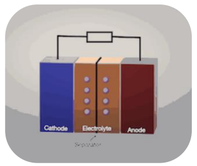
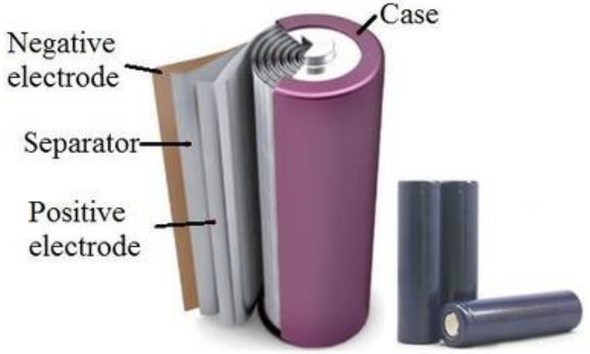
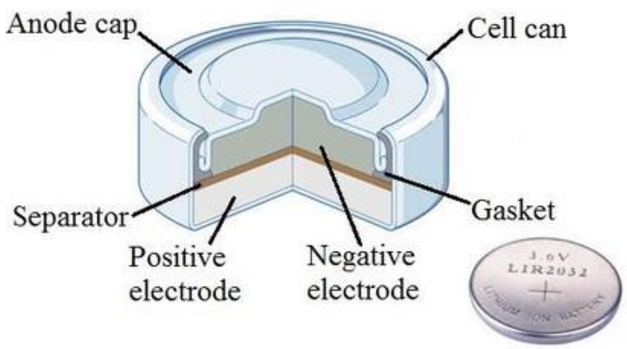


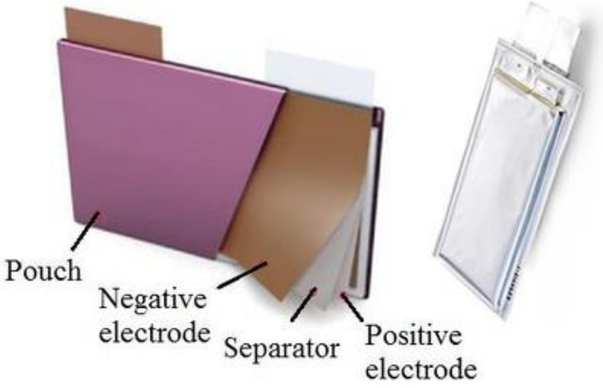
เคมีไฟฟ้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ

Active Learning
Learning for all
by
Woravith Chansuvarn



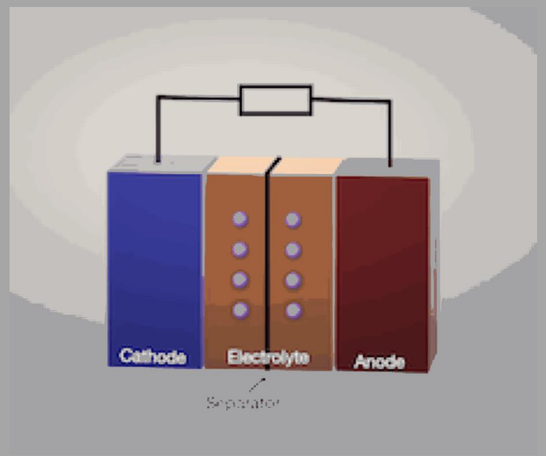




Chemographics
LINE woravith
woravith.c@rmutp.ac.th
http://web.rmutp.ac.th/woravith

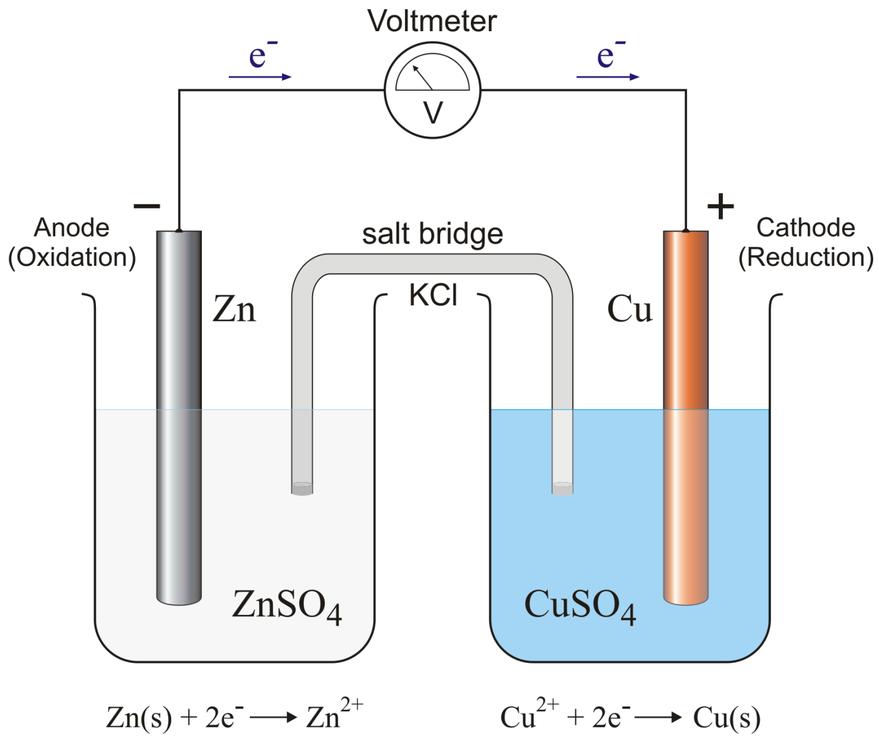
EP3 : เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

เคมีไฟฟ้า ในชีวิตประจำวัน



- การประยุกต์ใช้เซลล์กัลวานิก
- การประยุกต์ใช้เซลล์อิเล็กโทรไลต์
- การผุกร่อนและการป้องกันการผุกร่อน

การประยุกต์ใช้เซลล์กัลวานิก



$Zn(s) + 2e^- \longrightarrow Zn^{2+}$

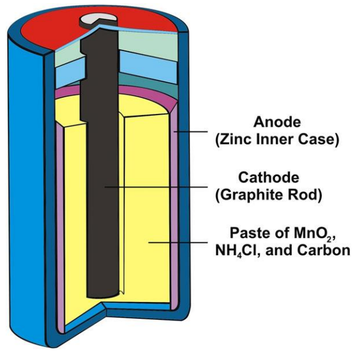
$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

$$Zn(s) \mid ZnSO_4(aq) \,\|\, CuSO_4(aq) \mid Cu(s)$$

- Primary battery (Disposable)
- Secondary battery (Rechargeable)

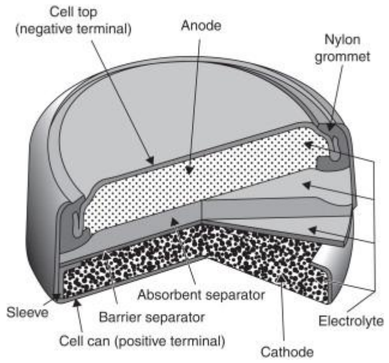
Primary Battery

(Non-rechargeable)



Leclanché dry cell

แท่งแกรไฟต์ซึ่งอยู่ใจกลางทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด สังกะสีเป็นขั้วแอโนด ภายในประกอบด้วย NH_4Cl, $ZnCl_2$, MnO_2) และแป้งเปียกเป็นอิเล็กโทรไลต์

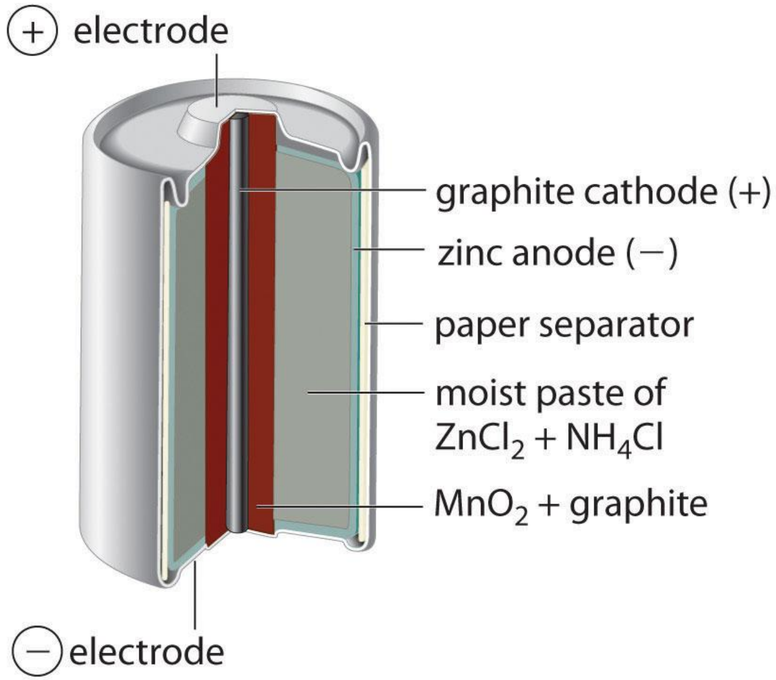


Button battery

Lithium–iodine battery

#Leclanché dry cell (Dry cell)

