn lại là: hạt
 nhân, thủy điện, tái tạo

BP statistical review of World Energy 2022

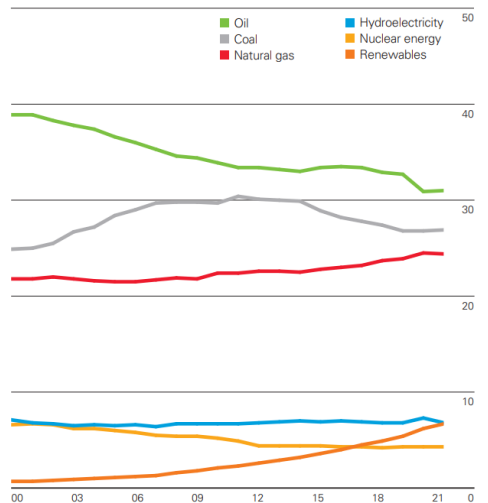
exaJoule = 10¹⁸ Joule

1 J = 1 N.m
 1 J = 1 V.A.s
 1 KWh = 3,6 x 10⁶ J

World consumption
 Exajoules



Shares of global primary energy
 Percentage



4

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

Năng lượng sơ cấp: than, dầu mỏ, khí đốt, sinh khối (gỗ, rơm rạ...)

Năng lượng thứ cấp: hydro

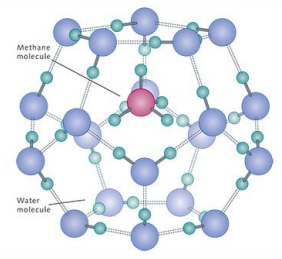
SẢN XUẤT → VẬN CHUYỂN → TỒN CHỨA → SỬ DỤNG

Điện:

- + Sản xuất tại các nhà máy
- + Truyền tải tới người sử dụng
- + Chuyển hoá thành các dạng khác

+ Lưu trữ điện

- Không thể
- Quy mô nhỏ
- Quy mô lớn



Methane hydrate: $4CH_4 \cdot 23H_2O$

5

5

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

Năng lượng và Năng lượng hoá thạch

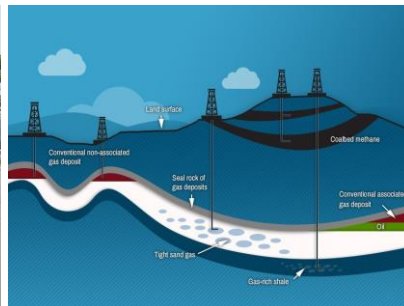
Thủy điện, Hạt nhân, Mặt trời (nhiệt, quang), Gió, Biomass, Rác...

Coal, Petroleum → Gasoline, Diesel Oil, FO, bitum...

Petroleum gas → Liquefied petroleum gas (LPG): C_3H_8 , C_4H_{10} (Dinh Cốt) → CH_4 (Phú Mỹ)

Natural gas → Liquefied natural gas (LNG) hay Compressed Natural Gas (CNG): CH_4 (Lô B, Cá Voi Xanh, Kèn Bầu...). Tạp chất: CO_2 , H_2S , N_2 ...

Dầu mỏ: 80-100 triệu thùng/ngày (Việt Nam 300.000-400.000 thùng/ngày)



Sáng ngày 10/7/2023
Tàu Maran Gas Achilles
LNG 70.000 tấn cập cảng
(830 tỷ) cập cảng kho
Thị Vải (PV Gas)

6

6

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

Tổng tiêu thụ năng lượng thế giới: 595,15 ExaJoules

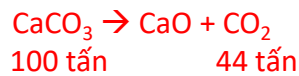
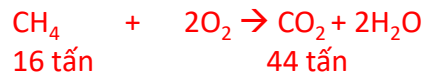
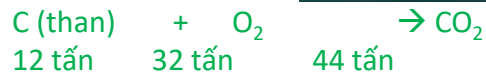
Bắc Mỹ: 113,7 Trung và Nam Mỹ: 28,46

Châu Âu: 82,38 Châu Phi: 19,99

Trung Đông: 37,84 **Châu Á – TBD: 272,45**

Phát thải CO₂ vào năm 2021: 39,0 tỷ tấn CO₂

Đập thủy điện Tam Hiệp: sản xuất 1600 tỷ kWh và g



7

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

Nhu cầu **chuyển hóa và lưu trữ** năng lượng điện là rất lớn: dân dụng, công nghiệp, quân sự...

Thiết bị di động: điện thoại thông minh, tablet, laptop...



Pin 5000 mAh

ipad pro 2022

11 inches: 247,6 x 178,5 x 5,9 mm → 466 g (wifi) → 28,65 Wh

12,9 inches 280,6 x 214,9 x 6,4 mm → 682 g (5G) → 40,88 Wh

8

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

Xe điện: xe máy, xe hơi, xe bus...



LUDO: 70 km (500 W) v_{\max} 35 km/h
 IMPES: 68 km (1200 W) v_{\max} 50 km/h
 KLARA, KLARAS

THEON: v_{\max} 90 km/h, 3500 W
 Pin Samsung, 101 km, tăng tốc 0-50 km/h
 trong 6 giây. Giá 64 triệu + 2,4 triệu đặt
 cọc pin, thuê pin 350k/tháng



Ngày 24-3-2021, VinFast nhận đặt hàng mẫu ô tô điện đầu tiên **VF e34** với giá 690 triệu đồng/chiếc → Pin dung lượng **42 kWh**, có thể đi được quãng đường **300km**, sạc nhanh **15 phút**, đi được **180km**. Công suất 110 kW
 Miễn phí thuê bao pin: 1 năm, Bảo hành: 10 năm; **40.000 cổng sạc**.



Boeing 787 dung hệ pin **LCO 32V (8 cell) 150A** với khối lượng 28,6 kg.

9

9

Nhu cầu lưu trữ

Hệ thống thu phát truyền tin quân sự và dân sự

VNPT đã xây dựng được hơn **85.000** trạm thu phát sóng 2G/3G/4G VinaPhone. VIETTEL: **120.000** trạm với 70 triệu khách hàng → Cần thiết có các hệ thống lưu trữ năng lượng cho trạm: **Ắc quy khô hay Pin Li-ion LFP**

Ắc quy Ni-Cd kiềm: tiêu chuẩn IEEE 1106-2005 định kỳ nạp/xả là 5 năm/1 lần

Ắc quy Axit-chì: tiêu chuẩn IEEE 1106-2005 (Axit-chì hở) và IEEE 1188-2005 (Axit-chì kín) định kỳ nạp/xả là 25% thời gian thiết kế/1 lần (hay 12-18 tháng/1 lần).

Xả theo quy định :

+ Ắc quy **Ni-Cd kiềm**: $I_{x\grave{a}} = 0,2 \times C5$ (A). VD: Bình Ni-Cd 100 Ah → $I_{x\grave{a}} = 0,2 \times 100 = 20$ A

+ Ắc quy **Axit-chì** (hở & kín): $I_{x\grave{a}} = 0,1 \times C10$ (A). VD: Bình Axit-chì 100Ah → $I_{x\grave{a}} = 0,1 \times 100 = 10$ A.



Giàn ắc quy 220VDC TBA 110kV Bùn Hồ - CPC

<http://www.thidukhentuongvn.org.vn/chuyen-de/mang-luoi-viettel-niem-tu-hao-viet-nam#:~:text=5%E1%BB%91%20tr%E1%BA%A1m%202G%2C%203G%2C%204G,1%C3%AA%20tr%E1%BB%9B%20h%C6%A1n%20120.000%20tr%E1%BA%A1m.>

10

10

Nhu cầu lưu trữ



Từ 2017 - cuối 10/2020: **30.802 khách hàng** lắp đặt điện mặt trời mái nhà trên **địa bàn 21 tỉnh, thành** khu vực phía Nam với tổng công suất tấm pin lắp đặt là **969 MWp**.



Nhà máy điện trên vùng bán ngập 504 ha bờ hồ Dầu Tiếng 420 MWp ở Tân Châu, Tây Ninh: 1,3 triệu tấm pin, đầu tư 9100 tỷ đồng, hoàn thành 7/9/2019 → 4,3 triệu KWh/ngày

- Trước 2017, chưa đến 30MW
- Sau QĐ-11/2017/TTg đến 6/2019 : 1200 MWp điện mặt trời lên lưới.
- QĐ-13/2020/TTg đến 12/2020 : 3,500 MWp sẽ được lên lưới
- Quy hoạch của Bộ Công Thương đến 2030 : 12,000 MWp. Dự kiến có thể đến 35,000 MWp
- **Riêng năm 2020 lắp mới 12,000 MWp**

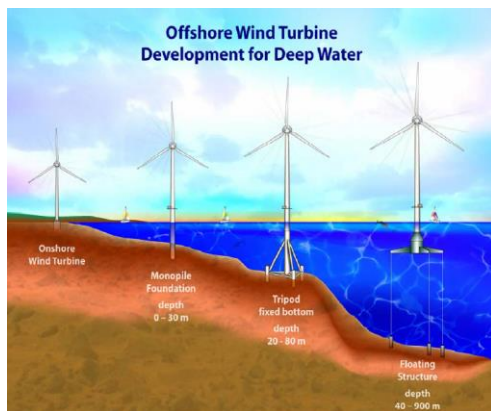
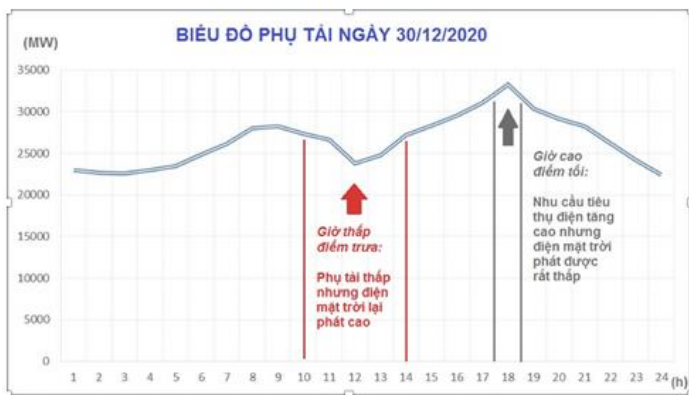
11

11

Nhu cầu lưu trữ

Gió và Mặt trời: tiềm năng lớn
 Tính không ổn định: công suất, tần số
 + **Thiếu công suất: giờ cao điểm**
 + **Thừa công suất: theo mùa, ngày**

Hình 2. Biểu đồ phụ tải hệ thống điện quốc gia ngày 30/12/2020. Nguồn: EVN.



12

Nhu cầu lưu trữ



1/12/2017 Tesla hoàn thành **trong 100 ngày** hệ thống lưu trữ 100 MW/ 129MWh tại Jamestown sử dụng hệ pin sạc Li-ion POWERPACK (khoảng 30.000 hộ dân).

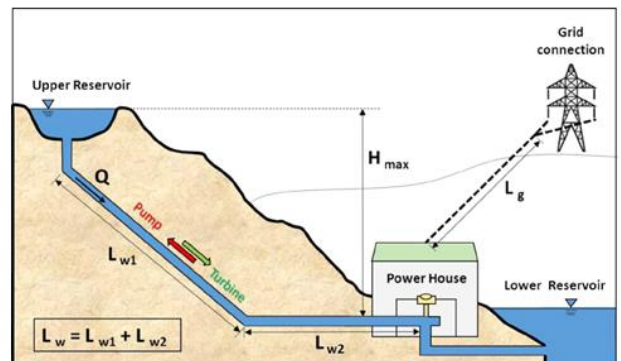
13

13

Nhu cầu lưu trữ



Hình 1. Mô hình hoạt động thủy điện tích năng.



Hydropower pumped storage plant **Taum Sauk 2 x 225MW** works like a giant battery:
 Charge: using electrical energy to pump the water from lower lake to upper lake
 Discharge: water flows through 2 FRANCIS generators to produce ELECTRICITY

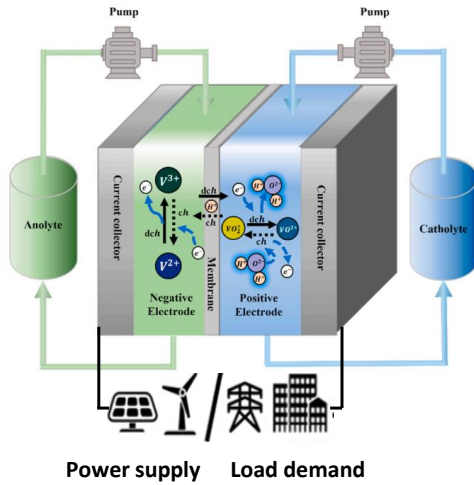
Thủy điện tích năng Bắc Ái: 1.200MW (4 tổ x 300 MW). Tổng mức đầu tư của dự án là 21.100 tỷ đồng, khởi công 2024.

14

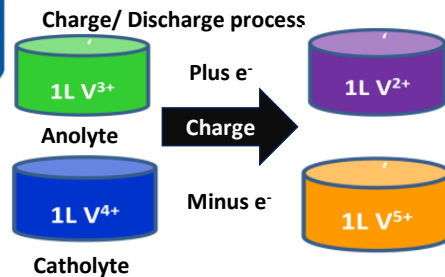
14

Nhu cầu lưu trữ

Vanadium Flow Redox Battery (VRFB)



Anode and cathode electrolyte stored in external tanks
 Electrolyte pumped into flow battery stack
 Anode and cathode separated by an ion-exchange membrane

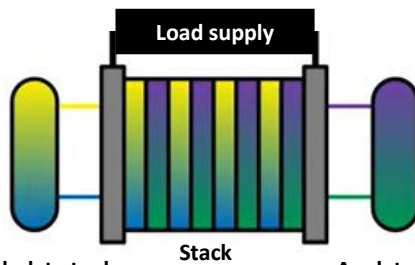


The discharge process reverse of this process

[1] D.S Aaron, Q. L. (2012). Dramatic performance gains in vanadium redox flow batteries through modified architecture. *Journal of Power Sources*, 206, 450-453.

Nhu cầu lưu trữ

Vanadium Flow Redox Battery (VRFB)



Energy storage devices

Energy is stored in the electrolyte tank => the storage capacity can be modified independently

Charge-Discharge happens in stacks => **Modifying the size or number of stacks** can be enhanced **Power density**.

Catholyte tank

Stack

Anolyte tank

One of the commercial Redox Flow battery type- Vanadium flow batteries



8 MWh VRB in Zhangbei, China

- Flexible
- Durable
- Modular
- Safe

Nhu cầu lưu trữ

Vanadium Flow Redox Battery (VRFB)



Dự án VRFB 2MW/8MWh ở California do Sumitomo Electric Industries (SEI) của Nhật Bản cung cấp, năm 2018.



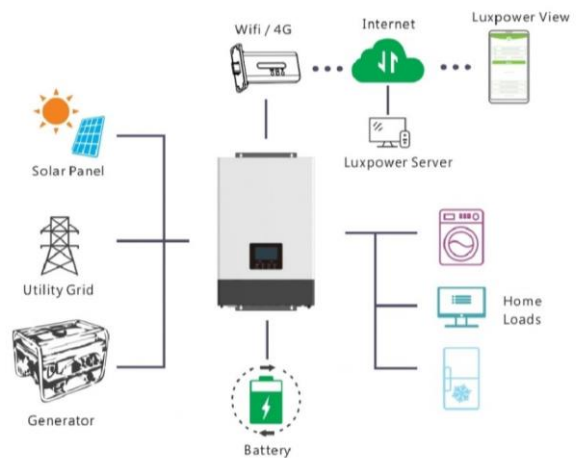
Hệ thống VRFB 100MW / 400 MWh ở thành phố Đại Liên, tỉnh Liêu Ninh, Trung Quốc

Định hướng đến năm 2050, công suất thủy điện tích năng và pin lưu trữ đạt 30.650 - 45.550 MW để phù hợp với tỉ trọng cao của năng lượng tái tạo (Tổng sơ đồ VIII).

17

17

Nhu cầu lưu trữ năng lượng



Features of the inverter

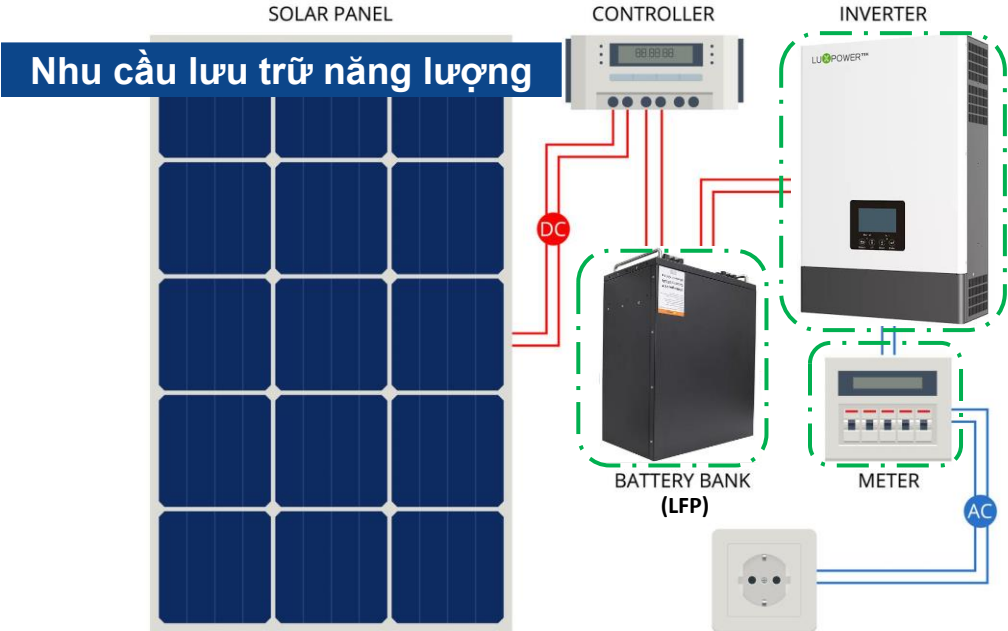
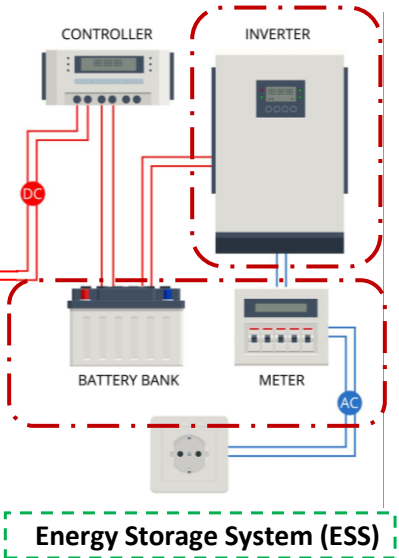
18

