

استعراض شامل للبطارية النيكل كادميوم

السيناريو التدريبي للبطارية النيكل كادميوم:

تم وضع هذا القسم ليكون بمثابة استعراض شامل لتقنيات البطاريات محكمة الغلق . وسوف نقوم بتغطية كل ما يتعلق ببناء وتصميم النيكل كادميوم و خلايا بطاريات الرصاص المحكمة الغلق من حيث خصائص تفريغ شحنها و خصائص شحنها و كذلك العمر . و سوف نختم هذا القسم بمقال عن الأقوال الخاطئة و ما لبس عن الفهم بشأن البطاريات الثانوية

تاريخ صناعة البطارية:

يعتبر عمود الفولت الفضي الزنكي هو أول بطارية من الناحية العملية ، حيث قام بعملها (أليساندرو فولتا) منذ ما يقرب من ٢٠٠ سنة . و بسبب هذا الإنجاز المتميز فان وحدة القوة الكهربائية –الفولت – سميت بذلك علي اسم العالم فولتا . و بعد فترة قصيرة من اكتشاف فولتا جاء العالم (جون وليام رايتير) بعمل أول بطارية قابلة لإعادة الشحن . لكن لسوء الحظ لم تتواجد وسائل عملية لإعادة شحنها باستثناء البطارية الأولية . فالمولد الكهربائي لم يكن قد وضع إلا بعد ٢٠ سنة لذلك ظلت عمليات التطوير في تقنيات إعادة الشحن حبيسة الافتقار لوجود شاحن بشكل أساسي . ثم جاءت خطوة تالية مهمة في تطوير صناعة البطارية بعد ذلك ب ٦٠ سنة ، حيث قدم لنا العالم (جورج ليكالا نش) بطاريته "المبتلة" الكرب و زنكية ، وهي التقنية التي مهدت الطريق بعد ذلك للبطارية الوامضة المعروفة اليوم

تاريخ بدايات حمض الرصاص:

بدء (بلانت) في نفس الوقت إجراء دراسات أدت إلي عملية تطوير خلايا حمض الرصاص . ومن الأشياء المهمة ملاحظة أن بداية عمله أخرجت لنا خلايا بطارية دارة حلزونية مشابهة لبطارية الرصاص المحكمة الغلق التابعة لشركة (هوكر انرجي) . ثم قام العالم (فوربير) و آخرون في العشرون سنة التالية بتطبيق أكسيد الرصاص للقطب الموجب ، و مهد الطريق للتعامل التجاري للبطارية حامضية الرصاص في طرفي التليفون و إنارة عربات السكك الحديدية . و من أعظم الخطوات في مجال تطوير البطارية هو اختيار العالم (تشارلز كرتنج) بشركة جنرال موتورز نظام بطارية حمض الرصاص المحكم الغلق لتزويد سياراته به كاختراع ذاتي . مما اعتبر بعد ذلك بمثابة خطوة هائلة في إنتاج البطاريات بكميات . أما العلماء الألمان فقد تعهدوا بتطوير خلايا البطارية الهلامية المحلّة كهربيا . مما اعتبر ذلك بمثابة خطوة أساسية كبيرة في توسيع نطاق قاعدة تطبيق نظام بطارية حمض الرصاص التي كانت محدودة الاستخدام في التطبيقات المكتبية حيث تضاعلت لذلك فرصة انسكاب الحمض.

تاريخ بدايات النيكل كادميوم:

تأخرت عمليات تطوير قطب النيكل و النظام القلوي عن ركب عمليات تطوير حامض الرصاص حوالي ٣٠ سنة. حيث أسفرت نتائج تجارب العالم (أديسون) عام ١٨٩٠ م عن أن القطب الموجب لهيدروكسيد النيكل يتفاعل مع القطب السالب للحديد في التحلل القلوي ليشكل في نهاية الأمر أول نظام قلوي قابل لإعادة الشحن . و استهدفت بطارية النيكل حديد تجاريا أسواق السيارات الكهربائية في عام ١٩١٠ م . وقام المخترع السويدي (ولدمار جانر) في نفس الوقت بتطوير بطارية ألواح النيكل كادميوم . و لسد الحاجة إلي وزن خفيف و بطارية ذات طاقة عالية للأغراض العسكرية إثناء الحرب العالمية الثانية ، قام العلماء الألمان بصناعة بطارية نيكل كادميوم ذات انحلال كهربائي و هي التي تعتبر الأساس لما نستخدمه اليوم في الطائرات العسكرية و الطائرات التجارية . أما العلماء الأوربيون فقد قاموا بتصميم أول بطارية نيكل كادميوم يعاد

اتحادها كهربيا و ذلك في أوائل الخمسينيات وهي التي تعتبر الأساس في صناعة بطاريات النيكل كادميوم اليوم .

أساسيات تكنولوجيا البطاريات:

البطارية هي عبارة عن جهاز يخزن الطاقة الكهربائية. و يمكن اعتبارها بمثابة خزان الوقود الموجود بالسيارة باستثناء أن خزان الوقود يقوم بتخزين طاقة "حفرية" أما البطارية فتخزن طاقة كهربية. و لنبدأ ببعض التعاريف ، يستخدم مصطلح البطارية عادة للدلالة علي وحدة أحادية تحوي خلية أو عدة خلايا . أما " الخلايا " فهي بمثابة (طوب البناء) في البطارية . يمكن أن تكون البطارية وحيدة الخلية مزودة بنهايات و مادة عازلة لتكون جاهزة الاستخدام. لكن تعرف البطارية عادة بأنها سلسلة مركبات خلايا فردية مجمعة في عبوة و مزودة ببعض وسائل التوصيل بالجهاز محل الاستخدام.

الخلية الأساسية:

تحتوي كل بطارية على ثلاث مكونات أساسية هي : الأنود أو اللوح الموجب ، و الكاثود أو اللوح السالب ، و نظام انحلال كهربى وهو الذي يحدث في نطاقه التفاعل الكيميائي . لا بد لبعض الوسائل اللازمة لإدخال أو إخراج الطاقة من الخلية أن تكون في شكل موصلات للتيار.

البطارية المثالية:

إذا كان لزاما علينا تعريف صفات البطارية المثالية لوجب علينا التصدي للآتي:

- أن تكون لها كثافة عالية الطاقة
 - أن تكون صلبة لتحمل خشونة التنقل
 - أن تكون طويلة العمر
 - أن تكون آمنة
 - أن تكون مرنة الاستخدام
 - أن تكون قابلة لإعادة الشحن
- و لندرس الآن ما يتيح لنا عالم البطاريات

أنواع البطاريات:

تصنف البطاريات بوجه عام إلي بطاريات أولية و بطاريات ثانوية. البطاريات الأولية هي ذلك النوع من البطاريات الذي قد يستخدم لمرة واحدة فقط لأن الكيماويات النشطة تنفذ من نفدت طاقة شحن الخلية. فعندما تفرغ شحنة البطارية الأولية بشكل كامل فانا تبلى . أما البطاريات الثانوية في البطاريات التي تستخدم بشكل متكرر لان التفاعلات الكيميائية التي تعمل علي توليد الطاقة الكهربائية يمكن أن تنعكس بإعادة شحن البطارية.

أنواع خلايا البطاريات الأولية:

تأتي البطاريات الأولية في عداد أنواع البطاريات التجارية التي تخاطب أسواق مختلفة . فلقد شكل مركب الزنك كربون لعدة سنوات أساس في سوق البطاريات الأولية ، وما زال يخدم التطبيقات ذات التكاليف المنخفضة لانخفاض تكلفته . لكن سرعان ما حل مركب المنجنيز القلوي محل مركب الزنك كربون لأغراض سوق الالكترونيات المتقدمة هذه الأيام . حيث أن كثافته طاقته العالية جعله منافس قوي عندما تم بدء الأخذ في الاعتبار تكلفة التشغيل لكل ساعة . و من الأنواع المألوفة أيضا بطارية الزنك و بطارية الزنك كادميوم كنماذج مصغرة ، حيث تستخدم في خدمة التطبيقات المتنوعة ذات الطاقة المنخفضة و التي تتنوع مجالات استخدامها من أجهزة قياس نبضات القلب إلي آلات التصوير و أدوات السمع و الساعات . لكن بسبب التطورات

التكنولوجية و أغراض البيئة فقد تم استبدالها بنظام آخر هو بطارية الهواء زنك و التي وجدت لها شعبية ضمن الأجهزة ذات الطاقة المنخفضة مثل أجهزة السمع الحديثة و الأجهزة التعويضية الطبية الأخرى . و تعتبر بطاريات الهواء زنك في مرحلة تطوير . أما البطارية الحرارية فتتمثل آخر أطراف البطارية الأولية و هي مقصورة علي الاستخدامات العسكرية و التطبيقات العلمية التخصصية. و حيث أنه توجد أنظمة أخرى من البطاريات الأولية و التي استهدفت الاستخدام في تطبيقات تخصصية فانه لا يوجد من لاقى الشيوع مثل ما لاقاه شيوع أنظمة بطاريات الليثيوم . حيث تخدم بطاريات الليثيوم بأشكالها المتعددة أغراض عالم الاليكترونيات الدقيقة و تطبيقاته المتزايدة.