Georges Leclanché
(ค.ศ.1866)
French chemist



cell reaction:

$2MnO_2(s) + 2NH_4Cl(aq) + Zn(s) \rightarrow Mn_2O_3(s) + Zn(NH_3)_2Cl_2(s) + H_2O(l)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ขั้วแอโนด

$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

ขั้วแคโทด

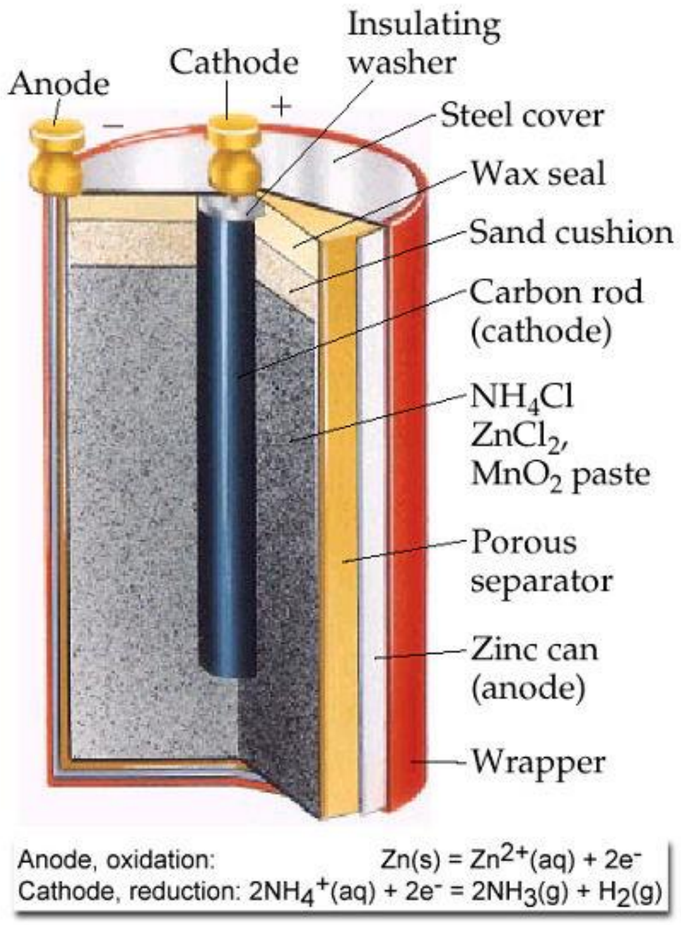
$2MnO_2(s) + 2NH_4^+(aq) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$

ปฏิกิริยารวม

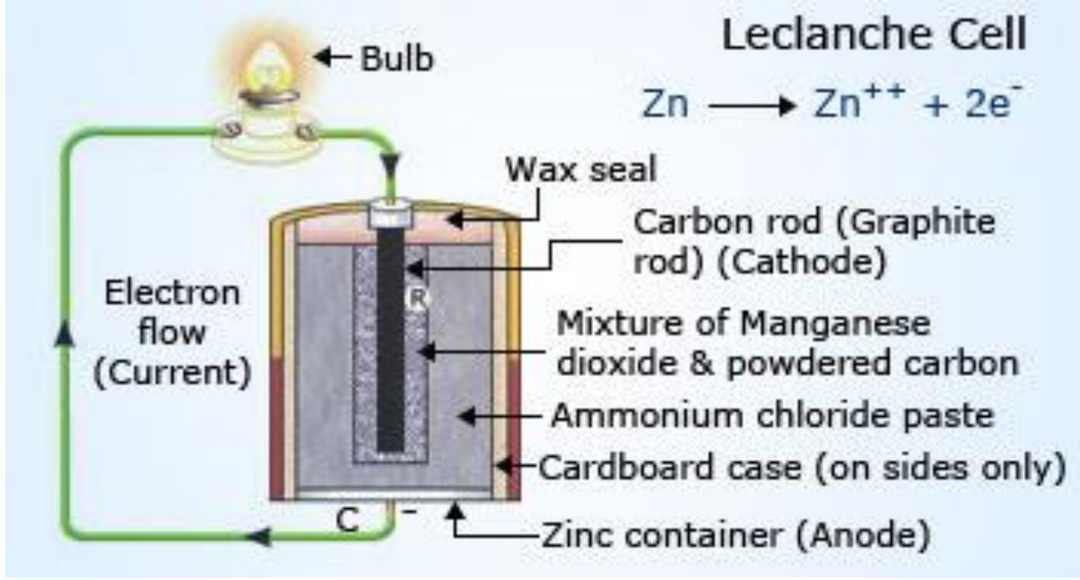
$2MnO_2(s)+2NH_4Cl(aq)+Zn(s) \longrightarrow Mn_2O_3(s)+Zn(NH_3)_2Cl_2(s)+H_2O(l)$

หลังจากจ่ายกระแสไฟฟ้าจะมี NH_3 เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาและทำปฏิกิริยากับ Zn^{2+} กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อน $Zn(NH_3)_4$ และ $[Zn(NH_3)_2(H_2O)_2]^{2+}$ ซึ่งมีข้อดีคือทำให้ Zn^{2+} ในเซลล์เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นน้อยมากจนเกือบคงที่ ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์นี้ (ประมาณ 1.5 โวลต์) ค่อนข้างคงที่

#ถ่านไฟฉายชนิดสังกะสีคาร์บอน

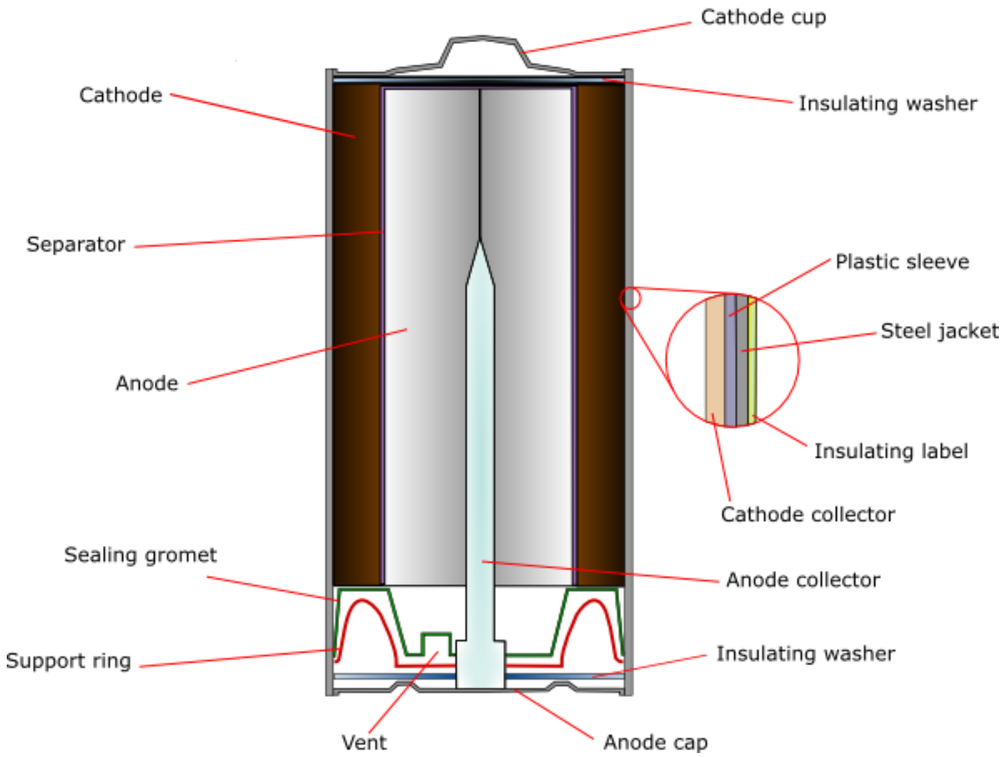


- The electrolyte is an acidic water-based paste containing MnO_2, NH_4Cl, $ZnCl_2$, graphite, and starch.
- inexpensive to manufacture, the cell is not very efficient in producing electrical energy and has a limited shelf life.



