



دانشگاه کاشان

گزارش کارآموزی

**بررسی باطری های ذخیره ای اسیدی و خشک**

(طراحی و ساخت)

تهیه کننده:

فاطمه رهنما ۸۱۲۶۸۱۰۱

استاد کارآموزی:

دکتر مزدیان فرد

شهریور ۸۶

# فهرست مطالب

۱..... مقدمه

۵..... شناخت منابع الکتروشیمیایی انرژی و تقسیم بندی آنها

۹..... تقسیم بندی سلها و باتریهای الکتروشیمیایی

۱۳..... باتریهای قلیایی آب بندی شده (sealed)

۱۴..... تقسیم بندی سل های بدون منفذ

۱۵..... مواد و روشهای ساخت آنها

۱۶..... مواد اولیه باتریهای قلیایی

۱۶..... مواد اولیه باتریهای تهویه ایی

۱۷..... باتریهای نیکل کادمیم

۱۸..... حمل و نقل

۱۹..... تامین برق کامپیوتر ها

۲۰..... مواد اولیه باتریهای نیکل-کادمیم

۲۰..... هیدرواکسید نیکل II

۲۱..... کادمیم اسفنجی متخلخل

۲۲..... ئیدرواکسید نیکل سل های لوله ای

۲۴..... پودر کربنیل نیکل یا نیکلی

۲۵..... باتریهای تهویه ای نیکل کادمیم با الکترودهای پاکتی

۲۵..... مکانیزم واکنش سل های نیکل -کادمیم

۲۸..... روش ساخت الکتروود مثبت

۲۹..... ساخت نوارهای مشبک فولادی با پوشش نیکل

۳۰..... الکتروود پاکتی

۳۲..... روش ساخت الکتروود منفی

۳۳..... الکتروود لوله ای

۳۳..... تهیه دسته صفحه

- ۳۴..... عایق های جداکننده
- ۳۴ ..... مخزن سل ها ، هواکش ها
- ۳۵..... جلد های فولادی
- ۳۵..... جلد های پلاستیکی
- ۳۷..... شارژ الکترودها
- ۳۸..... خصوصیات عملکرد باطریهای پاکتی – کادمیم تهویه ای

## مقدمه

سل های گالوانیک اولین منابع الکتروشیمیایی هستند که گالوانی **Galvani** در سال ۱۷۹۲ آنها را کشف کرد. بر اساس نتایجی که گالوانی بدست آورده بود، شخص دیگری به نام الکساندرو ولتا **Alessandro Volta** اولین آزمایشات خود را انجام داد و پیل باطری ولتائیک را ساخت که در واقع اولین منبع انرژی الکتروشیمیایی قابل حمل بود. ولتا همچنین اولین تئوری الکتروشیمیایی جریان را فرموله و فرضیه گالوانی را در مورد مبداء جریان الکتریسیته حیوانات رد کرد و «تئوری تماس» را فرض قرار داد. بر اساس این تئوری مبداء جریان در اثر تماس خشک یک جفت فلز مثل مس و روی به وجود می آمد. در تحقیقات و بررسیهایی که به مرور زمان انجام گرفت مشخص شد که الکترولیز (تجزیه یک الکترونیک) ناشی از اثر جریان الکتریکی بر روی الکترولیت می باشد و تولید جریان یک عمل شیمیایی است. این اصل جدید باعث شد که در مورد تئوری تماس ولتا تجدید نظر شود.

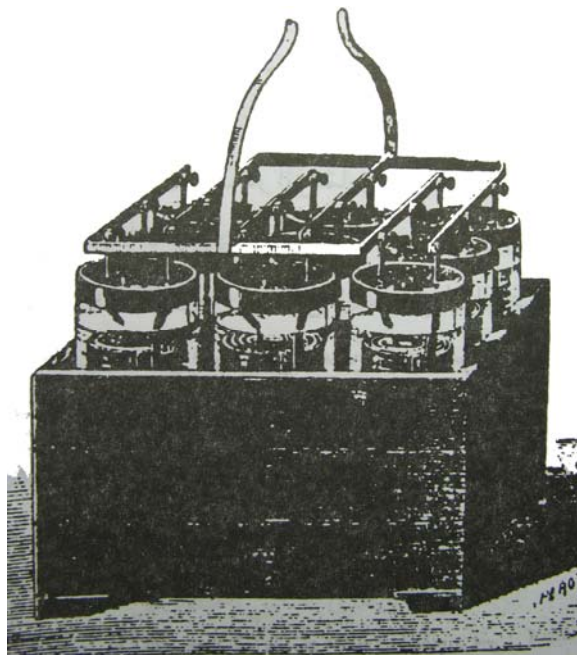
بر اساس فرضیه جدید، منابع الکتروشیمیایی جریان الکتریسیته، شامل دو الکتروود مختلف با خاصیت هدایت الکترونی هستند که در الکترولیتهایی با خاصیت هدایت یونی غوطه ور شده اند.

در سالهای ۱۸۰۲ تا ۱۸۰۵ میلادی، یوهان ویلهلم ریتر **Johann Wilhelm Ritter** مشاهده کرد که جریان الکتریکی بین دو الکتروود مشابه که در یک الکترولیک با دو غلظت متفاوت (مس/محلول کلرور سدیم/مس) قرار دارند، پلاریزاسیون ایجاد می کنند و بعد از آن منبع خارجی جریان قطع شد، قسمت پلاریزه شده جریان در جهت عکس به وجود می آورد. باطری ریتر **Ritter** در واقع نقطه شروعی برای سل های ثانویه «secondary cell» یا باطریهای ذخیره ای **storage battery** بود.

در سال ۱۸۹۳. م شخص دیگری به نام گرو **Grove** در جریان آزمایشات متوجه شد در یک سل الکتروشیمیایی دارای اسید سولفوریک، که الکترودهای پلاتینی در آن قرار گرفته اند، پس از برقراری

جریان، بر روی الکترودها گازهای هیدروژن و اکسیژن تولید می شوند و پس از قطع جریان منبع اصلی، جریان به طور معکوس برقرار می شود.

حدود پنجاه سال پس از ریتر معلوم شد که اگر با استفاده از یک منبع خارجی الکترودهای سربی را پلاریزه کنند، وسیله موثری برای ذخیره انرژی حاصل خواهد شد در نتیجه، در سال ۱۸۵۹ میلادی، شخصی به نام گاستون پلانته **Gaston plante** اولین باطری قابل شارژ و قابل استفاده را ساخت (شکل ۱).



شکل ۱: اولین باطری ذخیره‌ای اسید-سربی پلانته

وی نوارهای طویل ورق سربی و لایه های میانی پارچه ضخیم و یا پشمی را به صورت لوله ای پیچیده و در محلول اسید سولفوریک ۱۰٪ قرار داد. او پس از بررسیهای زیاد، در سال ۱۸۶۸ متوجه شد که میزان بازدهی انرژی باطری او بیش از میزان انرژی دهی باطریهای اولیه است.

در سال ۱۸۹۰ میلادی، توماس آلوا ادیسون **Tomas Alva Edison** در آمریکا، و همزمان با او وادرن جانگنز **Waldemar Jungner** در سوئد، باطریهای قلیایی با الکترولیت هیدرواکسید نیکل استفاده کردند. ولیکن، برای الکتروده منفی، ادیسون از آهن و جانگنز از کادمیم استفاده کردند. چند سال بعد، یاردنی در آمریکا ساختمان باطریهای قلیایی را بهبود بخشید.

گسترش سریع صنایع باتری سازی نیکل-آهن-کادمیم در آغاز قرن جدید سبب شد که تکنولوژی ساخت باتریهای نقره ای با سرعت کمتری رشد کند.

به طور کلی روشهای ساخت و مواد اولیه باتریها که در حال حاضر در بیشتر موارد به کار می رود. در آن زمان به دلایل فنی و اقتصادی مورد استفاده قرار نمی گرفتند. در آن زمان از جوشکاری و زنیترینگ خبری نبود و هنوز تشخیص مواد به وسیله اشعه X و وسایل کریستالوگرافی رایج نشده بود.

چند سال بعد یاردنی yardney در امریکا باتری قلبیایی روی /نقره را به بازار عرضه کرد که موارد استفاده خاصی داشت و نسبت انرژی الکتریکی آن به واحد وزن بالا بود تنها عیب این باتریها، گرانیقیمت بودن آنها بود.

در ۱۹۱۲ و همگام با توسعه باتریهای نیکل/آهن با جلد های فولادی، ادیسون موفق شد باتری بدون منفذی را که تحت شرایط معینی کار می کرد تهیه کند. اصول کار این باتری بر اساس ترکیب مجدد هیدروژن و اکسیژنی بود که در هنگام شارژ باتری به وجود می آمدند. این گازها در تمام سل های قابل شارژ تولید می شوند. او برای این کار از یک سیم پلاتینی گرم شده که می توانست گازهای تولید شده را مجدداً با یکدیگر ترکیب کرد و آب به وجود بیاورد استفاده کرد. این نوع سل ها به علت بالا بودن قیمت پلاتین، چندان مورد استقبال قرار نگرفته اند. باتریهای بدون منفذ (sealed) کاملاً مسدود هستند و می توانند در هر شرایطی شارژ و دشارژ شوند و نیازی به تعمیر ندارند. در سال ۱۹۳۳ م. دیگر محققین کشف کردند که اگر سطح الکتروود به اندازه کافی بزرگ باشد اکسیژن و هیدروژن می توانند به طریقه الکتروشیمیایی روی آنها بنشینند. در سال ۱۹۴۷ و ۱۹۵۱ نیز شخص دیگری به نام جورج نیومن Jeorj Neumann توانست با روش فوق یک سل بدون منفذ که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه هم باشد بسازد.

نیازمندی های جدید منجر به توسعه تکنولوژی ساخت باتریها گردید و نیاز به افزایش دانستیه انرژی و سرعت بالا، سبب شد که در سال ۱۹۵۶ سل های خشک با صفحات پرس شده ساخته شوند. در همان سال سل های دگمه ایی مخصوص ساعت نیز به بازار آمد. در سال ۱۹۵۸ و ۱۹۵۹ میلادی که ساخت

سل های دگمه ای رو به افزایش بود (سری DKZ با سرعت تخلیه زیاد) اولین سل نیکل-کادمیم بدون منفذ با الکترودهای زینتر شده اختراع شد. از اوائل سال ۱۹۶۰ به بعد باطریهای روی-اکسید نقره کاربردهای تازه تری یافتند و در وسائل نظامی تحقیقاتی و فضایی و غیره و.. به کار رفتند که سال ۱۹۶۲ به حد مطلوبی رسیدند.