تفريغ شحن الخلية الأولية:

إذا نظرنا إلي خلية بطارية أولية نموذجية و لتكن أشهر أنواعها و هي خلية ثاني أكسيد المنجنيز القلوي سوف نجد احتوائها علي مكوناتها الثلاثة الأساسية و هي الأنود و هو في هذه الحالة الزنك ، و الكاثود و هو ثاني أكسيد المنجنيز ، و نظام التحلل الكهربائي للهيدروكسيد بوتاسيوم . ففي الوقت الذي ينسحب فيه تيار الخلية فان أنود الزنك يتأكسد ليكون أكسيد الزنك ، أما ثاني أكسيد المنجنيز فانه يتم اختزاله في الكاثود ليكون مركب Mn_2O_3 . فتمت انعكس التفاعل فان تدفق التيار لن يسبب تفاعل عكسي مطلوب لعملية الشحن.

أنواع البطاريات القابلة لإعادة الشحن:

تتم صناعة البطاريات القابلة لإعادة الشحن في ثلاث أشكال أساسية: أعمها هو النوع المفتوح و هو الذي يعتبر نمودجا لبطارياتنا القياسية البادئة للحركة. فالبطارية مفتوحة في الجو، و أثناء عملية الاستخدام ينبعث الغاز مما يتطلب الشحن الجديد للمياه التي تم فقدها من الانحلال الكهربائي. و كشيء من التنوع فان صيانة البطاريات الحرة يزيد من كمية الانحلال الكهربائي ، لذلك فان البطارية لن تحتاج إلي صيانة أثناء خدمتها . أما النوع الثاني و هو النوع الشبه محكم الذي يوظف بعض أشكال طرق ترسيخ الانحلال الكهربائي لتقليل إمكانية التسرب الحامضي، فهذه الخلايا مفتوحة في الهواء و تطلق أيضا غازات أثناء عمليات الشحن و التفريغ . أما الخلايا المسماة "بالخلايا الهلامية Gel-Cells" فهي من هذه الفئة. أما النوع الثالث فهو البطارية تامة الإحكام ، وكما يستدل من المصطلح فان البطارية المحكمة لا تسمح بانبعث غاز في الجو أثناء التشغيل العادي ، في حين انه في البطارية المفتوحة أو البطارية الشبه محكمة (و التي أحيانا ما يشار إليها بالخلايا المهولة) فان عملية التهوية (انبعاث الغاز) هي جزءا من عملية التشغيل . البطارية التامة الإحكام تتطلب تولد للغازات في شحن البطارية حيث يعاد اتحاد تركيبه كجزء من العملية . توجد هذه التقنية الخاصة بإعادة الاتحاد في كل البطاريات النيكل كادميوم المحكمة و كذلك في بعض أشكال خلايا الرصاص المحكمة . دعنا نناقش بعض التراكيب الكيميائية و عمليات بناء نظامي خلايا النيكل كادميوم و الرصاص المحكم أكثر من الحديث بشأن التعريفات الأولية.

الفولت:

يحدد الفولت في أي شكل من أشكال البطارية بناء علي مواد مبتلة تستخدم في تركيباتها . و تعتبر كمية فولت البطارية مساوية لمجموع الأكسدة الكامنة في الأنود و الاختزال المحتمل في الكاثود . و يعتبر الأنود بمثابة القطب الموجب و الكاثود بمثابة القطب السالب ، و عليه فان استخدام مواد مختلفة للأنود و الكاثود يولد فولتات مختلفة للخلية.

التفاعل القطبي	طاقة القطب المحتملة
أنود (-)	*
Zn>ZnO	١,٢ فولت
Cd>Cd(OH)2	٨,٠ فولت
Pb>PbSo4	٤,٠ فولت
كاثود (+)	*
HgO>Hg	١,٠ فولت
AgO>Ag	٣,٠ فولت
MnO2>Mn(OH)2	٤,٠ فولت
NiOOH>Ni(OH)2	٥,٠ فولت
PbO2>PbSO4	١,٧ فولت

يوضح هذا الجدول بعض المواد الشائعة الاستخدام في الأنود و الكاثود والطاقة القطبية المحتملة . فإضافة طاقات الأنود كادميوم المحتملة والكاثود نيكل تعمل علي توليد خلية بطارية نيكل كادميوم ذات فولت متوقع مقداره ١,٣ فولت. و من ناحية أخرى نجد أن فولت البطارية ذات الدائرة المفتوحة تقترب إلي حد ما من القيم المتوقعة . و تكون النتيجة هي نفسها إذا ما قمنا بتحديد أقطاب Pb و أقطاب PbO2 لخلية رصاص محكمة.

الشحن المختزن:

تحدد كمية الطاقة المختزنة من الشحن في خلية بمقدار ما ستستخدمه من مواد نشطة (فعالة). وهذه الكمية المختزنة من الشحن تحدد السعة و يعبر عنها بمقياس الأمبير /ساعة المنتج عن تيارات تفريغ الشحن و مدة التفريغ للشحنات. يستخدم معدل الأمبير/ ساعة في الخلية لمقارنة قدرة الخلايا، لكن هذه المقارنة تكون في الواقع صالحة النفاذ بشأن خلايا لها نفس المنظومة الكيميائية . أما الخلايا التي لها أنظمة كيميائية مختلفة فلا بد و أن تقارن بناء علي عدة عوامل مثل الوزن و الطاقة الموصلة و أيضا السعة. و سوف نذكر بشكل متواتر الاصطلاح "C" أو المعدل "C" و ذلك عندما نقوم بمناقشة معدلات شحن و تفريغ البطاريات. فهذا الاصطلاح "C" مساوي عدديا لمعدلات السعة في الخلية. فالخلايا عندما تقوم بعملية تفريغ شحنها عند معدل "C" فإنها تستنفذ أقل قدر من سعتها في ساعة واحدة. لان مصنعو النيكل كادميوم قد جعلوا معدلات السعة أما عند معدل مقداره ٥ ساعات أو ساعة واحدة ، و يوجد مصنعون آخرون يتيحوا كلا المعدلين لتسهيل إجراء المقارنة . يكون خط منتج الرصاص المحكم عند معدل ١٠ ساعات أو ٢٠ ساعة ، لكن بالنسبة للنيكل كادميوم يتيح البعض معدلات عند ٥ و ١٠ و ٢٠ ساعة مقارنة بمصنعي الرصاص المحكم . و تكون بعض بطاريات النيكل كادميوم عند معدل مقداره ساعة واحدة . و نلاحظ انه عند معدل تفريغ ٢٥ C . يكون معدل سعة البطارية بالساعة يصل إلي ٤ ساعات ، وعند معدل ٤C معدل تفريغ ، تكون السعة ٢٥ دقيقة ، فعلي سبيل المثال المعدل "C" لبطارية متعددة الأمبير/ساعة يكون ٦٠٠ مللي أمبير. و يكون معدل التفريغ ١C أو معدل شحن هذه الخلية ٦٠ مللي أمبير. فعندما نناقش تطبيقات البطارية فان استخدام المعدل "C" يسهل فهم أساسيات التطبيق كما يساعد علي تطوير البيانات لأجراء مقارنة أسهل بين ظروف التشغيل المختلفة.