18

Nhu cầu lưu trữ năng lượng



SmartFarm



Nhu cầu lưu trữ năng lượng

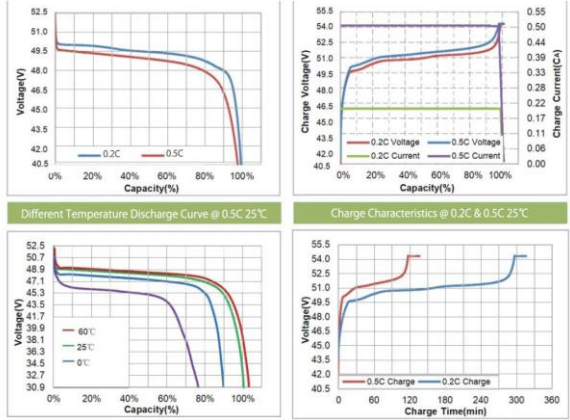
Nhu cầu lưu trữ năng lượng



48V 200Ah LiFePO4 Battery 10.24kWh



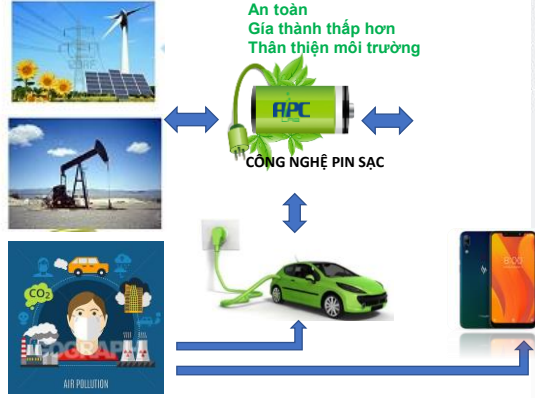
MODEL: 48V 200Ah LiFePO4 Battery	Bms Built-in: 16S 200A Smart BMS
Case: Stainless Steel Case	Maximum Discharge current: (1C)
Energy: 10240Wh	Cycles Life: >6000+ Cycles
Charging Temperature: -5~55°C	Discharging Temperature: -20~60°C
Weight: 85Kg	Dimensions: 480*440*255mm



Nhu cầu lưu trữ năng lượng

Ứng dụng của Pin Li-ion

VẤN ĐỀ TOÀN CẦU



@Indiatoday & smallcaps

@SolarEdition

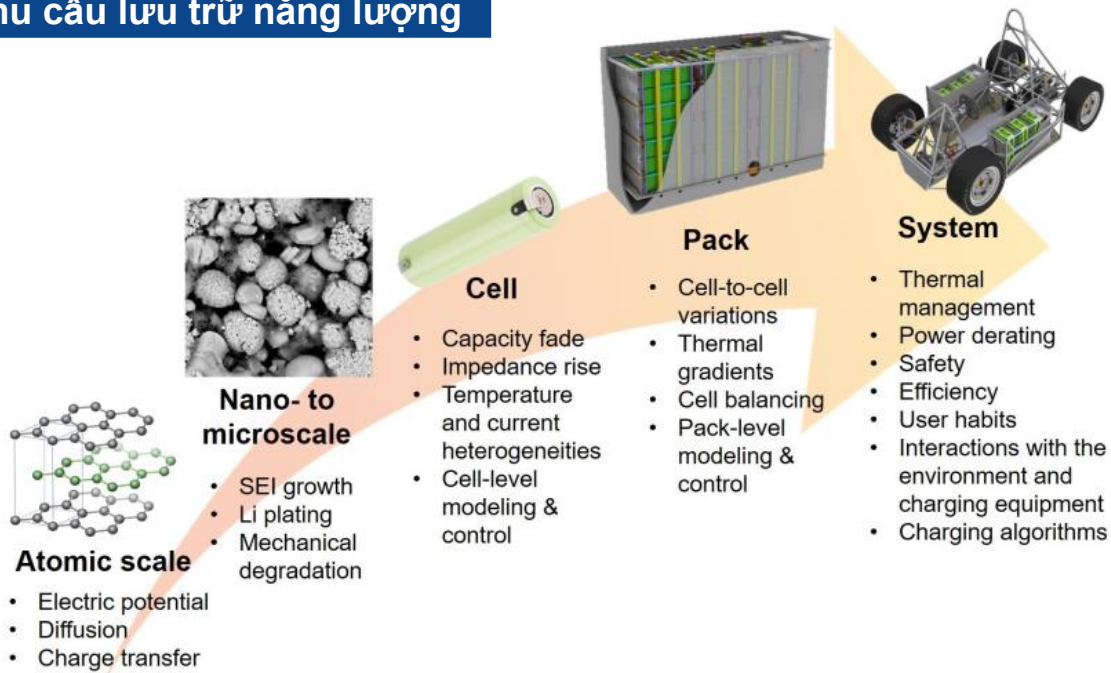
First-Step
Whittingham's Li-ion battery

Second-Step
Goodenough's Li-ion battery

Third-Step
Yoshino's Li-ion battery

The Nobel Prize in Chemistry 2019
 rewards the development of the
Lithium-ion Battery - Part 2

Nhu cầu lưu trữ năng lượng

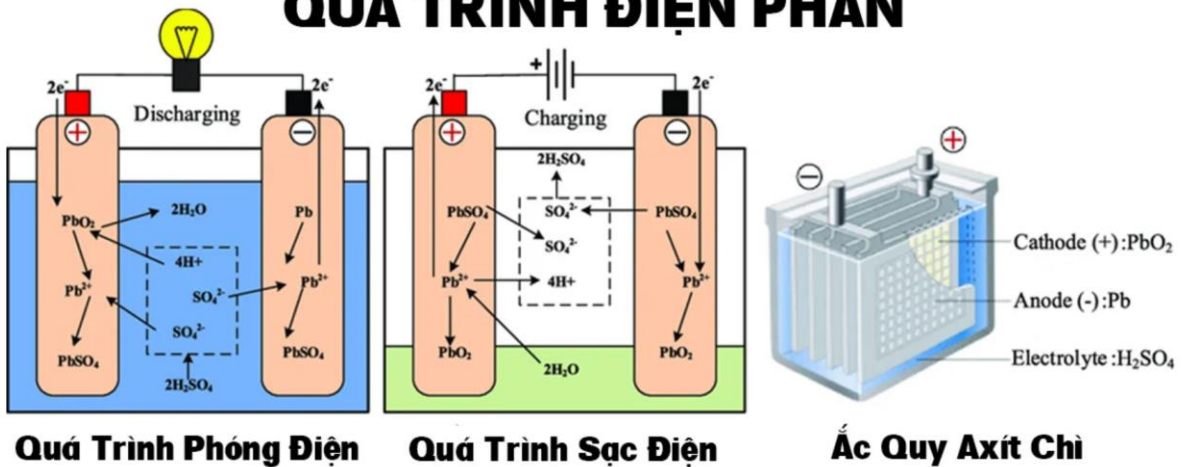


23

23

Cấu tạo nguồn

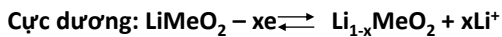
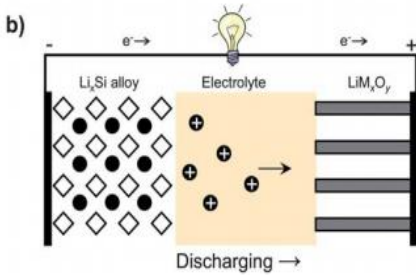
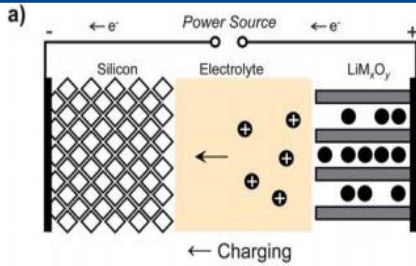
QUÁ TRÌNH ĐIỆN PHÂN



24

24

Cấu tạo nguồn



	Thành phần	Vật liệu
Điện cực	Điện cực dương	Oxit kim loại chuyển tiếp
	Điện cực âm	LTO, Carbon, Silic,...
	Chất dẫn điện	Carbon
	Chất kết dính	Polyme (PVdF, PTFE...)
	Điện cực góp	Các lớp kim loại mỏng
Hệ điện giải	Màng ngăn	Polyme (PP, PE, ...)
	Muối Lithi (Li-ion) hoặc Natri (Na-ion)	Muối gốc vô cơ và gốc hữu cơ
	Dung môi	Dung môi hữu cơ không nước
	Chất phụ gia	Những hợp chất hữu cơ

25

25

Cấu tạo nguồn

Vật liệu điện cực dương (Cathode material)

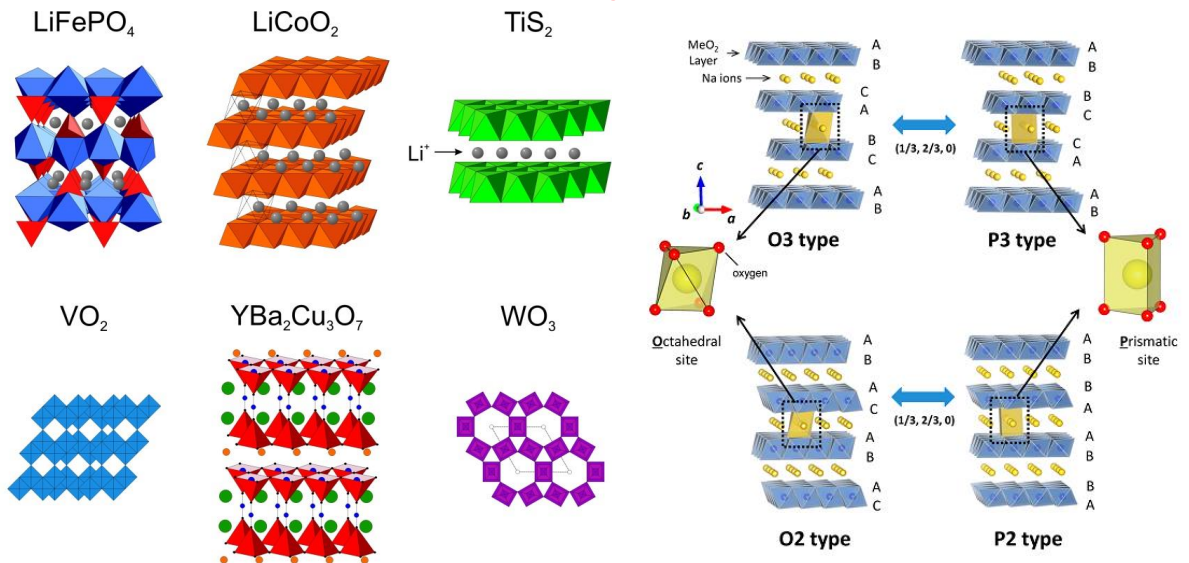
STT	Vật liệu điện cực	Điện áp sử dụng (V)	Cấu trúc
1	TiS ₂ , MoS ₂	2,0	Lớp – 2D
2	MnO ₂ , V ₂ O ₅	3,0	
3	LiCoO ₂ , LiNiO ₂	4,0	Lớp – 2D
4	LiMn ₂ O ₄	4,0	Đường hầm – 3D
5	LiFePO ₄	4,0	Olivine
6	LiMnPO ₄ , LiCoPO ₄ , LiM _x Mn _{4-x} O ₈ (M=Fe, Co)	5,0	Đường hầm – 3D

26

26

Cấu tạo nguồn

Vật liệu điện cực dương (Cathode material)



27

27

Cấu tạo nguồn

Vật liệu điện cực âm (Anode material)

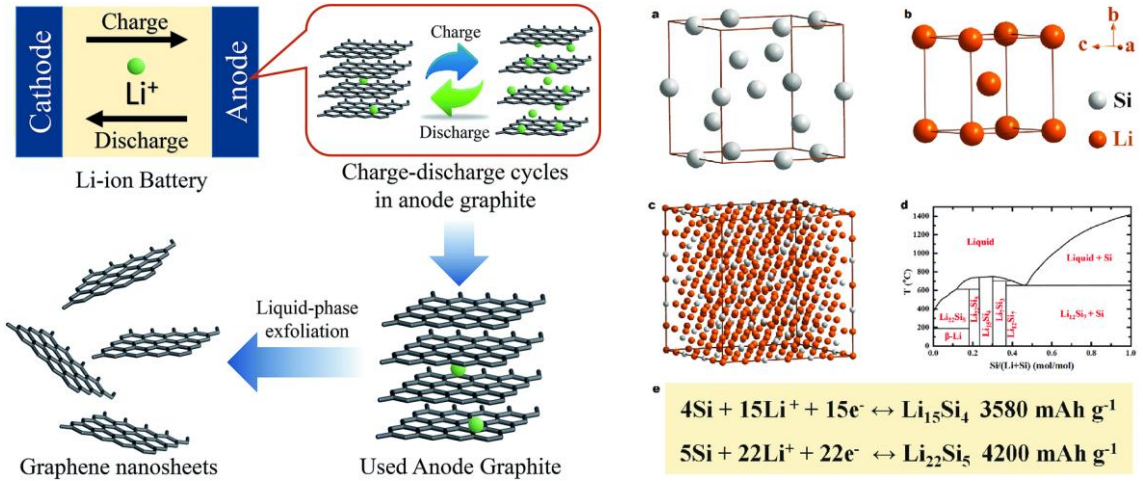
STT	Hóa chất	Tính chất, độ tinh khiết	Giá USD (100 g)	Giá VNĐ (100 g)
1	Lithium titanate ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)	kích thước hạt < 200 nm, 99 %	2.028 (507 USD/25 g)	47.098.272
2	Graphite	kích thước hạt < 20 μm	13,7 (137 USD/kg)	318.168,8
3	Graphene	độ dẫn > 10^3 S/m	52,2 (522 USD/kg)	1.212.292,8
4	Silic (Si)	kích thước hạt < 100 nm, > 98 %	4.570 (457 USD/ 10 g)	106.133.680
5	Silica (SiO_2)	kích thước hạt < 100 nm, 99,8%	183 (183 USD/100g)	4.249.992

28

28

Cấu tạo nguồn

Vật liệu điện cực âm (Anode material)



Graphite

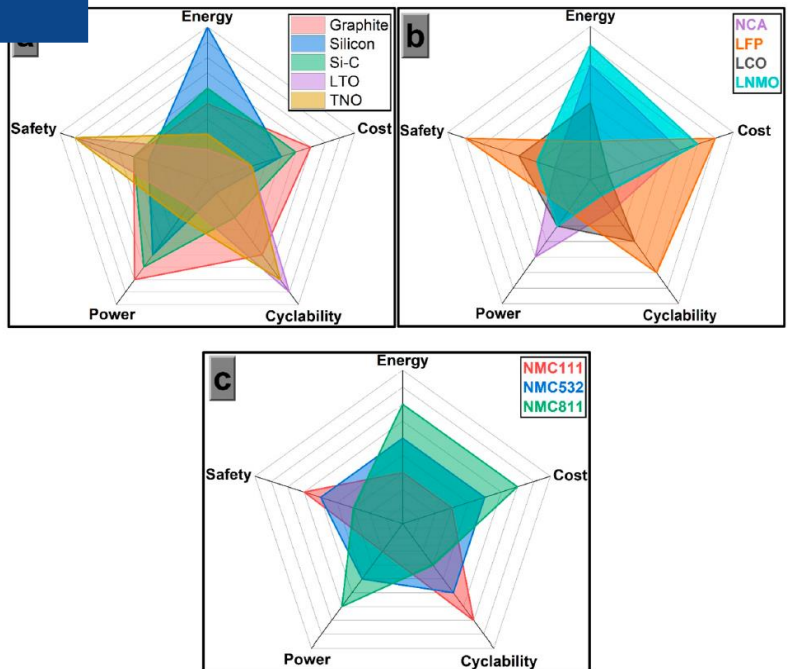
Silicon

29

29

Cấu tạo nguồn

Electrode material

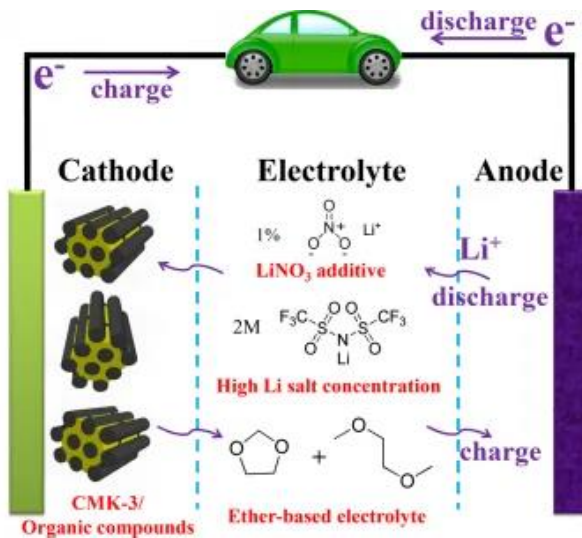


Biểu đồ radar so sánh (a) Vật liệu cực âm (b,c) Vật liệu cực dương theo 5 tiêu chí chính: Năng lượng (Energy), độ an toàn (Safety), công suất (Power), vòng đời (Cyclability), giá thành (Cost)

30

30

Cấu tạo nguồn



Chất điện giải (Electrolyte)

3 thành phần: Muối Li, dung môi, phụ gia

Muối: LiPF_6 , LiClO_4 , LiTFSi ...

Dung môi: EC, DEC, DMC, PC...

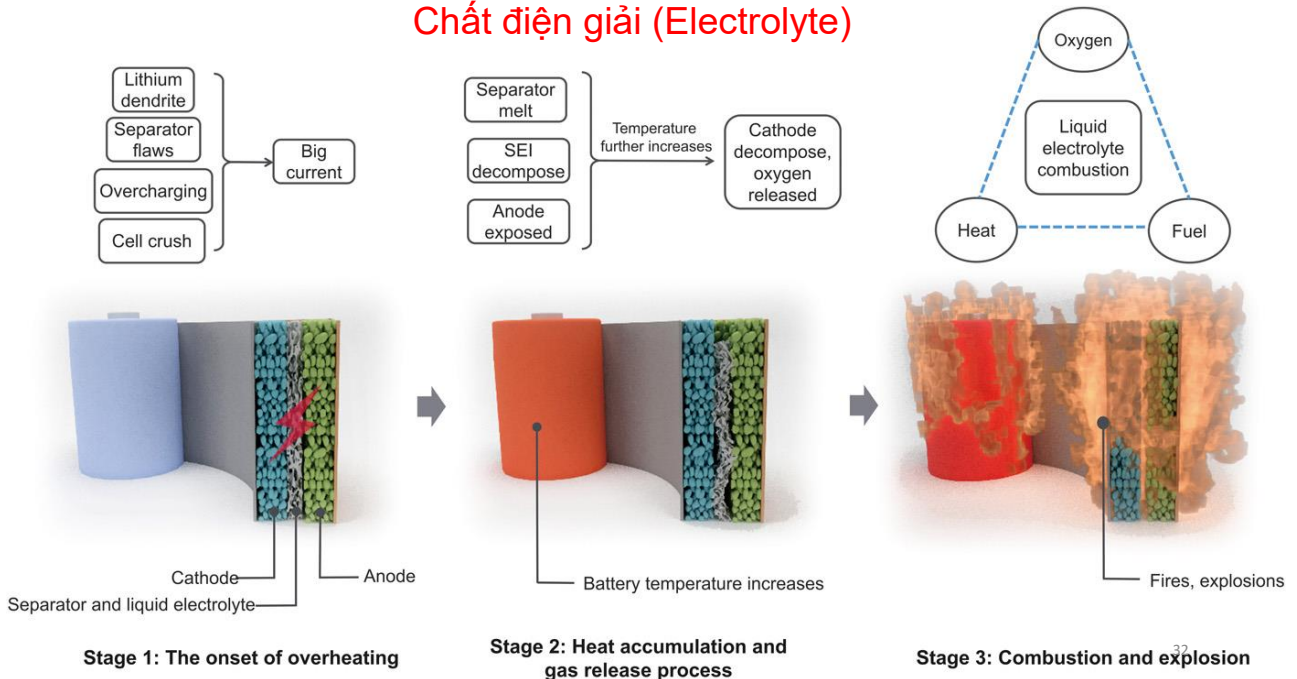
Phụ gia: VC, FEC...