#ถ่านไฟฉายแอลคาไลน์

- พัฒนามาจาก Leclanché dry cell
- Zn เป็นขั้วแอโนด และ MnO_2 เป็นแคโทด
- ผสมเบส (KOH) เพิ่มเข้าไปเป็นสารอิเล็กโทรไลต์



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ขั้วแอโนด

$$Zn(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + 2e^-$$

ขั้วแคโทด

$$2MnO_2(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2OH^-(aq)$$

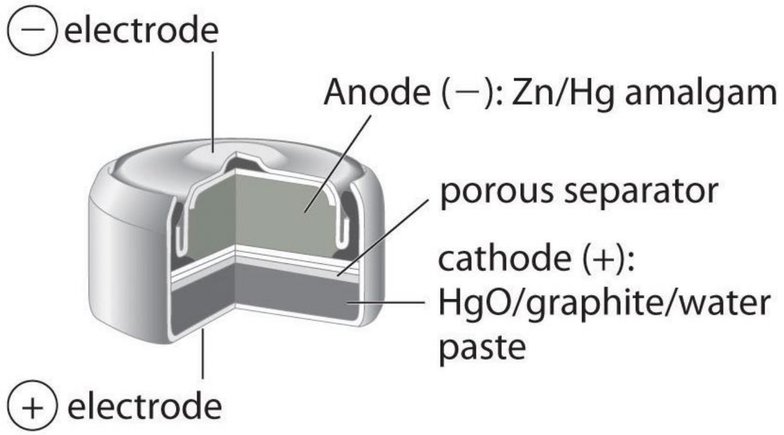
ปฏิกิริยารวม

$$2MnO_2(s) + Zn(s) \rightarrow Mn_2O_3(s) + ZnO(s)$$

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากถ่านไฟฉายชนิดนี้มีค่าคงที่ประมาณ 1.5 โวลต์ และให้กระแสไฟฟ้าที่มากกว่าและยาวนานกว่าถ่านไฟฉายชนิดสังกะสีคาร์บอน เพราะที่ขั้วแคโทดเกิด OH^- ซึ่งสามารถนำกลับมาทำปฏิกิริยาใหม่ที่ขั้วแอโนด

#Button battery

- ขั้วแอโนดทำจากโลหะสังกะสี (zinc–mercury amalgam)
- ขั้วแคโทดทำจากเมอร์คิวรีออกไซด์ (HgO) หรือ ซิลเวอร์ออกไซด์ (Ag_2O)
- ผสมสารละลายเบสและสังกะสีออกไซด์ (ZnO) เป็นสารอิเล็กโทรไลต์



cell reaction:

$Zn(s) + HgO(s) \rightarrow Hg(l) + ZnO(s)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

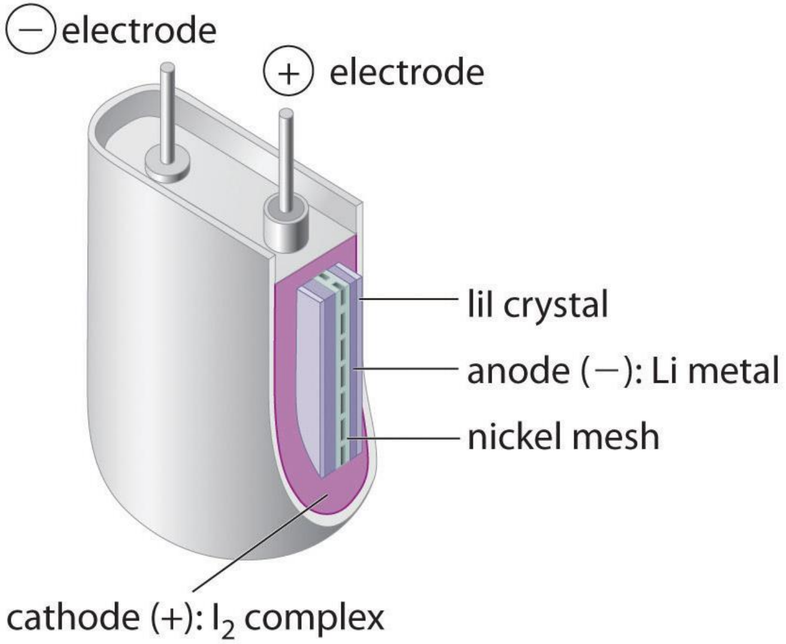
ขั้วแอโนด

$$Zn(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + 2e^-$$

ขั้วแคโทด

$$HgO(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightarrow Hg(l) + 2OH^-(aq)$$

#Lithium–iodine battery



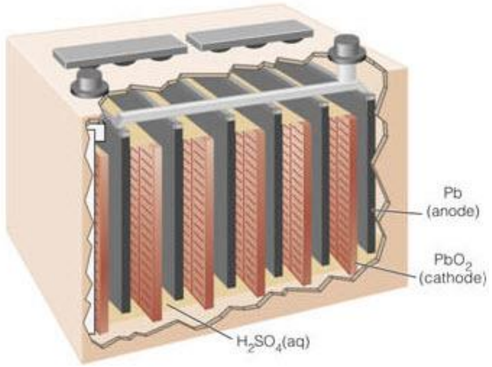
cell reaction:

$2Li(s) + I_2(s) \rightarrow 2LiI(s)$

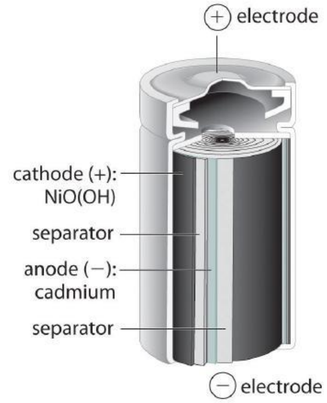
- consists of two cells separated by a metallic nickel mesh that collects charge from the anodes
- The anode is lithium metal, and the cathode is a solid complex of I_2
- The electrolyte is a layer of solid LiI that allows Li^+ ions to diffuse from the cathode to the anode
- To produces only a relatively small current, it is highly reliable and long-lived.

Secondary Battery

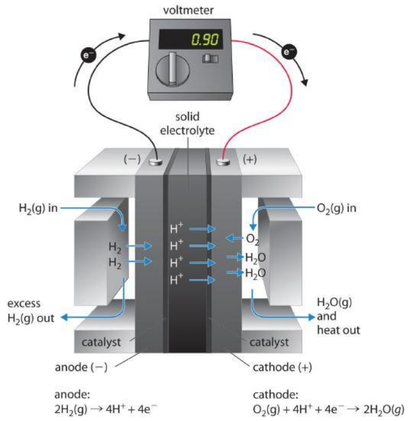
(Rechargeable)



เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว
(แบเตอรี่รถยนต์)