الكيمياء الكهربائية لخلايا النيكل كادميوم:

تعتبر بطارية النيكل كادميوم نظام كيميائي كهربائي تحتوي فيه الأقطاب على مواد نشطة تتحمل تغيرات حالة الأكسدة بدون أي تغير في الحالة الفيزيائية ، ذلك بسبب أن المواد النشطة غير قابلة للذوبان بشكل كبير في التحلل الكيميائي القلوي . حيث تبقى صلبة و لا تتحلل أثناء تحمل التغيرات في حالة الأكسدة . و هذا هو ما يجعل بطارية النيكل كادميوم تعيش أطول بسبب عدم وجود أي أنظمة كيميائية تسبب فقدان المواد النشطة . ومن الخصائص المهمة للبطارية و التي تنتج من هذه المركبات الكيميائية هو أن فولت البطارية يكون ثابتا بشكل أساسي خلال فترة التفريغ بأكملها.

يعتبر مركب الأوكسي هيدروكسيد نيكل (NiOOH) في البطارية النيكل كادميوم هو المادة النشطة المشحونة في اللوح الموجب . حيث أنه أثناء عملية التفريغ تقل حالة تكافؤ الهيدروكسيد نيكل المشحون إلي أقل قيمة (Ni(OH)₂) وذلك بقبول الإلكترونات من الدائرة الخارجية . و تعتبر مادة الكادميوم المعدني Cd هي المادة النشطة المشحونة في اللوح السالب . حيث أنه أثناء عملية التفريغ يتأكسد إلي مركب الهيدروكسيد كادميوم (Cd(OH)₂) وينتج بذلك الإلكترونات الخاصة بالدائرة الخارجية . و أثناء شحن البطارية ينعكس التفاعل ليعيد بذلك البطارية إلي الفولت الأصلي و سعتها الأصلية . و يكون التحلل الكيميائي الناتج من هذا التفاعل هو محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) في الماء بتركيز ٣٢% . أما إذا ما زاد شحن البطارية عن حاجتها فان غاز الأوكسجين يتولد في القطب الموجب ، لكن بطارية النيكل كادميوم المحكمة مصممة للتكيف مع الأوكسجين الزائد أثناء عملية زيادة الشحن البطيء بدون أي فقد في الأداء . ينشأ ذلك من بناء بطارية ذات لوح سالب غير كاملة الشحن عندما يصبح القطب الموجب كامل الشحن . و سوف يظهر فحص الألواح أن اللوح السالب من الناحية الفيزيائية أكبر من اللوح الموجب كما هو مبين في الشكل ٤-٢.

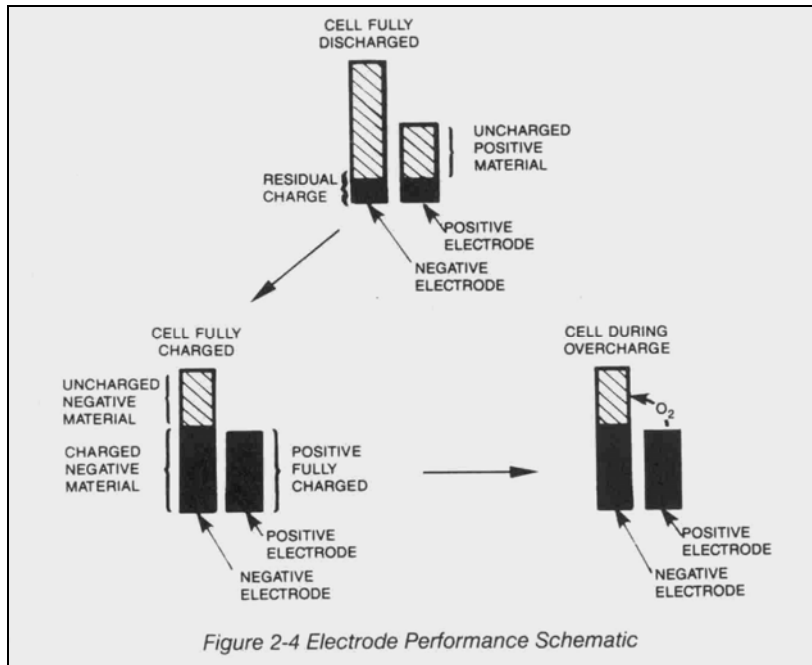


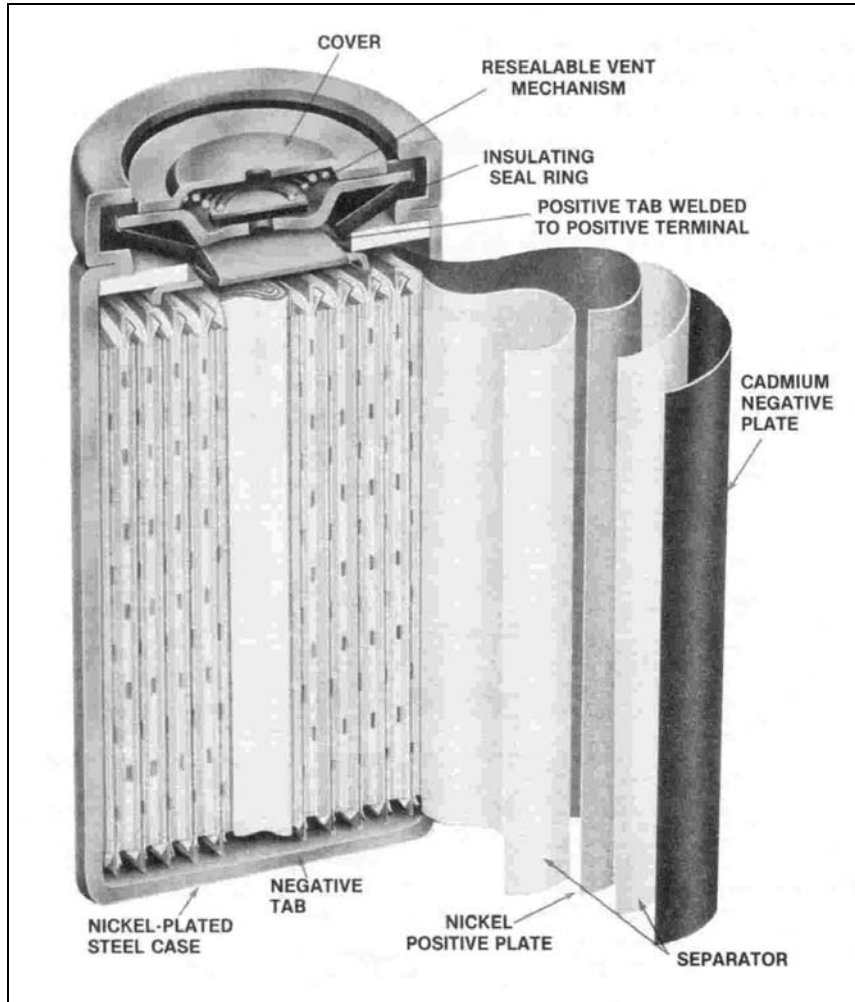
Figure 2-4 Electrode Performance Schematic

ينتقل الأوكسجين الزائد بسرعة خلال فاصل مسامي ليصل إلي المواقع النشطة علي الألواح السالبة حيث يعاد اتحادها من الحالة الغازية ليكوّن أيونات هيدروكسيلية . تنتقل هذه الأيونات الهيدروكسيلية راجعة إلي اللوح الموجب لتكمل الدائرة . و عندما يكون شحن الخلية زائد إلي

معدلات أكبر في الظروف الغير عادية فانه يمكن التعامل معه بواسطة تصميم الخلية حيث يفتح نظام تهوية الأمان الغير محكم سامحا بذلك خروج الأكسجين.

البناء:

يستخدم صندوق ألواح النيكل المعدني الاسطواني الشكل (و الذي يشار إليه بعلبة البطارية) كطرف سالب أما غطاء الخلية فيكون الطرف الموجب . أما الألواح التي تلف لتكون لفة مدمجة فتكون معزولة من كلا الجانبين بواسطة فاصل مسامي من النايلون عادة أو من مادة البولي بروبيلين في حالة الحرارة المرتفعة . تحتوي هذه المادة الفاصلة بالإضافة إلي الألواح العازلة على الألكتروليت الذي يحدث فيه التفاعل الكيميائي . أما الحلقة المحكمة و العازلة كهربيا سواء المصنوعة من النايلون أو البولفسون فتقوم بعملية عزل للغطاء الموجب كهربيا عن العبوة السالبة . يحدد نظام التهوية مقدار حشو المرونة المدعم بقرص صلب مثبت في مكان بمشبك لولبي لعمل الصمام الأمان.