- Có độ dẫn ion Li^+ cao trong khoảng nhiệt độ từ -40°C đến 80°C .
- Ổn định trong khoảng thế hoạt động và trong suốt thời gian hoạt động của pin.
- Tương thích về mặt hóa học và điện hóa học với các thành phần khác của pin.
- Giá thành phù hợp và thân thiện với môi trường.

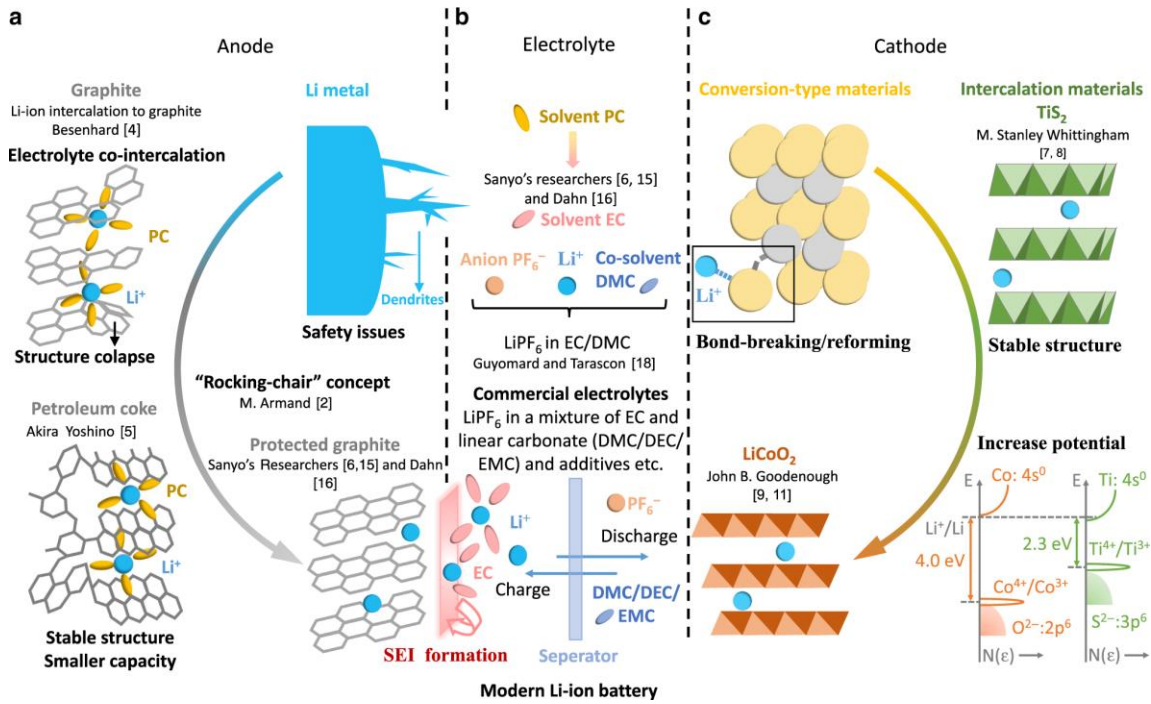
31

31

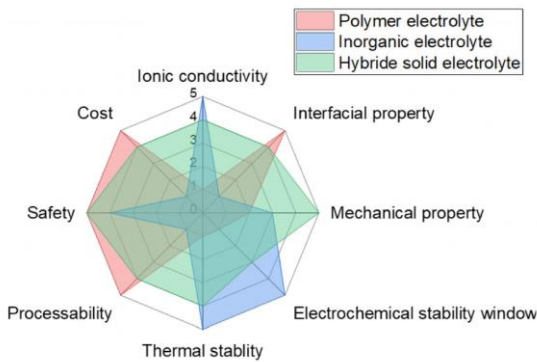
Chất điện giải (Electrolyte)



32

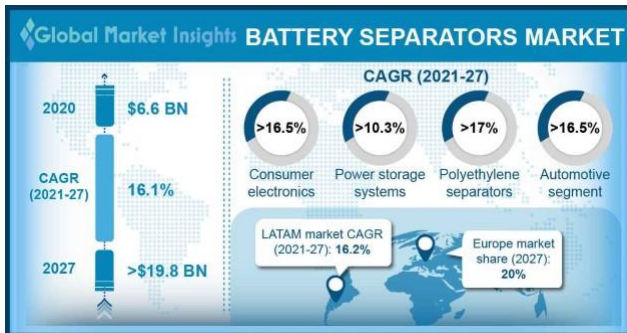
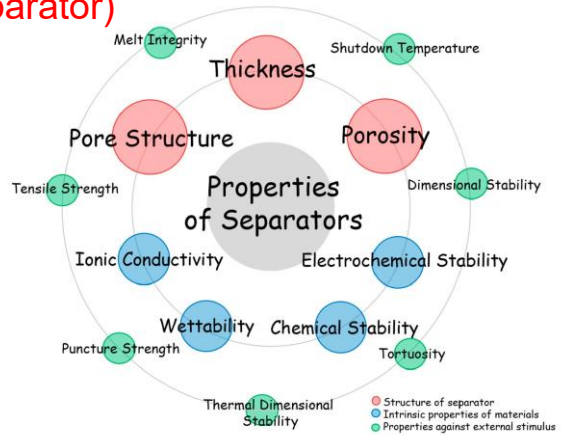


Chất điện giải (Electrolyte)



CATHODE	ELECTROLYTE	ANODE
M_xO_y (M = V, Mn) MS_2 (M = V, Ti)	Organic Liquid	Lithium Metal/Alloys
$Li_{1-x}Co_{1-y}M_yO_2$ (M = Ni, Mg, etc) $Li_{1-x}Mn_{1-y}M_yO_2$ (M = Co, Cr, etc) $Li_{1-x}Mn_{2-y}M_yO_4$	Ionic Liquid	Lithiated Carbons
Polyanion Compounds Li_2MPO_4 (M = Fe, Co, Mn) Li_2VOPO_4 , $LiVPO_4F$	Inorganic Liquid	Sn/Si-based Alloys
Organic Molecules quinone $Li_4C_6O_6$	Inorganic Solid	3d-Metal Oxides
	Solid Polymer	Metal Hydrides/Nitrides
	Polymer Gel	Organic molecules Terephthalate $Li_2C_8H_4O_4$
	Hybrid System	

Màng ngăn (Separator)



Improve the heat resistance of the separator

Develop ultra-thin separator

Improve the liquid absorption performance of the separator

35

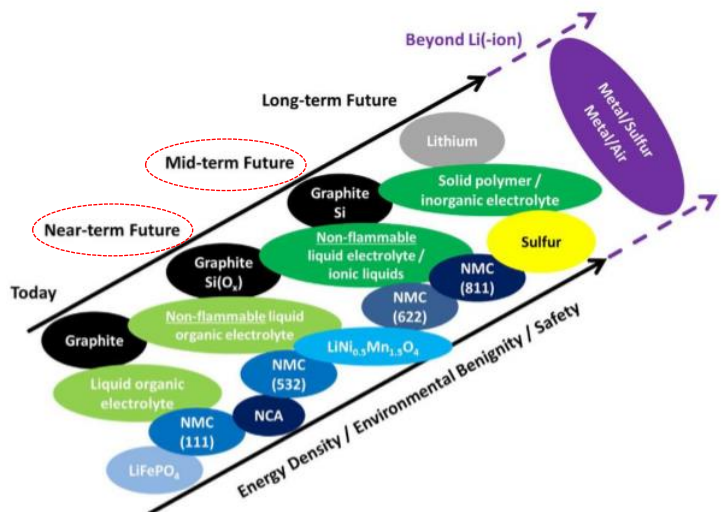
35

Công nghệ pin hiện tại và tương lai

STT	Cực dương	Dung lượng/ mAh g ⁻¹
1	LiCoO ₂	274
2	LiFePO ₄	170
3	NMC 622	280
4	LiMn ₂ O ₄	148

Li⁺ ————— MÀNG NGĂN ————— Li⁺

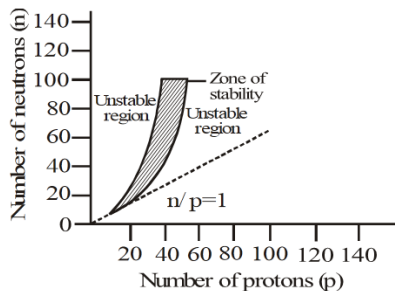
STT	Cực âm	Dung lượng/ mAh g ⁻¹
1	Graphite	372
2	Si	4212
3	SiO ₂	1961



36

36

Công nghệ pin hiện tại và tương lai



Bài tập tính toán khối lượng màng điện cực theo tỷ lệ N/P

N-Negative capacity, P-Positive capacity

Ví dụ: Vật liệu cathode NMC622 có giá trị dung lượng thực đo được $P = 180 \text{ mAh/g}$. C/SiO_2 có giá trị dung lượng thực đo được $N = 300 \text{ mAh/g}$. Lắp một pin hoàn chỉnh với dung lượng $C = 2 \text{ mAh}$, với tỉ lệ $N/P = 1.2$, diện tích hai bản điện cực là $A = 1.8 \text{ cm}^2$

$$m_{\text{NMC622}} = \frac{C}{P \times A} = \frac{2}{180 \times 1.8} \times 1000 = 6.2 (\text{mg} / \text{cm}^2)$$

$$m_{\text{C/SiO}_2} = \frac{1.2 \times C}{N \times A} = \frac{1.2 \times 2}{300 \times 1.8} \times 1000 = 4.4 (\text{mg} / \text{cm}^2)$$

37

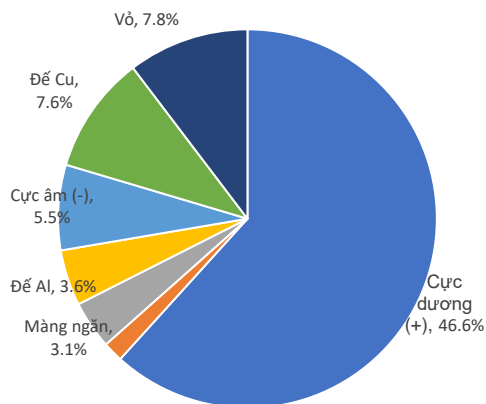
37

Công nghệ pin hiện tại và tương lai

Một số kiểu thiết kế pin phổ biến



% chi phí các thành phần của pin Li-ion

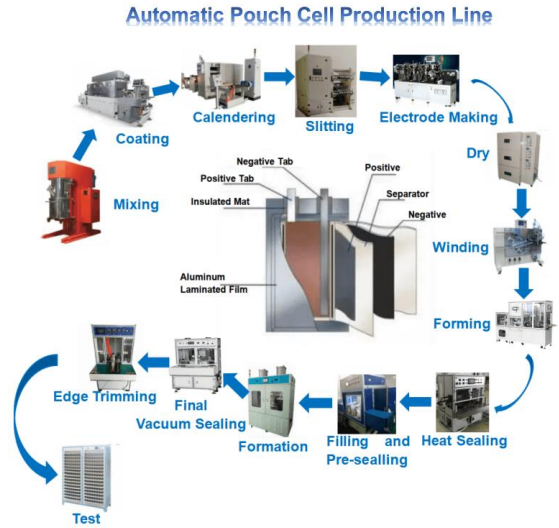
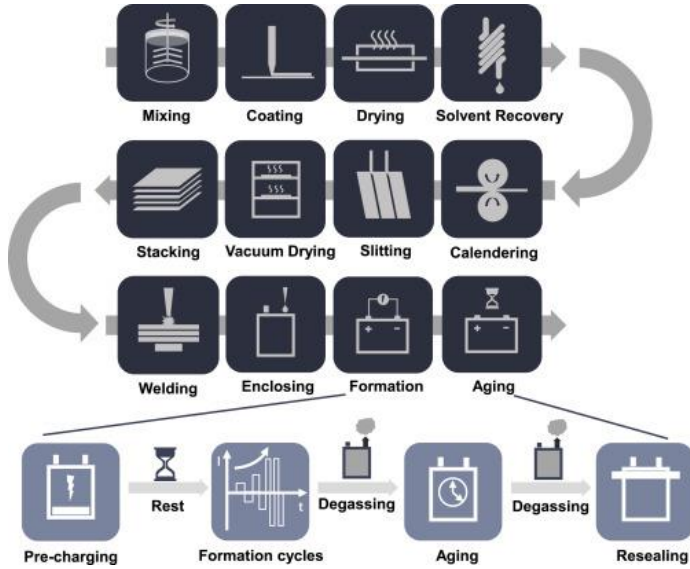


38

38

Công nghệ pin hiện tại và tương lai

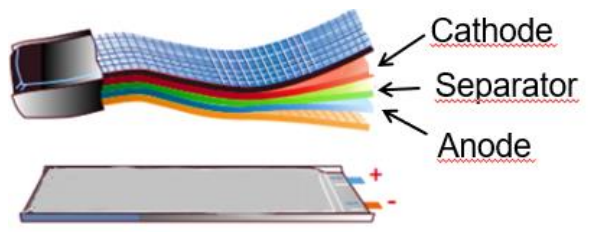
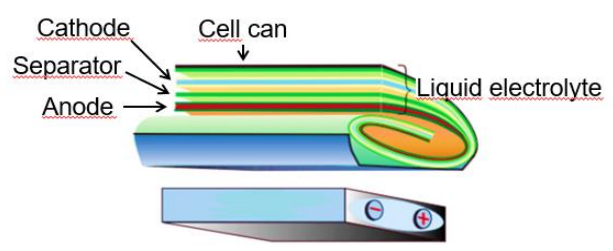
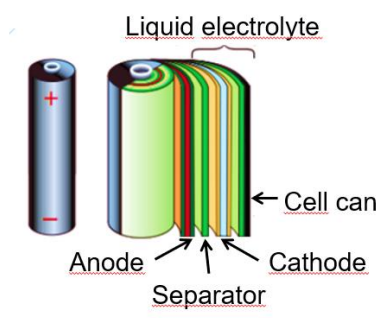
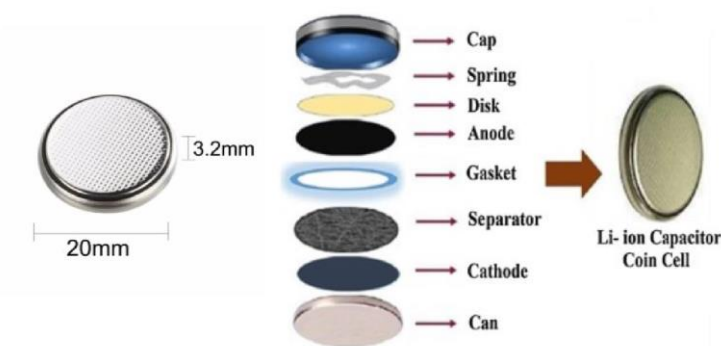
Quy trình lắp ráp pin Li-ion



39

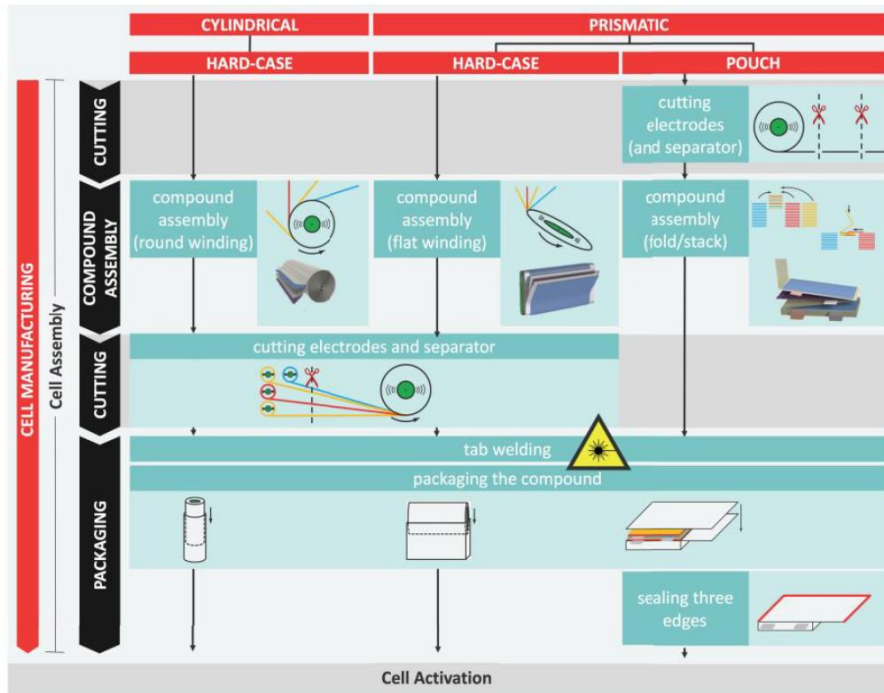
39

Công nghệ pin hiện tại và tương lai



40

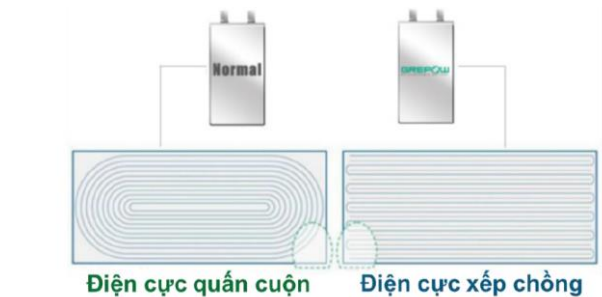
40



41

41

Đặc tính	Điện cực quấn cuộn	Điện cực xếp chồng
Nội trở	Cao Thấp	Thấp Cao
Mật độ dòng điện	Rất khó để một cực đơn có thể phóng điện hoàn toàn ở mật độ dòng điện cao.	Kết nối song song giữa các tấm điện cực giúp dễ dàng phóng điện ở dòng cao trong thời gian ngắn.
Mật độ năng lượng	Thấp Do độ dày các tai điện cực, phần điện cực bị uốn cong, dẫn đến không gian bên trong không sử dụng hết và ứng suất xảy ra trong quá trình dẫn nỏ làm dung lượng, hiệu suất pin thấp.	Cao Không gian bên trong pin được sử dụng tối đa, các tấm vật liệu dẫn nỏ đồng điều làm dung lượng và hiệu suất hoạt động cao.