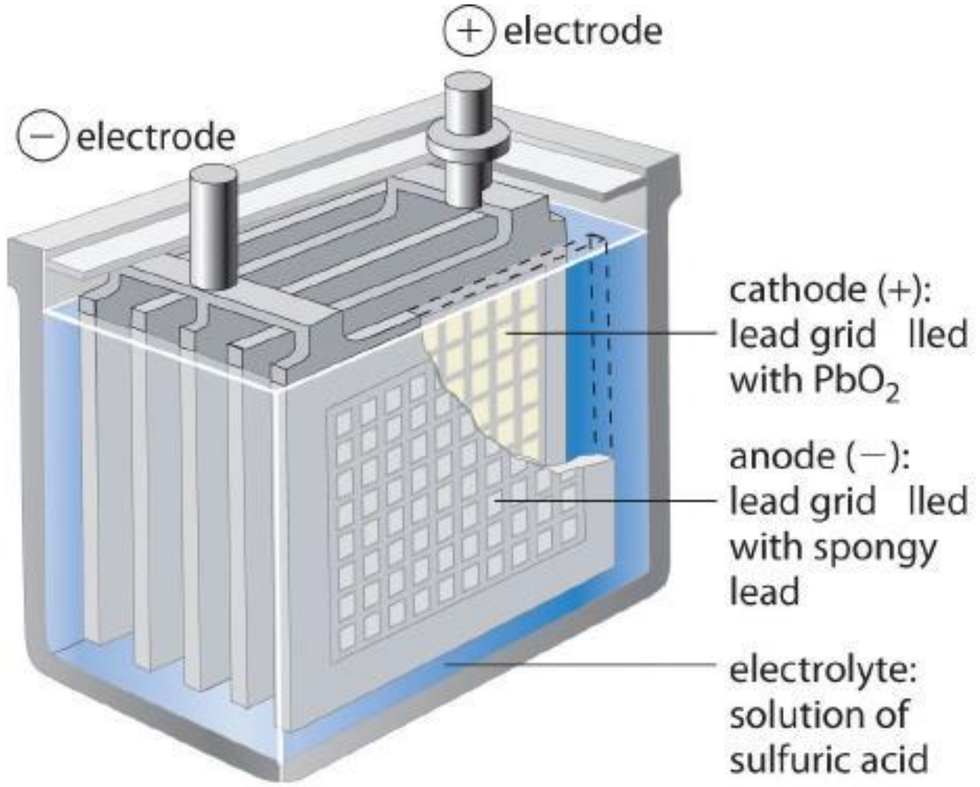
Nickel–Cadmium (NiCad) Battery



Fuel Cell

#เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

- ประกอบด้วยเซลล์กัลป์วานิกหลายเซลล์ (ปกติจะมี 6 เซลล์ ต่ออนุกรมกัน) แต่ละเซลล์มีค่าศักย์ไฟฟ้าประมาณ 2 โวลต์ ทำให้ได้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์
- แผ่นตะกั่ว (Pb) ทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด
- แผ่นตะกั่วออกไซด์ (PbO_2) ทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด
- ขั้วแอนโนดและแคโทดวางสลับกันแบบอนุกรม
- สารอิเล็กโทรไลต์ คือ H_2SO_4

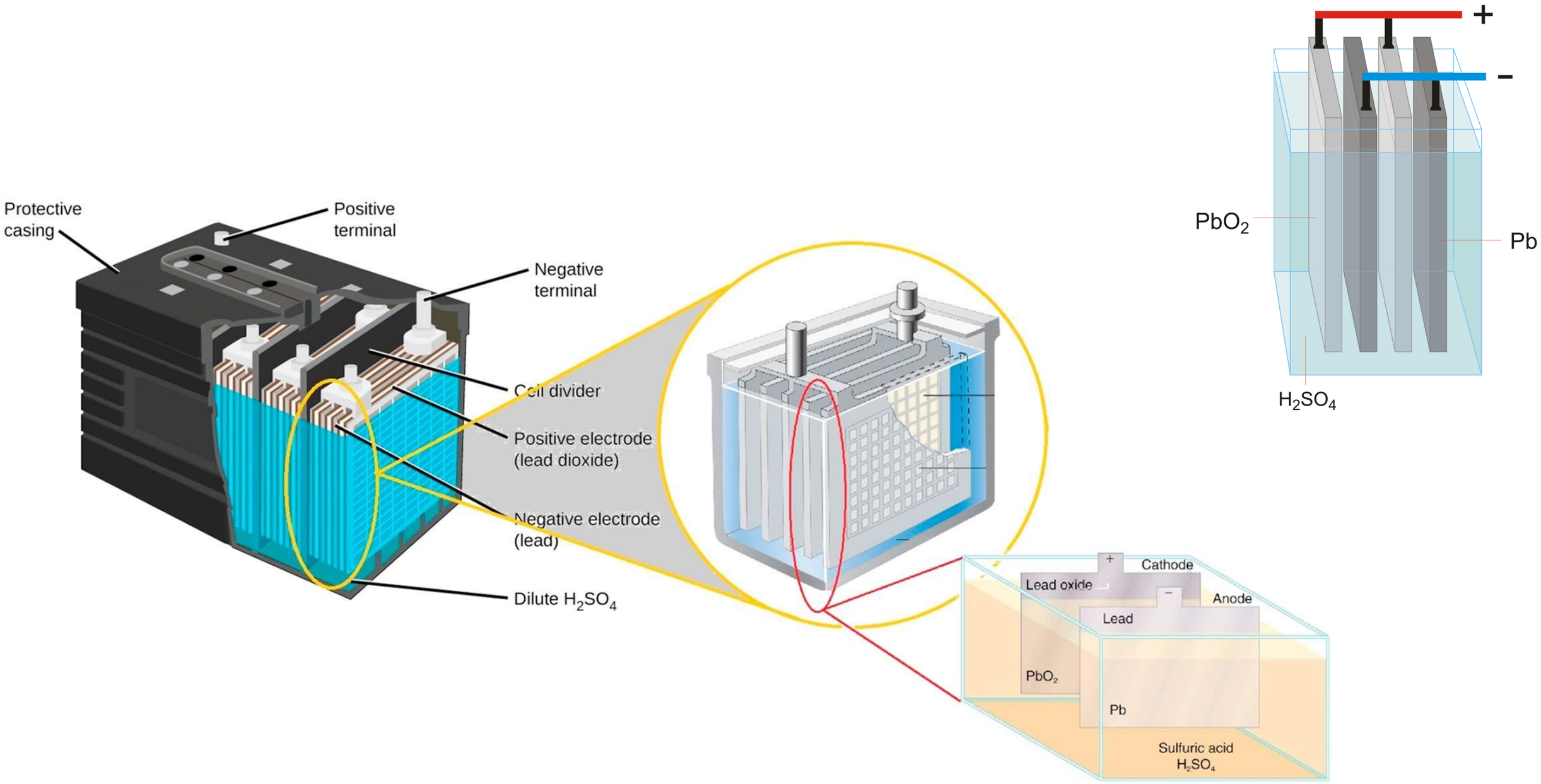


ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นชนิดผันกลับได้ดังนี้

ขั้วแอโนด $Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2e^-$

ขั้วแคโทด $PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$

ปฏิกิริยารวม $Pb(s) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$



Malekshah, et al., (2018). Thermal analysis of a cell of lead-acid battery subjected by non-uniform heat flux during natural convection. *Thermal Science and Engineering Progress*. 5, 217-236.

ปฏิกิริยาการประจุไฟ

ขั้วแอโนด (Pb)

$Pb(s) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2e^-$

$Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^-$

รวมแอโนด $Pb(s) + 2H_2O(l) \rightarrow PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^-$

ขั้วแคโทด (PbO_2)

$4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g)$

ปฏิกิริยารวม

$Pb(s) + 2H_2O(l) \rightarrow PbO_2(s) + 2H_2(g)$

ปฏิกิริยาการจ่ายไฟฟ้า

ขั้วแอโนด (Pb)

$Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2e^-$

ขั้วแคโทด (PbO_2)

$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$

ปฏิกิริยารวม

$Pb(s)+PbO_2(s)+2SO_4^{2-}(aq)+4H^+(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s)+2H_2O(l)$

เมื่อจ่ายไฟหมดจะเกิด $PbSO_4$ ขึ้นทั้งที่ขั้วแคโทดและแอโนด
ขณะจ่ายไฟนี้มีการใช้กรดซัลฟิวริกทำให้ความเข้มข้นของกรดลดลงเรื่อย ๆ
ต้องประจุไฟใหม่เพื่อให้ได้ PbO_2 และ Pb กลับมา

ปฏิกิริยาการประจุไฟครั้งที่สอง

ขั้วแอโนด ($PbSO_4$)

$PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$

ขั้วแคโทด (PbO_2)

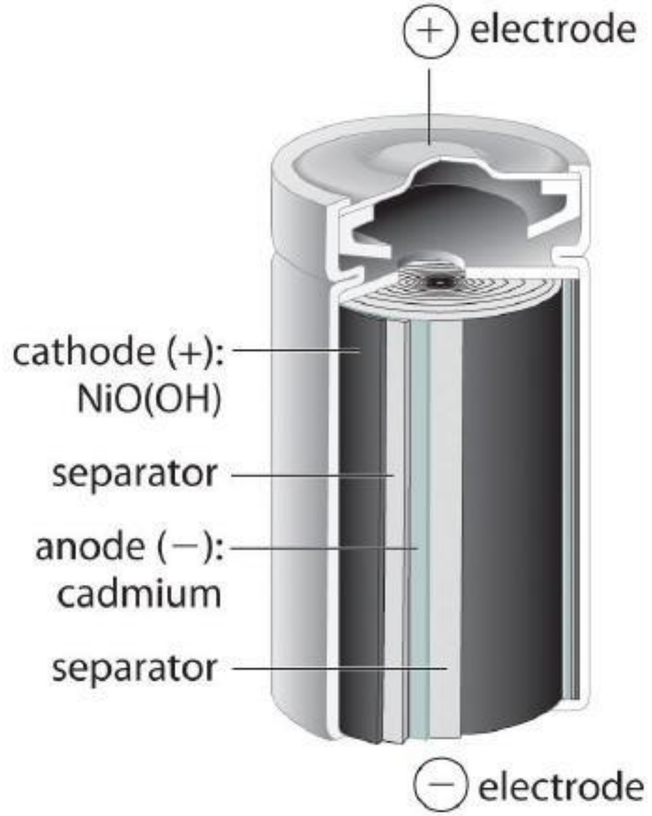
$PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \rightarrow PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^-$