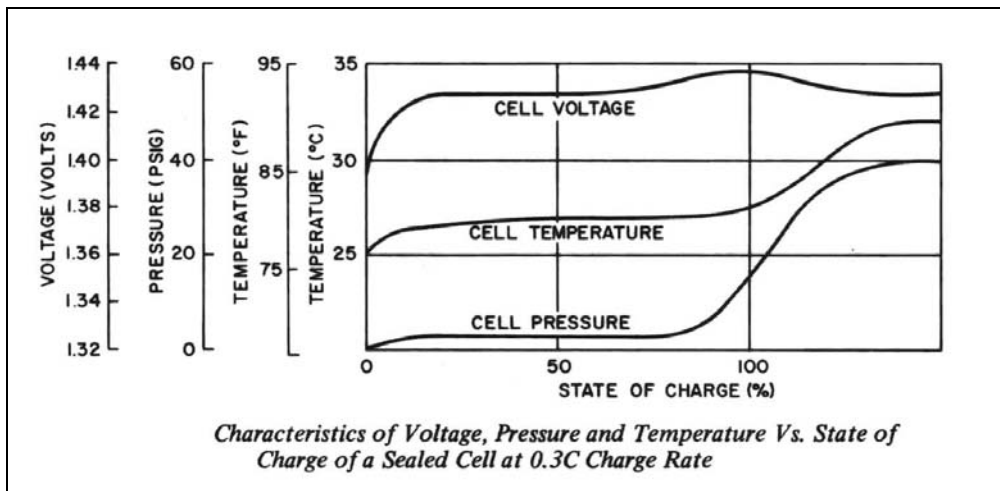
بناء الخلية:

بخلاف بعض التصميمات التي توظف الكتلة المطاطية التي تضمحل بمرور الوقت في البيئة الحذرة، فان الضفيرة المدعومة بالقرص الصلب المعدني المرن يبقى إحكامه و خصائص تهويته

طوال حياة الخلية. و توجد تصميمات أخرى تستخدم الرق و الذي يتم ثقبه بواسطة نتؤ حاد في الغطاء عندما يزداد مقدار الضغط في الخلية . حيث أن ذلك يقوم بعملية تهوية أمان فانه لا يوجد إعادة إحكام بعد عملية التهوية ، و سرعان ما تجف البطارية و يخفق أداؤها . فعلي الرغم من أن الخلايا المحكمة و المتاحة حاليا تتمتع بنظام تهوية فانه مازال يشار إليها بالبطارية "المحكمة" . معظم المصنعين يتيحون خاصية التهوية في الضغط العالي في الخلايا الأسطوانية المحكمة كمعيار للأمان.

الشحن:

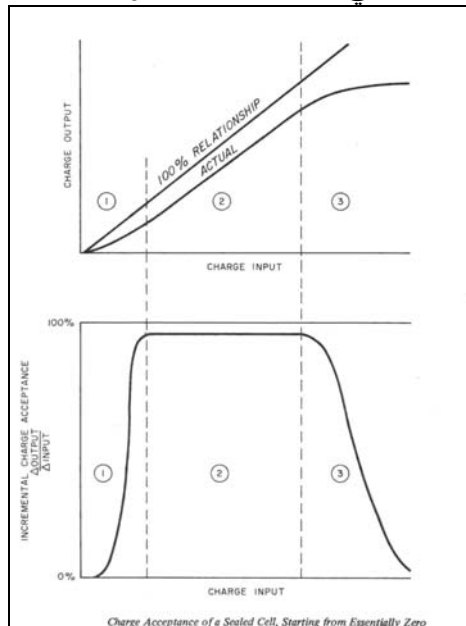
يتم شحن خلايا النيكل كادميوم بواسطة دفع تيار مباشر بالقطب المناسب للخلية . حيث يمكن لتيار الشحن أن يكون تيار مباشر صافي ، و هو تيار بديل مقوم كامل التمرّج ونصف تمرّج ، أو نبضات علي شكل موجة d/c . ويتم شحن بطارية النيكل كادميوم عند معدل منخفض قدره 0.2 . لكن اقل معدل شحن مستخدم في التطبيقات التجارية يكون 0.05 . ويستخدم معدل الشحن المرتفع 20C بشكل ناجح ولكن كما ستري لابد من وسائل لإنهاء الشحن بمعدل عالي قبل أن يصل إلى حالة الشحن الزائد. في العرف الصناعي يطلق على الشاحن الذي يقوم بعملية شحن بطارية كاملة في وقت مقداره ساعة أو اقل "الشاحن السريع" ، في حين أن الشاحن الذي يستغرق وقت أطول مقداره من 14 إلى 16 ساعة شحن كاملة عادة ما يطلق عليه الشاحن "السهير" . أوقات الشحن هذه إلى معدلات شحن تتراوح بين 0.05C إلى 0.1C للشحن البطئ ، و 0.2C إلى 0.5C للشحن السريع، و C أو أكثر للشاحن الأسرع. يعتبر الشحن البطئ والسريع من الأنظمة المفضلة لانخفاض تكلفتها النسبية وبساطتها في التطبيق. كما أن الشاحن لا يحتاج إلى دائرة خاصة للتحويل من المعدل المرتفع إلى المنخفض كما هو الحال في البطارية القادرة علي تقبل شحن زائد مستمر بمعدلات شحن بطيئة أو سريعة. إن معظم البطاريات النيكل كادميوم المصممة حاليا تحتوي علي نظام حماية داخلي للشحن الزائد بسبب قدرة اللوح السالب علي امتصاص الأكسجين الزائد المتولد في اللوح الموجب أثناء الشحن الزائد . في الوقت الذي قد تقوم فيه البطارية بالتوحد مع الأكسجين الزائد في معدلات الشحن الزائد حيث تكون درجة الحرارة عاملا هاما في عملية البناء . حينئذ ماذا يحدث أثناء المعدلات المرتفعة؟ للإجابة عن ذلك دعنا نلقي نظرة علي الشكل الدال علي ما يحدث للفولت و درجة الحرارة و الضغط عند شحن الخلية بمعدل 0.1C أو 0.3C .



تظل الخلية منخفضة أثناء فترة الشحن و ترتفع كلما اقتربت الخلية من تمام الشحن. كما أن الضغط العالي يكون نتاج الأكسجين، فكلما ازداد معدل الشحن الزائد كلما زاد معدل تولد الأكسجين. و بالمثل اتحد الأكسجين علي اللوح السالب تزداد درجة حرارة الخلية نتيجة لما

اصطلح عليه "بسخونة الإتحاد" . فمتى تمسكنا بالقوانين الفيزيائية فان كل الطاقة الداخلة في الخلية لا بد و أن تكون تفسيراً لذلك . فهذه الطاقة (تيار الشحن /فولت الخلية) إما أن تذهب إلي عملية تحول كيميائي للمواد النشطة (التي تعتبر ماصة للطاقة) أو عندما يقترب التحول هذا إلي الكمال (حيث تصل الخلية لأقصى حالات الشحن) فان الطاقة تذهب إلي تولد و توجد الأكسجين مع ارتفاع الحرارة الناتج. و يبدو أن منحنيات الضغط و الحرارة البيانية أكثر من كونها شكل توضيحي للمعدل C لاحظ كيف لا يقل الضغط و درجة الحرارة لمستويات منخفضة عند المستوي الصاعد كما شوهد في ظروف الشحن البطيء و السريع . باختصار بعد تمام شحن الخلية عند معدل C تصل درجة الحرارة لمستوي يمكن أن يحدث عنده تلف للنظام الفاصل للخلية و ذلك إذا لم ينخفض تيار الشحن هذا (وهي الطاقة الداخلة في البطارية) ، و يمكن لمعدل الشحن الزائد المستمر أن يكون مصحوباً بتهوية للخلية مما يتسبب عنه مزيداً من التلف .