42

42

Trang thiết bị chế tạo vật liệu điện cực



Lò nung khí tro



Cân phân tích 5 số Shimadzu



Máy mài/ đánh bóng

Một số loại vật liệu điện cực tại APC Lab

STT	Cathode (+)	Dung lượng/ mAh g ⁻¹
1	LiFePO ₄	170
2	NMC 622	280
3	LiMn ₂ O ₄	148

Li⁺ **MÀNG NGĂN** Li⁺

STT	Anode (-)	Dung lượng/ mAh g ⁻¹
1	Graphite	372
2	MnO _x	750 – 1250
3	Silica	1961



Máy nghiền bi tốc độ cao



Máy ly tâm EBA21



Máy cắt tốc độ chậm

43

43

Trang thiết bị chế tạo màng điện cực



Máy trộn THINKY



Máy cân màng điện cực



Tủ sấy



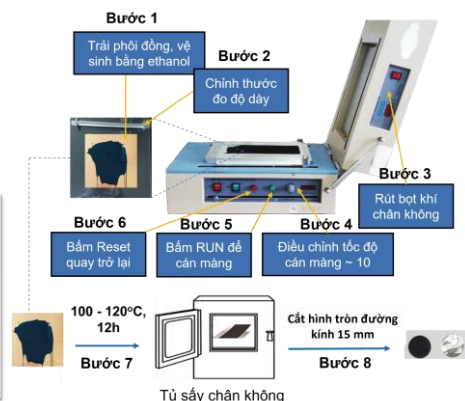
Máy ép màng điện cực



Thước Doctor blade



Tủ sấy chân không MTI



Quy trình cán màng điện cực

44

44

Trang thiết bị lắp ráp pin



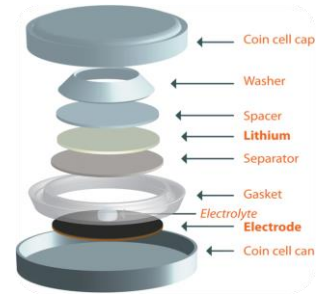
Máy cắt màng điện cực



Tủ thao tác khí trơ



Máy đóng pin cúc áo



Các thành phần và thứ tự lắp ráp pin cúc áo



Máy cắt màng điện cực



Máy tạo hình vỏ pin túi

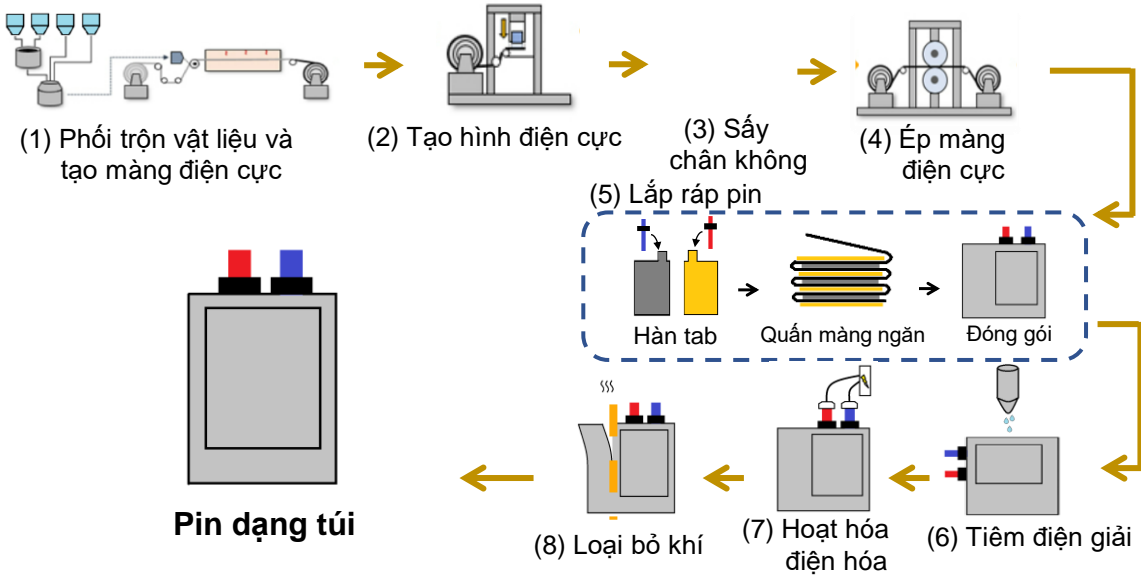


Máy hàn nhiệt vỏ pin túi

45

45

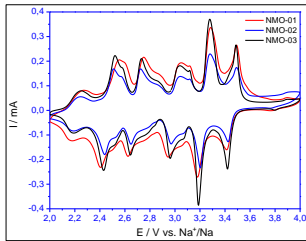
Quy trình lắp ráp pin túi



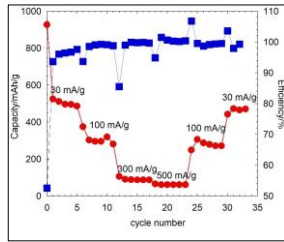
46

46

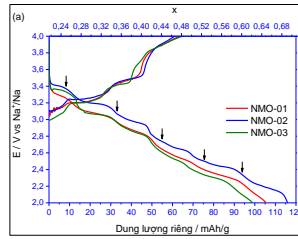
Một vài kỹ thuật và sản phẩm của APC Lab



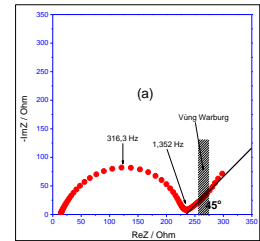
Quét thể vòng tuần hoàn CV



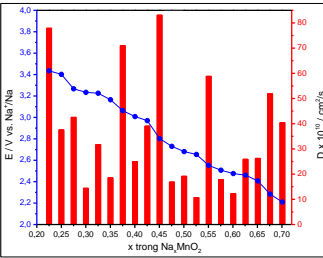
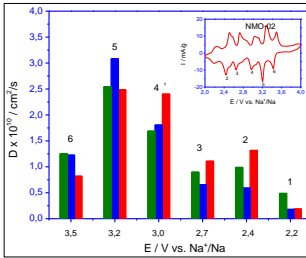
Đánh giá hiệu suất và độ bền phóng sạc



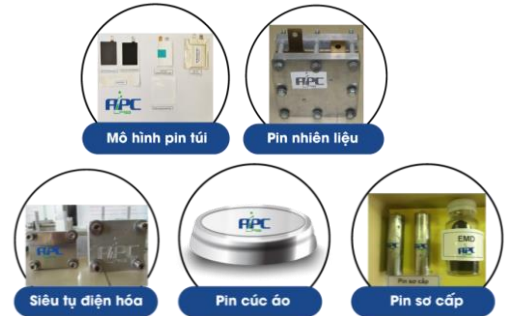
Khảo sát đường cong phóng sạc



Đánh giá tổng trở điện hóa



Đánh giá hệ số khuếch tán trong pin



Mô hình pin túi

Pin nhiên liệu

Siêu tụ điện hóa

Pin cúc áo

Pin sơ cấp

MERITSUN[®]

Factory Tour

Kiểu dáng thiết kế và thông số pin của một số loại xe điện trên thị trường

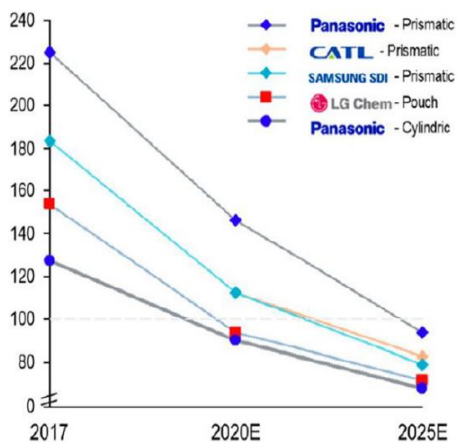
Hãng xe	Mẫu xe	Loại pin	Năng lượng pin (kWh)	Điện thế pin (V)	Mật độ năng lượng (Wh/kg)
BMW	I3-Gen 3	Lăng trụ	42,2	352	152
Chevrolet	Bolt	túi	66,0	350	154
Jaguar	I-Pace	túi	90,0	388	150
Nissan	Leaf 40 kWh	túi	40,0	350	132
Nissan	Leaf 62 kWh	túi	62,0	350	151
Porsche	Taycan	túi	93,4	800	148
Renault	Zoe Gen 3	túi	52,0	400	160
Tesla	Model S (2016)	Pin trụ 18650	85,0	375	157
Tesla	Model 3 Performance	Pin trụ 21700	82,0	350	171

49

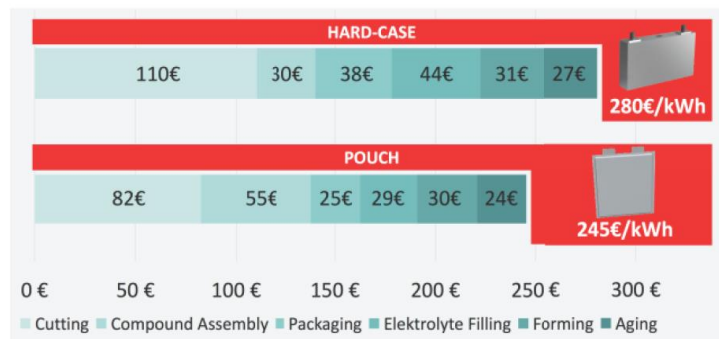
49

Công nghệ pin hiện tại và tương lai

LiB cost development²⁾ [EUR/kWh]



Chi phí quy trình sản xuất pin lăng trụ và pin túi



(**cutting**: công đoạn cắt điện cực; **compound assembly**: lắp ghép các thành phần; **packaging**: đóng gói; **electrolyte filling**: tiêm điện giải; **forming**: hoạt hóa; aging: giảm cấp của pin)

50

50

Công nghệ pin hiện tại và tương lai

Pin sạc Li-ion

- + Thành phẩm pin → thương hiệu
- + Bán thành phẩm (điện cực, điện giải...) → lắp ráp pin/khối pin
- + Vật liệu, điện cực → bán thành phẩm → lắp ráp pin/khối pin
- + Hoá chất → khối pin

CÁC PHỤ KIỆN CHO KHỐI PIN

- + Board mạch BMS
- + Phần mềm

...

Thiết bị đo kiểm pin

Vai trò của công nghệ và nhân lực

EVs Sending Lithium Demand Into Overdrive

Worldwide lithium demand from 2019 to 2030, by use (in 1,000 metric tons of lithium carbonate equivalent)



Forecasts from 2021

* BEV and PHEV

Source: The Chilean Copper Commission



statista

51



52

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO

Theo Cơ quan năng lượng quốc tế (IEA): **4 giải pháp** để phát triển năng lượng hydro:

- + Khuyến khích, khởi tạo các ngành CN, KHCN tiên phong trong việc chuyển đổi sử dụng năng lượng H₂
- + **Chuyển đổi, xây dựng cơ sở hạ tầng cho việc lưu trữ, vận chuyển, phân phối nhiên liệu H₂ cạnh tranh hơn**
- + Triển khai các dự án cung cấp, vận chuyển, thương mại quốc tế về H₂
- + Tăng cường hợp tác quốc tế, chia sẻ kiến thức, kinh nghiệm, thực tiễn tốt nhất để phổ biến, tiêu chuẩn hóa và thúc đẩy thương mại hóa.

6 khuyến cáo của IAE gồm:

- + Xác định mục tiêu dài hạn đối với năng lượng H₂ trong chiến lược phát triển năng lượng quốc gia.
- + Khuyến khích nghiên cứu, phát triển, sản xuất và thương mại hóa nhiên liệu H₂ có nguồn gốc từ năng lượng tái tạo, sạch và carbon thấp
- + Có chính sách, cơ chế chia sẻ, giảm thiểu rủi ro cho các dự án đầu tư, sản xuất, phát triển liên quan đến năng lượng H₂ cho các nhà đầu tư
- + Hỗ trợ R&D nhằm giảm chi phí năng lượng H₂ từ **công nghệ sản xuất, lưu trữ, vận chuyển, phân phối và các thiết bị, sản phẩm ứng dụng**
- + Tạo hành lang pháp lý đủ mạnh để quản lý, cơ chế hỗ trợ và thúc đẩy đủ hấp dẫn để thu hút sự quan tâm của các nhà đầu tư.
- + Hợp tác quốc tế, tăng cường trao đổi thông tin về kỹ thuật, công nghệ, tiêu chuẩn nhằm kết nối và tăng cường hỗ trợ các nhà đầu tư phát triển thị trường liên kết.

53

53

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO

Thách thức:

Tại Việt Nam, mạng lưới bán lẻ thuộc tất cả các thành phần kinh tế có hơn 17.000 cửa hàng xăng dầu, trong đó hệ thống phân phối của Petrolimex có hơn 5.500 cửa hàng xăng dầu.

(Website Petrolimex)

Đề xe điện chạy Pin Li-ion hay chạy hydro có thể triển khai rộng rãi và thay thế xe xăng, dầu → hệ thống phân phối và hạ tầng kho chứa...

Cơ hội:

Quyết tâm của chính phủ (Tổng sơ đồ Điện VIII)

- + Điện thương phẩm: Năm 2025 khoảng 335,0 tỷ kWh; năm 2030 khoảng 505,2 tỷ kWh; đến năm 2050 khoảng 1.114,1 - 1.254,6 tỷ kWh.
- + Công suất cực đại: Năm 2025 khoảng 59.318 MW; năm 2030 khoảng 90.512 MW; đến năm 2050 khoảng 185.187 - 208.555 MW.

Phấn đấu đến năm 2030 có **50% các tòa nhà công sở và 50% nhà dân sử dụng điện mặt trời mái nhà tự sản, tự tiêu** (phục vụ tiêu thụ tại chỗ, không bán điện vào hệ thống điện quốc gia).

<https://xaydungchinhsach.chinhphu.vn/toan-van-quy-hoach-phat-trien-dien-luc-quoc-gia-11923051616315244.htm>

54

54

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO

Cơ hội: (Tổng sơ đồ Điện VIII)

Về chuyển đổi năng lượng công bằng:

+ Phát triển mạnh các nguồn năng lượng tái tạo phục vụ sản xuất điện, đạt tỷ lệ khoảng **30,9 - 39,2% vào năm 2030**, hướng tới mục tiêu tỷ lệ năng lượng tái tạo 47% với điều kiện các cam kết theo Tuyên bố chính trị thiết lập Quan hệ đối tác chuyển đổi năng lượng công bằng (JETP) với Việt Nam được các đối tác quốc tế thực hiện đầy đủ, thực chất. Định hướng đến năm 2050 tỷ lệ năng lượng tái tạo lên đến **67,5 - 71,5%**.

+ Kiểm soát mức phát thải khí nhà kính từ sản xuất điện đạt **khoảng 204 - 254 triệu tấn năm 2030 và còn khoảng 27 - 31 triệu tấn vào năm 2050**. Hướng tới đạt mức phát thải đỉnh không quá 170 triệu tấn vào năm 2030 với điều kiện các cam kết theo JETP được các đối tác quốc tế thực hiện đầy đủ, thực chất.

+ **Xây dựng hệ thống lưới điện thông minh, đủ khả năng tích hợp, vận hành an toàn hiệu quả nguồn năng lượng tái tạo quy mô lớn.**

55

55

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO

Cơ hội: (Tổng sơ đồ Điện VIII)

Đến năm 2030, công suất **điện gió trên bờ đạt 21.880 MW** (tổng tiềm năng kỹ thuật của Việt Nam khoảng 221.000 MW).

. Phát huy tối đa tiềm năng kỹ thuật điện gió ngoài khơi (khoảng 600.000 MW) để sản xuất điện và năng lượng mới. Đến năm 2030, công suất điện gió ngoài khơi phục vụ nhu cầu điện trong nước đạt khoảng **6.000 MW**; quy mô có thể tăng thêm trong trường hợp công nghệ phát triển nhanh, giá điện và chi phí truyền tải hợp lý. Định hướng đến năm 2050 đạt **70.000 - 91.500 MW**.

Định hướng **phát triển mạnh điện gió ngoài khơi kết hợp với các loại hình năng lượng tái tạo khác (điện mặt trời, điện gió trên bờ...) để sản xuất năng lượng mới (hydro, amoniac xanh...)**

phục vụ nhu cầu trong nước và xuất khẩu. Các nguồn điện năng lượng tái tạo sản xuất năng lượng mới phục vụ nhu cầu trong nước và xuất khẩu được ưu tiên/cho phép phát triển không giới hạn trên cơ sở bảo đảm an ninh quốc phòng, an ninh năng lượng và mang lại hiệu quả kinh tế cao, trở thành một ngành kinh tế mới của đất nước. Ước tính công suất nguồn điện gió ngoài khơi để sản xuất năng lượng mới khoảng **15.000 MW đến năm 2035 và khoảng 240.000 MW đến năm 2050**.

56

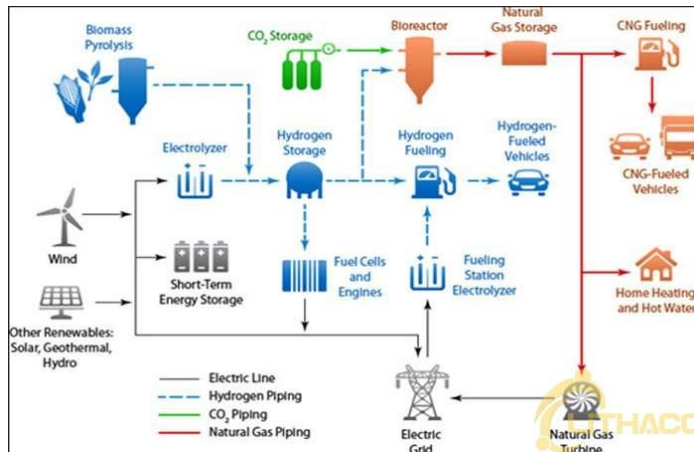
56

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO

Cơ hội: (Tổng sơ đồ Điện VIII)

Tiềm năng điện mặt trời của Việt Nam khoảng **963.000 MW** (mặt đất khoảng 837.400 MW, mặt nước khoảng 77.400 MW và mái nhà khoảng 48.200 MW).

Từ nay đến năm 2030, tổng công suất các nguồn điện mặt trời dự kiến tăng thêm 4.100 MW; định hướng đến năm 2050, tổng công suất 168.594 - 189.294 MW, sản xuất 252,1-291,5 tỷ kWh.



57

57

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO



- ✓ Chất khí nhẹ nhất, tan rất ít trong nước
- ✓ Không màu, không mùi, không vị
- ✓ Cháy sạch chỉ tạo ra H₂O, không tổn hại đến môi trường
- ✓ Dễ bắt cháy, phát nổ khi trộn với khí oxy

Phổ biến nhất trong vũ trụ.

Trái Đất: nước, hydrocarbon chôn vùi, biomass



58

58

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO



KEY CHALLENGES

Quality Hydrogen: FCEVs using Platinum-Group-Metal (PGM) catalysts.