ปฏิกิริยารวม

$2PbSO_4(s)+2H_2O(l) \rightarrow PbO_2(s)+Pb(s)+2SO_4^{2-}(aq)+4H^+(aq)$

#Nickel–Cadmium (NiCad) Battery

- โลหะแคดเมียม (Cd) เป็นขั้วแอโนด
- สารประกอบนิกเกิล (NiO(OH)) บนโลหะนิกเกิลเป็นขั้วแคโทด
- KOH เป็นสารอิเล็กโทรไลต์
- ให้ศักย์ไฟฟ้าคงที่ประมาณ 1.4 โวลต์



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นชนิดผันกลับได้ดังนี้

ขั้วแอโนด

$$Cd(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow Cd(OH)_2(s) + 2e^-$$

ขั้วแคโทด

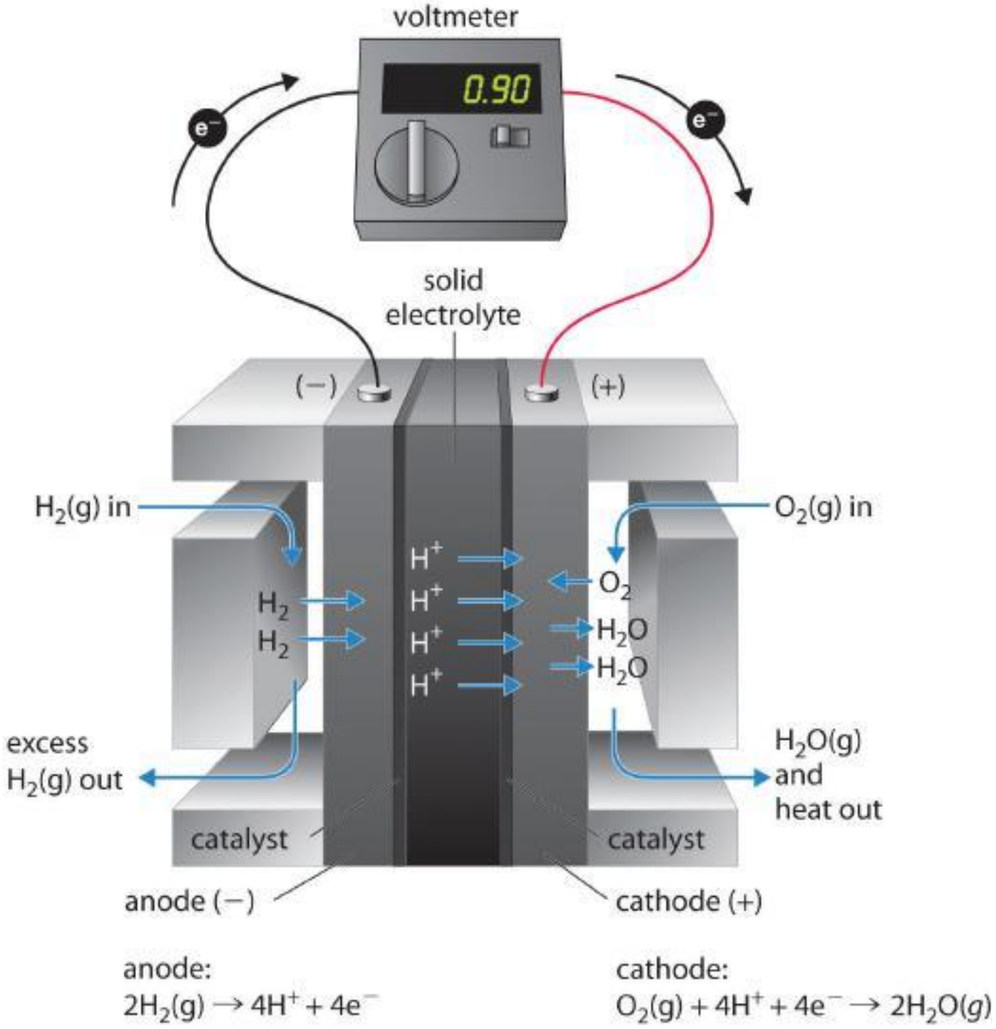
$$2NiO(OH)(s) + 2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2Ni(OH)_2(s) + 2OH^-(aq)$$

ปฏิกิริยารวม

$$Cd(s) + 2NiO(OH)(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Cd(OH)_2(s) + 2Ni(OH)_2(s) \quad E^0 = 1.4\ V$$

#Fuel Cell

เซลล์เชื้อเพลิงใช้แก๊ส H_2 และ O_2 เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา โดยให้แก๊สทั้งสองเข้าไปทำปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง (H_2 เข้าทางด้านแอโนด ส่วน O_2 เข้าทางด้านแคโทด) ขั้วไฟฟ้าทำจากคาร์บอนที่มีความพรุนผสมโลหะนิกเกิล และใช้ KOH เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์



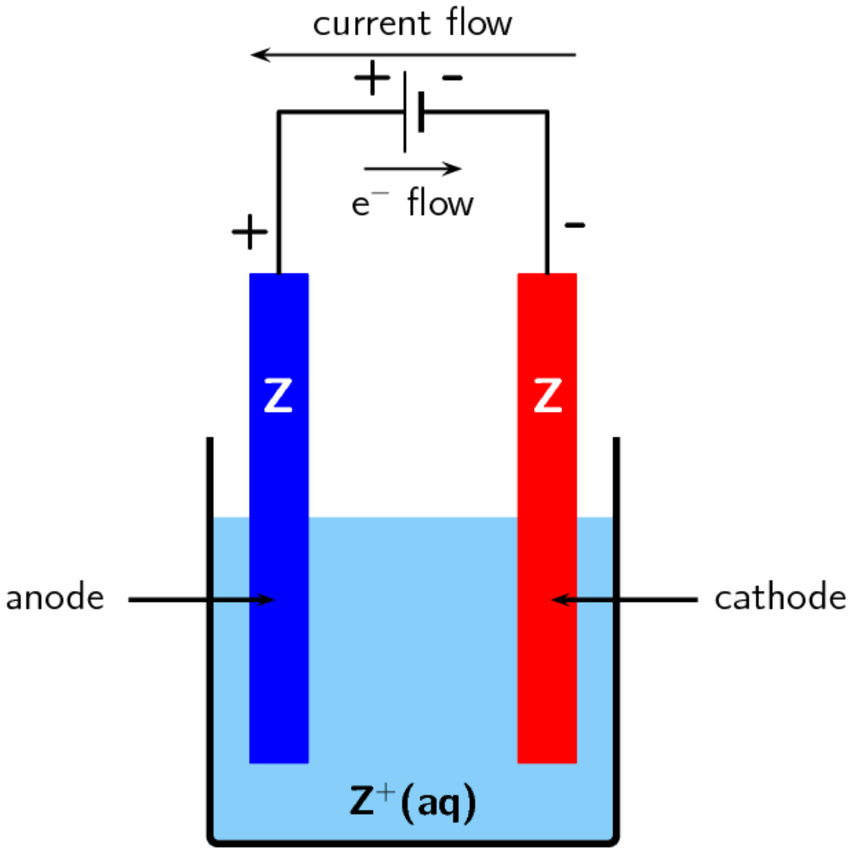
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

ขั้วแอโนด $2H_2(g) + 4OH^-(aq) \rightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$