تدمج الشواحن السريعة دائرة خاصة تعمل علي تقليل تيار الشحن أوتوماتيكياً كلما اقتربت البطارية من حالة تمام الشحن . و حيث أن هناك تنوع كبير فان هذه الأنواع من الشواحن تحوي بعض الأنظمة التي تعمل علي مراقبة درجة حرارة البطارية أو الفولت أو مزيجاً منهما . و تحتوي أكثر الأنظمة الأساسية علي ترموستات (ناظم حرارة) وظيفته هي قياس درجة الحرارة المطلق للبطارية حيث تقوم بفصل (إنهاء) عملية الشحن عند ٤٥ درجة مئوية تقريباً. تستخدم الكثير من أنظمة فصل الحرارة المتطورة نظم اكتشاف ما فوق درجة الحرارة المحيطة. ترتفع عادة درجة الحرارة هذه إلي ١٠ درجات مئوية فوق درجة الحرارة المحيطة . لكن استخدمت حديثاً تقنيات الميكرو بروسيور بنجاح في مراقبة نظام وظائف الفولت المركبة و المصاحبة لعملية الشحن . لا بد لكل هذه الأنظمة أن تتيح عمليات شحن مستمر متى تم فصل الشحن السريع . من المؤلف تحديد كل من الفولت و مراقب درجة الحرارة في خطوة وظيفية واحدة لتدعيم الطرف الآخر للحد من المخاطر الناتجة عن معدلات الشحن العالي الغير مراقب. تعتبر درجة قبول الشحن هي مقياس قدرة فعالية الخلية للشحن، حيث أن مقياس قبول الطاقة الداخلية هو مقدار السعة التي يمكن أن تصل إلي درجة تحميل عند درجة حرارة معينة نتيجة لمقدار الشحن الداخل المعطى إلي الخلية. فإذا كانت درجة قبول الشحن ١٠٠%، تكون تبعاً لذلك كل الطاقة الداخلية متاحة في شكل طاقة خارجة. و كأغلب الأشياء في الطبيعة لا توجد درجة ١٠٠% لأي شيء. و لا تشكل خلية النيكل كادميوم استثناء في ذلك ، حيث أن منحنى درجة القبول الفعلية للشحن يبدو كالأتي ، حيث أعلي معدلات فعالية تكون من ١٠% إلي ٩٠% لحالة الشحن.



توضح ثلاث مناطق في الشكل التوضيحي السلوك المميز الذي يعكس مجموعة الأنظمة المختلفة المسببة لحالة فقدان الطاقة الداخلية للشحن . ففي المنطقة (١) ، تكون حالة الفقد الناتجة عن الطاقة الداخلية تستخدم لتحويل بعض المواد النشطة إلي سعة و التي قد يصعب الوصول إليها عندما تفرغ الخلية شحنتها . و مع كل فان هذه المنطقة الغير فعالة تختفي بشكل تدريجي عندما تتم الخلية دورتها و تصبح هذه السعة (و التي يصعب الوصول إليها) في حالة استقرار .

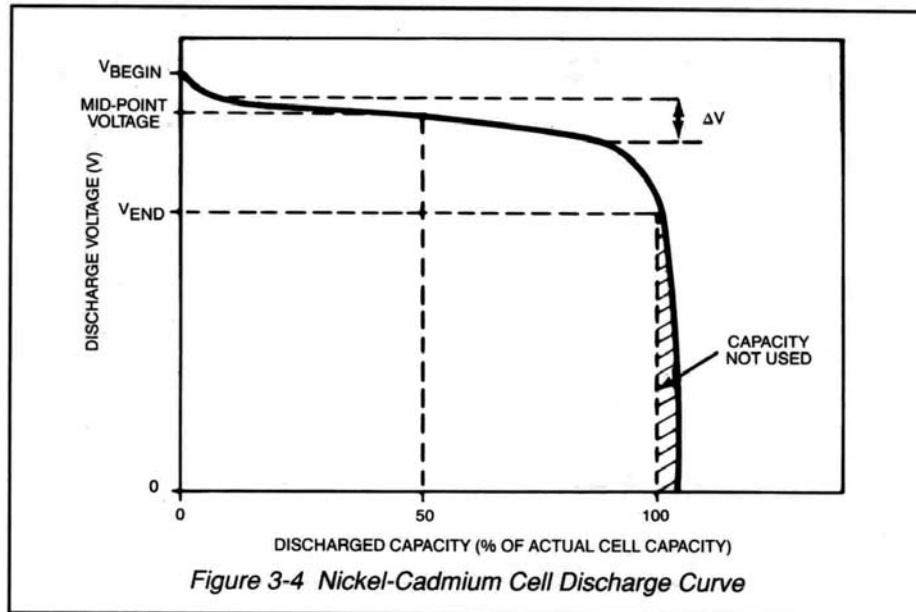
توضح المنطقة (٢) درجة قبول شحن تقترب من درجة ١٠٠% . حيث أن أي عدم كفاءة يحدث داخل الخلية يكون نتاج تفاعلات طفيلية جانبية. المنطقة رقم (٣) تمثل بداية الشحن الكامل و الزائد عندما لا تقبل الخلية شحن آخر و تبدأ في توليد الأوكسجين. فمتى تم شحن الخلية بشكل تام فإنها لا تقبل مزيدا من الشحن الإضافي و تقل درجة القبول بشكل أساسي لتصل إلي درجة الصفر. و يقل قبول الشحن بمعدلات شحن أبطأ ، و تكون الفعالية التقديرية ١C أو ٢C . و تعتبر هذه بمثابة خطط لقبول الشحن 0.05C إلى 0.1C وتوضح هذه المنحنيات المنخفضة أن معدلات الشحن البطيء تقلل السعة التي يمكن الوصول لها. و تعمل درجة الحرارة المرتفعة أيضا علي تقليل فعالية الشحن . فعلي الرغم من أن فعاليات الشحن الكلية لا تصل أبدا إلي ١٠٠% ، فان فعالية الشحن التقديري تكون عند درجة حرارة الغرفة أو أقل

و تعتبر المؤشرات الأساسية المتعلقة بعملية الشحن هي:

١. يتم الشحن بواسطة استخدام تيار مباشر بقطب مناسب
٢. يتم تصنيف معدلات الشحن إلي ثلاث فئات: بطيء / سريع / فائق السرعة.
٣. عند معدلات شحن أعلي من 0.3C فانه من المهم أن يتم تقليل معدل الشحن أو إيقافه أوتوماتيكيا عندما تصبح الخلية تامة الشحن.
٤. درجة قبول الشحن هي مقياس قدرة الخلية للشحن، وكفاءة عملية الشحن تتأثر بمعدل الشحن و درجة الحرارة.

تفريغ الشحن:

تشبه خصائص عملية تفريغ الشحن لخلية النيكل كادميوم الأتي:



لاحظ الثبات النسبي لفولت الخلية حوالي ١,٢ فولت حتى اقتراب نهاية تفريغ الشحن . و من سمات خلية النيكل كادميوم هو قلة الفولت المنحدر بشكل سريع في نهاية عملية تفريغ الشحن . و

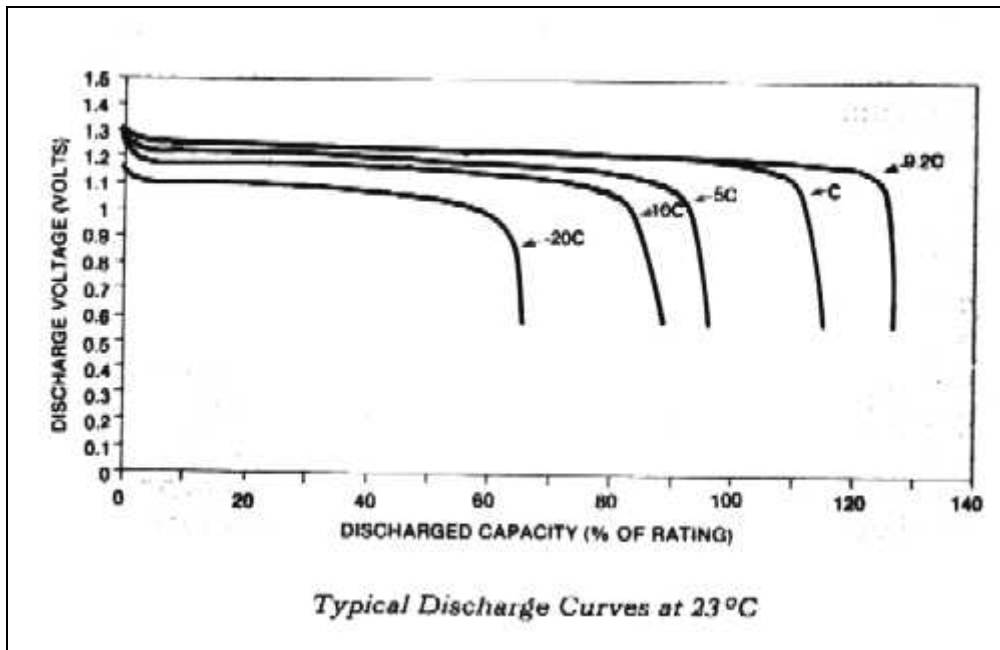
تسبب المتغيرات في ظل ظروف الاستخدام الفعلي اختلافات في خصائص تفريغ شحن الخلية. وهذا يعني أن هذه المتغيرات تحتاج إلي أن تؤخذ في الاعتبار عند تقدير سعة الخلية الفعلية في التطبيق المعني.