Scale

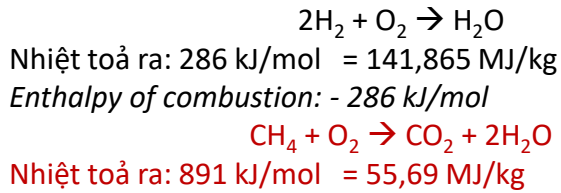
Control and Safety: Production, refueling stations: Codes, Standards, and Regulations Inspection, testing, certification

Codes, Standards, and Regulations

Community Acceptance Barriers

Capital and Operating Costs

Critical Technology Needs



59

59

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO

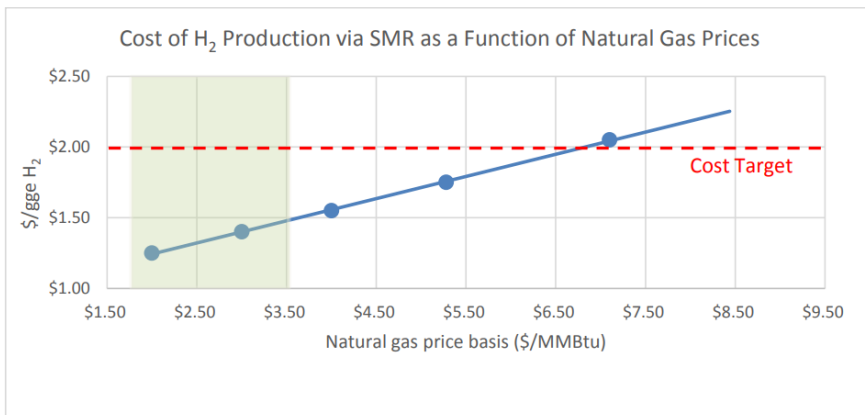


Figure 4 H₂ production cost (\$/gge untaxed) at varying natural gas prices for current DNGR technology (assuming 1,500 gge/day plant size and economy of scale in plants deployment). Cost target for hydrogen (<\$2.00/gge) can be met with a price of NG < \$7.00 /MMBTU. The shaded area represents the range of natural gas spot prices for 2016.¹⁶

60

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG HYDRO

The overall challenge to hydrogen production is cost. DOE's Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office is focused on developing technologies that can produce hydrogen at **\$2/kg by 2026** and **\$1/kg by 2031** via net-zero-carbon pathways

	Hydrogen	Gasoline vapor	Natural Gas
Flammability limits (in air)	4-74%	1.4-7.6%	5.3-15%
Explosion Limits (in air)	18.3-59.0%	1.1-3.3%	5.7-14%
Ignition Energy (mJ)	0.02	0.20	0.29
Flame Temp in air (°C)	2045	2197	1875
Stoichiometric Mixture (<i>most easily ignited in air</i>)	29%	2%	9%

Hydrogen Safety Sheet

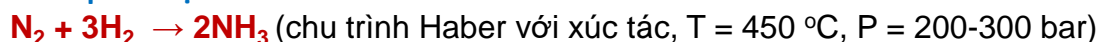
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production>

61

61

CÁC CÔNG NGHỆ CHUYỂN HOÁ HYDRO

Sản xuất phân đạm



UREA Đạm Phú Mỹ (830.000 tấn urea/năm), Đạm Cà Mau (882.000 tấn urea/năm)



Công thức hóa học: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ Độ tinh khiết: $\geq 99.5\%$ Độ ẩm: $\leq 0.5\%$

Nhiệt độ nóng chảy: $133 \text{ }^\circ\text{C}$, độ hòa tan trong nước: 1080 g/1 lít nước (ở $20 \text{ }^\circ\text{C}$)

Amoni nitrat

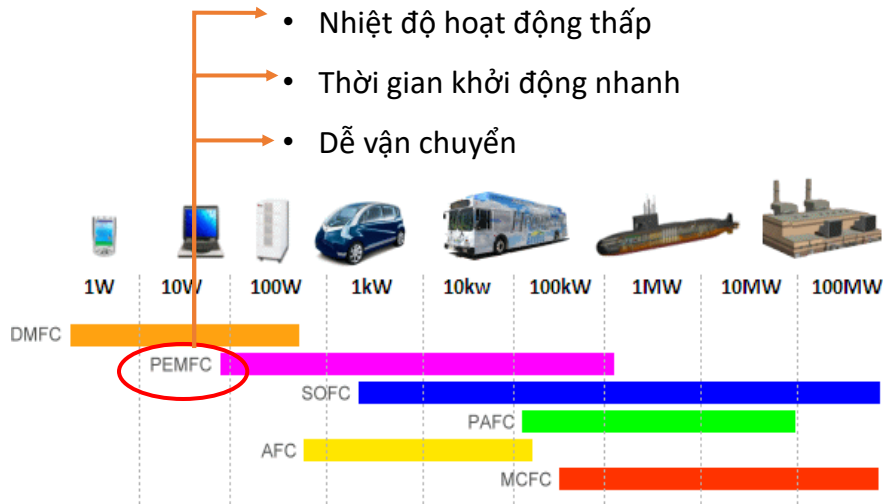


62

62

CÁC CÔNG NGHỆ CHUYỂN HOÁ HYDRO

Pin nhiên liệu hydro: xe hơi



<https://www.greentechmedia.com/articles/read/fuel-cells-in-2017-are-where-solar-was-in-2002>

63

63

LOẠI PIN	ƯU ĐIỂM	KHUYẾT ĐIỂM	ỨNG DỤNG
Alkaline Fuel Cells (AFC)	Chi phí sản xuất và hoạt động thấp, không cần máy nén nặng, động học cathod nhanh	Kích thước lớn, nhiên liệu cần tinh khiết, chất điện giải ăn mòn cao	Dùng trong công nghệ không gian
Direct Methanol Fuel Cells (DMFC), CH ₃ OH	Thiết kế nhỏ gọn	Cấu tạo phức tạp, thời gian đáp ứng tải chậm	Thích hợp cho ứng dụng xách tay, cố định hoặc lưu động
Molten Carbonate Fuel Cells (MCFC)	Hiệu suất cao, sử dụng nhiệt để chạy turbin cho máy phát điện	Chất điện giải không ổn định, thời gian sống ngắn	Sản xuất điện với quy mô lớn
Phosphoric Acid Fuel Cells (PAFC)	Có tính thương mại, nhiên liệu thân thiện với môi trường	Xúc tác đắt tiền, thời gian sống ngắn, hiệu quả thấp	Sản xuất điện với quy mô từ trung bình đến lớn
Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC), HYDRO	Thiết kế nhỏ gọn, thời gian hoạt động lâu, nhiệt độ hoạt động thấp, hiệu suất cao	Giá thành sản xuất cao, cần sử dụng thiết bị hỗ trợ và sử dụng nhiên liệu hydro nguyên chất	Có ứng dụng cao, như máy phát điện nhỏ, phương tiện giao thông nhỏ, ...
Solid Oxide Fuel Cells (SOFC), ĐHQG-HCM chuyển giao công nghệ JICA	Hiệu quả cao, sử dụng cho các máy phát điện, sử dụng khí tự nhiên, nhiên liệu thân thiện với môi trường	Nhiệt độ hoạt động cao, chi phí sản xuất cao	Sản xuất điện với quy mô từ trung bình tới lớn

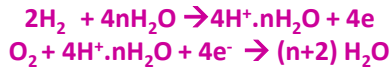
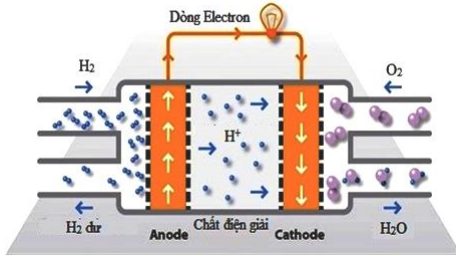
64

64

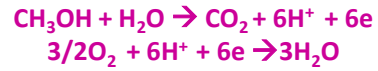
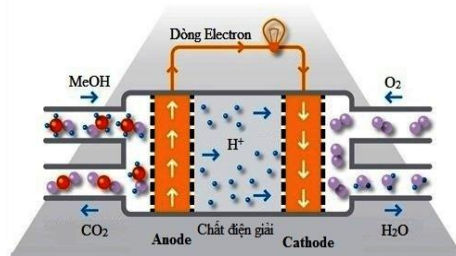
CÁC CÔNG NGHỆ CHUYỂN HOÁ HYDRO

Pin nhiên liệu hydro: xe hơi

Cấu tạo pin nhiên liệu trao đổi proton (PEMFC)



Cấu tạo pin nhiên liệu dùng CH₃OH, CH₃CH₂OH trực tiếp (DMFC)



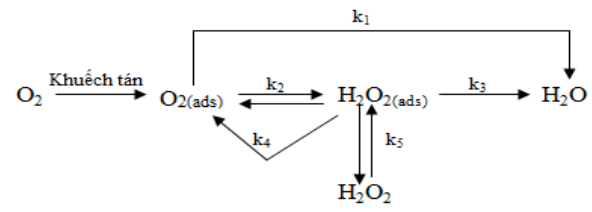
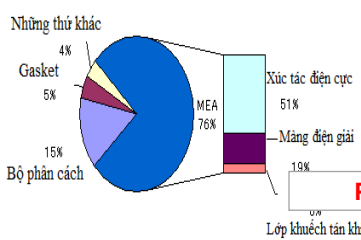
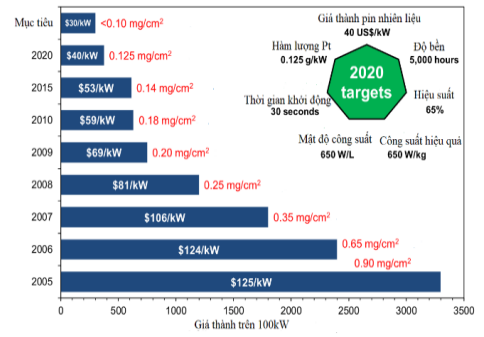
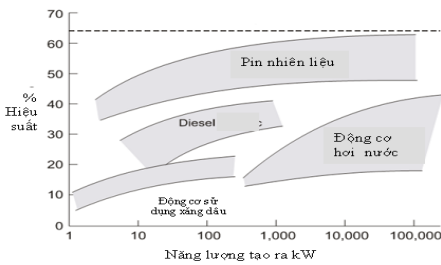
3 vấn đề chính: Xúc tác, màng ngăn, công nghệ chế tạo

65

65

CÁC CÔNG NGHỆ CHUYỂN HOÁ HYDRO

Pin nhiên liệu hydro: xe hơi



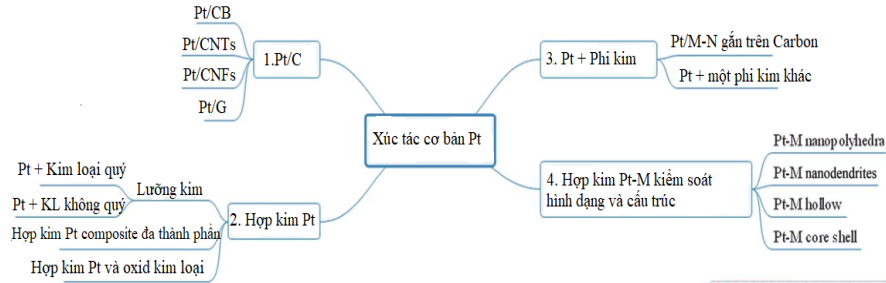
Phản ứng khử oxy (ORR) diễn ra khó khăn, tốc độ phản ứng chậm [*]

*) Markovic N.M., Ross P.N. (2002), Surface science studies of model fuel cell electrocatalysts, *Surf. Sci. Rep.* 45, pp. 117–229

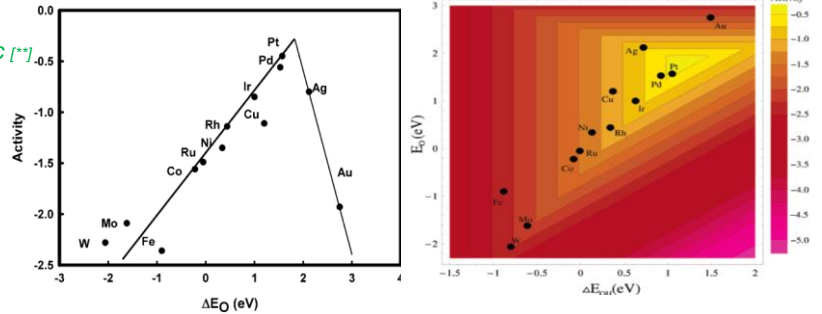
66

66

Xúc tác cho pin nhiên liệu



Phản ứng khử oxy trên các kim loại khác [**]

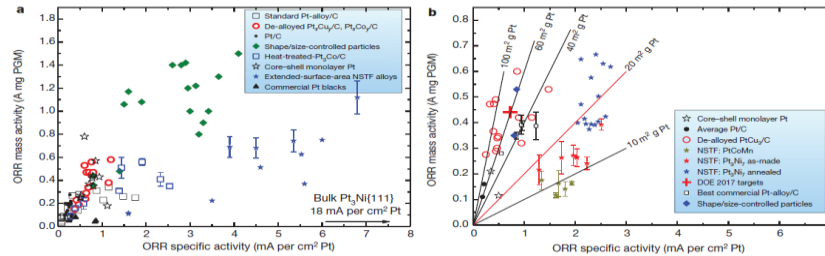


[*] Ren X., Lv Q., Liu L., Liu B., Wang W. (2020), Current progress of Pt and Pt-based electrocatalysts used for fuel cells, *Sustainable Energy Fuels* 4, pp. 15-30.

[**] Norskov J.K., Rossmeisl J., Logadotir A., Lindqvist L., Kitchin J.R., Bligaard T. (2004), Origin of the overpotential for oxygen reduction at a fuel cell cathode, *J. Phys. Chem. B* 108, pp. 17886–92. 67

67

Xúc tác cho pin nhiên liệu



So sánh hoạt tính các vật liệu ở a) 900 mV, đo bằng điện cực RDE và b) đo trên màng MEA thực tế tại 900 mV, 80 °C và dưới 150 kPa áp suất khí O₂ [**]

Thông số mục tiêu của 2017 và 2020 của DOE [**]

Thông số	Đơn vị	Tình trạng năm 2011	Mục tiêu	
			2017	2020
Tổng lượng kim loại nhóm Pt (cả 2 điện cực)	g/kW	0,19	0,125	0,125
Tổng khối lượng đưa lên điện cực kim loại nhóm Pt	mg PGM/cm ²	0,15	0,125	0,125
Mất mát hoạt tính ban đầu	% mất	48	< 40	< 40
Độ bền chất mang xúc tác	% mất	< 10	< 10	< 10
Hoạt tính A _m	A/mg Pt tại 900 mV	0,24	0,44	0,44
Hoạt tính xúc tác không Pt trên thể tích chất mang xúc tác	A/cm ³ tại 800 mV	60 (tại 0,8 V) 165 (ngoại suy tại > 0,85 V)	300	300

[*] The offices of Energy Efficiency and Renewable (2012), *Hydrogen and fuel cell technologies office*. M.-Y. r. d. a. d. p. Department of Energy, "Updated May 2017,"

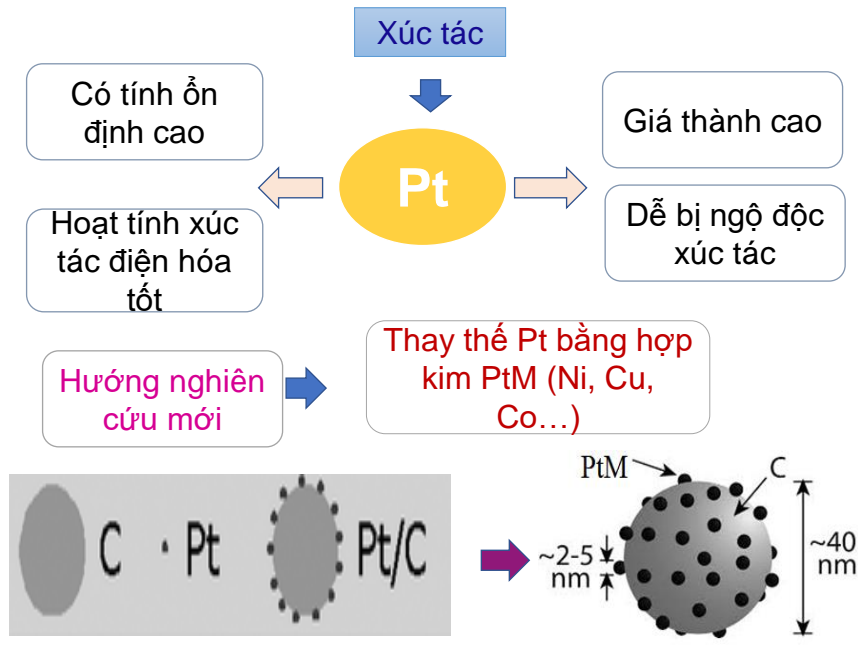
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/05/134/cto_myrdc_fuel_cells.pdf, 2017.

[**] Department of Energy (2017), Multi-Year research, development, and demonstain plan, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/05/134/cto_myrdc_fuel_cells.pdf, 28/7/2017

68

68

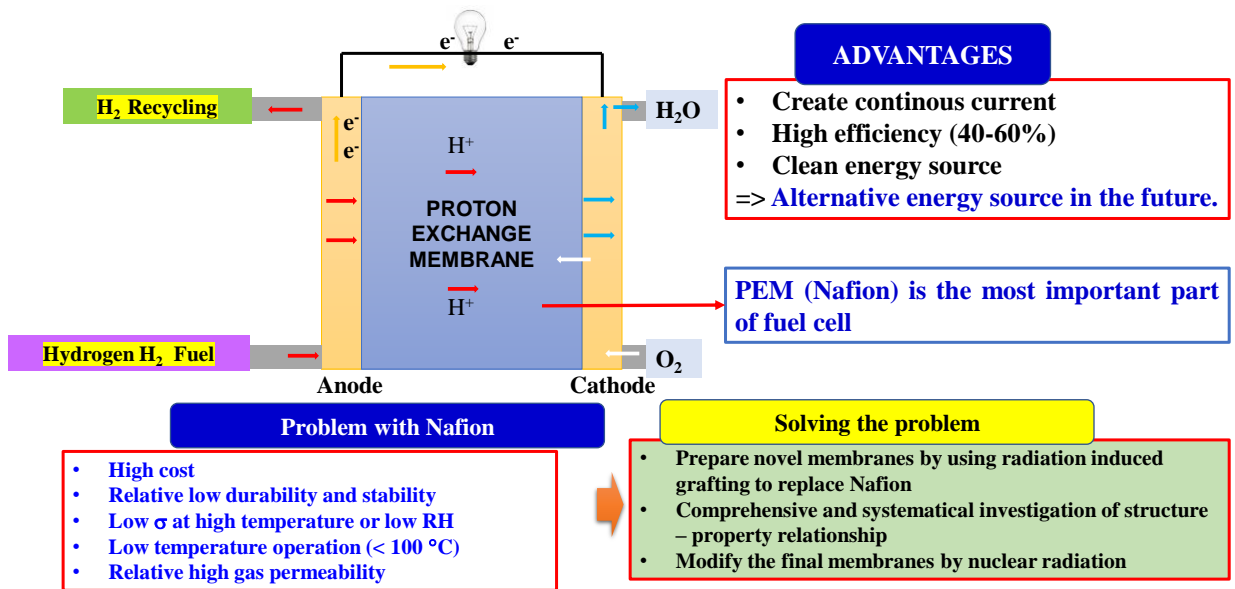
Xúc tác cho pin nhiên liệu



69

69

Xúc tác cho pin nhiên liệu

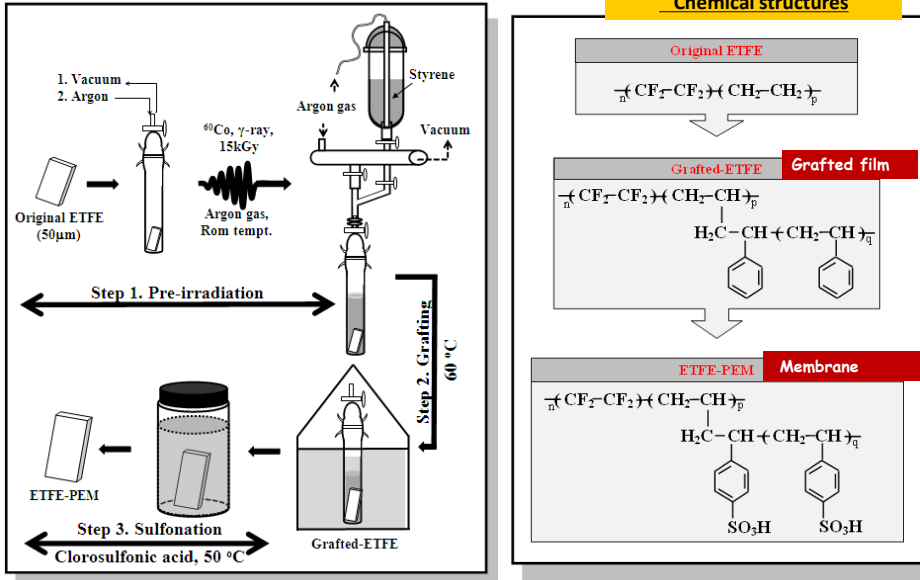


70

70

Màng cho pin nhiên liệu

Preparation of ETFE-PEM by irradiation induced-grafting



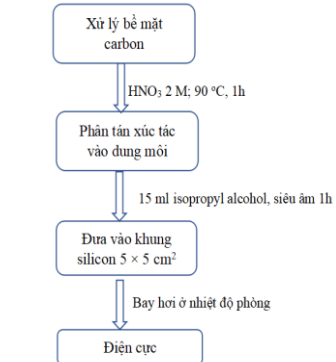
Journal of Membrane Science, 447, 19-25, 2013; Radiation physics and chemistry, 151, 186-191, 2018

71

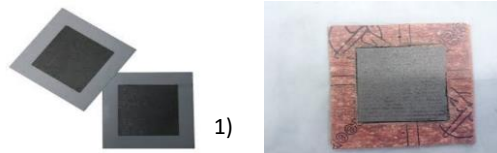
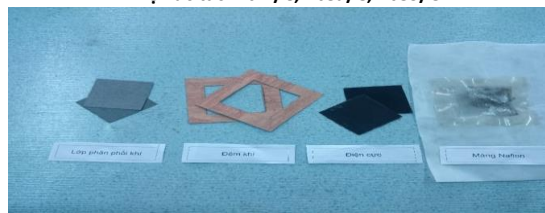
71

Chế tạo pin nhiên liệu

Quy trình chế tạo điện cực bằng phương pháp sa lắng

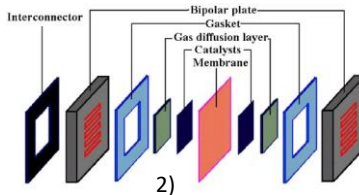


Lắp ráp tổ hợp màng điện cực [Membrane Electrode Assembly (MEA)] Hệ xúc tác: PtNi/C; PtCu/C; PtCo/C



1) <https://fuelcellsetc.com/2013/04/membrane-electrode-assembly-mea-activation-procedures/>

- Đặt đệm chống thoát khí lên bề mặt tấm lưỡng cực;
- Đặt lớp phân phối khí (carbon paper) vào khung được khoét trên đệm chống thoát khí;
- Đặt điện cực muối khoáng sắt lên trên lớp phân phối khí, mặt phủ xúc tác quay về phía màng nafion;
- Đặt Nafion khớp với bề mặt;
- Cực còn lại thực hiện tương tự, ta sẽ được tổ hợp màng và tấm lưỡng cực.