ขั้วแคโทด $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

ปฏิกิริยารวม $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

การประยุกต์ใช้เซลล์อิเล็กโทรไลต์

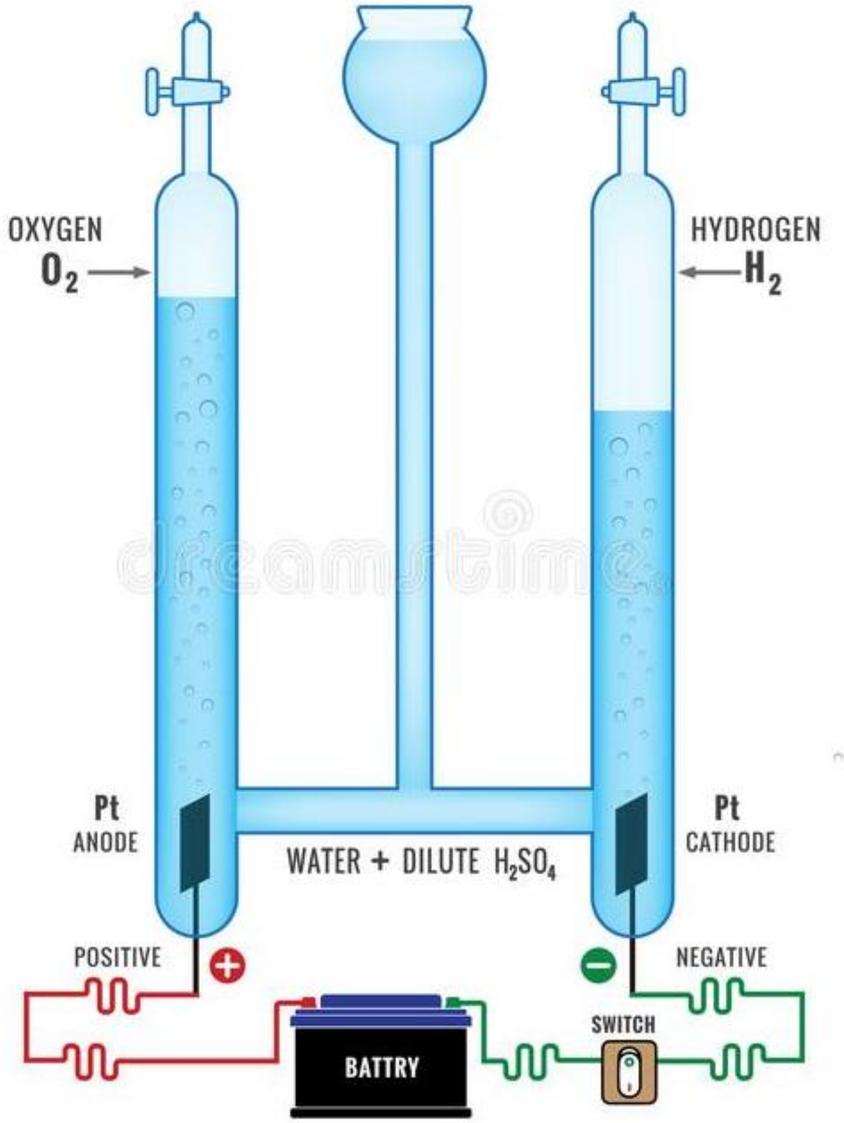


เซลล์เคมี	เซลล์อิเล็กโทรไลต์
เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า	เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี
ขั้วแอโนดเป็นขั้วลบ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	ขั้วแอโนดเป็นขั้วบวก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
ขั้วแคโทดเป็นขั้วบวก เกิดปฏิกิริยารีดักชัน	ขั้วแคโทดจะเป็นขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน
ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าบวก	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าลบ

- การแยกสลายน้ำด้วยไฟฟ้า
- การทำโลหะให้บริสุทธิ์
- การชุบโลหะ
- แยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

การแยกสลายน้ำด้วยไฟฟ้า

กระบวนการอิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) เป็นกระบวนการแยกสารอิเล็กโตรไลต์โดยการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงไปในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นที่ขั้วบวกและขั้วลบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์นั้น

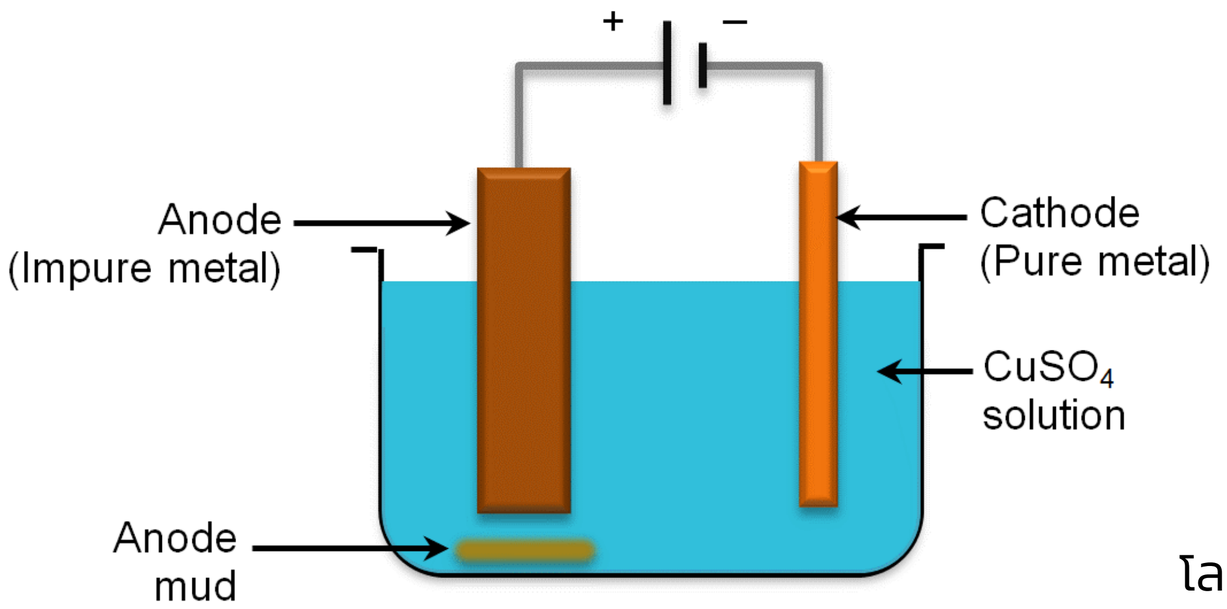


ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่สารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางอาจใช้แกรไฟต์หรือโลหะ Pt, Ag, Au (โลหะที่ไม่ชอบเสียอิเล็กตรอน) ที่แอโนดซึ่งต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนที่แคโทดซึ่งต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่จะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ น้ำจะแยกสลายเป็น H_2 และ O_2

การทำโลหะให้บริสุทธิ์

การทำทองแดงให้บริสุทธิ์มากขึ้น

- โลหะทองแดงที่ไม่บริสุทธิ์ให้เป็นขั้วแอโนด (ขั้วบวก)
- โลหะทองแดงที่บริสุทธิ์ให้เป็นขั้วแคโทด (ขั้วลบ)
- ขั้วทั้งสองจุ่มในสารละลายทองแดง



ขั้วแอโนด (ขั้วบวก)

$Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

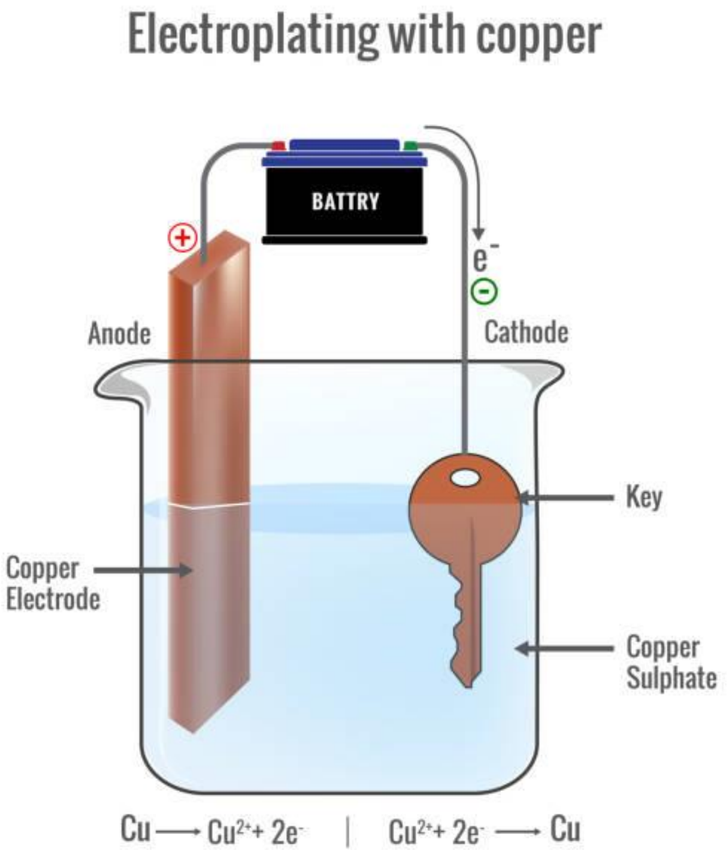
ขั้วแคโทด (ขั้วลบ)