و متغيرات التشغيل هذه هي عبارة عن:

- معدل تفريغ الشحن
- زمن تفريغ الشحن
- عمق تفريغ الشحن
- درجة حرارة الخلية أثناء الشحن، و أثناء فترة عدم الاستخدام، و أثناء تفريغ الشحن
- معدل الشحن و معدل الشحن الزائد
- تاريخ دورات الشحن السابق

لكل خلية نيكل كادميوم أو بطارية سعة معينة ذات معدل معين و فولت تفريغ للشحن و مقاومة مؤثرة . و يكون معدل الخلايا الفردية ١,٢ فولت ، أما فولت البطارية فيكون متعدد للخلية الفردية بمقدار قيمة فولت أسمي ١,٢ فولت . حيث أن اتصال خمس خلايا بشكل متسلسل ينتج عنه بطارية ٦ فولت . و كما تري قد يزيد فولت التفريغ ١,٢ فولت في بعض أقسام فترة تفريغ الشحن. يحدد معظم المصنعين معدل سعة الخلية بتحديد قيمة تقديرية لكمية السعة التي يمكن أن تفرغ شحنتها من خلية جديدة نسبيا مشحونة بشكل كامل. أما معدلات القبول فهي لتحديد معدل الخلية بالأمبير/ساعة (أو بالملي امبيرات /ساعات) لقطع الفولت البالغ 0.9 فولت عند معدل تفريغ شحن مقداره ٥ ساعات.

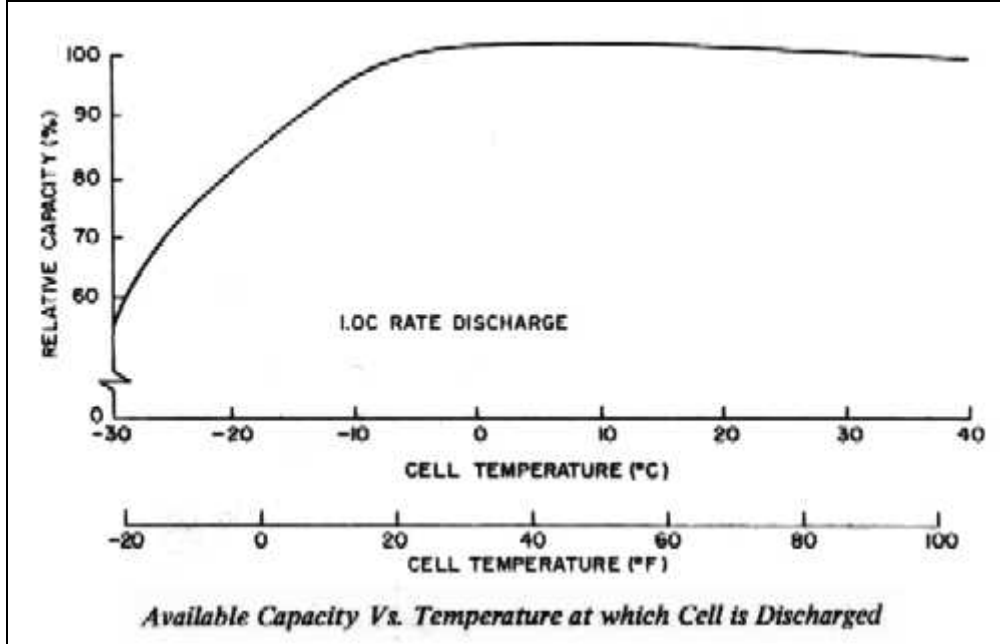
يوضح هذا الشكل انه عند تقليل معدلات تفريغ الشحن المتاحة فان السعة تصبح اقل اعتمادا علي معدل تفريغ الشحن.



و عندما تزداد معدلات تفرغ الشحن، تقل الكثافة المتاحة كلما زادت معدلات تفريغ الشحن. فالتحول من حالة المستقل إلي حالة الغير مستقل تكون بشكل عام في منطقة $C/2$. لاحظ الفائدة الظاهرة و التي يمكن الاستفادة منها عند معدل ٥ ساعات و العكس عند معدل ١ ساعة. و من الأشياء التي تهتم مصممي المنتج هو السعة الحقيقية للخلية أثناء معدلات تفريغ الشحن.

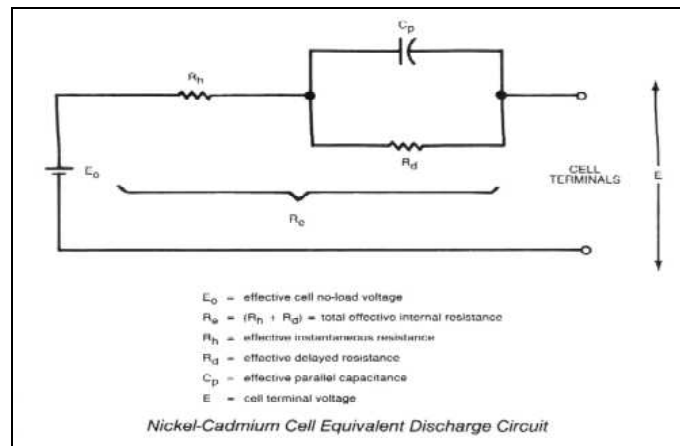
تأثير درجة الحرارة على مؤشر الفولت في الدرجات الوسطى:

دعنا ننظر إلي تأثير درجات الحرارة علي سعة الخلية. انظر كيف يصبح الفولت عند درجات الحرارة العالية اقل عند نفس معدلات التفريغ . فعندما تقوم بعملية اتحاد بين معدلات تفريغ الشحن العالية مع درجة الحرارة العالية ، فان الفولت يقل بسرعة ليقبل معه السعة الظاهرية للخلية . و يحدد معظم الصانع سعة الخلية عند ٢٣ درجة مئوية (درجة حرارة الغرفة) لتكون مؤشرا مرشدا لتقدير الأداء الفعلي.



المقاومة الداخلية:

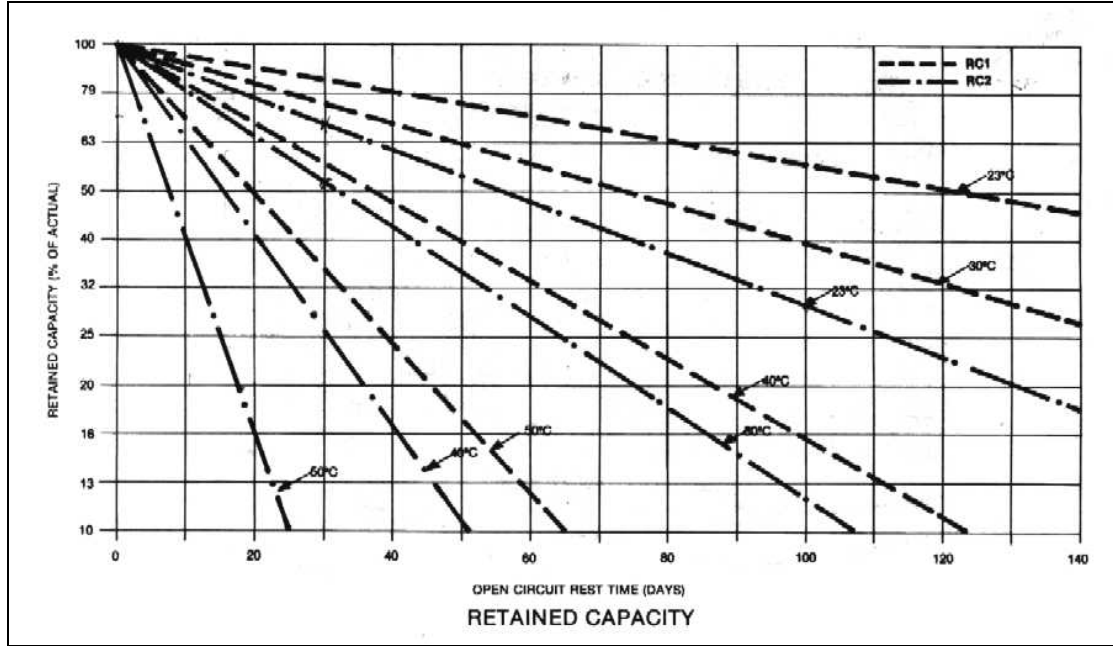
تعتبر المقاومة الداخلية الفعالة في خلية هي الخاصية الثالثة و التي توجد عادة في معدلات خلية النيكل كادميوم . هذه المقاومة لها تأثير كبير علي توصيل الفولت ، ومن ثم السعة لفولت القطع المعطى . و يختار الصانع تحديد معدلات " مقاومتهم الداخلية كمعدل معاوقة عند ١٠٠٠ هرتز ، و الذي ينتج في أكثر من "رقم جاذب" أكثر من تحديد مقياس ANSI الذي يعطي معاوقة حقيقية لتيار DC و هو الذي يعتبر من الأشياء المهمة عند الصانع . و يوجد رقم محدد في تطبيقات ال"AC" في البطارية ! حيث أن مقياس المعاوقة للAC يتيح مقياسا تشخيصيا لظروف البطارية لكنه ليس باستطاعته فعل الكثير تجاه التنبؤ بالأداء . و يمكن أن تمثل دائرة تفريغ الخلية بمصدر الفولت بواسطة سلسلة من المقاومة الداخلية الفعالة.