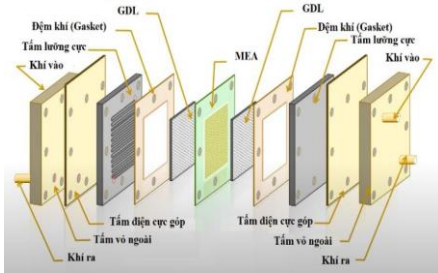


2) <https://www.ele.energy.dtu.dk/Research/Fuel-cells>

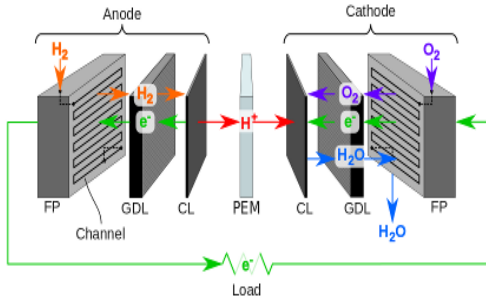
72

72

Chế tạo pin nhiên liệu



End plate: Tấm vỏ ngoài
 Current collector: Tấm điện cực góp
 Bipolar plate (Graphite plate): Tấm lưỡng cực
 Gasket: Đệm khí
 GDL (Gas diffusion layer): lớp khuếch tán khí
 MEA: Tổ hợp màng điện cực



73

73

Chế tạo pin nhiên liệu

Đệm khí - Gasket

Kiểm tra tính chất cơ lý



Máy cắt mẫu LAB HEATING PRESS



Máy đo cơ lý Comotech QC - 506A1

ASTM D 638 Type IV

Thông số chiều dài bản đo: 30 mm, độ rộng bản đo: 5,0 mm, tốc độ thử: 100 mm/phút, máy có lực kéo: 9,81 kN



Kiểm tra tính cách điện



Thiết bị Megohmmeter M1500P
 Times 30 s voltage 10 V limit 50 M;
 Times 30 s voltage 1 V limit 50 M

74

74

Chế tạo pin nhiên liệu

Các thành phần phụ

bulong, long đèn, đường dẫn khí,..



Lựa chọn:

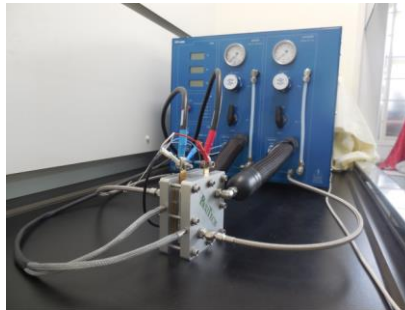
- Bằng inox 304 không gỉ
- Trắng –sáng – bóng
- Chống ăn mòn rất tốt
- Ø 8 mm, đầu đai ốc 13 mm, đầu bulong lục giác 6 mm, dài 8 cm với ren tiện 3 cm.



Lắp ráp pin PEMFC kiểm tra:



Thiết bị WELLINK HL-1210



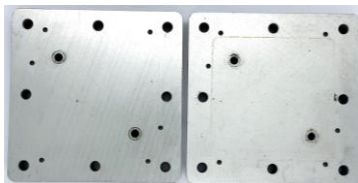
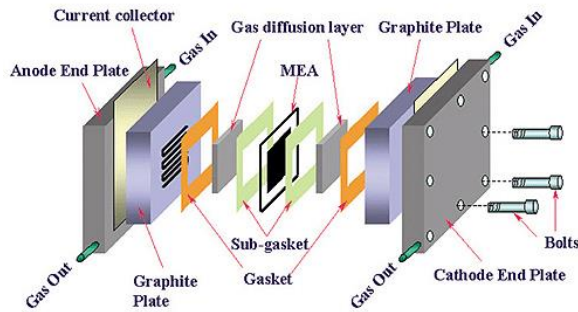
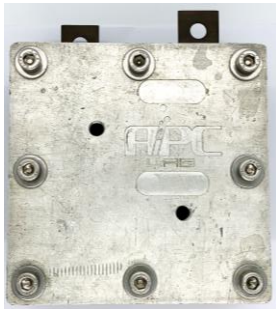
Thiết bị FCT-50s

- Rò điện
- Rò khí
- Khảo sát thế mạch hở (Open cell voltage)
- Khảo sát xung công suất (Power Pulse)

75

75

Chế tạo pin nhiên liệu



Tấm vỏ ngoài



Điện cực góp



Màng Nafion



Màng MEA



Tấm lưỡng cực

76

76

DOE: Technical System Targets: Onboard Hydrogen Storage for Light-Duty Fuel Cell Vehicles

STORAGE PARAMETER	UNITS	2020	2025	ULTIMATE
System Gravimetric Capacity				
Usable, specific-energy from H ₂ (net useful energy/max system mass)	kWh/kg (kg H ₂ /kg system)	1.5 (0.045)	1.8 (0.055)	2.2 (0.065)
System Volumetric Capacity				
Usable energy density from H ₂ (net useful energy/max system volume)	kWh/L (kg H ₂ /L system)	1.0 (0.030)	1.3 (0.040)	1.7 (0.050)
Storage System Cost				
Storage system cost	\$/kWh net (\$/kg H ₂)	10 (333)	9 (300)	8 (266)
Fuel cost	\$/gge at pump	4	4	4

<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/doe-technical-targets-onboard-hydrogen-storage-light-duty-vehicles>

77

77

STORAGE PARAMETER	UNITS	2020	2025	ULTIMATE
Durability/Operability				
Operating ambient temperature ^d	°C	-40/60 (sun)	-40/60 (sun)	-40/60 (sun)
Min/max delivery temperature	°C	-40/85	-40/85	-40/85
Operational cycle life (1/4 tank to full)	cycles	1,500	1,500	1,500
Min delivery pressure from storage system	bar (abs)	5	5	5
Max delivery pressure from storage system	bar (abs)	12	12	12
Onboard efficiency	%	90	90	90
"Well" to power plant efficiency ^f	%	60	60	60
Charging/Discharging Rates				
System fill time	min	3-5	3-5	3-5
Minimum full flow rate (e.g., 1.6 g/s target for 80 kW rated fuel cell power)	(g/s)/kW	0.02	0.02	0.02
Average flow rate	(g/s)/kW	0.004	0.004	0.004
Start time to full flow (20°C)	s	5	5	5
Start time to full flow (-20°C)	s	15	15	15
Transient response at operating temperature 10%-90% and 90%-0% (based on full flow rate)	s	0.75	0.75	0.75

78

78

STORAGE PARAMETER	UNITS	2020	2025	ULTIMATE
Fuel Quality				
Fuel quality (H ₂ from storage) ^h	% H ₂	Meet or exceed SAE J2719		
Dormancyⁱ				
Dormancy time target (minimum until first release from initial 95% usable capacity)	days	7	10	14
Boil-off loss target (max reduction from initial 95% usable capacity after 30 days)	%	10	10	10
Environmental Health and Safety				
Permeation and leakage ^j	-	Meet or exceed SAE J2579 for system safety		
Toxicity	-	Meet or exceed applicable standards		
Safety	-	Conduct and evaluate failure analysis		

79

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. Công nghệ reforming khí metan | <i>phổ biến</i> |
| 2. Các công nghệ khí hóa than | <i>phổ biến</i> |
| 3. Công nghệ điện phân: thương mại hoá | <i>xanh lá, giá cao</i> |
| 4. Công nghệ quang – điện – hóa tách nước | <i>xanh lá, tương lai</i> |
| 5. Công nghệ sinh học | <i>tương lai</i> |

Hydro xám: nhiên liệu hoá thạch

Hydro đen hay nâu: than gồm than bitum (đen) và than nâu (brown coal)

Hydro xanh dương: phát thải carbon nhưng có thu hồi (carbon capture, utilisation and storage - CCS)

Hydro xanh lá: không phát thải carbon trong quá trình sản xuất (gió, mặt trời)

Hydro đỏ: biomass

Hydro hồng: H₂ điện phân từ nguồn điện hạt nhân

Hydro vàng: H₂ điện phân từ nguồn năng lượng mặt trời (quang, nhiệt điện)

Hydro ngọc lam (turquoise): Nhiệt phân methane → hydro + carbon rắn

80

80

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

1. Công nghệ reforming khí metan

* Reforming khí methane (SMR – steam methane reforming)

SMR lần đầu năm 1930: dùng hơi nước (steam) ở nhiệt độ cao để reforming khí tự nhiên:

Nhiên liệu: khí metan, naphtha và dầu nhiên liệu số 2. Sản phẩm: hỗn hợp hydro, CO, CO₂, H₂O

Trường hợp 1: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} (+ \text{nhiệt}) \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$.

Phản ứng dịch chuyển nước - khí: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2 (+ \text{lượng nhiệt nhỏ})$.

Trường hợp 2: Phản ứng oxy hóa phần metan: $\text{CH}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2 (+ \text{nhiệt})$.

Phản ứng dịch chuyển nước - khí: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2 (+ \text{lượng nhiệt nhỏ})$.

Con đường khác: **SINH KHỐI → CỒN**

Phản ứng reforming hơi nước (ethanol): $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} (+ \text{nhiệt}) \rightarrow 2\text{CO} + 4\text{H}_2$

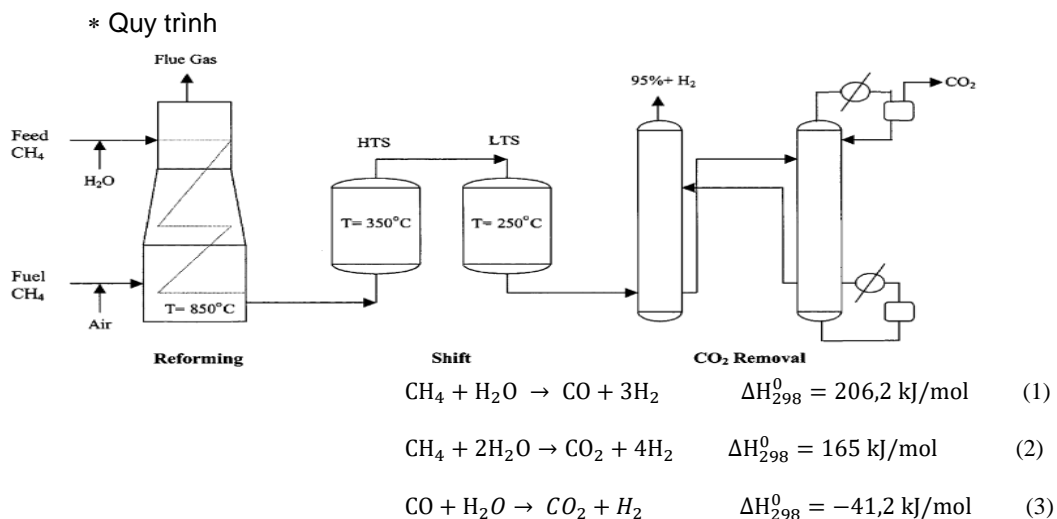
Phản ứng dịch chuyển nước - khí: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2 (+ \text{lượng nhiệt nhỏ})$.

81

81

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

1. Công nghệ reforming khí metan



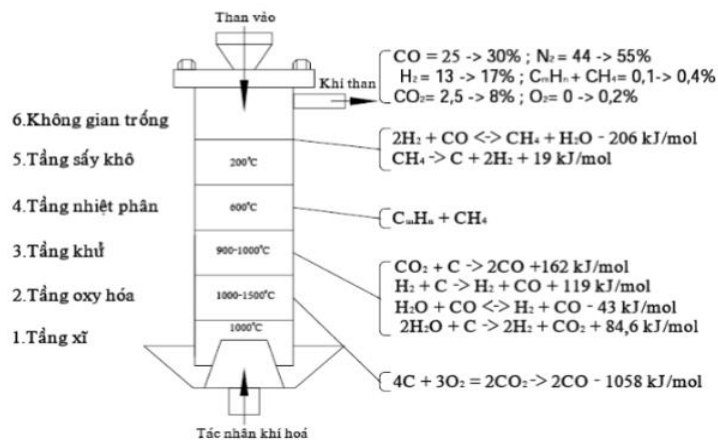
Nguồn: L. Berelli, "Energy", vol 33, pp 556-557, 2018.

82

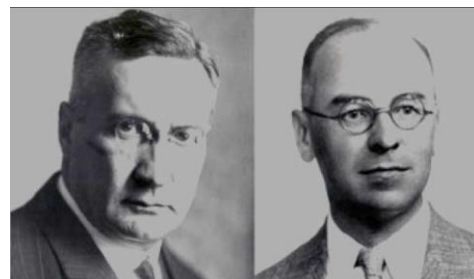
82

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

2. Công nghệ khí hóa than



- Các yếu tố ảnh hưởng: áp suất và nhiệt độ
- Lợi thế: sử dụng nguyên liệu than dồi dào → giá cả phải chăng
- Thách thức: Chi phí lò phản ứng cao, Hiệu suất phản ứng thấp, độ tinh khiết không đảm bảo, chưa thu hồi và lưu giữ carbon.



Prof. Franz Fischer và Dr. Hans Tropsch

83

Nguồn: Ke Liu, "American Institute of Chemical Engineers", 2010.

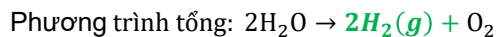
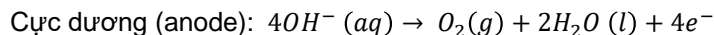
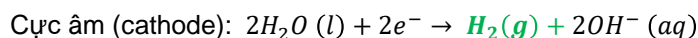
83

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

3. Công nghệ điện phân

- 1888: phương pháp công nghiệp tổng hợp hydro và oxy bằng điện phân được phát triển bởi Dmitry Lachinov năm 1888.
- Hiện nay: điện phân môi trường kiềm

Hydro sinh ra ở điện cực âm, oxy sinh ra ở cực dương:



Năng lượng: $E^\circ = +1,23 \text{ V} \rightarrow -237,3 \text{ kJ/mol}$

Đặc điểm: hydro 99,99%

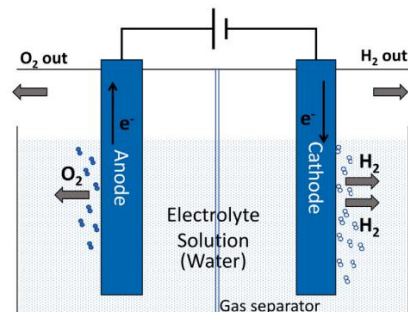
Chi phí vốn cao, chi phí điện → giá hydro cao



Nguồn: Meiling Yue, "Renewable and Sustainable Energy Reviews", Vol 146, p.3, 2021.



Dmitry Lachinov



84

84

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

3. Công nghệ điện phân

Xu hướng: dùng năng lượng tái tạo ở những vùng xa (sa mạc, ngoài khơi) để điện phân nước

Ưu điểm:

- + Không đưa điện lên lưới → giảm chi phí xây hạ tầng truyền tải ĐIỆN
- + HYDRO sử dụng ngay tại chỗ cho ứng dụng: làm hoá chất, làm nhiên liệu xanh...
- + HYDRO có thể lưu trữ để dùng sau.

VD: Tập đoàn Dầu khí và Hóa chất Trung Quốc (Sinopec) thông báo, dự án sản xuất hydro xanh lớn nhất thế giới đã khởi công tại Ordos, khu tự trị Nội Mông, phía bắc Trung Quốc ngày 18/2/2023 gồm *i)* Sản xuất điện gió và mặt trời; *ii)* Biến đổi và truyền tải điện *iii)* Sản xuất hydro bằng điện phân nước *iv)* Tích trữ hydro *v)* Vận chuyển hydro.

Công suất thiết kế cho sản xuất **điện gió 450 MW và mặt trời 270 MW.**

85

85

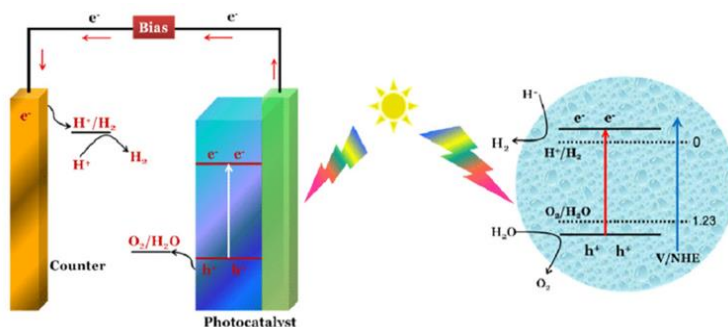
CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

4. Công nghệ quang – điện – hóa tách nước

- Sử dụng năng lượng mặt trời
- Một lớp vật liệu bán dẫn đặc biệt
- phân ly nước trực thành H_2 và O_2

Cathode: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

Anode: $H_2O \rightarrow \frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^-$



Nhược điểm: Chưa hoàn thiện công nghệ

Yêu cầu: vật liệu vừa bền, vừa có hiệu quả cao

Nguồn: Sundaram Chandrasekran, "Journal of electrochemical science and technology", 2016

86

86

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

5. Công nghệ sinh học

Các quá trình sinh học tự nhiên, trao đổi chất để tạo ra hydro được tìm thấy trong các vi sinh vật như: Bào tảo lục, Vi khuẩn lam, Vi khuẩn quang hợp, Một số dạng vi khuẩn lên men sẫm màu

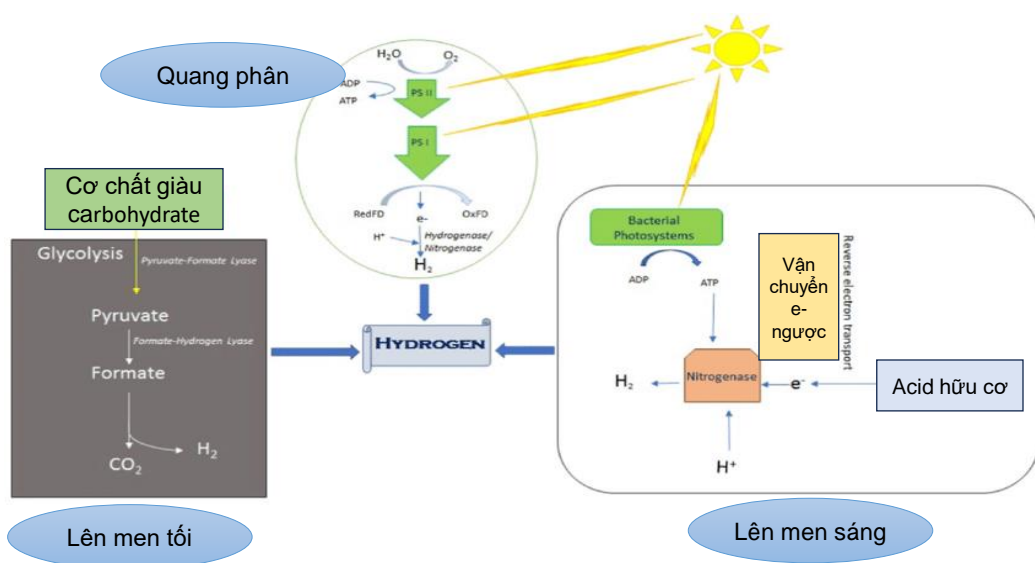


Quang phân	Lên men tối	Lên men sáng
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Đặc điểm: - Tiêu thụ CO_2 - O_2 là sản phẩm duy nhất - Cần ánh sáng mặt trời - Tốc độ và sản lượng H_2 thấp - Đòi hỏi lò phản ứng có thể tích lớn 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Đặc điểm - Không cần ánh sáng mặt trời - Phải loại bỏ acid béo - Yêu cầu thể tích lò phản ứng lớn 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Đặc điểm: - Có thể sử dụng các chất thải hữu cơ và nước thải khác nhau - Cần ánh sáng mặt trời - Hiệu suất chuyển hóa thấp - Yêu cầu thể tích lò phản ứng lớn

87

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

5. Công nghệ sinh học

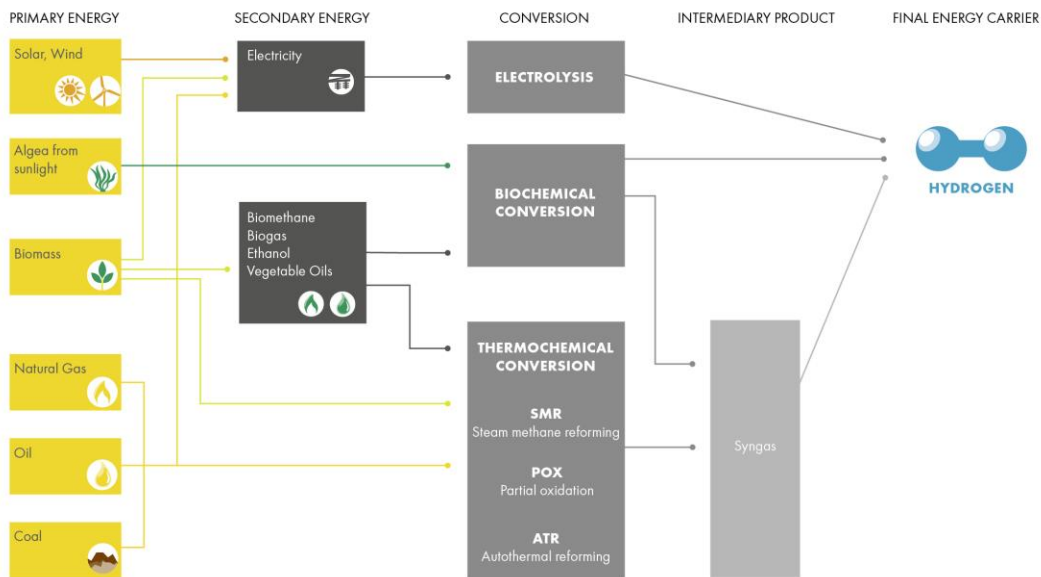


88

88

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

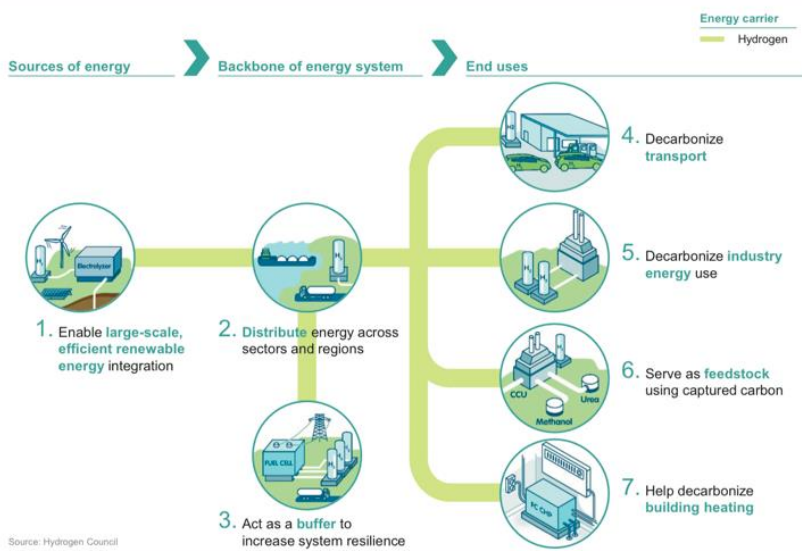
5. Công nghệ sinh học



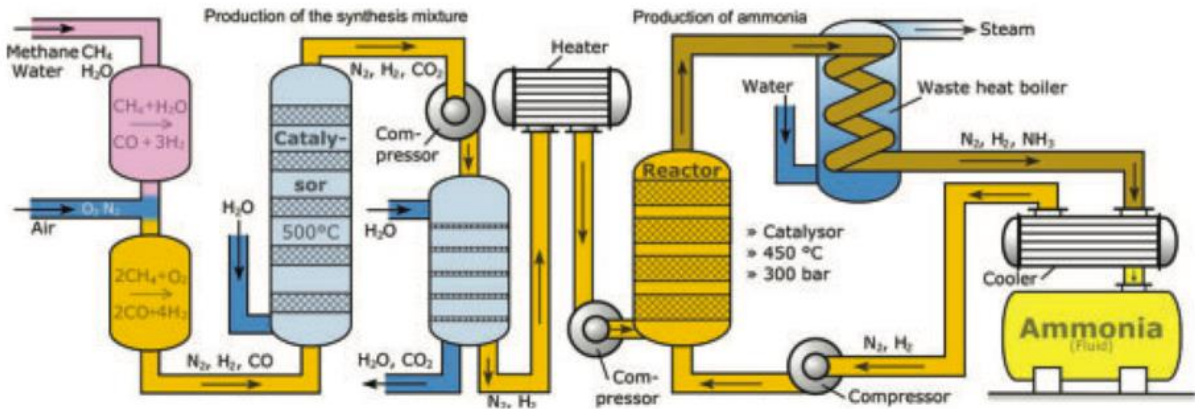
CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO

5. Công nghệ sinh học

Figure 2: Hydrogen has seven roles in decarbonizing major sectors of the economy



CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO



91

91

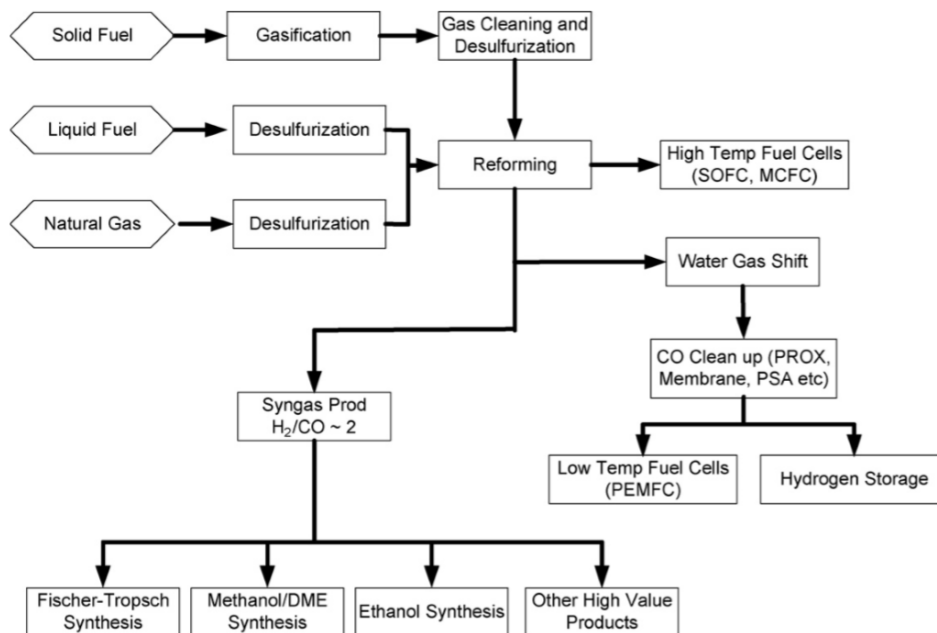
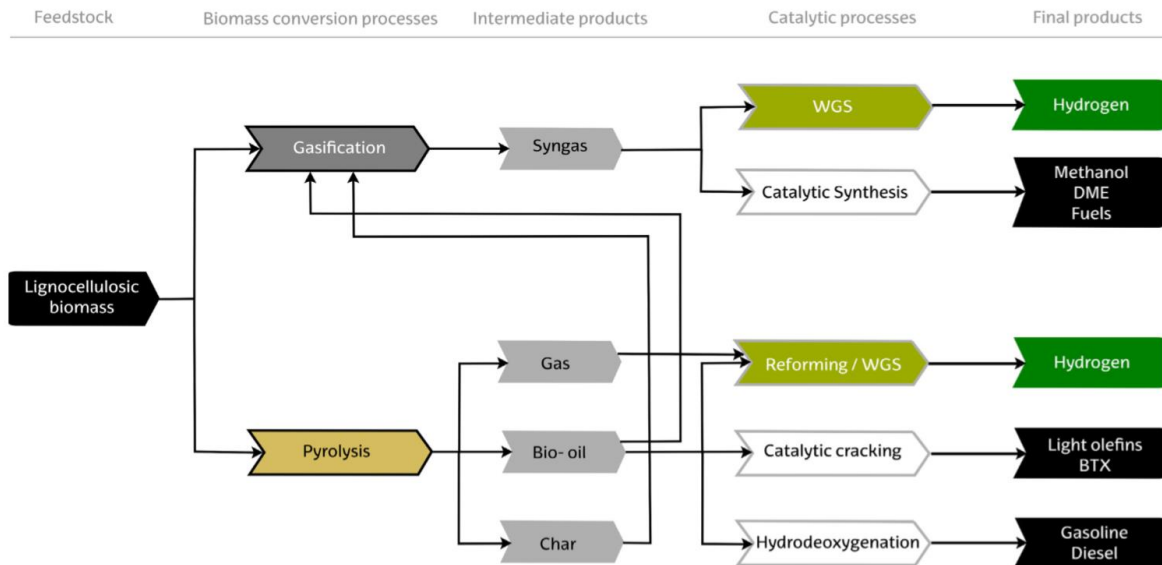


Fig. 1. Fuel processing of gaseous, liquid, and solid fuels for hydrogen production.

92

92

CÁC CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT HYDRO



93

93

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

- + Hydro: an ninh năng lượng, bảo vệ môi trường...
- + Điện phân nước sử dụng năng lượng tái tạo → **green hydrogen**.
- + Chi phí sản xuất: ĐẦU TƯ ban đầu + GIÁ ĐIỆN

Lưu trữ hydro: không màu, không mùi, không vị, dễ cháy

1/ Adsorption of hydrogen → **MH**

- + Metal hydrides
- + Other hydrides
- + MOFs, ZIFs, COFs

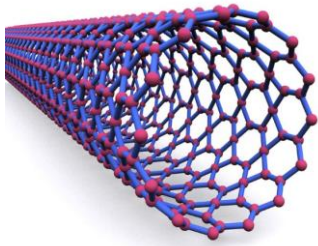
2/ Pure hydrogen

- + Compressed hydrogen
- + Cryo-compressed hydrogen
- + Liquid hydrogen

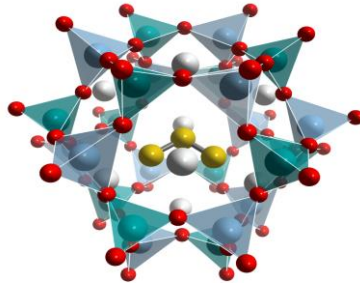
94

94

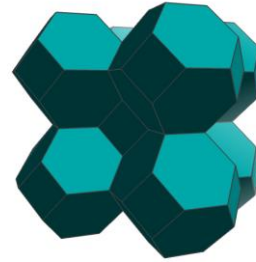
CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO



Ống nano carbon



Alumino phosphate



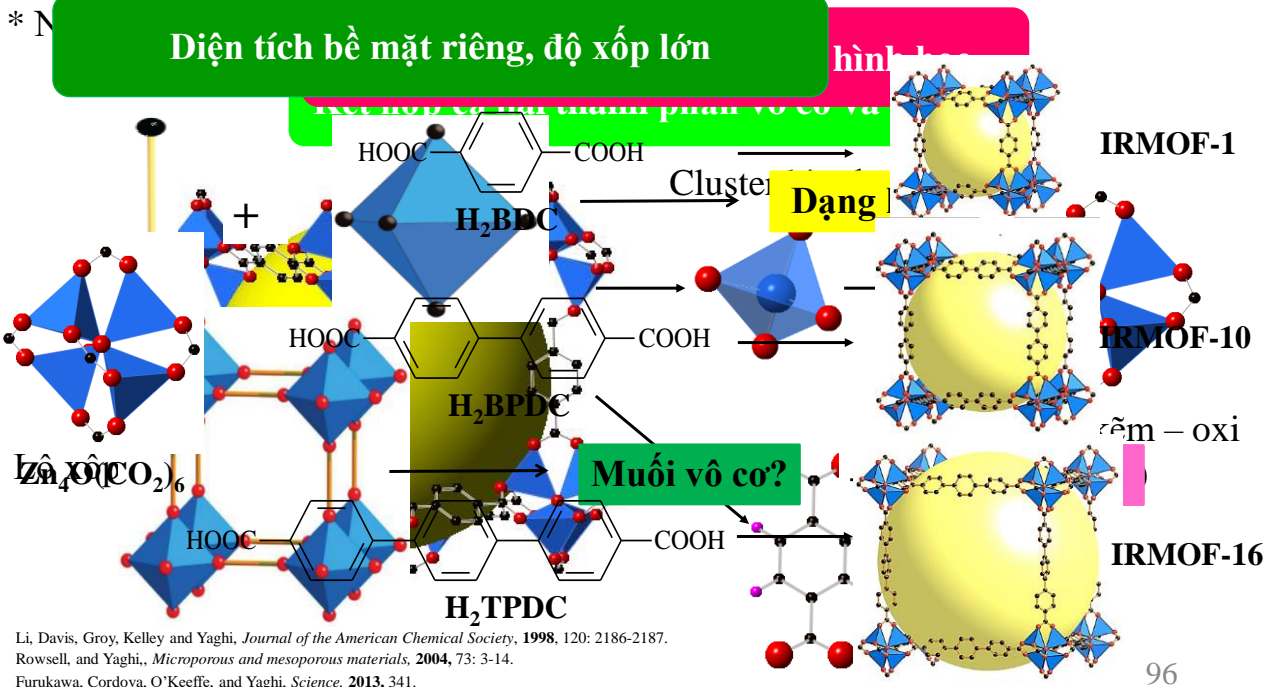
Zeolite

Khả năng HẤP PHỤ ĐẰNG NHIỆT khí → hấp phụ vật lý → Giải hấp bằng nhiệt
 THAN HOẠT TÍNH GÁO DỪA: 1000 m²/g (than hoạt tính gáo dừa sản xuất từ nguyên liệu vỏ gáo dừa già, khô và độ ẩm không quá 15%. → xốp, độ cứng ổn định, hạ chế hao hụt → lọc nước, khử mùi, xử lý nước thải công nghiệp

Lưu trữ sử dụng vật liệu MHx

95

95



96

96

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

DOE targets: for onboard light-duty vehicle, material-handling equipment and portable power.

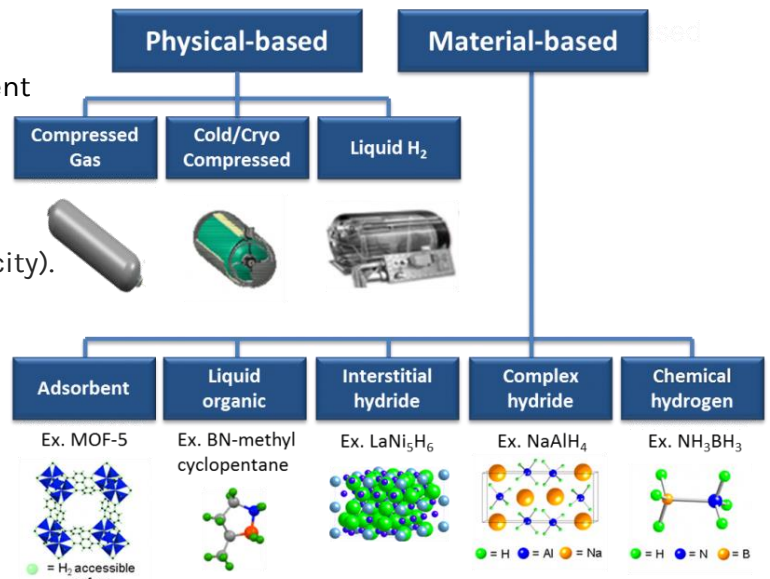
- 1.5 kWh/kg system (4.5 wt.% H₂)
- 1.0 kWh/L system (0.030 kg H₂/L)
- \$10/kWh (\$333/kg stored H₂ capacity).

Điều kiện nhiệt độ, áp suất thông thường
1 kg H₂ cho thể tích 12,15 m³ và năng lượng
33,5 kWh.

140 MJ/kg nhưng **12,7 MJ/m³**

Cần tăng giá trị mật độ năng lượng theo thể tích → nén hay hoá lỏng hydro

How is hydrogen stored?



97

97

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

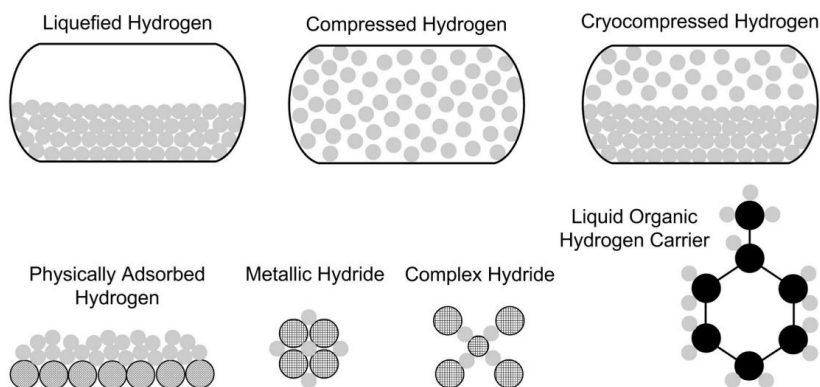


Fig. 1. Concept of hydrogen storage methods.

Nén khí:

- + Cho tốc độ nạp hydro nhanh, không tổn năng lượng khi thoát khí (release)
- + Tổn 13-18% năng lượng cho nạp khí
- + Bình/bồn chứa dạng cầu (sphere), trụ (cylinder) khó

98

98

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Phương trình khí: $PV = nRT$

Tại 303 K (30 °C) và $P = 1$ bar (không nén) 1 mol khí có thể tích $V = 24,846$ L

Ở 100 °C trạng thái **LỎNG** 18 g nước tinh khiết $\rightarrow V_{H_2O} = 18$ mL = 18 cm³

Ở 100 °C trạng thái **HƠI** thì 18 g nước tinh khiết $\rightarrow V_{H_2O} = 30586$ mL \rightarrow tăng 1700 lần

Hydro khí: 1 mol = 2,016 g

Oxy: 1 mol = 32 g

CH₄: 1 mol = 16 g

Khối lượng riêng $d_{H_2 \text{ khí}} = 0,8988$ g/L H₂ khí

Hydro lỏng: 1 mol = 2,016 g \rightarrow Khối lượng riêng $d_{H_2 \text{ lỏng}} = 70,85$ g/L H₂ lỏng (hay 70,85 kg/m³)

* Để có thể hoá lỏng thì nhiệt độ hydro phải thấp hơn **critical point: 33 K (-243 °C)**

* Để hoá lỏng hoàn toàn : nhiệt độ < **20,28 K (-252,87 °C)**

\rightarrow **Chênh lệch: 303 K (môi trường bên ngoài) và 23 K (hydro lỏng) \rightarrow bay hơi, rò rỉ HYDRO.**

99

99

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Loại 1: bồn thép (hợp kim nhôm) chịu áp đến 30 bar, để chịu áp cao hơn \rightarrow Vỏ thép cần dày hơn \rightarrow chứa được 1% Hydro

$D_{Fe} = 7850$ kg/m³ và **trọng lượng riêng = $d_{Fe} \times 9,81$ kN/d**

Đặc điểm: rẻ, nặng

Loại 2: Vách kim loại bọc vật liệu composite-sợi gia cường

Đặc điểm: đắt hơn 50%, nhẹ hơn khoảng 30-40% so với Loại 1

Loại 3: các sợi (liner) kim loại nhôm bọc composite-sợi gia cường là sợi carbon (carbon fiber reinforced plastic, CFRP).

Đặc điểm: chịu được tới 450-700 bar, giá đắt, hệ số dẫn nhiệt kém \rightarrow tốc độ tản nhiệt chậm khi nén khí hydro (toả nhiệt).

100

100

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Loại 4: các sợi (liner) high density polyethylene (HDPE) and hardly a metal sợi kim loại nhôm bọc composite-sợi gia cường là sợi carbon (carbon fiber reinforced plastic, CFRP).

Đặc điểm: chịu được tới 700bar

VD: Hexagon Composites or NPROXX are polymer lined, filament wound carbon fiber reinforced polymer (CFRP) structures.

Xe hơi dùng bình chứa loại 3, 4 ở 700 bar → cho phép nạp H_2 nhanh dưới 3 phút cho 500 km. Bình chứa loại 4: mật độ năng lượng hydro có thể đạt 5,7 MJ/L

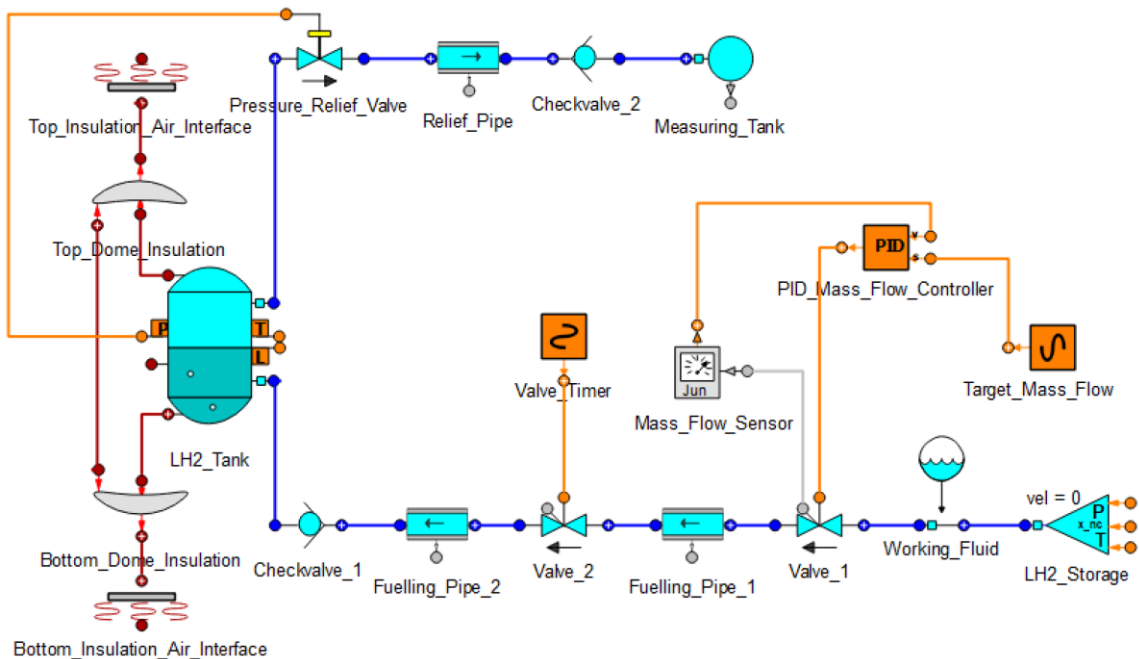
VD1: Các xe hơi chạy pin nhiên liệu gồm Toyota Mirai (2021) và Hyundai Nexa (2018, bản chạy hydro của Hyundai Tucson) chứa hydro trong bình 700 bar (với 3 bình loại 4 → đi được >600 km cho 1 lần nạp hydro).

VD2: Xe tải Hyundai Xcient công suất PEMFC 180 kW dùng bình chứa 350 bar cho khoảng cách ~400 km cho 1 lần nạp.

Bình chứa áp lực cao chưa được thị trường chấp thuận phổ biến do các rủi ro cháy nổ khi có va chạm

101

101



102

102

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Nén lạnh: kết hợp nén khí + làm lạnh khí hydro.

Áp suất: 250-350 bar

Critical pressure: 13 bar

Mật độ đạt 80 g/L (cao hơn 10 g/L so với hydro lỏng)

Không bị hiện tượng boil-off lossé (Boil-off losses occur when gaseous hydrogen has to be released from a cryogenic tank due to liquid hydrogen evaporating).

Đặc điểm: yêu cầu bồn chứa loại 3, tổn năng lượng nén hơn, tốc độ nạp/giải hydro nhanh

Thách thức: Hạ tầng cho nén khí và hoá lỏng khí hydro

103

103

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Hydro lỏng (LH2)

Khối lượng riêng: 71 g/L tại -253 °C tức 8 MJ/L → 4 bình hydro tương đương 1 bình xăng

Khối lượng: bồn/bình + bảo ôn

Nhiệt độ tới hạn : -240 °C (trên nhiệt độ này hydro không hoá lỏng). Làm lạnh xuống -253 °C để lưu trữ dạng lỏng

Đặc điểm:

- + Tốc độ giải phóng hydro nén nhanh
- + Năng lượng giãn nở nhiệt thấp.
- + Hydro lỏng có khối lượng riêng 1,5-2 lần so với hydro nén áp suất cao → giảm thể tích bồn/bình chứa
- + Vỏ bình mỏng, rẻ hơn
- + Hydro lỏng không ăn mòn → có thể dùng bồn thép không gỉ hay hợp kim nhôm với lớp bảo ôn phù hợp cho lưu trữ lạnh
- + Chi phí cao do tiêu hao năng lượng khi hoá lỏng, chiếm 30-40%
- + Tiêu hao năng lượng do boil-off phenomenon (mất mát hydro do năng lượng bên ngoài truyền vào): 1,5-3,0% hydro lượng hydro lỏng bay hơi mỗi ngày → cần nhiều không gian mở hơn
- + Cần bồn chứa 2 lớp với lớp bảo ôn đặt tiền để giảm thiểu hiện tượng boil-off. Nếu sử dụng bồn chứa lớn vì tỷ lệ bề mặt /thể tích nhỏ đi → thất thoát giảm.

VD: BMW and GM/Opel đã phát triển 2 loại xe từ nghiệm là BMW Hydrogen 7 (động cơ đốt trong) và GM Hydrogen 3 (hệ pin PEMFC) sử dụng hydro lỏng.

104

104

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Energies 2022, 15, 4357

2 of 13

Table 1. Applications and required power and energy storage amounts.

Required Power	Application					Form of ESS	
	Stationary	Transportation				Battery	H ₂
		Vehicle	Ship	Aircraft	Space		
1–3 kW	House	Bike	Yacht	Drone	Shuttle	~100 kg	-
10–100 kW	Building	Car	Fishboat	Cargo drone	Station	~500 kg	~10 kg (~100 km/kg)
200–400 kW		Self-driving Bus, Truck Railcar	River taxi Submarine	Air mobility Light-craft	Base (Moon, Mars)	~1 ton	~250 kg (~5 km/kg)
1–5 MW	Complex	Locomotive	Ferry Cruise	Helicopter		~10 ton	~1 ton (~1 km/kg)
5–20 MW	Small city		Cargo	Airplane		-	~10 ton

105

105

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Type	Year	Institution	Power (Fuel Cell)	Hydrogen	Mileage	Note
Railcar	2016	Alstom (France)	390 kW (250 kW)	250 kg	1000 km	Commercial
	2017	CRRC (China)	200 kW (200 kW)	12 kg	40 km	Commercial
	2021	KRRI (Korea)	200 kW (200 kW)	166 kg	600 km	
	2022	Siemens (Germany)	400 kW (400 kW)	-	800 km	
	2022 (target)	JR East (Japan)	240 kW (240 kW)	25 kg	140 km	
Locomotive	2023 (target)	Hyundai (Korea)	400 kW (400 kW)	40 kg	150 km	Tram
	2021	PESA (Poland)	600 kW (180 kW)	175 kg	-	Shunter
	2021	CRRC (China)	700 kW (400 kW)	-	627 km	
	2022 (target)	CP (Canada)	1200 kW (1200 kW)	-	-	
	2023 (target)	CZ LOKO (Czech)	800 kW (800 kW)	-	-	Shunter
	2024 (target)	KRRI (Korea)	1800 kW (1200 kW)	70 kg	-	Liquid hydrogen
	-	Wabtec (USA)	-	-	-	

Để có thể ứng dụng: BỒN CHỨA HYDRO phải đủ lớn

106

106

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Table 1: Liquid Hydrogen Physical and Chemical Properties

Chemical Formula	H ₂
Molecular Weight	2.016
Boiling Point @ 1 atm	-423.2°F (-252.9°C)
Freezing Point @ 1 atm	-434.8°F (-259.3°C)
Critical Temperature	-400.4°F (-240.2°C)
Critical Pressure	186 psia (12.7 atm)
Density, Liquid @ B.P., 1 atm	4.42 lb./cu.ft. (70.8 kg/cubic meter)
Density, Gas @ 68°F (20°C), 1 atm	0.005229 lb./cu.ft. (0.0838 kg/cubic meter)
Specific Gravity, Gas (air=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	0.0696
Specific Gravity, Liquid @ B.P., [water=1 @ 68°F (20°C)]	0.0710
Specific Volume @ 68°F (20°C), 1 atm	191 cu. ft./lb.
Latent Heat of Vaporization	389 Btu/lb. mole
Flammable Limits @ 1 atm in air	4.00%–74.2% (by Volume)
Flammable Limits @ 1 atm in oxygen	3.90%–95.8% (by Volume)
Detonable Limits @ 1 atm in air	18.2%–58.9% (by Volume)
Detonable Limits @ 1 atm in oxygen	15%–90% (by Volume)
Autoignition Temperature @ 1 atm	1,060°F (571°C)
Expansion Ratio, Liquid to Gas, B.P. to 68°F (20°C)	1 to 845

Một số tính chất vật lý của hydro

Để có thể hoá lỏng thì nhiệt độ hydro phải thấp hơn critical point: 33 Kelvin (-243 °C)

Ở áp suất thường

$$P = 1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pascal} = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 0,98692 \text{ atm}$$

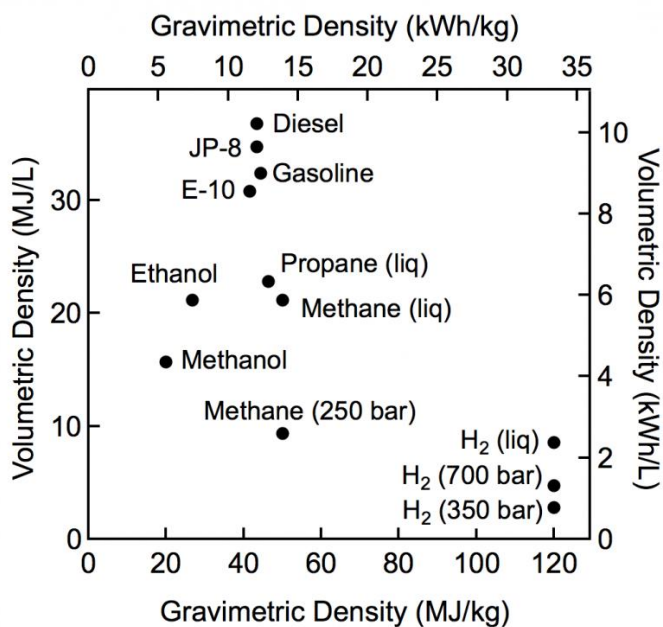
Nhiệt độ hoá lỏng là 20,28 K (-252.87 °C)



107

107

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO



$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kg H}_2 \text{ là } 500 \text{ mol hydro}$$

$$1 \text{ kg C}_3\text{H}_8 \text{ là } 22,73 \text{ mol}$$

So với xăng:

Hydro (120 MJ/kg) có năng lượng riêng theo khối lượng gấp 3 (44 MJ/kg)

Hydro lỏng (8 MJ/L) có năng lượng riêng theo thể tích bằng 1/4 (32 MJ/L)

4 bình hydro = 1 bình xăng

108

108

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Storage method	Hydrogen content (wt% H ₂)	Volumetric density (g/L)	Volumetric energy density (MJ/L)
Compression			
1 bar, RT	100	0.0814 ^a	0.01
350 bar, RT	100	24.5 ^b	2.94
700 bar, RT	100	41.4 ^b	4.97
700 bar, RT, (incl. Type IV tank)	5.7	40.8	4.9
Liquid hydrogen			
1 bar, -253 °C	100	70.8	8.5
1 bar, -253 °C (incl. tank)	14	51	6.12
Cryo-compression			
350 bar, -253 °C	100	80	9.6
Metal hydrides			
MgH ₂	7.6	110	13.2
FeTiH ₂	1.89	114	13.7
Complex hydrides			
NaAlH ₄	7.5	80	9.6
Physical adsorbents			
Activated carbon @77 K and 30-60 bar	5.0	38.5	2.4
Zeolite (NaX) @77 K and 40 bar ^c	2.55	20	2.4
MoF (MOF-210) @77 K and 80 bar	7.9	25.8	3.1
Liquid hydrogen organic carriers			
Methylcyclohexane/toluene	6.2	47.3	5.68
perhydro-benzyltoluene/benzyltoluene	6.2	56.0	6.72

So sánh các công nghệ lưu trữ:

Hydro lỏng

1 bar, -253 °C → Hydro 100% → 70,8 g/L

1 bar, -253 °C bao gồm bồn chứa →

Hydro 100% → 70,8 g/L

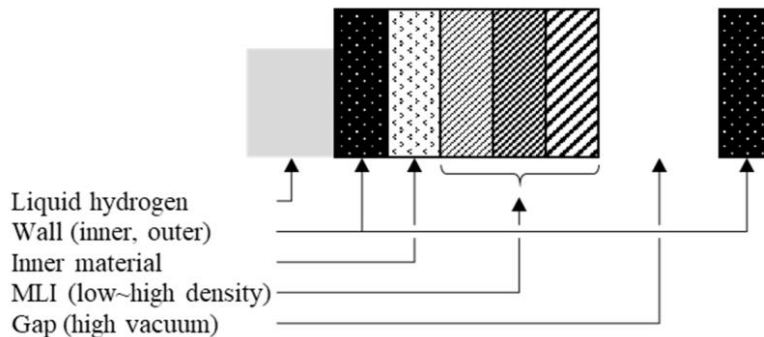
109

109

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Cấu trúc vỏ bình chứa hydro lỏng

VD: Các vật liệu phổ biến trong đời sống: foam PU, bông thủy tinh cách nhiệt, bông gốm ceramic



Các loại cảm biến gắn vào mặt trong và mặt ngoài của bồn/bình
 + Mức (level)
 + Áp suất (pressure)
 + Nhiệt độ (temperature)
 Vỏ cảm biến: thép 316L, dây dẫn đồng. Bọc cảm biến mà màng Polyimide 0,1-0,7 W/(m.K)

Thử nghiệm với 2 bồn chứa gắn theo kiểu Ground-hold và Orbit-hold

Tank: 18,09 m³ với các lớp 3,53 cm SOFI (Spay-on-foam insulation)

MLI (Multi-Layer-Insulation)

Bồn Ground-hold có heat leakage 63 W/m²

Bồn Orbit-hold có Heat leakage: 0,22 W/m² tại 305 K

110

110

CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ HYDRO

Vật liệu lớp MLI

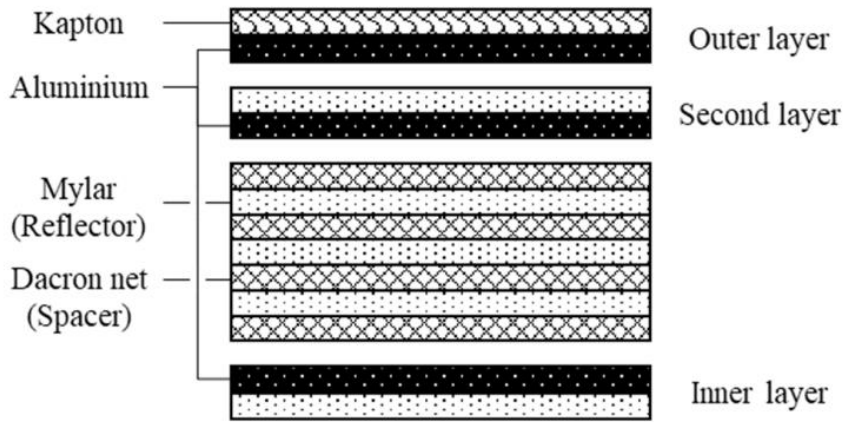


Figure 3. MLI configuration for insulating spacecraft [20].

111

111

Cảm ơn quý vị đã theo dõi!

Liên hệ
 Trần Văn Mẫn
 Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM
 Email: tvman@hcmus.edu.vn



112