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

โลหะ Ag, Au, Pt จะตกตะกอนเพราะมี E^o มากกว่า Cu

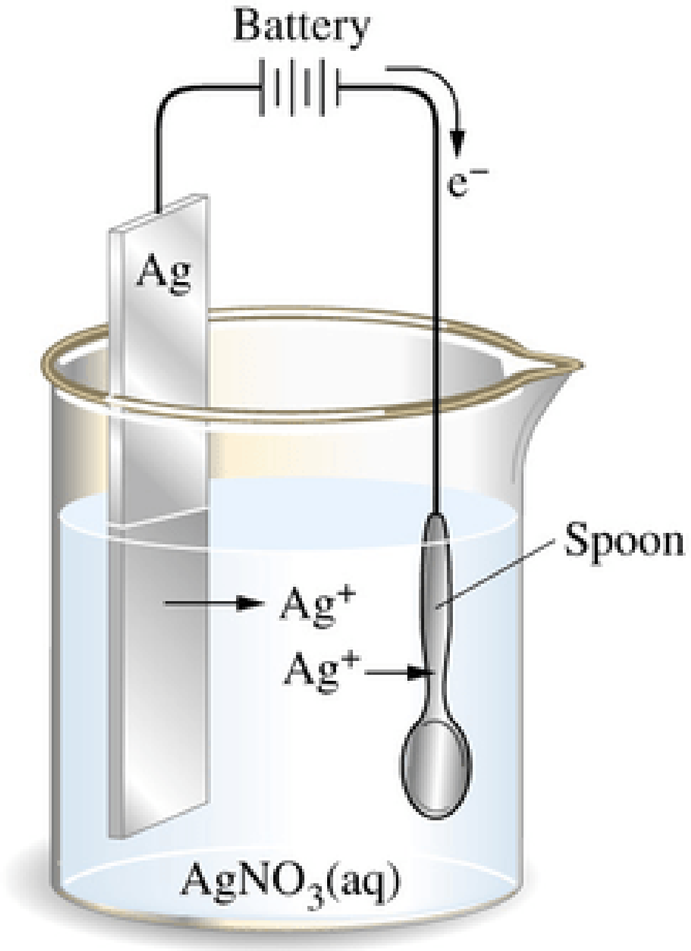
การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

- การเคลือบผิววัสดุด้วยชั้นบาง ๆ ของโลหะด้วยการใช้ไฟฟ้า
- วิธีในการตกแต่งผิวหรือกระบวนทำผิวสำเร็จ (surface finishing) ที่นิยมใช้กันมาก โดยโลหะที่ใช้เคลือบส่วนใหญ่จะเป็นโลหะทอง เงินโครเมียม ทองแดง นิกเกิล ดีบุก สังกะสี และโรเดียม



กระบวนการของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่อาศัยการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้ว โดยผ่านสารละลายซึ่งมีส่วนผสมของเกลือของโลหะที่ต้องการเคลือบ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกจะเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าของช้อนด้วยเงิน



- ช้อนจะต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ (แคโทด) จุ่มอยู่ในสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต
- ขั้วบวกของแบตเตอรี่จะต่อกับขั้วซิลเวอร์ (แอโนด) ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลายเดียวกัน
- ขั้วแอโนดจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไอออน Ag^+ จะละลายออกมาและจะถูกดึงมาหาช้อนที่เป็นขั้วลบ เมื่อรวมกับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นโลหะเงินใหม่เคลือบบาง ๆ ทั่วทั้งผิวของช้อน
- ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

  ขั้วแอโนด $Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq) + e^-$

  ขั้วแคโทด $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$

การผุกร่อนและการป้องกันการผุกร่อน

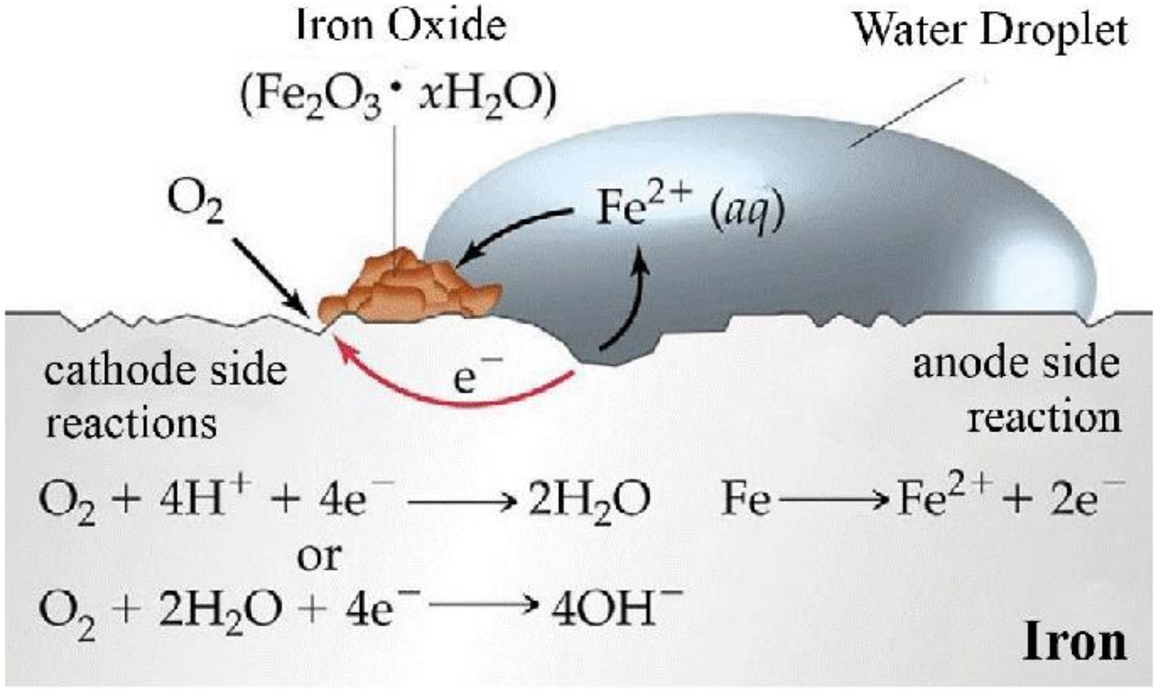
การกัดกร่อน (corrosion) คือการสูญเสียเนื้อโลหะ อันเนื่องมาจากโลหะเกิดปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม (น้ำ อากาศ ความชื้น) ซึ่งส่วนใหญ่การผุกร่อนของโลหะเป็นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

โลหะเกือบทุกชนิดสามารถเกิดออกซิเดชันได้ในอากาศที่อุณหภูมิห้อง

- การเกิดสนิมเหล็ก (iron rust)
- โลหะเงินเกิดความหมอง (tarnished silver)
- การเกิดสารสีเขียว (green patina) เคลือบบนโลหะทองแดง ทองเหลือง ทองบรอนซ์

#การเกิดสนิมเหล็ก

เป็นกระบวนการทางเคมีไฟฟ้าตามธรรมชาติ ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็กเกิดขึ้นต้องมีปัจจัยของแก๊สออกซิเจนและน้ำ (ความชื้น) เป็นองค์ประกอบรวมอยู่ด้วย



ที่พื้นผิวส่วนหนึ่งของเหล็กเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Fe เป็นแอโนด)

$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

ออกซิเจนถูกรีดิวซ์ที่ผิวอีกส่วนหนึ่งของเหล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นแคโทด เมื่อมีน้ำอยู่ด้วย ดังสมการ

$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

ปฏิกิริยารวม $2Fe(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Fe^{2+}(aq) + 4OH^-(aq)$

เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง $Fe^{2+}(aq)$ และ $OH^-(aq)$ เกิดปฏิกิริยาได้ $Fe(OH)_2(s)$

$Fe^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s)$

โดย $Fe(OH)_2(s)$ ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจนในอากาศได้เป็น $Fe(OH)_3$