تتغير مقادير المقاومة اعتمادا علي قسم منحني تفريغ الشحن في الخلية . و ينعكس ذلك في شكل الفولت ، حيث يقل الفولت كلما اتجهنا لنهاية تفريغ الشحن بسبب زيادة مقاومة البطارية الداخلية .

التفريغ الذاتي للشحن:

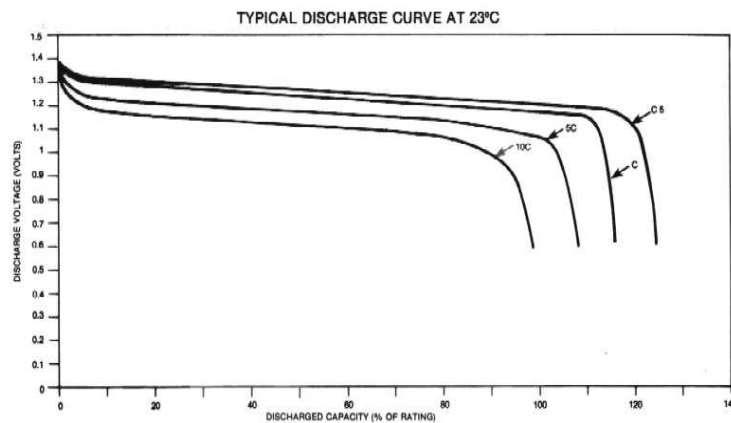
يعمل التفريغ الكيميائي الذاتي للشحن في الخلية علي فقدان الطاقة أثناء التخزين . و لا يعتبر هذا التفريغ ضارا علي العمر الكلي للخلية . و يمكن إعادة السعة مرة أخرى بالشحن العادي . و هذه هي معدلات التفريغ الذاتي العادية لبطاريات النيكل كادميوم . و يمثل RC1 و RC2 تصميمات مختلفة.



لاحظ تأثير درجات الحرارة المتزايدة علي معدلات تفريغ الشحن الزائد. حيث يكون معدل تفريغ الشحن الذاتي تقريبا ١% لكل يوم في درجة حرارة الغرفة و تتضاعف كل ١٠ درجات فوق درجة حرارة الغرفة.

قطع الفولت:

من المهم الأخذ في الاعتبار قطع الفولت في الجهاز الذي يستخدم بطاريات النيكل كادميوم . دعنا مرة أخرى نلقي نظرة علي شكل الفولت المعتاد.



إذا كان قطع الفولت عالي جدا فان البطارية تكون تحت الاستخدام . أما إذا كان قطع الفولت منخفض جدا أو لا يوجد أي قطع للفولت علي الطلاق ، فان الخلايا الفردية في البطارية تنسحب للعكس و هي العملية التي لو تمت بشكل متكرر يمكنها خفض السعة المتاحة و تعمل علي قصر عمر منفعة البطارية . و يعتمد قطع الفولت المناسب علي معدل تفريغ الشحن و علي ما إذا كانت البطارية تستخدم في تطبيقات " الطفو" أو تطبيقات دورية . و يتيح اختيار قطع الفوات المناسب أكثر منفعة للسعة و أكثر قدرة اعتمادية عليها . و في حالة انخفاض معدل تفريغ الشحن فان الحاجة لقطع الفولت تصبح أكثر أهمية . و من الأشياء المقبولة استخدام بطاريات الخلية اللولبية من الداخل لأغراض التحكم في السرعة في أدوات و أجهزة الطاقة بسبب معدلات تفريغ الشحن العالية نسبيا. فعند هذه المعدلات المرتفعة لتفريغ الشحن تمنع الخلايا حدوث عمليات انعكاس كهربى (يرجع ذلك إلي الزيادة المطردة في المقاومة الداخلية في نهاية مدة تفريغ الشحن) ، و التي عند المعدل العالي تسبق عملية الانعكاس الألكتروليتي التالف ، و لا يوجد أي اضمحلال يذكر علي أداء الخلية . و من النقاط المهمة و التي يجب تذكرها بشأن موضوع تفريغ الشحن هو أن معدل تفريغ خلايا النيكل كادميوم عند 1C أو C/5 يكون عند 0.9 فولت تفريغ عند 23 درجة مئوية ، كما انه يوجد فولت أسمى بمقدار 1,2 فولت. و تعتبر معدلات الخلية هي تصميم محافظ في أقل درجاته، و يتأثر الأداء الفعلي بالظروف التي تتم فيها عمليات الشحن و التفريغ. يعتبر شكل الفولت في خلية النيكل كادميوم مستوي جدا أثناء السعة المستخدمة و تقل باطراد عندما تقترب الخلية من نهاية سعتها المستخدمة . و أيضا من الأشياء المهمة أن الجهاز الذي يعمل ببطارية النيكل كادميوم و الذي عنده يتم تحديد قطع الفولت ، لديه مقدار قطع فولت مناسب لكي يحصل علي اعلي سعة و أعلي معدلات اعتماد.

عمر البطارية:

يمكن وصف عمر الخلية اصطلاحيا علي انه عدد سنوات الخدمة أو عدد دورات الشحن و التفريغ. و يمكن لبطارية النيكل كادميوم في الظروف المحكمة أن تبقى حتى 10 سنوات بأقل دورات . و علي الجانب الآخر فان الخلايا تزداد دوراتها حتى عشرة آلاف مرة في الظروف المحكمة مرة أخرى . لاحظ ما نقوله "تحت الظروف المحكمة" ، تقوم خلايا النيكل كادميوم باستخدام نفس التكنولوجيا الأساسية و تمد الأقمار الصناعية لمدة حقتين زمنييتين . العناصر الأساسية المحددة لعمر الخلية هي : درجة الحرارة و ظروف الشحن الزائد و شكل و عمق تفريغ الشحن . هذه العوامل الأساسية مرتبطة بعدد الدورات و عمر الخلايا، لذلك فان كل من الزمن و الدورة يصبحان بشكل غير مباشر محددان لعمر الخلية. و نحن من جانبنا نعرف الإخفاق بشكل عام علي أنه النقطة التي تفقد عندها الخلية 80% من معدل سعتها. أما حالة الإخفاق المبدئية هي حالة فقدان التكامل الفاصل الذي يظهر نفسه إثناء حدوث ماس بالخلية. عطل ماس الخلية هو ما يمكن أن يصطلح عليه بعطل الماس الكبير أو المقاومة المنخفضة أو بداية الإخفاق أو عطل تماس المقاومة أو عطل التماس "القليل". عطل التماس القليل هذا يجعل البطارية تفرغ شحناتها ذاتيا في وقت قصير جدا بالإضافة إلي تحويل بعض طاقة الشحن أثناء دورة الشحن و الناتجة كلها فيما يعتقد من الخلية منخفضة السعة. أما الخفاق الوظيفي فيحدث عندما تتسبب البطارية أو الخلية في إنهاء استخدام الجهاز و يصبح بذلك غير قابل للعمل. و في هذه الحالة تبقى الخلية قادرة علي قبول الشحن و تفريغه لكن يكون مستوي الداء أقل من المطلوب لتشغيل الجهاز بالشكل الأمثل . و في بعض الحالات يكون هذا الشكل من الخفاق هو نتاج التصميم الغير جيد للجهاز أو سوء استخدام البطارية المخصصة لذلك . أما تأثير ارتفاع درجة الحرارة فيسبب قلة استجابة محتملة في عمر الخلية. و يقل المعدل المئوي لعمر البطارية بشكل كبير في البطاريات القياسية، و أقل نوعا ما مع الخلايا المصممة للاستخدام في درجات الحرارة المرتفعة. أما في حالة الشحن الزائد فان كل الطاقة الزائدة للخلايا تتحول إلي حرارة.

و من المهم عدم شحن البطارية بشكل زائد عند معدلات كافية لتتسبب في ارتفاع ملحوظ في درجة الحرارة طوال الفترات الممتدة من الزمن لأن الحرارة الزائدة تسبب قصر عمر الخلية. أما الدائرة الخارجية القصيرة تسبب تدفق تيار هائل خلال المسار الداخلي للخلية مما يؤدي إلي تحطم السطوح المجمع للتيار و يجعل الخلية دائرة مفتوحة أو يعمل علي إتلاف حلقة الخلية المحكمة و التسرب.

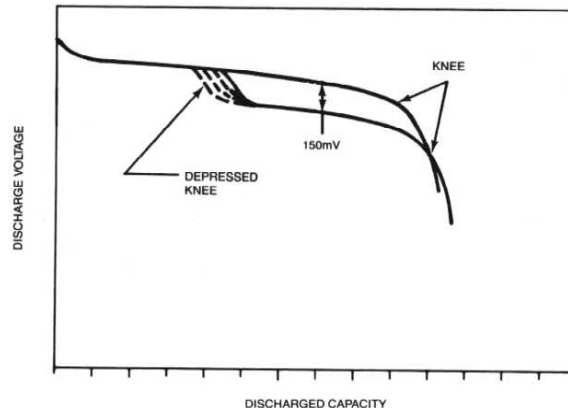
و الآن دعنا نناقش موضوعان مهمان يعتبران من الأشياء التي يساء فهمها بشأن خلايا النيكل كادميوم و هما : الانعكاس و الذاكرة.

الانعكاس:

ما هو انعكاس الخلية؟ تصنع البطارية من أكثر من خلية بها طاقة كامنة لمواجهة مشاكل انعكاس الخلية عندما يكون تفريغ الشحن عميق بشكل كافي ليجعل خلية أو أكثر في البطارية ذات فولت قدره صفر. أما إذا استمرت عملية تفريغ الشحن بعد هذه النقطة فان الفولت للخلية المستنفذة سوف يعكس الأقطاب. وهنا منحني الفولت العام كما تم توضيحه من قبل ، باستثناء انه الآن مستمر إلي مناطق الشحن الزائد . يعتبر القطب الموجب هو أول ما ينفذ من السعة . في حين أن الاستمرار في تفريغ الشحن يسبب الانعكاس في القطب السالب و سوف يقل الفولت أكثر ليصل إلي ١,٤ فولت . أما المشكلة التي سوف تحدث هي تولد غاز الهيدروجين حيث أن الأقطاب تغير من نفسها لذلك فهي تولد غاز الهيدروجين. و متى لم تتم عملية اتحاد الهيدروجين فان ضغط الخلية الداخلي سيصل إلي مستوي يسبب تهوية الخلية إذا ما بقي تيار الشحن المنعكس لفترة ملحوظة من الزمن. أما الحل المثل لمشكلة انعكاس الخلية هو تجنب تطبيقات التصميم حيث وجود انعكاس الخلايا بشكل نسبي أو عميق. و يتم ذلك عند اختيار قطع فولت عالي للتأكد من أن الخلايا لن تنعكس. فانعكاس الخلية يكون أكثر تلفا عند المعدلات المنخفضة متى وجد انعكاس اليكتروكيميائي في نفس الوقت تقريبا كانعكاس الكهربي الناتج عن زيادة المقاومة الداخلية كما استنفذت سعة الخلية . أما في حالات معدلات التفريغ العالية فان الانعكاس الكهربي يحدث قبل الانعكاس الألكتروكيميائي بانخفاض ملحوظ في أداء المنتج . فاستخدام خلايا لولبية من الداخل لأغراض التحكم في السرعة في أدوات الطاقة يعتمد عل هذه المبادئ و التي يتم اختبارها للتأكد من عدم وجود أي تلف في البطارية . ستقبل الخلايا مئات الدورات من انعكاس ٤٠% عند معدل ١٠C و هي الخلايا التي تم شحنها في انعكاس ١٢ أمبير لكل ٤٠% من سعتها بدون أي تأثير ضار يمكن ملاحظته.

الذاكرة أو انخفاض الفولت:

علي عكس الاعتقاد السائد لا يعتبر تأثير الذاكرة بمثابة فقدان لسعة الخلية. فالذاكرة ما هي إلى خطوة في منحني تفريغ شحن الخلية.



Effect of Long-Term Overcharge at Elevated Temperature

أنظر كيف ينخفض فولت المنحني الهابط بالمقارنة بمنحني تفريغ الشحن الأسمى الذي رأيناه من قبل؟ النتيجة النهائية للخطوة تكون ملحوظة فقط إذا ما تم تصميم الجهاز علي فولت قطع عالي . يأخذ أغلب المصممين هذا التأثير محل اهتمام و يجعلون من أجهزتهم القدرة علي العمل بفولت منخفض لتجنب هذه المشكلة . ما الذي يسبب حدوث الذاكرة؟ في الواقع توجد طريقتين . أحدهما باختصار هي عملية تفريغ جزئي متكرر متبوع بعملية شحن تام بطئ . فتفريغ الشحن لابد و أن يكون بالضبط نفس النقطة لكل تفريغ ، ونتيجة لذلك يظهر التأثير . ثانيهما هو التأثير الأكثر تواترا و هو انخفاض الفولت الذي يسمي أيضا الذاكرة . و ينتج ذلك عند الشحن الزائد و المستمر عند المعدلات الممتدة الوقت . فإذا تم ترك بطارية في شحن بطئ لفترة طويلة من الزمن فان بلورات الكريستال في المواد النشطة في الألواح تنمو بشكل أكثر . و في الوقت الذي ينمو فيه الكريستال فان سطح المادة النشطة المتصل بالألكتروليت ينخفض و تفصح هذه الظاهرة عن نفسها بارتفاع في المقاومة الداخلية بالإضافة إلي انخفاض فولت الدائرة المفتوحة . تحدث درجة الفولت في أوقات مختلفة اعتمادا علي طول وجود الشحن الزائد و درجة حرارة البطارية في الشحن الزائد . ففي الوقت الذي يستمر فيه الشحن الزائد فان منطقة انخفاض الفولت توجد قبل منحني تفريغ الشحن . و يمكن إزالة منطقة الانخفاض بدورة واحدة أو أكثر من دورات التفريغ و الشحن، و بذلك يعود شكل فولت الخلية إلي طبيعته. أما التصميمات الحديثة للخلية فقد تحسنت بحيث من النادر لهذه الحالة أن تظهر.

الخاتمة:

لم يعرف توماس أديسون مطلقا ما بدأه منذ مئة عام عندما اخترع أول بطارية تخزين قلبية قابلة لإعادة الشحن . أما الآن ففي جميع أنشطة حياتنا فان الأجهزة التي تعمل بالبطارية تجعل من الأشياء أكثر ملائمة وأمنا و أكثر إنتاجية و أكثر إمتاعا. بالضبط مثل أي مكان تتخيله فانه توجد أنظمة بطاريات تجعل الأشياء تبدأ عملها أو تستمر في عملها. فهي تستخدم في كل الأغراض الفعلية في هذا العالم . بدأت بأديسون لكنه لم يتخيل ما ستبلغه تكنولوجيا البطاريات . يختتم بذلك هذا القسم الخاص بخلايا النيكل كادميوم المحكمة . نأمل أن يكون قد ساعدك ذلك علي أن تصبح مدركا ببعض النواحي الفنية في تكنولوجيا بطاريات النيكل كادميوم و أن تكون الآن علي أتم فهم بالمفاهيم التي لابد وان تؤخذ في الاعتبار عندما تتم عمليات تطوير للتطبيقات.