از سال ۱۹۷۶ میلادی ساخت سل های زینتر شده با سرعت تخلیه زیاد RSH گسترش یافت و امروزه این باطریها در زمینه های مختلفی همچون سمعک، ماشین حساب، هواپیما، ساعت، روشنایی اضطراری، وسائل اعلام خطر، تلفن ها، مخابرات و وسائل پزشکی و غیره.. کاربرد دارند.

## شناخت منابع الکتروشیمیایی انرژی و تقسیم بندی آنها

### تعریف

به طور کلی برای تولید روشهای گوناگونی وجود دارد، که در میان آنها الکتروموتور مولد برق صنایع و منازل و سل های الکتروشیمیایی، باطری را می توان نام برد. باطری وسیله ایست که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند و اساس کار آنها بر پایه مواد فعال مثبت و منفی است. در طبیعت، مواد فعال و منابع انرژی زای مختلفی وجود دارد که به ازاء واحد وزن، انرژیهای متفاوتی تولید می کنند. جدول ۱ تقسیم بندی این منابع را در طبیعت نشان می دهد.

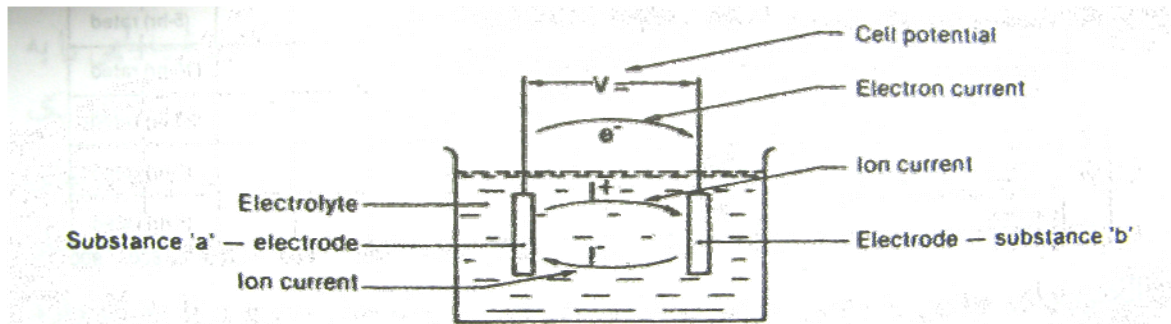
جدول ۱ دانسیته انرژی منابع مختلف تولید انرژی Wh/kg

$10^{10}$	$1,2 \times 10^{10}$ Fast breeder reactors
$10^9$	
$10^8$	$1,7 \times 10^8$ Uranium-235
$10^7$	
$10^6$	
$10^5$	
$10^4$	$3,3 \times 10^4$ Hydrogen $1,3 \times 10^4$ Petrol/Gasoline
$10^3$	$8,5 \times 10^3$ Coal
$10^2$	$3,8 \times 10^2$ } Primary and Secondary Cells
$10^1$	
$10^0$	
0	

هر گاه مواد فعال غیر سوختی را در محیط الکترولیتی قرار دهند، هدایت الکترونیکی برقرار خواهد شد. اگر مواد فعال فقط برای یک بار مصرف شوند و امکان احیای مجدد آنها از طریق جریان الکتریکی نباشد آن باطری را باطری اولیه primary Batterys می نامند. باطریهای اولیه در شکلها و ظرفیت های مختلف وجود دارند.



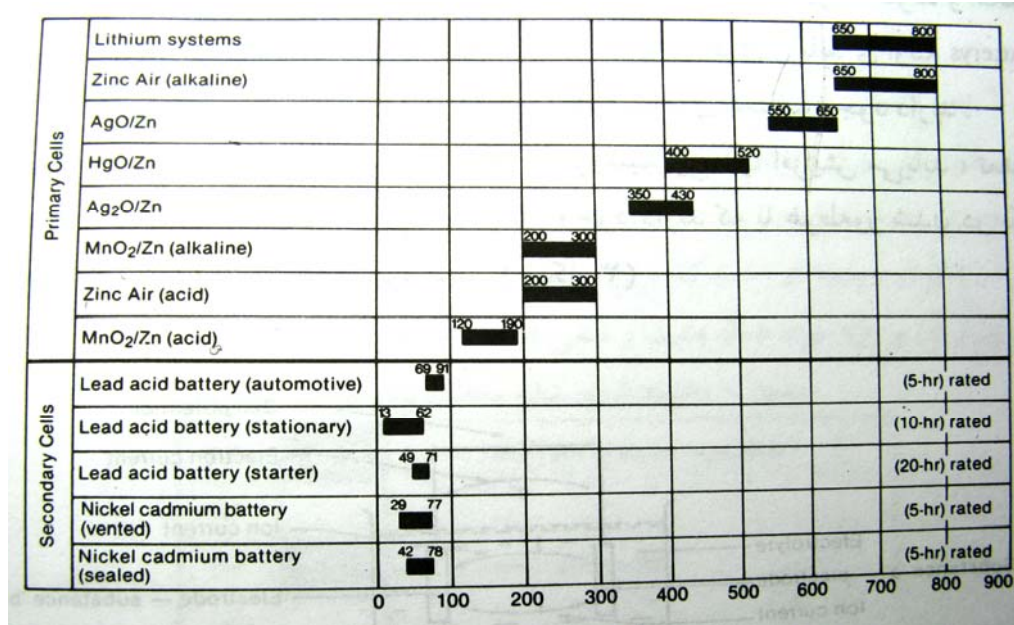
بر اساس سری عناصری که ولتاژهای الکتروشیمیایی آنها افزایش می یابد، تعداد زیادی زوج فلزی یا اکسید فلزی الکتریکی وجود دارند که با غوطه ور شدن در یک الکترولیت می توانند انرژی ذخیره کنند (شکل ۲).



شکل ۳: قسمتهایی از یک سل الکتروشیمیایی

در طول عمر سل، مواد مصرفی الکترودهای a و b (فلزات و اکسید فلزات) دچار تغییرات شیمیایی می شوند. این تغییرات در شارژ و دشارژ مواد فعال شده اثر گذاشته و مقدار جریان الکتریسیته عبوری را تغییر می دهد. در نتیجه مقدار کل انرژی لازم را می توان از روی تغییرات شیمیایی مواد فعال الکترودها محاسبه کرد.

در عمل به جز چند مورد، زوج های فلزی الکتریکی دارای پتانسیل پایینی هستند و رفتار نا پیوسته ای از خود نشان می دهند. در عین حال تولید آنها پر هزینه است و یا اینکه روش مناسبی برای تولید آنها به دست نیامده است. یکی از مهمترین خصوصیات سل های الکتروشیمی، انرژی قابل استفاده (ظرفیت) آنها بر حسب آمپر ساعت (AH) است. سایر مشخصات آنها عبارتست از شدت جریان همراه با بار الکتریکی، قدرت الکتریکی در واحد وزن یا حجم و غیره. در مورد سل های ثانویه و یا قابل شارژ نیز میزان برگشت پذیری واکنشها مهم است. شکل ۳ دانسیته انرژی سل ها را در واحد حجم یا وزن نشان می دهند. علاوه بر خصوصیات ذکر شده، عوامل مهم دیگری از قبیل درجه حرارت، استحکام مکانیکی، نیرو... نیز وجود دارند.



شکل ۳: دانسیته انرژی باطری های اولیه و ثانویه بر حسب Wh/L

واکنشهای انجام شده هنگام شارژ و دشارژ در داخل یک سل الکتروشیمیایی را به راههای مختلف بیان می کنند. به طور کلی تغییر ظرفیت اتمها، مولکولها و یا یونهای یک زوج الکتروود سبب جذب یا دفع الکترونها می شود. که خود منجر به واکنش شیمیایی می شود. بار الکترونها جذب یا دفعی از طریق مدار خارجی از یک سل خارج و یا به آن وارد می شوند. تحولات فوق را می توان با فرمولهای زیر به طور خلاصه نشان داد. البته به علت وجود مواد اضافی دیگر و یا ناخالصیهای موجود، واکنشهای فرعی دیگری وجود دارد که در بخشهای مربوط به هر نوع سل یا باطری توضیح داده خواهد شد.

فرمول پروفیسور اگست وینسل و دکتر دیتیریش بندت برای پتانسیل برگشت پذیر یک سل الکتروشیمیایی :

$$V_o = -\frac{\Delta G}{Z.F}$$

فرمول نرنست در مورد غلظت که به رابطه استاندارد E.M.F معروف است:

$$V_o = V_{os} - \frac{RT}{ZF} = \sum V_i \ln a_i$$

=Vos = پتانسیل تعادلی سل برای تمامی مواد فعال

ai = فعالیت زوج هایی که می توانند واکنش انجام دهند.

Vi = نسبت های شیمی فضایی

T = درجه حرارت مطلق

R = ثابت مولکولی گاز

برای تعیین ظرفیت های سل های ذخیره ای الکتروشیمی

$$C = \int_{t=0}^{t=t_E} I(t) dt$$

C = ظرفیت

I = جریان الکتریکی تخلیه

t = زمان تخلیه

t<sub>g</sub> = زمان رسیدن به ولتاژ نهایی تخلیه

از لحاظ تئوری، امکانات متعددی در رابطه با ساخت سل های الکتروشیمیایی و ترکیب عناصر مختلف وجود دارد. اکثر این ترکیبات کاربردهای عملی دارند ولی مشکلات مربوط به تعداد کمی از آنها حل شده و منابع تغذیه مفیدی به وجود آمده اند. شکل ۴ تعدادی از زوج های گالوانیک را که از لحاظ تئوری دارای واکنش های انجام پذیر هستند نشان می دهد. در مورد این واکنشها تحقیقات زیادی انجام گرفته، اما در حال حاضر تنها معدودی از آنها از لحاظ تکنیکی، اقتصادی و امکان تولید صنعتی، قابل استفاده هستند. زوج های فلزی الکتریکی قابل استفاده به قرار ذیل هستند:

سرب/اسید      باتریهای

نیکل / آهن      باتریهای

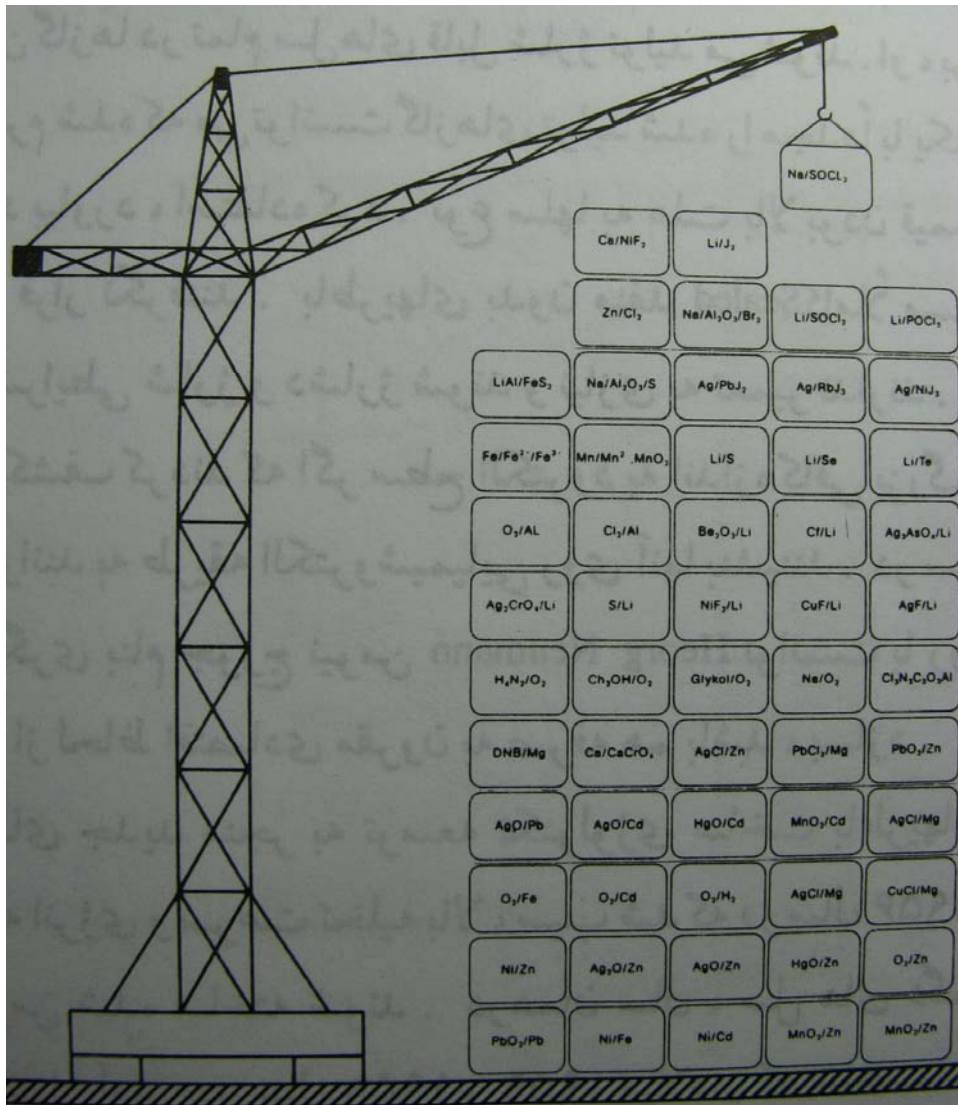
نیکل / کادمیم      باتریهای

دی اکسید منگنز      سل های

اکسید نقره      سل های

سل های اکسید جیوه

سل های لیتیوم



شکل ۴

## تقسیم بندی سلها و باطریهای الکتروشیمیایی

همانطور که گفته شد، سل های الکتروشیمیایی به دو دسته اصلی، سل های اولیه و سل های ثانویه، تقسیم می شوند. در سل های اولیه، که به آنها باطریهای خشک نیز گفته می شود، واکنش های الکتروشیمیایی غیر قابل برگشت هستند و قابل شارژ مجدد نیستند ولی سل های ثانویه واکنشهای

الکتروشیمیایی قابل برگشت داشته و می توان آنها را مجدداً شارژ کرد. بعضی از انواع سل های ثانویه را می توان صد ها و حتی هزاران بار شارژ و دشارژ کرد. هر دو گروه باطری خواص کلی ذیل را دارا هستند:

- وسائل ذخیره انرژی اند.

- مبدل های انرژی (انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی) هستند.

سومین گروه سل های الکتروشیمی، سل های سوختی هستند که قادر به ذخیره انرژی نبوده و تنها می توانند انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. مثلاً برای کارکرد یک سل سوختی در درجه حرارت اتاق، باید گازهای مورد نیاز واکنش (هیدروژن و اکسیژن) از طریق ظرفهای ذخیره ای تحت فشار پیوسته تامین شود.

نوع دیگری از منابع انرژی، هیبردها می باشند که از اکسیژن استفاده و به صورت سل های نیم اولیه و نیم سوختی عمل می کنند.

### جدول ۱ تقسیم بندی باطریها بر اساس اندازه

Type	Energy	Applications
Miniature batteries	100 mWh–2 Wh	Electric watches, calculators, implanted medical devices
Batteries for portable equipment	2 Wh–100 Wh	Flash-lights, toys, power tools, portable radio and television
SLI batteries (starting, lighting and ignition)	100–600 Wh	Cars, trucks, buses, tractors, Lawn mower traction
Vehicle traction batteries	20–630 kWh (3 MWh)	Fork-lift trucks, milk-floats, locomotives (Submarines)
Stationary batteries	250 Wh–5 MWh	Emergency power supplies, local energy storage, remote relay stations
Load levelling batteries	5–100 MWh	Spinning reserve, peak shaving, load levelling

مهمترین باطریهای اولیه و باطریهای ثانویه (ذخیره ای) به قرار ذیل هستند:

### باطریهای اولیه

باطریهای سیلندری لکانشه

باطریهای سیلندری منگنزی

باطریهای سیلندری لکانشه مکعب مستطیلی

باطریهای دگمه ای روی-هوا باطریهای دگمه ای منگنزی

باطریهای دگمه ای روی-اکسید جیوه

باطریهای دگمه ای لیتیم

باطریهای سیلندری جیوه ای

باطریهای ذخیره ای (ثانویه)

باطریهای اسید-سربی (استار تی-ساکن -sli)

### باطریهای قلیایی

-باطریهای نیکل/کادمیم تهویه ای با الکترودهای پاکتی

-باطریهای نیکل/کادمیم بدون منفذ با الکترودهای پاکتی

-باطریهای نیکل/کادمیم تهویه ای با الکترودهای زینتر شده

-باطریهای نیکل/کادمیم بدون منفذ با الکترودهای زینتر شده

-باطریهای نیکل/کادمیم بدون منفذ دگمه ای

باطریهای نیکل/آهن

باطریهای روی/نقره

باطریهای نقره/کادمیم

باطریهای روی/نیکل

باطریهای برای کارکرد در درجه حرارت بالا

باطریهای و یا سل های حرارتی که به وسیله حرارت معینی شروع بکار می کنند و انرژی الکتریکی می دهند.

سلهای لیتیم/کلر

سل های لیتیم/کلرو الومینیوم

سل های لیتیم/گوگرد

سل های آلیاژ لیتیم/سولفور فلزی

سل های گوگرد/سدیم

سل های سدیم/تری کلرور آنتیموان

سلهای با الکترولیت ذوب شونده و جامد

### سلهای با الکتریک جامد در درجه حرارت اطاق

کانداکتورهای یونی نقره

کانداکتورهای یونی مس

کانداکتورهای پروتون

کانداکتورهای یونی سدیم

کانداکتورهای یونی فلوئور

کانداکتورهای یونی لیتیم



شکل ۶: سل دگمه ای، سیلندری و مکعب مستطیل

### باطریهای قلیایی آب بندی شده (sealed)

مزایای سلهای قابل شارژی که کاملاً آب بندی شده باشند، مدت‌ها مورد توجه تولید کنندگان قرار داشت. در سیستم آب بندی شده، الکترولیت نشت نکرده و گازی از آن متصاعد نمی‌شود. در ضمن نیازی به افزودن آب نداشته و می‌تواند در هر موقعیتی کار کند. مهمترین مشکلی که در طراحی این گونه باطریها وجود دارد، حذف گازهای تولیدی به هنگام شارژ است.

ادیسون اولین کسی بود که در ۱۹۱۲ سیستمهای بدون منفذ را ارائه کرد. وی با استفاده از یک سیم پلاتینی داغ که در داخل سل قرار داده بود گازهای اکسیژن و هیدروژن تولید شده در هنگام شارژ را با یکدیگر ترکیب کرد. از آن زمان به بعد طرحهای مختلف دیگری هم ارائه شد تا اینکه در سال ۱۹۵۰ بررسیهای اصلی آغاز گردید.

اصولی که در طراحی این گونه باطریها مورد توجه قرار می‌گیرد به طور خلاصه به قرار زیر است:



۱- بار منفی الکترودها بیش از حد معمول است، به طوری که قبل از شارژ کامل الکترودهای منفی، الکترودهای مثبت شارژ و اکسیژن تولید می شود. سپس اکسیژن حاصله بلافاصله الکتروود منفی را احیاء نموده و بدین ترتیب الکتروود منفی با همان سرعتی که شارژ می شود با همان سرعت نیز بطور همزمان تخلیه می گردد. بنابر این الکتروود منفی تا زمانیکه هیدروژن تولید نشود هیچگاه کاملاً شارژ نمی شود.

۲- برای اینکه اکسیژن بتواند براحتی از صفحه منفی برود مقدار الکتروولیت کمتری مصرف می گردد.

۳- تخلخل عایق ها باید به گونه ای باشد که گاز اکسیژن را از خود عبور دهد (البته این نوع عایق ها در سل های نقره بکار نمی روند)

۴- برای کاهش گازهای تولید شده، از مواد غیر قطبی antipolar استفاده می کنند. این مواد برای خمیرهایی که دارای بار مثبت اند ترکیبات کادمیم و روی و برای خمیرهای منفی شامل نیکل یا نقره می باشد.

۵- طراحی درب هواکش ایمنی این سلولها به نحوی است که تنها با افزایش فشار داخلی (بیش از فشار در شرایط عادی در پیچه باز می شود)

در سال ۱۹۵۰ با تولید سلهای نیکل-کادمیم سلهای بدون منفذ نیز تولید شدند و تولید سلهای روی-نقره و نقره-کادمیم گسترش یافت. در همین سال تولید سل های کوچک بدون منفذ از نوع روی-دی اکسید منگنز نیز آغاز شد.

### تقسیم بندی سل های بدون منفذ

سل های قلیایی برحسب استاندارد (IEC) در سه شکل متفاوت مکعب، استوانه ایی (سیلندری) و دگمه ای به بازار عرضه می شوند بر حسب نوع سل این الکترودها می توانند بصورت زینترینگ و یا پاکتی باشند. در حال حاضر بر اساس استاندارد (IEC) شش سیستم S مشخص شده که هر یک در جای خود مورد بحث قرار خواهد گرفت. فقط سیستم باطریهای لکانشه  $ZnCl_2/Zn, MnO_2/NH_4Cl$  در این میان استثناء هستند.

## مواد و روشهای ساخت آنها

### مقدمه

بیش از ۶۰ سال است که باتریهای ذخیره ای قلیایی به عنوان کالا به بازار عرضه شده اند طی این مدت روشهای ساخت و مواد تشکیل دهنده باتریها که زمانی به خاطر دلایل تجاری و تکنیکی مورد استفاده عملی قرار نمی گرفتند و همچنین تهیه ترکیبات جدید، به تدریج کاربردهای بسیاری را برای آنها فراهم شد. هنگامیکه اولین باتری قلیایی ساخته می شد از روشهای زینترینگ و جوشکاری خبری نبود و بدلیل گرانبیمن نقره، برای تهیه ترکیبات فعال از آن استفاده نمی شد. هنوز دستگاه کریستالوگرافی اشعه X به منظور تشخیص مواد کشف نشده و شیمی پلیمرهای مصنوعی هنوز ناشناخته بود. در نتیجه در آن زمان روشهای ساخت بر اساس وسایل مکانیکی اتصال قطعات استوار بود.

به مرور زمان با کوشش تکنولوژیست ها و پیشرفت علوم جدید، روشهای مناسب تری برای ساخت و تولید مواد جدید عرضه شد و صنعت باتری های ذخیره ای قلیایی نه تنها در مونتاژ قطعات بلکه در طبیعت شیمیایی و فیزیکی ترکیبات فعال به سرعت گسترش یافت. این موضوع در روشهای شناخت مواد نیز تاثیر گذاشت. در حال حاضر مهندسی باتری را می توان مجموعه ای از رشته های برق، انتقال حرارت، متالوژی پودر، الکتروشیمی و مهندسی شیمی (الکتروپدینامیک جریان الکترولیک ها و غیره. ...) در نظر گرفت.

با توجه به این تغییرات ملاحظه می شود که از نیمه دوم قرن گذشته به این طرف، صنعت باتری سازی از یک کار هنری به دانشی پیچیده تبدیل شده است و در مواد و روشهای ساخت آنها تغییرات چشمگیری حاصل آمده است.

## مواد اولیه باطریهای قلیایی

### مواد اولیه باطریهای تهویه ایی

بطور کلی در ساخت الکترودهای باطریهای قلیایی دو نوع ترکیبات فلزی بکار می رود. یکی نگاهدارنده هایی که می توانند ترکیبات فعال را در روی خود نگاهدارند (شبکه ها) و همزمان خاصیت هدایت الکتریکی ترکیبات فعال را افزایش می دهند. این ترکیبات همیشه به صورت شبکه هایی از صفحات مشبک، توریهای بافته شده و غیره.. از فلزاتی همچون نیکل، نقره، آهن یا مس تشکیل می شوند در میان غیر فلزات فقط کربن (گرافیک) است که دارای همین خواص است.

مواد فوق همچون آهن امکان دارند به شکلهای دیگر دارای فعالیت های الکتروشیمیایی باشند ولیکن در کاربردهای فوق (نگاهدارنده ها) به صورت ماده ایی با وسعت سطح سطح کم که در الکترولیت غیر فعال هستند عمل می کنند. این مواد در اشکال مختلف دارای هدایت گرمایی و الکتریکی خوبی هستند بعضی نظیر نقره اگر چه گرانبه بوده و از لحاظ اقتصادی به صرفه نیستند و لیکن برای بعضی از باطریهای مخصوص مناسب بوده و کارایی دارند.

فلزات، اکسیدهای فلزی و سایر ترکیبات فلزی از دیگر مواد اولیه ای هستند که در اشکال مختلف (پودر، خمیر و غیره و...) به لحاظ الکتروشیمیایی فعال می باشند. عموماً ترکیبات استوکیومتریکی فلزات، هدایت الکتریکی کمتری دارند. مواد مصرفی در میان کریستالی الکترودهای مثبت هدایت الکتریکی برقرار می کند. به طور کلی هدایت الکتریکی ترکیباتی که دارای ساختمان منظمی هستند نسبت به مواد بی شکل کمتر است. در این میان فقط اکسید نقره استثناء است که با دارا بودن ساختمان کریستالی منظم از هدایت الکتریکی خوب تهیه نمود. در الکترودهایی که اکسید آنها از هدایت الکتریکی پایینی برخوردار است برای افزایش هدایت الکتریکی از مواد اضافی استفاده می کنند. مثلاً در سل های نیکل-آهن برای حفظ ظرفیت بالای الکترودهای مثبت هیدرواکسید لیتیم اضافه می شود.

در ساخت باطریهای قلیایی از پلیمرها نیز استفاده های گوناگونی به عمل می آید. این مواد را در ساخت جلد سل ها و باطریها، در پوش ها، واشرها فعايق های جداکننده و غیره و.. به کار می برند.

## باطریهای نیکل کادمیم

### تعریف

امروزه در میان تمام زوجهای قلیایی شناخته شده، بهترین واکنشها در سل های نیکل کادمیم صورت می گیرد. دلیل این مطلب تنها اقتصادی بودن سل های نیکل کادمیم نیست. بلکه علاوه بر کاربردهای بسیار زیاد واکنش های جالبی در آنها به وقوع می پیوندند که دانشمندان مجبورند بررسی های عمیق تری در مورد آنها انجام دهند.

سل های نیکل کادمیم همانند سل های گالوانیک از قسمت های زیر تشکیل شده اند.

-الکترودهای ذخیره انرژی مثبت و منفی

-الکترولیت

-جداکننده ها و عایق های بین الکترودها

-جلد سل یا باطری

ساختمان اساسی الکترودها، عایق ها و نوع الکترولیت در انواع سل های نیکل کادمیم تهویه ای و بدون منفذ یکسان هستند.

باطریهای نیکل به سه دسته کلی بدون منفذ، تهویه ای و نیمه تهویه ای (هواپیمایی) تقسیم می شوند.

الف) سل های نیکل کادمیم بدون منفذ: طراحی این سل ها به گونه ای است که هنگام کار کردن در شرایط معمولی، گاز به بیرون نشت نمی کند و در نتیجه نیازی به تعمیر ندارد اکثر اینگونه سل ها دارای سوپاپ اطمینانی هستند که در هنگام بد عمل کردن خود به خود بکار می افتند. این سلها سبک و کوچک بوده و قادرند تا ۲۰۰۰ بار شارژ و دشارژ شوند. استفاده از آنها آسان بوده و بیشتر آنها را می توان به سرعت شارژ نمود (در چندین دقیقه).

ب) سل های نیکل کادمیم تهویه ای: این سلها در فشار اتمسفر و یا نزدیک به آن کار می کنند و سطح الکترولیت در آنها باید به طور منظم مورد بازدید قرار گیرد. این سلها معمولاً برای استارت زدن و یا مولد های برق ساکن بکار می روند.

ج- سل های نیکل کادمیم نیمه تهویه ای (هواپیمایی): این گونه سل ها که دارای انرژی زیاد هستند در باطری کشتی ها، هواپیماهای مسافربری و جنگی و هلی کوپترها و مشخصاً در موتورهای فشار قوی محرکه یا تولید برق اضطراری دریانوردی به کار می روند. بعضی از کاربردهای ویژه باطریهای نیکل کادمیم عبارتند از:

### حمل و نقل

۱- راه آهن: واگن ها، قطارهای شهری و بین شهری، روشنایی، تهویه مطبوع، braking، لوکوموتیوها ف ماشین های برقی روی ریل، کنترلر ها، تاسیسات کشتی رانی، لوکوموتیو های دیزلی یا توربینی استارت، تجهیزات کشتی. در سراسر دنیا اکثر خطوط راه آهن و شبکه های حمل و نقل حومه شهری از باطری های نیکل کادمیم ساکن استفاده می کنند.

۲- کشتی های بازرگانی: (کشتی های مسافربری و حمل و نقل): فرستنده ها و گیرنده های رادیویی، روشنایی روی کشتی، روشنایی سوار شدن کشتی، چراغهای فرار، تلفن ها وسایل خطر، رادار و دستگاه کشف زیر دریایی برای تامین کنترل از راه دور، تاسیسات مربوط به موتورها و ژنراتورها، استارت موتورهای دیزلی برق اضطراری. (کشتی های نفتی) برای انتقال و حمل و نقل محصولات نفتی شامل سکو های نفتی، برق اضطراری پمپها، استارت موتورهای آتش، سیستم های مخابراتی و هدایت.

۳- جاده ها و ماشین رو: کنترل وسائل نقلیه، دستگاه های ثبات برای وسائل نقلیه روشنایی تونل ها و مخابرات خارج شهری.

۴- صنایع: باتریهای نیکل کادمیم جهت تامین برق در هنگام خرابی های کلی، و در مواقع اضطراری برای تولید شدت جریانهای تخلیه زیاد در مدت زمان کم بکار می روند ضمناً موارد ذیل را نیز می توان مورد توجه قرار داد.

### تامین برق کامپیوترها

-تامین دستگاه های کنترل از راه دور و عمل تابلو برق  
- استارت موتورهای دیزلی و کمکی  
- تامین برق تجهیزات کنترل فرآیند.تامین برق اضطراری سوپاپ ها پمپ های روغن روغنکاری،کنترل و اندازه گیری، تجهیزات.  
- تامین برق وسائل الکتریکی و الکترو مکانیکی قابل حمل نظیر وسائل اندازه گیری، بی سیم ها، ثبات های ویدئو و ابزار بی سیم.  
صنایع بسیار اتوماتیک نظیر صنایع فولاد و پتروشیمی از تعداد بسیاری مولد برق اضطراری و وسائل انتقال توزیع برق استفاده می کنند که در آن ها باتریهای نیکل کادمیم بکار رفته.

۵- ساختمان : در ساختمانها و موارد مشابه در صورت بروز خرابی باتریهای نیکل کادمیم قابل شارژ و واحد های شارژ باطری بکار می روند که می توانند سیستمک های اعلام خطر، تلفن ها، استارت ژنراتورها، مخابرات محلی و دربهای اتوماتیک ساختمان را بکار انداخته و روشنایی اضطراری را تامین نمایند.

۶- نظامی: در نیروی زمینی، کشتی های جنگی، زیر دریایی ها برای تامین برق ابزار ردیابی و هدف یابی و مهمات جنگی، تهویه مطبوع و روشنایی اضطراری، باتریهای نیکل کادمیم به کار می روند. در وسائل نظامی، تجهیزات مخابرات رادیویی نقش مهمی را بازی می کنند و در نتیجه باتریهایی که در آنها بکار می روند باید سریعاً شارژ گردند تا علائم به سرعت خوانده شوند. از

دیگر کاربردهای نظامی باتریهای نیکل کادمیم رادارها، موشکها، راکتها، سیستم های هدف یابی و شلیک، استارت وسائل نقلیه سنگین و زمینی را می توان نام برد.

۷- هواپیمایی/ هوافضا: در سراسر دنیا بیش از صدها خط هوایی و صدها جت از باتریهای نیکل کادمیم استفاده می کنند. سایر موارد استفاده در هلی کوپترها، قمرهای مصنوعی می باشند.

## مواد اولیه باتریهای نیکل-کادمیم

در این بخش فقط به ذکر بعضی از مهمترین ترکیبات فعال مصرفی در ساخت باتریهای نیکل کادمیم اکتفا می گردد.

### هیدرواکسید نیکل II

برای تهیه هیدرواکسید نیکل مورد نیاز الکترودهای مثبت سلهای نیکل-کادمیم مراحل زیر انجام می شوند.

۱- ابتدا کریستالهای سولفات را در آب حل می کنند تا محلول یکنواختی بدست آید در صورتیکه سولفات نیکل وجود نداشته باشد پودر نیکل را در اسید سولفوریک حل می نمایند.

۲- پس از آماده شدن محلول سولفات نیکل، سولفات کبالت را به نسبت وزنی ۲۰/۱ و ۱۰۰/۱ (Ni/Co) اضافه می کنند. افزایش کبالت برای بالا بردن ظرفیت و طول عمر ترکیبات فعال الکترودهای مثبت است. بعضی از سازندگان معتقدند که افزایش کبالت احتمال ایجاد اتصال کوتاه را نیز افزایش می دهد، در نتیجه به جای آن از باریم که اثری مشابه دارد استفاده می کنند.

۳- محلول سولفات نیکل فوق را پس از گرم کردن وارد محلول داغ هیدرواکسید سدیم می نمایند. پس از انجام واکنش، رسوبات هیدرواکسید نیکل II ظاهر می شود در این مرحله ممکن است پودر گرافیت هم افزوده شود.

- ۴- لجن حاصل را پس از صاف کردن و پرس و شستشو با آب مجدداً از صافیهای پرسی عبور دهند و سپس در ۸۰ تا ۱۳۰ °C آن ها را خشک می کنند.
- ۵- مواد حاصل را در یک صافی تحت خلاء مجدداً با آب می شویند تا یونهای سدیم و سولفات جدا شوند. در پایان مجدداً در ۸۰ تا ۱۳۰ °C محصول را خشک می کنند.
- ۶- هیدرو اکسید نیکل بدست آمده را پس از آسیاب کردن با پودر گرافیت خوب مخلوط می کنند.

### کادمیم اسفنجی متخلخل

برای تهیه ترکیبات فعال الکتروود منفی از دو روش استفاده می شود.

#### روش رسوب گیری

- ۱- ابتدا الکترولیت های اسیدی شامل یونهای کادمیم، آهن و سولفات را درون ظرفهای الکترولیز می ریزند. الکتروود مثبت این ظرفها یک میله آهنی و یک میله کادمیمی است. هر یک از میله ها، تعدادی بلوک فلزی دارند و تعداد بلوک های کادمیمی دو برابر بلوک های آهنی است. با تنظیم کردن فاصله بین میله ها و الکتروودهای منفی که از آهن یا آلومینیوم ساخته شده اند، می توان مقدار کادمیم و آهن موجود در خمیر را تنظیم نمود.
- ۲- ظرف را به برق وصل می کنند. پس از برقراری جریان، در خلال الکترولیز مخلوط اسفنجی، کادمیم و آهن روی الکتروود منفی رسوب می کند. برای آنکه غلظت الکترولیت ثابت بماند باید محلول بیشتری اضافه شود.
- ۳- رسوبات بدست آمده را پس از مخلوط کردن با اب به خوبی می شویند و بعداً آنها را داخل کیسه های مخصوصی پرس می کنند.
- ۴- پس از آنکه مواد پرس شده در ۶۰ تا ۸۰ °C خشک شدند آنها را آسیاب کرده همراه با پارافین و یا گرافیت به خوبی مخلوط می کنند.



نظر به اینکه در هنگام عملیات، کادمیم بصورت کلوخه در آمده و مشکلاتی ایجاد می کند لذا مقداری آهن افزوده می شود تا مخلوط بصورت پودر باقی بماند. بعضی از سازندگان نیز برای بهبود ولتاژ نهایی، (۸٪ ولت) مقداری یون نیکل اضافه می کنند.

### روش مخلوط کردن پودرهای خشک

در این روش از اکسید کادمیم و یا اکسید کادمیم استفاده می شود. مراحل کار به صورت ذیل است:

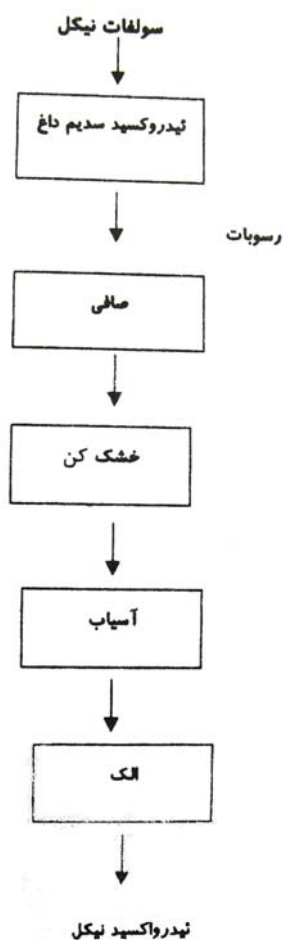
- ۱- هیدرواکسید کادمیم و آهن اسفنجی را به مدت ۳۰ دقیقه در یک آسیاب خوب مخلوط می کنند.
- ۲- برای بالا بردن کیفیت خمیر، پارافین یا گرافیت اضافه کرده و ۳۰ دقیقه آنها را خوب به هم می زنند سپس مجدداً مجموعه را پرس کرده و از الک با مش ۳۸ عبور می دهند.
- ۳- ناخالصی زیان آور خمیر منفی کادمیم عبارتند از کلسیم و منیزیم

### هیدرواکسید نیکل سل های لوله ای

محلول سولفات نیکل را در داخل هیدرواکسید سدیم داغ اسپری می کنند سپس رسوبات حاصل را صاف کرده و خشک می کنند. پس از آسیاب کردن محصول خشک شده آنها را از الک عبور می دهند.

- ۱- مواد خامی که برای تهیه هیدرو اکسید نیکل II به کار می روند پودر نیکل بسیار خالص است. البته از اشکال دیگر مثل مواد برگشتی از سل های خراب و یا پودر و براده های نیکلی بسار ریز که در الکترودهای لوله ای قابل استفاده نباشند نیز استفاده می شود.

- ۲- تهیه سولفات نیکل بر حسب نوع مواد اولیه تفاوت می کند. در یکی از این روشها ساچمه های نیکل را در اسید سولفوریک ۲۰٪ در  $100^{\circ}\text{C}$  حل می کنند. (هیدروژن تولید شده در هنگام واکنش برای استفاده در فرایند آهن جمع اوری می شود با افزایش هیدرواکسید نیکل و مواد دیگر ph محلول را بین ۳ تا ۴ تنظیم می کنند. پس از خنثی سازی برای جدا کردن یون فریک، فرو و سایر مواد نامحلول، محلول را از صافی عبور می دهند.



از آنجا که برای تهیه کربنیل نیکل گاز منو اکسید کربن در فشار ۲۰۰ اتمسفر و  $200^{\circ}\text{C}$  از روی ذرات ریز نیکل، آلیاژهای نیکل یا سنگ معدن مناسب نیکل عبور داده می شود. در نتیجه بخار آن بسیار سمی است گاز از میان کندانسوری که با اب خنک می شود عبور کرده و مایع کربنیل در ظرفهای تحت فشار جمع اوری می شود. برای از بین بردن ناخالصیهای آن به ویژه در مورد کربنیل آهن، مایع کربنیل را تقطیر می کنند. کربنیل نیکل خالص شده را به داخل ظرفی که دیواره های آن با گاز گرم می شود می باشند. در اثر این عمل کربنیل در فشار ۲۰۰ اتمسفر و  $250^{\circ}\text{C}$  به منو اکسید کربن و پودر نیکل بسیار ریز تبدیل می شود.

با تغییر شرایط واکنش در خشک کن پخش کننده، می توان پودرهای را با دانسیته ظاهری گوناگون و اندازه و اشکال متفاوت بدست آورد. دو نوع پودر کربنیل وجود دارد یکی نوع معمولی با دانسیته زیاد که

بیشتر در متالورژی پودر و تولید مواد شیمیایی نیکلی با خلوص زیاد مصرف می شود و نوع دیگر با دانسیته زیاد که بیشتر در متالورژی پودر و تولید مواد شیمیایی نیکلی با خلوص زیاد مصرف می شود و نوع دیگر با دانسیته کم که در موارد ویژه از قبیل صفحات باطری و الکترودهای سل های سوختی به کار می روند. در حال حاضر تولید کنندگان از پودرهایی با دانسیته ظاهری ۰/۸ تا ۳ استفاده می کنند. ضمناً جهت هماهنگ کردن خصوصیات فیزیکی پودرها با مشخصات الکترودها و ورقهای زینتر شده کوشش های بسیاری به عمل آمده است.

اگر چه بطور معمول پودرهای کربنیل مورد استفاده قرار می گیرند ولیکن در کانادا از پودرهایی استفاده می شود که از محلول سولفات نیکل، سولفات آمونیم و امونیاک قلیایی و به توسط هیدروژن در حرارت و فشار بالا بدست می آیند.

۳- محلول سولفات نیکل را در داخل جوشان هیدرواکسید سدیم (۲۰ تا ۳۰٪) می پاشند و رسوب حاصل را صاف می کنند محلول بدست آمده را مجدداً چند بار صاف می شود تا ماده حاصله غلیظ تر شود.

۴- خمیر صاف شده را ابتدا خشک می کنند و سپس با آب داغ می شویند تا هیدرواکسیدها، کربنات ها، سولفاتهای آن جدا شوند. محصول بدست آمده را خوب آسیاب کرده و الک می کنند. اندازه ذرات پودر حاصل باید مش ۳۰ تا ۲۰۰ باشد.

### **پودر کربنیل نیکل یا نیکلی**

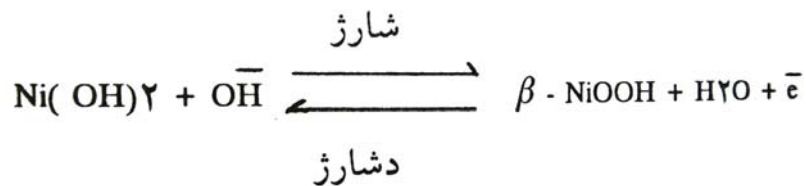
سابقاً برای ساخت ورق و پلاک به روش زینترینگ از پودرهای مس، آهن، نیکل و یا مخلوطی از آنها استفاده می کردند ولی چون مس و آهن در محیط های در برابر اکسیداسیون آندی مقاوم نبودند و هنگام شارژ معکوس، خطر اکسیداسیون و حل مجدد آن وجود داشت لذا بیشتر در ساخت الکترودهای منفی به کار می روند. در حال حاضر اکثر ورقهای الکترودها با پودر نیکل خالص مه در الکترولیت قلیایی بسیار مقاومند ساخته می شوند از این رو از انواع پودر نیکل استفاده می کنند گرچه استفاده از کربنیل نیکل معمول تر است.

## باطریهای تهویه ای نیکل کادمیم با الکترودهای پاکتی

در سال ۱۹۰۹ ساخت این گونه باطریها در سوئد توسط شخصی به نام Jungner آغاز گردید و پس از آن در انگلستان و سایر کشورها گسترش یافت در حال حاضر باطریهای نیکل - کادمیم پاکتی توسط شرکتهای خصوصی در کشورهای آرژانتین، اتریش، فرانسه ف برزیل، انگلستان، ایتالیا، ژاپن، اسپانیا، سوئد، آلمان غربی و توسط کارخانه های دولتی در چکسلواکی، مجارستان، لهستان، روسیه و یوگسلاوی ساخته می شوند.

### مکانیزم واکنش سل های نیکل - کادمیم

الف: الکترو د نیکل: که در آن واکنش زیر اتفاق می افتد.

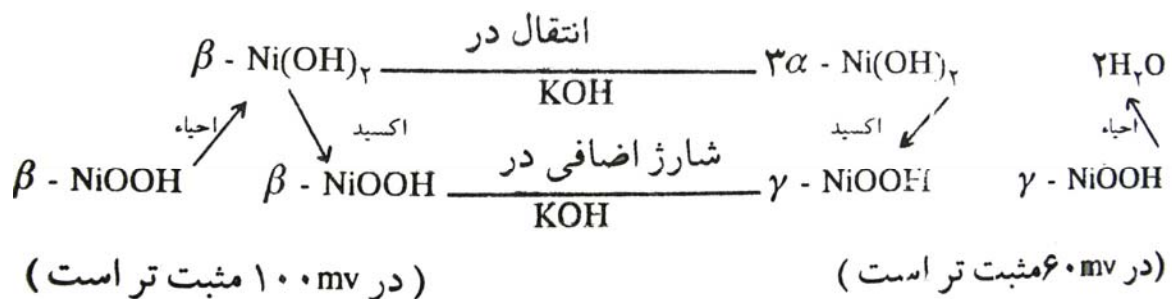


بعضی از کارشناسان با مطالعاتی که به وسیله تفرق اشعه X انجام داده اند که با شارژ و دشارژ معمولی به وجود می آید. یکی دیگر از متخصصین اظهار می دارد که تغییر در ساختمان کریستال هیدرواکسید نیکل دو ظرفیتی بستگی به طرز تهیه آن دارد وی همچنان تشکیل فاز a هیدرواکسید نیکل را در KOH و NaOH غلیظ به هنگام شارژ اضافی مورد مطالعه قرار داد. در این بررسی مشخص شد که با کم شدن غلظت الکترولیت و تولید اکسیژن، فاز a به سختی تشکیل شد با تجزیه فاز a موجود در الکترودهای لوله ای شکل ادیسون معلوم شد که ظرفیت نیکل بین ۳/۲۲ تا ۳/۲۶ بوده و به نوع الکترولیت بستگی دارد.

با افزودن لیتیم به الکترولیت KOH شکل گیری مواد فاز a متوقف شده و درد رجه حرارت های بالا و در الکترولیت های دارای LiOH و هیدروکسید نیکل و به ترکیب سه ظرفیتی با ساختمان کریستالی تبدیل می شود. برخلاف هیدرو اکسید کادمیم که به صورت ورقه ای بر روی کادمیم فلزی قرار می گیرد،

هیدرو اکسید نیکل بی آنکه از مقدارش کاسته شود در میدان الکتریکی اکسید شده و به هیدرواکسید با ظرفیتهای بالاتر تبدیل می شود. با تحقیقات و مطالعات کریستالوگرافی پر هزینه ای که چند نفر از دانشمندان بر روی الکتروود نیکل انجام دادند معلوم شد که جریان شارژ و دشارژ را نمی توان با یک رابطه نشان داد و بر اساس مواد اولیه و محصولات نهایی مختلف باید حداقل دو واکنش مورد توجه قرار گیرد. همچنین نتایج آزمایشات با اشعه X و منحنی های ولتاژ بدست آمده نشان می دهند که هر دو واکنش ناهمگون هستند.

با اکسترا پله کردن اختلاف پتانسیلها در ناحیه شدت جریانهای بسیار کم ملاحظه می شود که اختلاف این نوع واکنش در یکی ۶۰mv و در دیگری ۱۰۰mv است. این نتایج حاکی از آن است که برخلاف کولپهای در الکتروود نیکل از لحاظ ترمودینامیکی هیچ واکنشی با یک پتانسیل برگشت پذیر انجام نمی شود. در هر حال با استفاده از روشهای گالوانواستتیک و پتانسیواتیک تحولا در الکتروود نیکل به صورت زیر است:

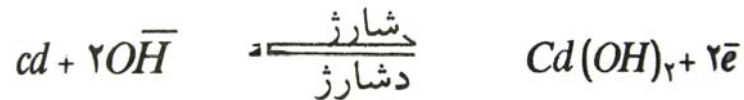


با بررسیهای انجام گرفته معلوم شد که در الکتروودهای زینتر شده نیکل مقداری وجود دارد همچنین با مطالعه تغییرات الکتروود نیکل در غلظت های مختلف آب و KOH این نتیجه حاصل شد. که به هنگام شارژ الکتروولیت، جذب الکتروود نیکل شده (جذب سطحی) و در موقع دشارژ دفع می گردد. واکنش دیگری که الکتروود نیکل بر حسب غلظت الکتروولیت KOH و بر اساس رابطه EMF پیشنهاد شده به قرار ذیل است.

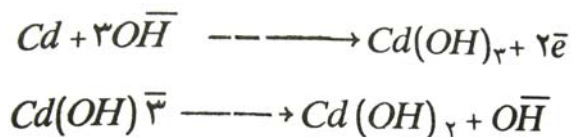


### ب. الکتروود کادمیم

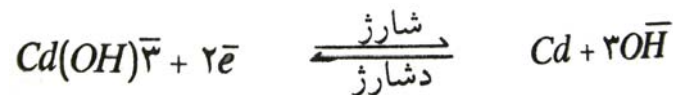
اگر چه کادمیم به عنوان یک ماده فعال منفی در واکنش های الکتروشیمیایی به کار می رفت اما تا قبل از ۱۹۵۰ میلادی در مورد مکانیزم واکنش آن تحقیقات اندکی صورت گرفته است. از آن زمان با مطالعات بسیاری که انجام گرفت نقش اصلی مکانیزم واکنش مورد توجه واقع شد.



عده ای از محققین معتقدند که در این واکنش به صورت یک ترکیب واسطه عمل می کند با مطالعات دقیقتر بر روی مکانیزم واکنش الکتروود کادمیم مشخص شد که ابتدا رادیکال OH جذب می شود. و بعداً با اکسیداسیون بیشتر در پتانسیل های بالاتر آندی واکنش به صورت ذیل ادامه می یابد.



ضمناً در خلال شارژ صفحات باطری امکان احیاء مستقیم کمپلکس نیز وجود دارد که به صورت زیر عمل می شود.

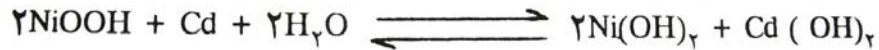


واکنش فوق در پتانسیلی کمتر از پتانسیل غیر فعال انجام می شود که در این حالت یک لایه نازک فشرده در روی فلز تشکیل شده و در بالای این لایه، لایه های متخلخل دیگری که در اثر اکسیداسیون در پتانسیل آندیک رسد می کند به وجود می آید. لایه فشرده که همان cdo است از دی هیدراسیون هیدرواکسید کادمیم به دست می آید.

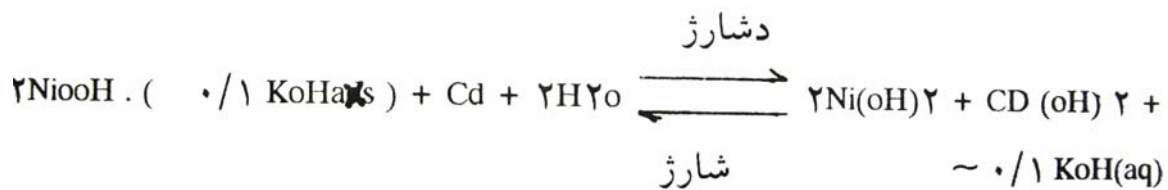
### ج- واکنش کلی سل نیکل-کادمیم

به طور کلی نوشتن یک واکنش ساده و کلی بسیار مشکل است زیرا مکانیزم واقعی بر حسب نوع مواد به کار رفته و نوع الکتروولیت در حیطه حرارت سرعت شارژ و دشارژ و وضعیت قبلی سل تغییر میکند. ولی

واکنش ساده و کلی را که در الکترولیت KOH سل نیکل-کادمیم و به هنگام شارژ و دشارژ روی می دهد می توان به صورت زیر نشان داد.



ولیکن با در نظر گرفتن مقدار آب جذب شده که مقدار آن دقیقاً مشخص نیست و همچنین با توجه به مقدار کم پتاسیمی که در هیدروکسید نیکل شارژ شده وجود دارد می توان رابطه صحیح تر ولی نه چندان دقیق زیر را بیان نمود.



### روش ساخت الکتروود مثبت

مواد فعال مثبت در اصل هیدرواکسید نیکل است که با گرافیت و مواد افزودنی دیگر نظیر ترکیبات کبالت یا باریم مخلوط می شود که روش ساخت آنها قبلاً توضیح داده شده است.

درصد	ترکیب کلی مواد فعال منفی
۷۶-۸۰٪	اکسید یا هیدرواکسید کادمیم
۱۶-۲۰٪	آهن
۱-۲٪	نیکل
۲-۴٪	گرافیت

درصد	ترکیب کلی مواد فعال مثبت
۷۸-۸۲٪	نیدرواکسید نیکل
۱/۵-۲/۵٪	نیدرواکسید کبالت
۱۷-۱۹٪	گرافیت

### ساخت نوارهای مشبک فولادی با پوشش نیکل

برای ساخت الکترودها از نوارهای فولادی مشبک استفاده می کنند برای این منظور نوارهای فولادی (با ضخامت حدود ۱٪ mm و پهنای ۳-۱۵ mm بر حسب مورد نیاز) را در دستگاه پانچ قرار می دهند تا سوراخهای دایره شکل (یا اشکال دیگر) روی نوار ایجاد گردد. نام دیگر دستگاه دستگاه مشبک کننده سوزنی است.

به طور معمول عرض نوارها نازک است. روش دیگر مشبک کردن استفاده از دستگاه مشبک کننده غلطکی است که دارای سرعت بیشتر و صدای کمتری است. در این روش میزان سوراخها در واحد سطح یا (یا سطح ویژه سوراخها) ۱۵٪ است در صورتیکه در روش سوزنی ۲۳-۳۰٪ می باشد معمولاً برای جلوگیری از اکسیداسیون آندیک نوارهای مشبک فولادی آنها را با نیکل پوشش می دهند برای این مراحل آبکاری ذیل انجام می شود.

۱- ابتدا نوار فلزی را با استفاده از حمام داغ متاسلیکات چربی گیری می کنند.

۲- با آب شستشو می دهند.

۳- مجدداً با استفاده از محلول داغ هیدرواکسید پتاسیم به صورت آندی مجدداً عمل چربی گیری انجام می شود.

۴- با آب شستشو می دهند.



۵- نوار فلزی را در اسید سولفوریک رقیق پولیش می کنند.

۶- مجدداً با آب شستشو می دهند.

۷- عمل آبکاری در محلول سولفات نیکل رقیق انجام می شود که طی آن پوشش نیکلی به ضخامت

۴-۲/۵ میکرون بر روی فولادی مشبک قرار می گیرد.

۸- نوار فلزی با پوشش نیکلی را شستشو می دهند.

۹- با استفاده از خشک کن الکتریکی محصول نهایی را خشک می کنند.

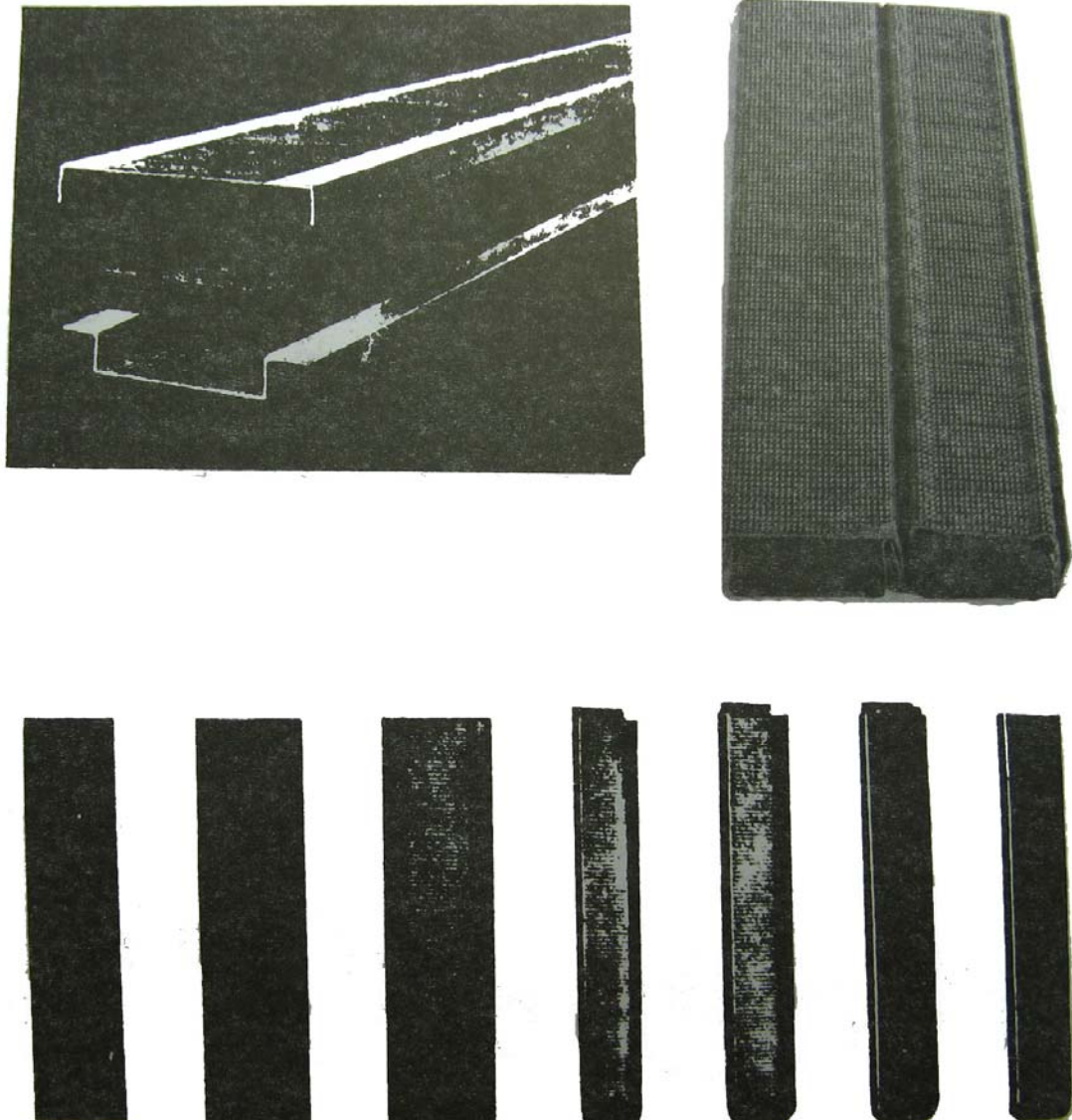
### الکتروود پاکتی

ابتدا مواد فعال را خوب مخلوط کرده از الک عبور می دهند تا ذرات آنها یکنواخت شوند. سپس این مواد مخلوط شده را در طولهای ۱۲۵ تا ۲۰۰ mm به صورت بریکت پرس می کنند بریکت های آماده شده را در داخل نوارهای فولادی با پوشش نیکل قرار می دهند (شکل ۷).

روش دیگر تولید بریکت، پاشیدن پودر در بین نوارهای فلزی است که بطور پیوسته انجام می شود. سرعت تولید بریکت کند تر بوده و لیکن مقدار مواد فعال در واحد طول بیشتر خواهد بود. برای ساخت الکتروود با ضخامت مختلف از بریکت ها با وزن های متفاوت استفاده می کنند. هر چقدر وزن بریکت ها بیشتر باشد سرعت تخلیه الکتروودها کمتر خواهد بود اگر تولید کنندگان الکتروودها را با دو ضخامت مختلف می سازند ولیکن برخی از آنان ممکن است الکتروودها را برای سرعت تخلیه های کم متوسط و زیاد با سه ضخامت می سازند.

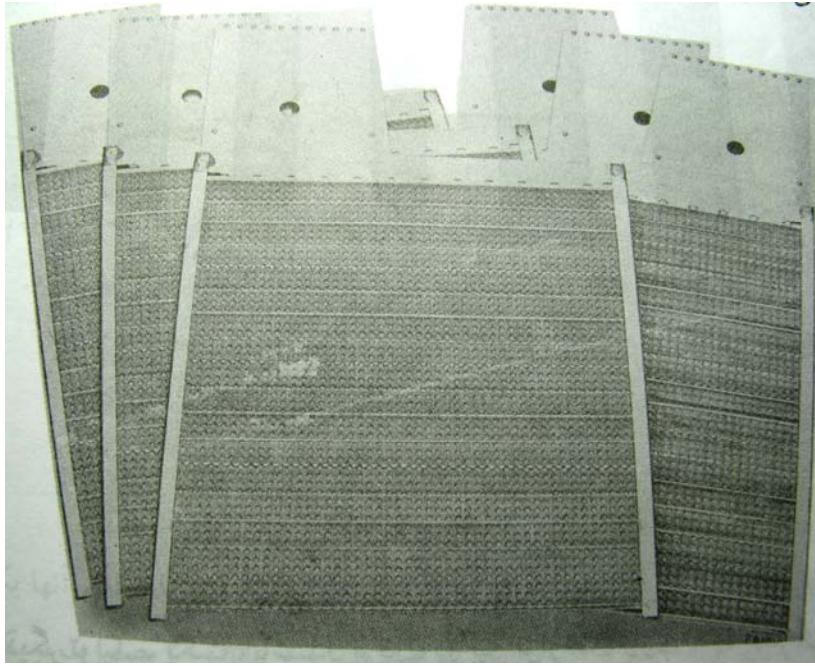
پس از آنکه خمیر پرس شده مواد فعال در میان دو نوار فلزی بالا و پایین قرار گرفت آنها را با استفاده از دستگاه به یکدیگر پرچ می کنند پس از آماده شدن آنها را در اندازه های ۵ تا ۱۰ متر قطع می کنند.

بر حسب مشخصات الکتروودها تعدادی از این پاکتهای نواری شکل را به یکدیگر متصل می کنند تا به صورت صفحات بزرگ الکتروود در آیند در پایان آنها را در اندازه های معین برش می دهند برای آنکه استحکام مکانیکی و شدت جریان اولیه قطعات بریده شده الکتروود را افزایش دهند آنها را در قاب های فولادی قرار می دهند.

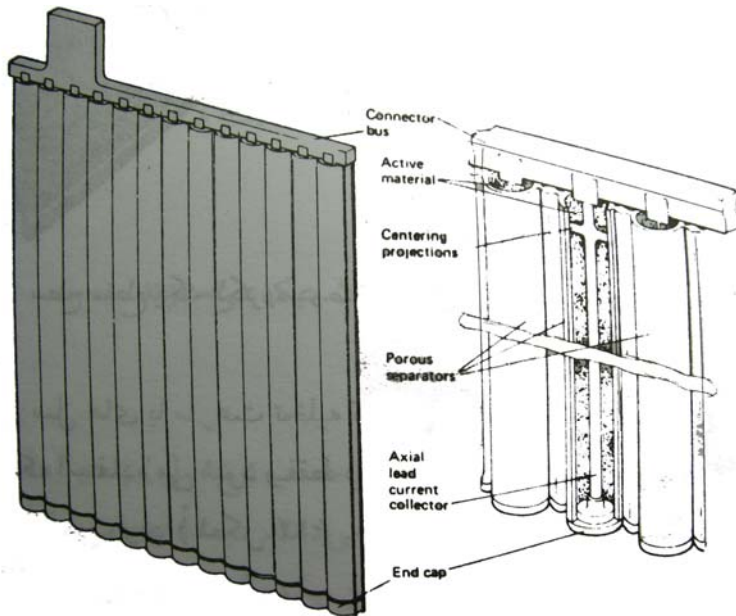


شکل ۷

نحوه قرار گرفتن الکترودها در قابهای فولادی یا به صورت افقی (شکل ۸) و یا به صورت عمودی (شکل ۹) است اگر چه قرار دادن پакتها در قابها به صورت عمودی مزایایی به همراه دارد ولیکن عملاً ساخت آنها امکان پذیر نیست.



شکل ۸



شکل ۹

### روش ساخت الکتروود منفی

ساخت این الکتروودها شبیه الکتروودهای مثبت است روش پر کردن مواد فعال منفی درون نوارهای فلزی مشبک نیز همان دو روش بریکت سازی و پر کردن با پودر است. تنها مشکلی که در مورد پودر کادمیم وجود دارد این است که هنگام پر کردن در فضای کارگاه پراکنده شده و از بین می رود و از طرف دیگر

هوای اطراف خود را مسموم می کند برای جلوگیری از این مشکلات علاوه بر استفاده از دستگاہهای تهویه مناسب مقداری روغن پارافین و مواد مشابه مرطوب کننده به خمیر منفی اضافه می کند. از مقایسه وزن مواد فعال پر شده در پاکت‌های نواری و عملکرد آنها ملاحظه می شود که مواد فعال منفی در واحد وزن ظرفیت بیشتری دارد بنابراین با توجه به این علت و اختلاف خصوصیات مواد فعال ضخامت الکترودهای منفی همیشه ۳۰ تا ۴۰٪ نازکتر از ضخامت الکترودهای مثبت است..

### الکتروده لوله ای

در باطریهای پاکتی نیکل-کادمیم از الکترودهای مثبت لوله ای شکل نیز استفاده می کنند در این نوع الکترودها مواد فعال را بصورت پودر نرم در داخل لوله های مشبک فلزی می ریزند بعضی از سازندگان در فرانسه و المان الکترودهای مثبت لوله ای را همراه با الکترودهای پاکتی کادمیم به کار می برند.

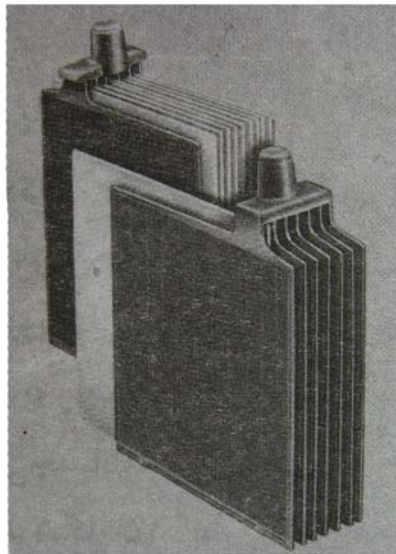
### تهیه دسته صفحه

الکترودهای مثبت و منفی ساخته شده را به طور مجزا با جوش نقطه ای الکتریکی و یا با پیچ کردن به یکدیگر متصل می کنند سپس گروه صفحات مثبت و گروه صفحات منفی را در داخل یکدیگر قرار می دهند برای آنکه صفحات مثبت و منفی با یکدیگر تماس نداشته باشند در بین آنها ورقهای جداکننده عایق قرار می دهند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

در مونتاژ دسته صفحات معمولا از تا صفحات مثبت و منفی استفاده می کنند ولی بعضی از تولید کنندگان برای افزایش طول عمر آنها صفحات دوگانه مثبت را به کار می برند به طوریکه دو صفحه مثبت را روی هم قرار می دهند فاصله بین صفحات برای سل های با سرعت زیاد ۱mm و برای سل های با سرعت ۳ mm است. روش جوشکاری معمولا برای سلهای کوچک استفاده می شود و فقط در بعضی موارد برای باتریهای بزرگ نظیر دیزل لوکوموتیو به کار می رود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

### عایق های جداکننده

موادیکه به طور معمول به عنوان عایقهای جداکننده به کار می روند عبارتند از نوارهای پلاستیکی نمدهای ساخته شده از الیاف پلاستیکی، صفحات مشبک و یا موج دار لاستیکی، غشاء های نیمه نفوذ پذیر و غیره.

### مخزن سل ها، هواکش ها

مخزن یا جلد سل های قلیایی را از فولاد یا پلاستیک می سازند.

## جلدهای فولادی

ورقهای فولادی به ضخامت ۰/۵ تا ۱/۰ mm را در ابعاد متفاوت و مناسب بریده و در ماشین های مخصوص شکل می دهند بعداً قطعات شکل داده شده را با استفاده از جوشکاری برقی یا اکسی اتیلن به یکدیگر متصل می کنند برای پیچ قطب های باطری سوراخهایی بر روی جلد ایجاد کرده و قسمتهای مورد نیاز را به جلد اضافه می کنند برای جلوگیری از نشت الکترولیت دور سوراخ پیچ ها را با مواد لاستیکی آب بندی میکنند و واشرهای اضافی به کار می برند برای جلوگیری از اثرات خوردگی الکترولیت و شرایط جوی روی آن را پوششی از نیکل به ضخامت چند میکرون می دهند. بعضی از سازندگان برای اطمینان بیشتر روی لایه نیکلی را با کادمیم می پوشانند سل خا را با لایه ایی از پلاستیک مناسب مثل اپوکسی، پلی اتیلن یا نایلون پوشش می دهند پوشش دادن سل ها با پلاستیک علاوه بر جلوگیری از خوردگی مزیت دیگری نیز دارد یعنی در هنگام مونتاژ سل ها و ساخت باطری این پوشش ها به عنوان عایق ها ی جداکننده عمل می نمایند.

## جلدهای پلاستیکی

جلدهای پلاستیکی را با استفاده از ماشین های تزریقی تولید می کنند اولین نوع این جلدها از پلی اتیلن یا پلی استایرن فشرده شده ساخته شده است ولی در حال حاضر از کوپلیمر های اتیلن، پروپیلن، و همچنین پلی پروپیلن استفاده می شود. معمولاً جلد و درب جلد به روش تزریقی تولید می شود که از مونتاژ سل درب را به طریق حرارتی به جلد می چسبانند. برای باطریهای همانند استارتنی یک جلد ۲ تا ۶ خانه ای می سازند شکل ۱۲. به طور کلی جلد های پلاستیکی نسبت به جلدهای فولادی مزایا و معایبی دارند.



شکل ۱۲

### مزایا

- ۱- برای مقابله با خوردگی نیازی به محافظت ندارند
- ۲- سطح الکترولیت را از بیرون می توان با چشم کنترل کرد.
- ۳- وزن کمتری دارند.
- ۴- سلهای پلاستیکی را بی آنکه نیاز به عایق جداکننده داشته باشند می توان به صورت فشرده در کنار یکدیگر قرار داد.
- ۵- سلهای که دارای جلد پلاستیکی هستند به راحتی در اخل باطریها با چسب به یکدیگر وصل شده و نیازی به باطری ندارند.

### معایب

- ۱- استقامت مکانیکی آنها از جلد های فولادی کمتر است جلد های پلی اتیلن در اثر فشار الکترولیت تغییر شکل پیدا میکنند.
- ۲- در حرارت های بالا و در هنگام تخلیه با سرعت های زیاد تغییر شکل می دهند.
- ۳- جلد های پلاستیکی فضای بیشتری را اشغال می کنند.
- ۴- در محل اتصال درب به جلد امکان نشت الکترولیت وجود دارد.

به طور کلی جلدهای پلاستیکی برای سل های کوچک و متوسط و جلدهای فولادی برای باطریهای بزرگ مناسبند.

## شارژ الکترودها

پس از افزودن الکترولیت تعداد معینی سیکل شارژ و دشارژ انجام می شود در سل های قلیایی نیکل-کادمیم تعداد معینی سیکل شارژ و دشارژ انجام می شود. شارژ قبل از مونتاژ نهایی سل ها سبب از بین رفتن ناخالصی ها شده و خمیر به منظور گسترش سطح از طریق الکتروشیمیایی فعال می شود ضمناً لجنهای جدا شده از الکترودها در خلال اولین سیکلها از محیط خارج می شوند تولید کنندگان مختلف زمان ماندن الکترودها سرعت شارژ و دشارژ تعداد سیکل شارژ و دفعاتی که الکترولیت تازه باید اضافه شود پیشنهاد می کنند ولیکن به طور کلی می توان مراحل کار را به صورت ذیل انجام داد.

- ۱- دسته صفحات را در مخزنی که KOH با دانسیته ۱/۳۲ قرار می دهند.
- ۲- پس از یک ساعت در درجه حرارت اطاق الکترولیت با دانسیته ۱/۰۵ را جیگزین کرده و درجه حرارت را به ۴۰ تا ۴۵ افزایش می دهند.
- ۳- پس از ۶ ساعت صفحات را بیرون آورده با آب می شویند مجدداً ۶ ساعت دیگر در KOH با دانسیته ۱/۰۵ و در درجه حرارت ۴۰ تا ۴۵ قرار می دهند.
- ۴- سل ها را در مخزن KOH با دانسیته ۱/۳۲ که درجه حرارت آن را برابر درجه حرارت محیط است وارد کرده به طور موازی به یکدیگر وصل می کنند.
- ۵- ۵- پس از برقراری جریان آنها ر به مدت ۷ ساعت تا و برابر ظرفیت معمولی شارژ کرده و پس از ۵ ساعت تخلیه می کنند تا ولتاژ به ۱ ولت برسد.
- ۶- مرحله ۵ را دوبار تکرار می کنند.
- ۷- در پایان برق را قطع کرده اتصالات را جدا می کنند.



## خصوصیات عملکرد باتریهای پاکتی – کادمیم تهویه ای

ظرفیت این سلها بین ۵ تا ۱۲۰۰ Ah بوده و بر حسب نیازهای مختلف در اشکال مختلفی به بازار عرضه می شود مزایا و معایب این سلها به شرح زیر است:

مقدار انرژی این باتریها در واحد وزن یا حجم کم است ظرفیت آنها به میزان سرعت تخلیه بستگی دارد و میتوانند در درجات حرارت کم و سرعتهای زیاد تخلیه شوند. سلهای پاکتی نیکل-کادمیم تهویه ای در حالتی گونگون شارژ به صورتهای مکتیکی آنها خوب بوده و در مقابل شوکها ارتعاشات عملیات دستی و تغییذات الکتریکی مقاوم هستند.

در مقایسه با سایر باتریهای قلیایی دارای کمترین هزینه ساخت بوده و لیکن نسبت به باتریهای اسید-سربی بیشتر است این باتریها به تعمیرات کمی نیاز دارند. این سلها اگر چه در موارد زیاد و درجه حرارتهای بسیار پایین به پای باتریهای زینتر شده نمی رسند.

به طور کلی مقدار انرژی در واحد وزن و حجم یک باطری به عوامل متعددی از جمله مقدار ترکیبات فعال ساختمان داخلی سل اندازه سل ها و نحوه قرهر گرفتن سلها در باطریخا بستگی دارد و مقدار ترکیبیت فعال تاثیر مستقیمی بر ظرفیت سل ها دارد در هر حال برای تمام سیستم های الکتروشیمیایی از جمله هیدرواکسید نیکل و مواد کادمیم ظرفیت های به دست آمده کمتر از مقادیر محاسبه شده است.