$4Fe(OH)_2(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow Fe(OH)_3$

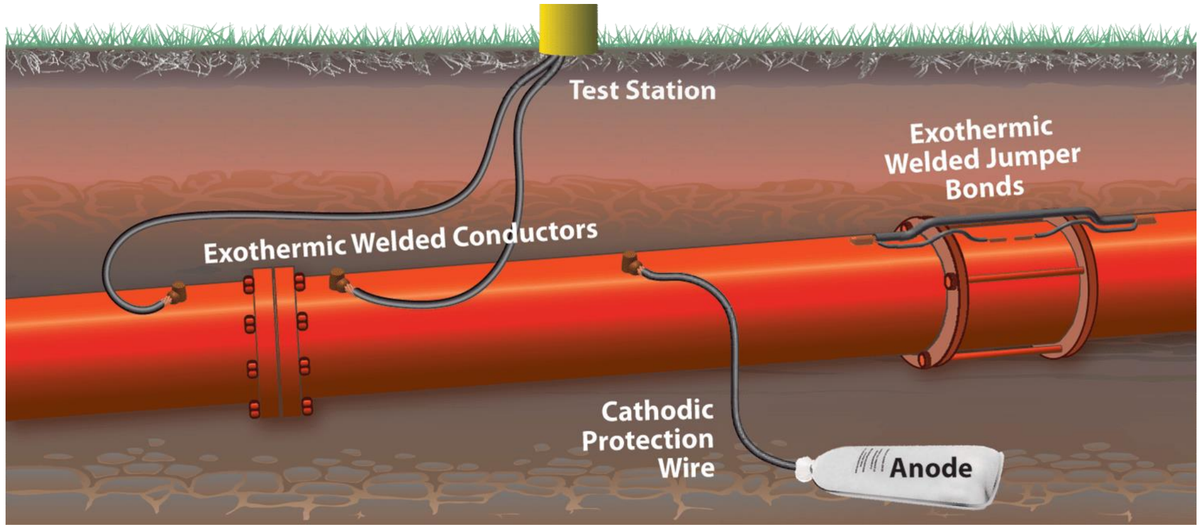
โดยที่ $Fe(OH)_3$ ที่เกิดขึ้นนี้จะเปลี่ยนเป็น Fe_2O_3 ที่มีน้ำอยู่ในผลึกอยู่ในโมเลกุล โดยมีสูตรทั่วไป คือ $Fe_2O_3 \cdot nH_2O(s)$ ที่เรียกว่าสนิมเหล็ก

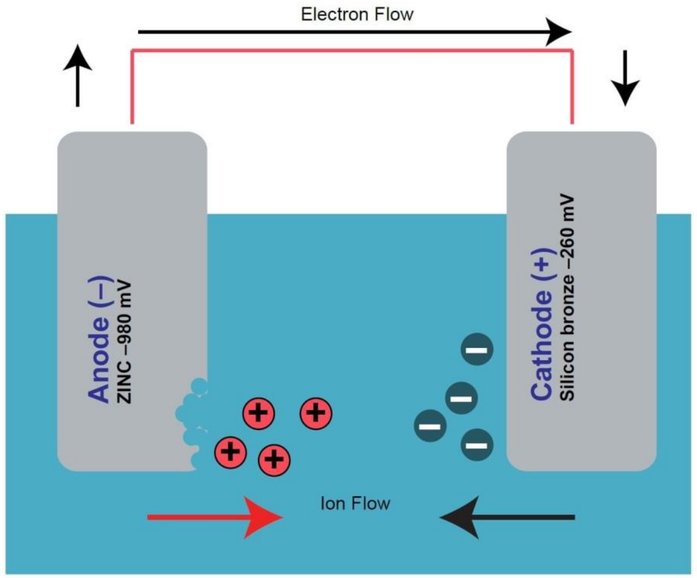
$4Fe(OH)_2(aq) + O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot 2H_2O(s) + H_2O(l)$

#การป้องกันการผุกร่อน

- การเคลือบผิวโลหะ (coat)
- การชุบเคลือบผิวเหล็กด้วยโลหะ (electroplating)
- การทำเป็นโลหะผสม โดยการนำโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาหลอมรวมกัน ทำให้ทนต่อการกัดกร่อน เช่น อัลลอยด์ (alloy)
- การรมดำ (blackening) เป็นกระบวนการการป้องกันการผุกร่อนของโลหะทางเคมีโดยใช้สารเคมีและความร้อนจากภายนอก เพื่อทำให้เกิดออกไซด์สีดำติดแน่นอยู่บนผิวชิ้นงานโลหะ โดยสีดำที่เกิดขึ้นจะมีความเข้มของสีที่แตกต่างกันไป
- วิธีการทางเคมีไฟฟ้า
  - วิธีแคโทดิก (cathodic protection)
  - วิธีแอโนดิก (anodic protection)

วิธีแคโทดิกเป็นการป้องกันการกัดกร่อนโดยนำโลหะที่มีค่า E^0 ต่ำ (ตัวรีดิวซ์ที่ดีกว่า) ไปเชื่อมต่อไว้ใกล้ ๆ กับโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม โลหะที่มีค่า E^0 ต่ำจะเป็นแอโนด และโลหะที่มีค่า E^0 สูงจะเป็นแคโทด วิธีแคโทดิกเป็นการทำให้โครงสร้างที่ต้องการป้องกันเป็นแคโทด โดยใช้วัสดุตัวอื่นซึ่งทำหน้าที่เป็นแอโนดต่อเข้ากับโลหะที่ต้องการป้องกัน เพื่อให้ผุกร่อนแทน



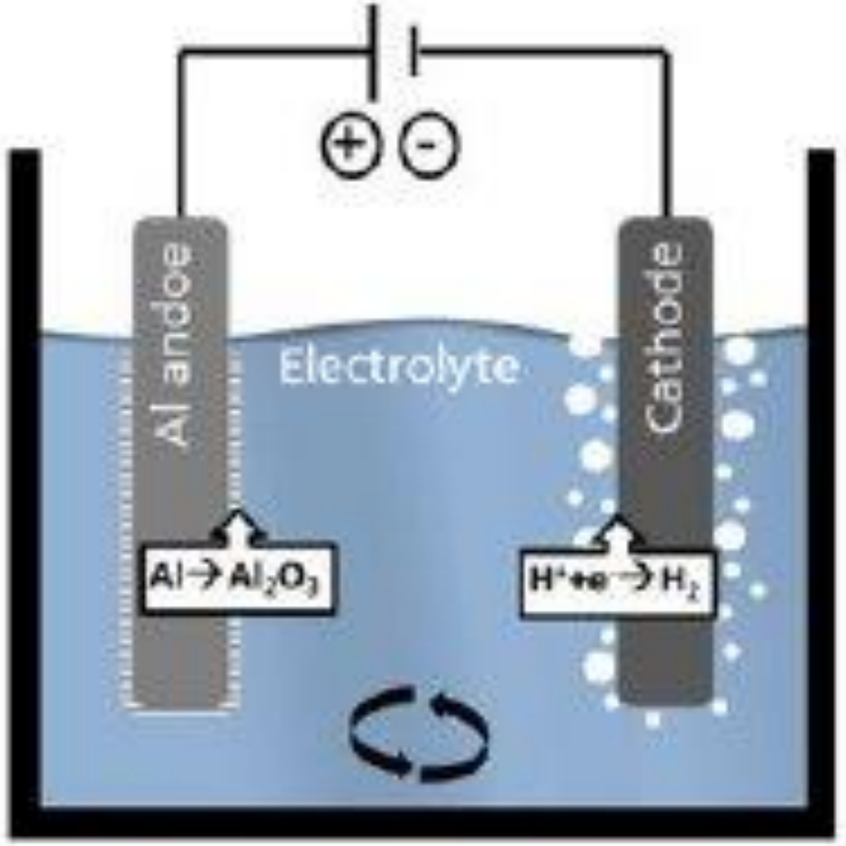


$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ $E^0 = -0.44$ V

$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(g)$ $E^0 = -2.360$ V

วิธีแอโนดิก หรือเรียกว่า วิธีแอโนไดซ์ (anodizing protection) เป็นการใช้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกทำให้โลหะที่ต้องการป้องกันการผุกร่อนสร้างชั้นฟิล์มในรูปโลหะออกไซด์ที่ผิวของโลหะ แต่วิธีนี้ซึ่งจะใช้ได้กับโลหะเพียงบางชนิด ที่มีค่า E^0 น้อยกว่า Fe เช่น

- Al (E^0=–1.66 V)
- โครเมียม (E^0=–0.74 V)
- ดีบุก (E^0=–0.141 V)
- Zn (E^0=–0.76 V)



#กิจกรรม work@class

แบ่งกลุ่มทำกิจกรรม 5.3

มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่ม
ระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการ
ร่วมแสดงความคิดเห็น

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา
1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง
2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง
3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง
โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย