

الآلات الكهربائية بالمرکبات

البطارية (BATTERY)

البطارية (BATTERY)

الوحدة الأولى : البطارية (BATTERY)

الجدارة: دراسة كل ما يتعلق ببطاريات المركبات من حيث أنواعها ومكوناتها ووظيفتها وخواصها وأعطالها والاختبارات التي تجرى عليها

الأهداف: عند استكمال دراسة هذه الوحدة تكون لديك القدرة على:

- توضيح أهمية البطارية في المركبة
- توضيح الفروق بين الأنواع المختلفة لبطاريات المركبات من حيث تركيبها وخواصها الكهربائية
- شرح و تبسيط التفاعلات الكيميائية في البطارية أثناء عمليتي التفريغ والشحن
- إعطاء المميزات والعيوب للأنواع المختلفة لبطاريات المركبات
- تحديد العوامل المؤثرة على عمر البطارية
- اختيار البطارية ذات السعة المناسبة للمركبة
- اختيار طريقة الشحن المناسبة للبطارية
- تحديد الأعطال الشائعة في المركبة بسبب البطارية وأسبابها وطريقة علاجها
- ذكر الاختبارات اللازمة لبيان حالة البطارية وقراءة النتائج وشرح مدلولاتها

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة تتراوح ما بين ٩٠٪ و ٩٥٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٦ ساعات

الوسائل المساعدة:

شفافيات + نماذج تدريبية مبسطة

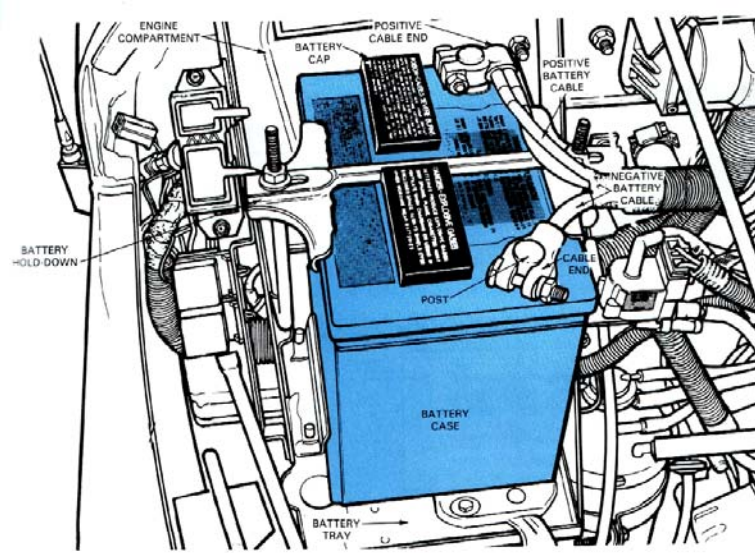
متطلبات الجدارة:

لا يوجد

البطارية (BATTERY)

مقدمة (Introduction)

بطارية المركبة (شكل ١ - ١) عبارة عن جهاز كهروكيميائي يقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وتعتبر البطارية هي المصدر الأساسي للطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل كافة المنظومات والأجهزة والدوائر الكهربائية والإلكترونية في المركبة.



شكل (١ - ١): بطارية المركبة

وظيفة البطارية في المركبة (Battery Functions)

تقوم بطارية المركبة بتأدية الوظائف الآتية:

- ١- إمداد بادئ الحركة (السلف) بالطاقة الكهربائية العالية اللازمة لبدء إدارة محرك المركبة (يقع على عاتقها بدء إدارة محرك المركبة).
- ٢- إمداد كافة المنظومات والأجهزة والدوائر الكهربائية والإلكترونية بالمركبة بالطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيلها أثناء التوقف أو أثناء السرعات المنخفضة لمحرك المركبة، وكذلك عندما تزيد الاحتياجات من الطاقة الكهربائية خارج المولد الكهربائي.

- ٣- تعتبر البطارية مخزناً للطاقة الكهربائية، يتم السحب منه عند الحاجة لذلك (يقوم المولد الكهربائي الذي سيرد ذكره في الوحدة الثالثة بإعادة شحن البطارية حتى تكتمل الطاقة الكهربائية بها في جميع الأوقات).
- ٤- تعمل كموازن للجهد الكهربائي لكافة المنظومات والأجهزة والدوائر الكهربائية والإلكترونية بالمرکبة.

أنواع البطاريات (Types of Batteries)

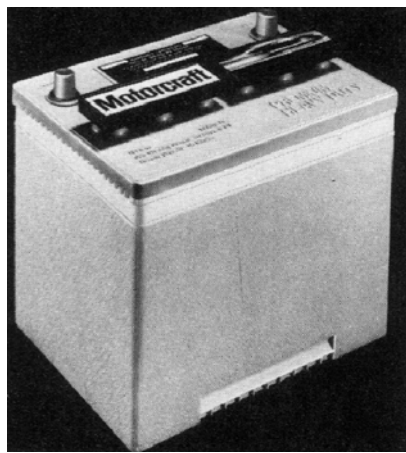
البطارية ببساطة عبارة عن مجموعة من الألواح الموجبة والألواح السالبة متداخلة فيما بينها مع وجود فواصل لمنع تلامسها ويغطي سطحها ما يسمى بالمادة الفعالة ومغمورة في محلول يسمى المحلول الإلكتروليتي داخل صندوق يسمى جسم البطارية، تنتهي كل مجموعة من الألواح بقطب من قطبي البطارية (+، -). هناك العديد من أنواع البطاريات بدءاً من البطاريات التقليدية مروراً بأنواع أخرى حتى الوصول إلى البطاريات الحديثة. تختلف البطاريات المستخدمة في المركبات في المقاسات (الأبعاد) والسعة الكهربائية والقدرة الكهربائية التي يمكن إعطاؤها لبادئ الحركة (السلف) عند بدء إدارة محرك السيارة. عموماً جميع البطاريات على اختلاف أنواعها لها نفس أساس التركيب ونظرية العمل، كما سنرى فيما يلي:

١- البطاريات الرصاصية (الحمضية) (Lead-Acid Batteries)

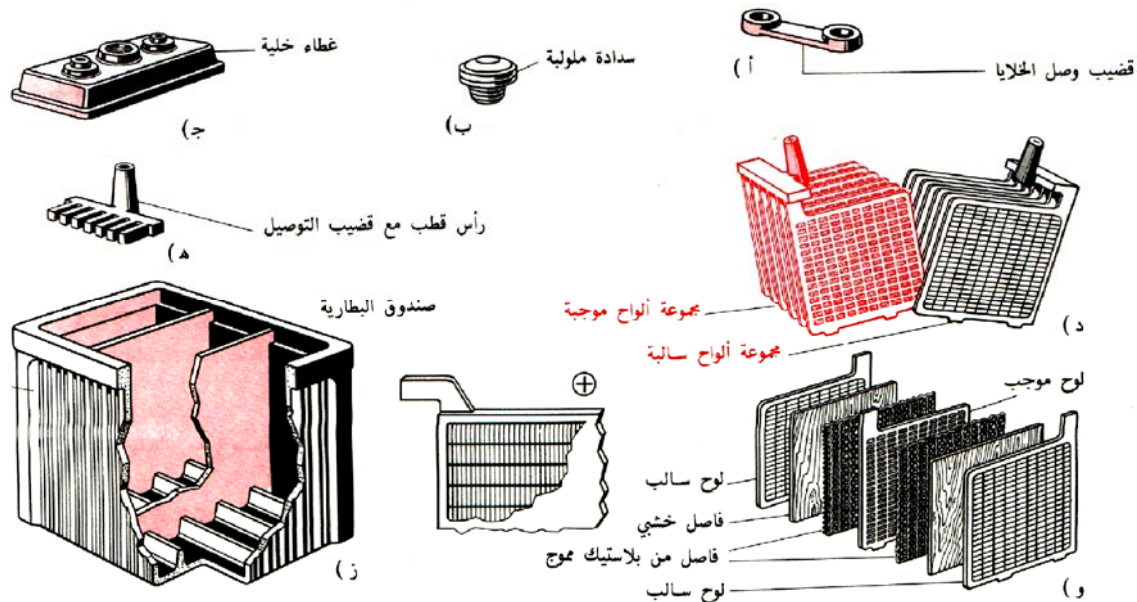
يطلق عليها اسم "البطارية الرصاصية" (نسبة إلى عنصر الرصاص (Pb) المكون الأساسي لألواح الخلايا) أو اسم "البطارية الحمضية" (نسبة إلى حامض الكبريتيك (H_2SO_4) في المحلول الإلكتروليتي)، كما يطلق عليها أحياناً اسم "البطارية التقليدية" (شكل ١ - ٢). تتكون البطارية الرصاصية (الحمضية) ١٢ فولت (12 V) من ٦ خلايا موصلة مع بعضها على التوالي، وتتملأ بحامض الكبريتيك المذاب في الماء المقطر (المحلول الإلكتروليتي أو المحلول الكهربائي)، كل خلية سوف تنتج فرق جهد مقداره حوالي ٢ فولت (2 V).

١-١ تركيب البطارية الرصاصية (الحمضية) (Lead-acid Battery Construction)

تتكون البطارية الرصاصية (الحمضية) من: شبكات الألواح و الألواح الموجبة والألواح السالبة والفواصل والعناصر و الخلايا و المحلول الإلكتروليتي (المحلول الكهربائي) و صندوق للبطارية (جسم البطارية) به فراغات للخلايا وأغطية للخلايا و سدادات ملولبة للخلايا بها فتحات تهوية (سدادات التهوية) (شكل ١ - ٣).



شكل (١ - ٢): البطارية الرصاصية (الحمضية) أو التقليدية



شكل (١ - ٣): تركيب البطارية الرصاصية (الحمضية)

١ - ١ - ١ شبكات الألواح (Grids):

شبكات الألواح (شكل ١ - ٣ د، و) عبارة عن قضبان (أعمدة) أفقية تقطعها قضبان رأسية، وتصنع من سبائك الأنثيمون والرصاص (حوالي ٥٪ أنثيمون لزيادة متانة الألواح)، تملأ الشبكات بعجينة من المادة الفعالة تحفظ في مكانها بواسطة القضبان الرأسية والأفقية وتصبح في النهاية ألواحاً مسطحة.

١ - ١ - ٢ الألواح الموجبة (+) (Positive Plates):

الألواح الموجبة (+) في البطارية (شكل ١ - ٣ د، و) عبارة عن شبكات ألواح مليئة بعجينة من ثاني أكسيد الرصاص (بيروكسيد الرصاص) (Lead Peroxide) (PbO_2) تستخدم كمادة فعالة للألواح الموجبة. ثاني أكسيد الرصاص عبارة عن مادة ذات تركيب بلوري لونها بني غامق، درجة المسامية العالية لهذه المادة الفعالة تسمح للمحلول الإلكتروليتي باختراقها والنفاذ من خلالها بسهولة ويسر.

١ - ١ - ٣ الألواح السالبة (-) (Negative Plates):

الألواح السالبة (-) في البطارية (شكل ١ - ٣ د، و) عبارة عن شبكات ألواح مليئة بعجينة الرصاص الإسفنجي (Sponge Lead) (Pb) تستخدم كمادة فعالة للألواح السالبة. الرصاص الإسفنجي لونه رصاصي ذو درجة مسامية تسمح للمحلول الإلكتروليتي باختراقها والنفاذ من خلالها بسهولة ويسر.

١ - ١ - ٤ الفواصل (Separators):

تصنع الفواصل (شكل ١ - ٣ و) من مادة مسامية غير موصلة للكهرباء مثل ألياف السيليلوز المشبعة بالراتنجات أو من مواد بلاستيكية متنوعة أو من المطاط المسامي أو من الألياف الزجاجية، وكانت تصنع في السابق من الأخشاب المسامية. توضع الفواصل بين الألواح الموجبة والسالبة حتى لا تتلامس المواد الفعالة في هذه الألواح أثناء تمددها فتفقد الطاقة الكهربائية المخزنة بها. يجب أن تكون الفواصل مقاومة للأحماض ومتينة ومسامية بدرجة كافية تسمح بسهولة للمحلول الإلكتروليتي بالمرور من خلالها.

١ - ١ - ٥ العناصر والخلايا (Elements and Cells):

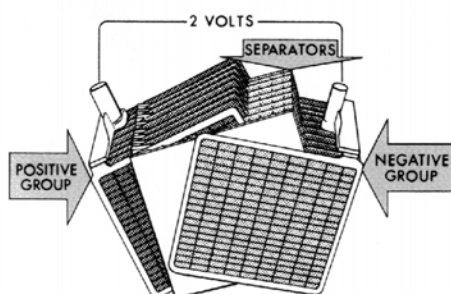
"العنصر" (شكل ١ - ٣ د) و (شكل ١ - ٤) عبارة عن مجموعة من الألواح الموجبة والسالبة تتداخل فيما بينها وتعزل عن التلامس بواسطة الفواصل (يوضع لوح سالب يليه فاصل ثم لوح موجب ثم

فاصل، وهكذا حتى ينتهي العنصر بلوح سالب). يتم توصيل الألواح الموجبة مع بعضها عن طريق شريط معدني (strap) أو قضيب وصل (شكل ١ - ٣ أ، هـ) وكذلك الحال بالنسبة للألواح السالبة. يتم تجهيز مجموعة من العناصر بنفس الطريقة وبنفس عدد الخلايا المطلوبة في البطارية.

يوضع كل عنصر في فراغ خاص به في صندوق البطارية ويغمر في المحلول الإلكتروليتي ويطلق عليه حينئذ اسم "الخلية". كل خلية لها فرق جهد دائرة مفتوحة (لا يوجد حمل موصل على الخلية) مقداره ٢,١ فولت (2.1V). على سبيل المثال: فإن البطارية ١٢ فولت (12 V) لها ٦ خلايا (6 Cells) وعليه يكون فرق جهد الدائرة المفتوحة (لا يوجد حمل موصل على البطارية) لهذه البطارية هو ١٢,٦ فولت (12.6 V).

١ - ١ - ٦ - المحلول الإلكتروليتي (Electrolyte):

كما أشرنا من قبل، فإن مادة ثاني أكسيد الرصاص (الألواح الموجبة) ومادة الرصاص الإسفنجي (الألواح السالبة) هي المواد الفعالة في البطارية. لا يمكن أن تصبح هذه المواد فعالة إلا بغمرها في المحلول الإلكتروليتي الذي هو عبارة عن سائل مكون من حامض الكبريتيك (H_2SO_4) و ماء مقطر (H_2O).



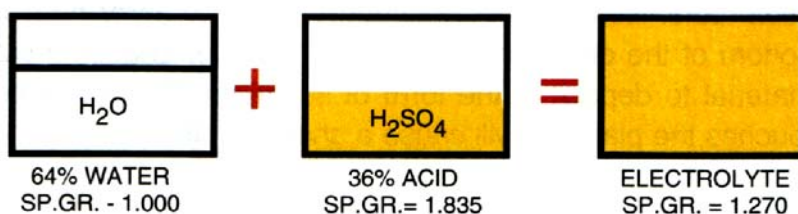
شكل (١ - ٤): تركيب عنصر البطارية

حامض الكبريتيك في المحلول الإلكتروليتي يعطي الكبريتات التي تتفاعل كيميائياً مع ثاني أكسيد الرصاص والرصاص (المواد الفعالة على الألواح) وتطلق هذه التفاعلات الطاقة الكهربائية المطلوبة من البطارية. بالإضافة إلى ذلك، فإن حامض الكبريتيك هو المسؤول عن حمل الإلكترونات داخل البطارية فيما بين الألواح الموجبة والألواح السالبة.

المحلول الإلكتروليتي في البطارية تامة الشحن عبارة عن ٣٦٪ حامض كبريتيك و ٦٤٪ ماء بكثافة حجمية (نوعية) (Specific Gravity) حوالي ١,٢٧٠ كجم/لتر (1.270 kg/l) (تصل هذه القيمة في بعض البطاريات تامة الشحن إلى ١,٢٨٥ كجم/لتر). بصفة عامة الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي في البطاريات الجديدة تساوي 1.275 ± 0.010 (شكل ١ - ٥).

الكثافة الحجمية (النوعية) (Specific Gravity):

تعرف الكثافة الحجمية (النوعية) بأنها وزن أي حجم من مائع مقسوماً على وزن حجم مساو من الماء ووحداتها (كيلوجرام/لتر). الماء المقطر (النقي) له كثافة حجمية (نوعية) تساوي الواحد الصحيح، بينما المحلول الإلكتروليتي في البطارية يجب أن تكون كثافته الحجمية ما بين ١,٢٦٠ و ١,٢٨٥ (كجم/لتر) (1.260 - 1.285 kg/l) عند درجة حرارة حوالي ٨٠ °ف (٢٦.٧ °م). بمعنى آخر، في البطارية تامة الشحن يكون المحلول الإلكتروليتي أثقل من الماء حوالي ما بين ١,٢٦٠ و ١,٢٨٥ مرة. تقاس الكثافة الحجمية باستخدام الهيدرومتر (Hydrometer) (سيأتي ذكره بالتفصيل في اختبارات البطارية في هذه الوحدة).



شكل (١ - ٥): مكونات المحلول الإلكتروليتي للبطارية

تحضير المحلول الإلكتروليتي (Electrolyte Preparation):

يتم تحضير المحلول الإلكتروليتي في البطاريات الرصاصية (الحمضية) بخلط حامض الكبريتيك (H_2SO_4) مع الماء المقطر (H_2O) مع مراعاة عدم سكب الماء فوق الحامض حتى لا ترتفع درجة حرارة المحلول بدرجة شديدة (هناك فرق كبير بين الحرارة النوعية للماء والحامض) وتتصاعد الأبخرة (لأن كمية الحامض تكون كبيرة مقارنة بكمية الماء في بداية الصب). لذلك يجب صب حامض الكبريتيك فوق الماء المقطر حتى تضيق الحرارة نتيجة صب الحامض في برودة الماء فتقل درجة حرارة المحلول نسبياً. يخلط حامض الكبريتيك مع الماء في أوان من الزجاج أو البورسلين مع مراعاة التقليب أولاً بأول كلما صببنا كمية من الحامض حتى لا يترسب الحامض الأثقل في قاع الإناء.

نسبة الخلط كما سبق وأشرنا تكون حوالي ٣٦٪ حامض كبريتيك و ٦٤٪ ماء. بعد تجهيز المحلول الإلكتروليتي يترك ليبرد حتى يصل إلى درجة حرارة الجو وعندها يمكن إضافته إلى البطارية (عند صب المحلول في البطارية يراعى الصب ببطء وبحذر شديدين).

١ - ١ - ٧ - صندوق البطارية (جسم البطارية) (Battery Casing):

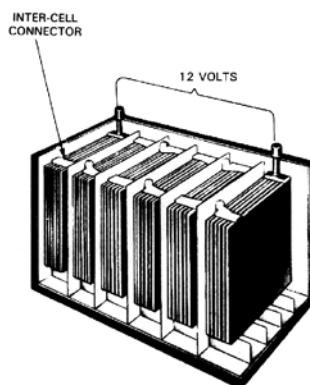
صندوق البطارية أو الجسم الحاوي للخلايا (شكل ١ - ٣ ز) يصنع في الغالب من قطعة واحدة عبارة عن قالب من البولي بروبيلين أو من المطاط الصلب أو من البلاستيك، ويجب أن تكون مادة الصنع مقاومة للأحماض والصدمات. يحتوي صندوق البطارية على عدد من فراغات الخلايا المستقلة عن بعضها حسب جهد البطارية. توجد مجموعة من العوارض في أسفل صندوق البطارية ترتكز عليها العناصر الخاصة بالخلايا.

١ - ١ - ٨ - أغطية وسدادات الخلايا (Cell Covers and Vent Plugs):

سطح البطارية يحتوي على أغطية الخلايا (شكل ١ - ٣ ج). يمكن صنع أغطية الخلايا من قطعة واحدة أو يصنع غطاء منفصل لكل خلية وتصنع غالباً من البلاستيك المقاوم للأحماض. يجب أن يحتوي غطاء البطارية التقليدية على فتحات تهوية تستخدم لتزويد البطارية بالماء وتركب عليها سدادات ملوثة بها ثقب تهوية (شكل ١ - ٣ ب) مصممة بحيث تسمح بهروب غازات الهيدروجين والأكسجين المتصاعدة من التفاعلات الكيميائية أثناء الشحن أو التفريغ خارج البطارية ولكن لا تسمح بخروج المحلول الإلكتروليتي.

١ - ١ - ٩ - الأقطاب (Terminals):

البطارية لها قطبان خارجيان أحدهما موجب (+) والآخر سالب (-)، كل من القطبين يتصل في النهاية بأعمدة الوصل (أو الشرائط المعدنية) التي تربط الألواح التي ينتمي إليها هذا القطب (شكل ١ - ٦).



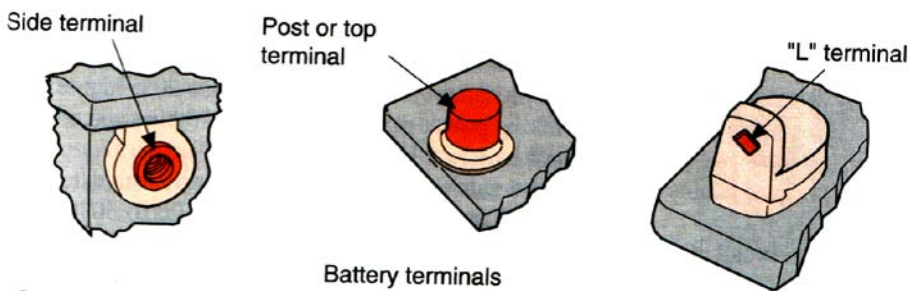
شكل (١ - ٦): طريقة اتصال أقطاب البطارية بأعمدة الوصل أو الشرائط المعدنية

هناك ثلاثة أنواع من أقطاب البطاريات (شكل ١ - ٧)، هذه الأنواع هي:

١- أقطاب ذات شكل أسطواني مسلوب (مخروطي خفيف الميل): توجد على السطح العلوي للبطارية. يكون القطب الموجب قطره (في المتوسط حوالي ١٧,٤٦ مم) أكبر قليلاً من قطر القطب السالب (في المتوسط حوالي ١٥,٨٨ مم) للحماية من التوصيل العكسي لأقطاب البطارية. هذا النوع من الأقطاب هو الأكثر شيوعاً للاستخدام في معظم أنواع البطاريات (شكل ١ - ٧ في الوسط).

٢- أقطاب جانبية : عبارة عن ثقوب مقلوطة يتم تشكيلها في الجدار الجانبي للبطارية بالقرب من السطح العلوي. تستخدم مسامير قلاووظ من نوع خاص لتثبيت الكيابل في الأقطاب (شكل ١ - ٧ إلى اليسار).

٣- أقطاب على شكل حرف (L): يتم تثبيت الأقطاب المعدنية على شكل حرف (L) على السطح العلوي للبطارية. الحافة العلوية للقطب بها ثقب لتركيب كيابل البطارية بواسطة مسمار قلاووظ وصامولة مجنحة (نوع خاص من الصواميل). يستخدم هذا النوع من الأقطاب في بعض الأنواع الخاصة من البطاريات (شكل ١ - ٧ إلى اليمين).



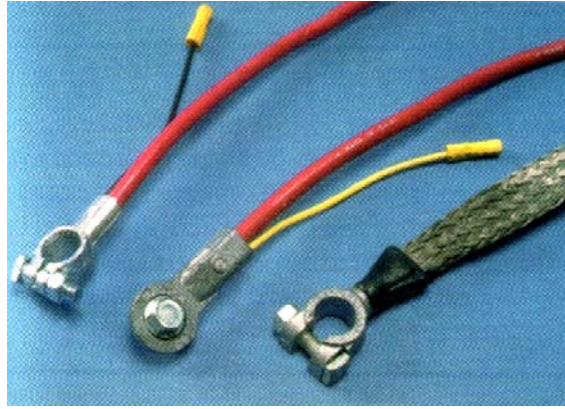
شكل (١ - ٧): الأنواع المختلفة من أقطاب بطاريات المركبات

في بعض الشاحنات الكبيرة، تكون أقطاب البطاريات موجودة على السطح العلوي (مشابهة للنوع الأول) ولكنها ليست مخروطية وإنما عبارة عن قلاووظ خارجي ويلزم أن تكون أطراف توصيل الكيابل من نوع خاص ومزودة بقلاووظ داخلي لربط الكيابل في الأقطاب.

١ - ١٠ - كيايل توصيل البطارية في المركبة (Battery Cables):

يجب أن تكون أقطار كيايل توصيل البطارية كافية لحمل التيار الكهربائي اللازم للمتطلبات المختلفة أثناء دورة عمل البطارية (شكل ١ - ٨). عموماً مساحة مقطع الكيايل المستخدمة في توصيل البطاريات تتراوح بين ١٣ و ١٩ مم^٢ للبطاريات ١٢ فولت وتحمل تياراً كهربائياً شدته تتراوح بين ٥٠ و ٦٠ أمبير.

أطراف توصيل الكيايل مع البطاريات ذات أنواع وأشكال عديدة، ويتم تركيبها في نهاية طرف الكيبل وتستخدم لضمان جودة التوصيل الكهربائي بين البطارية والأنظمة والدوائر الكهربائية والإلكترونية في المركبة.



شكل (١ - ٨): كيايل توصيل البطارية

الكيايل الموجبة عادة يكون لونها أحمر، بينما الكيايل السالبة يكون لونها أسود. يتم ربط الكيايل الموجبة مع الأقطاب الموجبة للبطاريات والمفتاح المغناطيسي لبادئ الحركة (السلف) أو المُرَّحَل، بينما الكيايل السالبة يتم ربطها مع الأرضي على كتلة محرك المركبة. بعض الشركات الصانعة تستخدم الكيايل السالبة بدون عزل، وفي بعض الأحيان تكون الكيايل السالبة للبطاريات لها سلك أرضي مع جسم المركبة ثقة في أن الجسم موصل بالأرضي بصورة حقيقية مؤكدة.

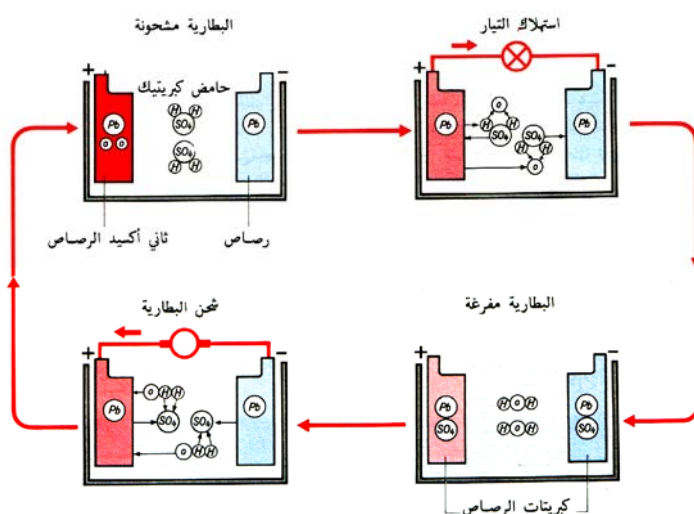
١ - ٢ - التفاعلات الكيميائية في البطاريات الرصاصية (Chemical Actions)

التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل البطارية أثناء الشحن وأثناء التفريغ موضحة في شكل

(١ - ٩).

في حالة شحن البطارية المادة الفعالة للألواح الموجبة تكون ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2)، وتكون المادة الفعالة للألواح السالبة عبارة عن رصاص إسفنجي (Pb). المحلول الإلكتروليتي عبارة عن محلول من حامض الكبريتيك (H_2SO_4) والماء المقطر (H_2O).

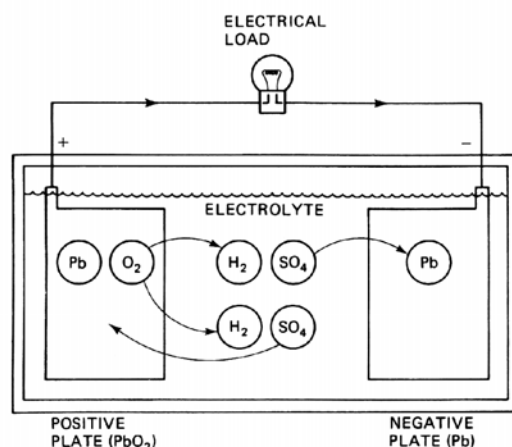
فرق جهد خلية البطارية يعتمد على الفارق الكيميائي بين المادتين الفعالتين على الألواح الموجبة والألواح السالبة، كذلك يؤثر تركيز المحلول الإلكتروليتي على فرق جهد الخلية.



شكل (١ - ٩): التفاعلات الكيميائية في البطاريات الرصاصية أثناء دورتي التفريغ والشحن
(النصف الأيمن: أثناء دورة التفريغ، النصف الأيسر: أثناء دورة الشحن)

١ - ٢ - ١ - أثناء دورة التفريغ (Discharge Cycle):

دورة التفريغ للبطارية (شكل ١ - ٩ النصف الأيمن من الشكل) و (شكل ١ - ١٠) تحدث عندما يتم توصيل أي من الأحمال الكهربائية في المركبة على البطارية ومرور التيار الكهربائي إلى هذا الحمل (يسري التيار الكهربائي أثناء دورة التفريغ من القطب الموجب إلى القطب السالب). التيار الكهربائي يتم إنتاجه بواسطة التفاعلات الكيميائية بين المواد الفعالة للألواح الموجبة والسالبة من جهة وحامض الكبريتيك في المحلول الإلكتروليتي من جهة أخرى.



شكل (١ - ١٠): التفاعلات الكيميائية في البطارية الرصاصية أثناء دورة التفريغ

كما هو موضح في شكل (١ - ٩) النصف الأيمن من الشكل و شكل (١ - ١٠)، الأوكسجين (O_2) الموجود في ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2) (المادة الفعالة على الألواح الموجبة) يتحد مع الهيدروجين (H_2) الموجود في حامض الكبريتيك (الموجود في المحلول الإلكتروليتي) مكوناً ماء (H_2O)، في نفس الوقت يتحد الرصاص (Pb) في ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2) مع شق الكبريتات في حامض الكبريتيك مكوناً كبريتات الرصاص ($PbSO_4$).

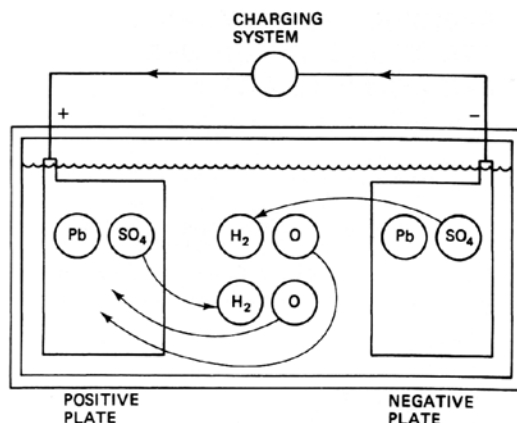
تحدث نفس التفاعلات عند الألواح السالبة حيث المادة الفعالة هي الرصاص الإسفنجي (Pb) تتحد مع شق الكبريتات في حامض الكبريتيك مكونة كبريتات الرصاص ($PbSO_4$). مع استمرار عملية التفريغ، تصبح المادة الفعالة على الألواح الموجبة و الألواح السالبة متشابهة (عبارة عن كبريتات رصاص فقط)، ويقل تركيز المحلول الإلكتروليتي وتقل كثافته الحجمية بسبب زيادة نسبة الماء في المحلول (الماء الناتج من التفاعلات الكيميائية) إلى جانب مشاركة الشق الحمضي في المحلول في التفاعلات الكيميائية (بمعنى أن يقل حجم الحامض ويزداد حجم الماء في المحلول الإلكتروليتي). بناءً على ذلك، ينخفض فرق جهد البطارية الذي يعتمد كما سبق وذكرنا على تركيز المحلول وفرق الجهد الكيميائي بين المادتين الفعالتين على الألواح الموجبة والسالبة).

١

- ٢ - ٢ - أثناء دورة الشحن (Charge Cycle):

تحدث التفاعلات الكيميائية في البطارية أثناء دورة الشحن (شكل ١ - ٩ النصف الأيسر من الشكل) و (شكل ١ - ١١) بصورة عكسية لتلك التفاعلات التي تحدث في أثناء دورة التفريغ. يسري

التيار الكهربائي إلى داخل البطارية في مسار عكس مساره أثناء دورة التفريغ (أي إنه يمر من القطب السالب إلى الموجب).



شكل (١ - ١): التفاعلات الكيميائية في البطارية الرصاصية أثناء دورة الشحن

في أثناء دورة الشحن (١ - ٩) النصف الأيسر من الشكل وشكل (١ - ١١)، يتم فصل كبريتات الرصاص الموجودة على كل من الألواح الموجبة والألواح السالبة إلى رصاص (Pb) و كبريتات (SO₄)، بينما يتم فصل الماء (H₂O) إلى هيدروجين (H₂) و أوكسجين (O₂).

مرور التيار الكهربائي أثناء دورة الشحن يجبر الكبريتات على ترك الألواح الموجبة والسالبة، وتتحد هذه الكبريتات (SO₄) مع الهيدروجين (H₂) مكونة حامض الكبريتيك (H₂SO₄)، وفي نفس الوقت يتحد الأوكسجين (O₂) مع الرصاص (Pb) عند الألواح الموجبة مكوناً ثاني أكسيد الرصاص (PbO₂).

نتيجة التفاعلات الكيميائية الناجمة عن دورة الشحن، يزداد تركيز المحلول الإلكتروليتي (تقل نسبة الماء في المحلول نتيجة التحليل وتزداد نسبة الحامض نتيجة تكون حامض كبريتيك أثناء التفاعلات) وتزداد الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي، وبالتالي يرتفع فرق جهد البطارية.

المعادلة الكيميائية التالية توضح دورتي التفريغ و الشحن في البطارية الرصاصية:

تفريغ →



ثاني أكسيد الرصاص (ألواح موجبة) + حامض الكبريتيك + رصاص (ألواح سالبة)



كبريتات رصاص (ألواح موجبة) + ماء + كبريتات رصاص (ألواح سالبة)

← شحن

١- ٣- مميزات و عيوب البطارية الرصاصية (Advantages and Disadvantages)

مثل أي نوع من البطاريات، نجد أن البطارية الرصاصية (الحمضية) لها مميزات ولها أيضاً عيوب، ولكن لأن هذا النوع من البطاريات يعتبر تقليدياً فإن العيوب تكون أكثر من المميزات بالنظر إلى الحالية لهذه البطارية (عكس النظرة لتلك البطارية في بداية إنتاجها ولم يكن هناك أنواع أخرى عرفت في الأسواق، فكانت كلها مميزات وتكاد تخلو من العيوب. عموماً، فيما يلي بعض المميزات وبعض العيوب طبقاً لنظرتنا الحالية على هذه الأنواع من البطاريات التقليدية :

المميزات (Advantages):

- ١- إمكانية تقديم شدة تيار كهربائي كبيرة
- ٢- ثمنها أقل من مثيلاتها ذات نفس السعة

العيوب (Disadvantages):

- ١- عمرها الافتراضي قصير
- ٢- ثقل وزنها
- ٣- سهولة تعرض ألواحها للكبريتة (سيرد شرحها فيما بعد من خلال هذه الوحدة)
- ٤- التلف الميكانيكي الناتج عن اهتزاز المركبة أثناء السير

١- ٤- الخواص الكهربائية للبطاريات الرصاصية (Electrical Characteristics)

١- ٤- ١- القوة المحركة الكهربائية للخلية (Cell Electromotive Force)

القوة المحركة (القوة الدافعة) الكهربائية للخلية تتناسب طردياً مع كثافة المحلول الإلكتروليتي (علاقة خط مستقيم)، أي إنه كلما زادت كثافة المحلول الإلكتروليتي زادت القوة المحركة الكهربائية للخلية والعكس صحيح. أثناء دورة الشحن تكون كثافة المحلول الإلكتروليتي غير متجانسة (تكون أكبر بين الألواح عن خارجها)، لذلك يجب الانتظار فترة من الزمن بعد دورة الشحن للتحقق من العلاقة بين القوة المحركة الكهربائية وكثافة المحلول الإلكتروليتي وحتى تكون القياسات صحيحة.

١- ٤- ٢- المقاومة الداخلية للخلية (Cell Internal Resistance)

المقاومة الداخلية للخلايا في البطارية الرصاصية تزيد بالتفريغ نظراً لتكون مادة كبريتات الرصاص على الألواح الموجبة والسالبة، وكلما زاد التفريغ زادت كمية كبريتات الرصاص على الألواح

وزادت المقاومة الداخلية أكثر. بينما تقل المقاومة الداخلية لهذه الخلايا بالشحن نظراً لعودة مادة الألواح إلى حالتها الأصلية وتحلل كبريتات الرصاص، وعندما تقترب الخلايا من حالة الشحن التام تكون قيمة المقاومة الداخلية لها صغيرة جداً ولا تتعدى عدة مللي أوم.

١- ٤- ٣- جهد الشحن و تيار الشحن والشحن السريع

(Charging Voltage & Current and Fast Charging)

يتم شحن البطارية من خلال دائرة الشحن في المركبة وهناك منظم لعملية الشحن يعمل على الحفاظ على الجهد المعطى للبطارية من المؤكد الكهربائي ثابتاً عند أي سرعة دوران لمحرك المركبة، أي إن هذه العملية تتم تلقائياً (ستتم دراسة ذلك من خلال الوحدة الثالثة في هذه الحقيبة).

أما عند الحاجة لشحن البطارية باستخدام جهاز الشحن، فإنه يجب تحديد شدة تيار الشحن بأخذ الجهد الذي يتم عنده انطلاق الغازات وهو ٢,٤ فولت لكل خلية كمقياس لذلك، وإذا لم يصل جهد الخلايا إلى هذه القيمة فيمكن للبطارية أن تسحب تياراً ذا قيمة مرتفعة جداً. كما يجب ألا تزيد درجة حرارة المحلول الإلكتروليتي عن ٤٥ °م. يوصف الشحن بأنه شحن عادي أو شحن سريع حسب الزمن الذي تحتاجه عملية الشحن.

في الشحن العادي يبلغ تيار الشحن حوالي ١٠٪ من سعة البطارية وتشحن البطارية إلى أن تصل إلى السعة الاسمية لها، مع ملاحظة أن خفض تيار الشحن لا يؤثر بالضرر على البطارية في هذه الحالة، أما في الشحن السريع فتصل البطارية إلى حوالي ٨٠٪ من سعتها في وقت زمني قصير، مع ملاحظة أن تيار الشحن في هذه الحالة تبلغ قيمته حوالي من خمسة إلى عشرة أمثال قيمة التيار في حالة الشحن العادي. ويجب مراعاة إنهاء عملية الشحن السريع عندما يصل جهد الخلية إلى ٢,٤ فولت للمحافظة على الألواح من التلف نتيجة الانبعاث الشديد للغازات.

الشحن الكامل للبطارية يتم بواسطة دائرة الشحن في المركبة.
بعض المصطلحات والتعريفات خاصة بدورتي التفريغ والشحن نوجزها في الجدول (١ - ١).

المصطلح	تعريف المصطلح
التفريغ الذاتي	ينشأ نتيجة التفاعلات الداخلية في البطارية عند تركها فترة طويلة بدون عمل (حوالي ١٪ من سعة البطارية يومياً)
الشحن الحافظ	شحن مستمر لمعادلة وموازنة التفريغ الذاتي
الشحن السريع	شحن في فترة زمنية قصيرة باستخدام قيم مضاعفة لتيار الشحن الاسمي
الشحن الكامل	الشحن حتى إتمام التفاعل الكيميائي ووصول جهد الخلية إلى قيمته النهائية (حوالي ٢,٧ فولت)
الشحن الجزئي	الشحن حتى بداية ظهور الفقاعات الغازية (جهد الخلية يكون حوالي ٢,٤ فولت)

جدول (١ - ١): مصطلحات و تعريفات الشحن والتفريغ في البطارية

٢- البطاريات القلوية (Alkaline Batteries)

تم إنتاج البطاريات القلوية (القاعدية) للتغلب على المشاكل التي نجمت عن استخدام البطاريات الرصاصية (الحمضية) مثل قصر عمرها الافتراضي وثقل وزنها وسهولة تعرض الألواح للكبريتة وللتلف الميكانيكي الناجم عن اهتزازات المركبة أثناء السير.

البطارية القلوية تحتوي على محلول إلكتروليتي قلوي يتكون من حوالي ٢٠٪ من هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) أو هيدروكسيد البوتاسيوم (البوتاسا الكاوية) والباقي ماء مقطر، مع ألواح من النيكل أو الحديد أو هيدروكسيد الكاديوم.

يمكن توصيف المادة المستخدمة في صنع الألواح الموجبة والألواح السالبة للبطارية القلوية حسب نوع البطارية وكما هو موضح في الجدول (١ - ٢).

نوع البطارية القلوية	مادة الألواح الموجبة	مادة الألواح السالبة
نيكل - كاديوم (Ni-Cd)	مركبات النيكل	كاديوم
نيكل - حديد (Ni-Fe)	مركبات النيكل	حديد
نيكل - زنك (Ni-Zn)	مركبات النيكل	زنك
فضة - زنك (Ag-Zn)	مركبات الفضة	زنك
فضة - كاديوم (Ag-Cd)	مركبات النيكل	كاديوم

جدول (١ - ٢): أنواع البطاريات القلوية ومواد الألواح الموجبة والسالبة

تجدر الإشارة إلى أن البطاريات القلوية الأكثر شيوعاً هي بطاريات النيكل- كاديوم و النيكل- حديد. الخلية الواحدة في كل من النوعين تعطي جهداً مقداره ١,٢ فولت (الخلية في البطارية الرصاصية تعطي جهداً مقداره ٢ فولت)، معنى هذا أننا نحتاج ٥ خلايا للحصول على بطارية ٦ فولت بينما نحتاج ٣ خلايا فقط في البطارية الرصاصية للحصول على نفس البطارية بنفس الجهد. لذلك نجد أن حجم البطارية القاعدية أكبر من حجم البطارية الرصاصية.

٢- ١ البطاريات القلوية نيكل - كادميوم (Nickel-Cadmium Batteries)

٢- ١ - ١ مكونات البطارية القلوية نيكل - كادميوم (Ni-Cd Battery Construction)

- المحلول الإلكتروليتي يحتوي على هيدروكسيد البوتاسيوم.
- القطب الموجب من أكسيد النيكل المائي.
- القطب السالب من أكسيد الكادميوم المائي.
- شبكة الألواح من سبيكة الفولاذ النيكلي.
- توضع المادة الفعالة من أكسيد الكادميوم المائي في جيوب مصنوعة في شبكة الألواح السالبة وتمثل اللوح السالب، أما مادة أكسيد النيكل المائي فإنها غير ناقلة للكهرباء لذلك تمزج معها صفائح صغيرة من النيكل ويوضع المزيج في جيوب شبكة الألواح الموجبة وتمثل اللوح الموجب. تجمع الألواح المتشابهة إما بوصلها بقطعة من الفولاذ باللحام أو بربطها بمحور تجميع وصامولة.
- توضع فتحة تهوية تسمح بخروج الغازات أو دخول الهواء أثناء التفاعل فقط.

٢- ١ - ٢ عملية الشحن وعملية التفريغ في البطارية القاعدية (Charge & Discharge Cycles)

في أثناء عملية الشحن يتحول القطب الموجب (أكسيد النيكل المائي) إلى ثاني أكسيد النيكل المائي بينما يتحول القطب السالب (أكسيد الكادميوم المائي) إلى كادميوم، ويحدث العكس في عملية التفريغ وتظل كثافة المحلول الإلكتروليتي كما هي بدون تغيير كما هو واضح من معادلتى الشحن والتفريغ الآتيتين:



المحلول الإلكتروليتي قد يتعرض للتلف إذا تفاعل مع غاز الفحم الموجود في الهواء وتنتج عن التفاعل كربونات البوتاسيوم لذلك يجب إحكام غلق جسم البطارية مع وجود فتحة التهوية فقط.

٢- ١- ٣- الخواص الكهربائية للبطارية القاعدية (Electrical Characteristics)

القوة المحركة الكهربائية للخلية (Cell Electromotive Force)

أثناء الشحن نجد أن فرق جهد الخلية يكون حوالي ١,٥٥ فولت، وعند إيقاف الشحن يهبط فرق جهد الخلية تدريجياً ويثبت عند ١,٤ فولت بعد عدة ساعات. أما أثناء التفريغ فإن فرق جهد الخلية يهبط من ١,٤ فولت إلى ١,١ فولت.

المقاومة الداخلية للخلية (Cell Internal Resistance):

المقاومة الداخلية لخلايا البطارية القاعدية صغيرة جداً وتصل إلى حوالي عدة مللي أوم. تتغير المقاومة الداخلية قليلاً جداً أثناء عملية الشحن أو عملية التفريغ، ولكنها ترتفع بقيمة كبيرة عند لحظة وصول البطارية إلى حالة التفريغ التام.

سعة البطارية القاعدية (Battery Capacity):

تتراوح ما بين ٤٠ إلى ١٨٠ أمبير.ساعة، و ليست هناك علاقة بين السعة وبين درجات الحرارة أو معدل التفريغ.

شحن البطارية القاعدية (Battery Charging):

يفضل عدم شحن البطارية القاعدية بتيار كهربائي ثابت الشدة نظراً للارتفاع الكبير في درجة حرارة الخلية في نهاية الشحن، ويفضل تخفيض شدة التيار الكهربائي إلى ٢٥٪ من قيمته في نهاية الشحن.

٢- ١- ٤- مميزات وعيوب البطارية القاعدية (Advantages and Disadvantages)

المميزات (Advantages):

- ١- متانة عالية ومقاومة عالية للظروف المحيطة.
- ٢- لا تتكون كبريتات تضر بالألواح.
- ٣- يمكن تعريضها للتفريغ التام كما يمكن تحملها للتفريغ الشديد دون حدوث أضرار بها.
- ٤- سرعة التفريغ أو شدته ليس لها أي تأثير على سعة البطارية.
- ٥- سهولة الصيانة.
- ٦- التفريغ الذاتي يحدث فيها ببطء شديد.

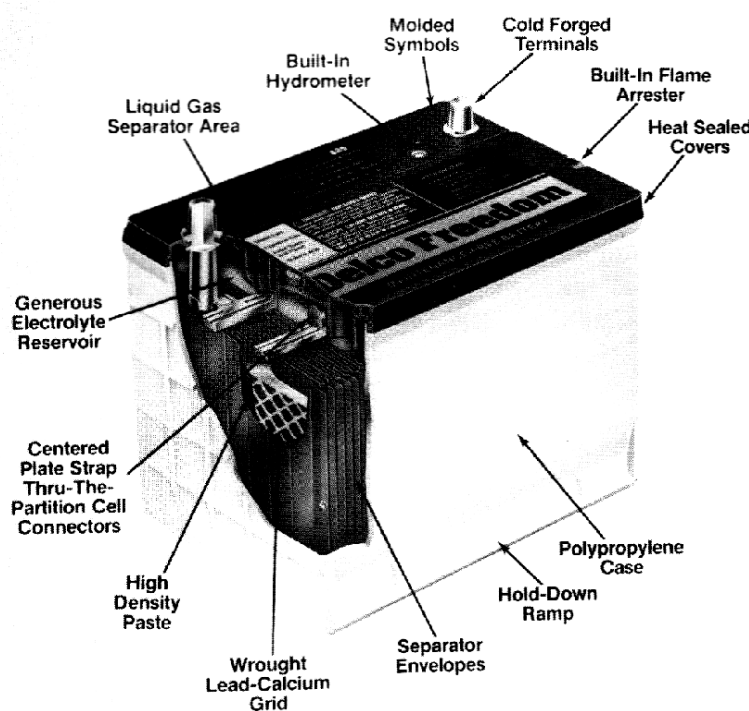
العيوب (Disadvantages):

- ١- فرق جهد الخلية منخفض ويصل إلى حوالي ١,٢ فولت في المتوسط.
- ٢- غالية الثمن مقارنة بأثمان البطاريات الرصاصية.
- ٣- حجم البطارية القاعدية أكبر من حجم البطارية الرصاصية لنفس السعة.

٣- البطاريات قليلة الصيانة والبطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة**(Low-Maintenance & Maintenance-Free Batteries)**

تصميمات غالبية البطاريات المستخدمة في المركبات هذه الأيام إما بطاريات قليلة الصيانة أو بطاريات لا تحتاج إلى صيانة (البطاريات بدون صيانة).

البطاريات قليلة الصيانة مازالت مجهزة بأغطية للخلايا يمكن نزعها عند الحاجة لتزويد الخلايا بالماء. تحتاج البطارية قليلة الصيانة إلى مقدار من الماء غالباً أقل من الذي تحتاجه البطارية التقليدية. البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة بدأ إنتاجها عام ١٩٧٢م (شكل ١ - ١٢). لا يحتوي تصميمها على أغطية للخلايا أو فتحات ملء بالماء حيث لا تحتاج إطلاقاً إلى التزود بالماء، فقط تم تجهيزها بفتحات تهوية للغازات المنبعثة أثناء التفاعلات الكيميائية.



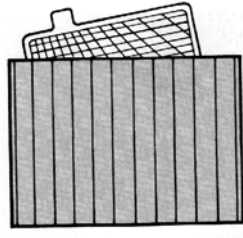
شكل (١ - ١٢): البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة

تختلف البطاريات قليلة الصيانة وتلك التي لا تحتاج إلى صيانة عن البطاريات التقليدية في شيئين مهمين هما: تصميم الألواح و استخدام الماء، ويظهر الفرق الهام جداً بينها في المواد المصنوعة منها شبكة الألواح. كما ذكرنا من قبل في تصميم البطاريات التقليدية فإن الأنثيمون يزيد من متانة السبيكة المصنوعة منها شبكة الألواح، أما في البطاريات قليلة الصيانة فقد تم تقليل كمية الأنثيمون (Sb) إلى حوالي ٣٪، وفي البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة فقد تم استبعاد الأنثيمون تماماً واستبدل بعنصر الكالسيوم (Ca) أو الاسترنتيوم (Sr). وتجدر الإشارة إلى أن تقليل نسبة الأنثيمون أو استبداله بالكالسيوم أو الاسترنتيوم يقلل كلاً من الحرارة الداخلية للبطارية و كمية الغازات المتصاعدة منها أثناء عملية الشحن (تساعد الغازات يعني تحويل ماء البطارية إلى غازي الهيدروجين والأوكسجين، وتسمى هذه العملية بالتحليل الكهربائي لماء البطارية)، كما تزيد سبائك الكالسيوم و الاسترنتيوم من مقاومة البطارية للشحن الزائد. وبما أن الحرارة الداخلية للبطارية وتساعد الغازات هما السببان الرئيسان لفقد ماء البطارية، فإن هذه التغييرات التي ذكرناها في تصميم البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة قللت فقدان ماء البطارية وكذلك قللت من تآكل أقطاب البطارية التي يسببها تكثف الغازات المتصاعدة عليها.

بالإضافة إلى ما سبق فإن سبائك الرصاص الخالية من الأنثيمون والمستخدم في البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة، زادت من قدرة البطارية عند إدارة محرك السيارة على البارد بنسبة ٣٠٪ مقارنة بالبطاريات التقليدية.

بطاريات الكالسيوم التي لا تحتاج إلى صيانة أيضاً أكثر مقاومة عند تعرضها للشحن الزائد، كما أن التفريغ الذاتي لها أقل من البطاريات التقليدية بنسبة تتراوح بين ٢٠٪ و ٣٠٪. ومع ذلك، فإن شبكات الألواح المصنوعة من الكالسيوم ليست مناسبة تماماً ولا تتناسب مع دورات العمل الشاقة للبطارية وقد تتوقف عن العمل عند إدارتها عدة مرات متتالية، كما تتناقص قدرتها على العمل مع كل إعادة شحن.

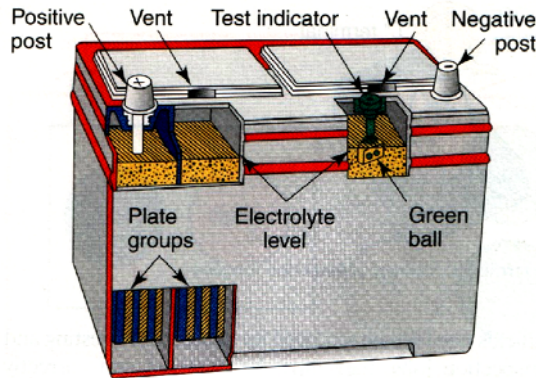
تجدر الإشارة إلى أن بعض البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة تستخدم نوعاً خاصاً من الفواصل. هذه الفواصل عبارة عن غلاف أو مظروف (separator envelopes) له ثلاثة أجناب بحيث يوضع كل لوح من الألواح داخل غلاف خاص به (شكل ١ - ١٢ و شكل ١ - ١٣). يكون ارتفاع الفاصل ممتداً حتى يلامس قاع صندوق البطارية وفي هذه الحالة لا نحتاج في تصميم صندوق البطارية إلى عمل عوارض سفلية في القاع تركز عليها الألواح.



شكل (١ - ١٣): وضع الألواح في فواصل مستقلة في البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة

البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة لديها احتياطي أكبر من المحلول الإلكتروليتي فوق مستوى الألواح (شكل ١ - ١٣) ومقاومة أفضل للشحن الزائد وقلة ميل لتآكل الأقطاب مقارنة بالبطارية التقليدية.

مع استخدام البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة، ليست هناك ضرورة لاختبار مستوى المحلول الإلكتروليتي أو تزويده بالماء. تكفي فقط ملاحظة لون النقطة داخل العين الشفافة الزجاجية (مبين حالة شحن البطارية) (test indicator) (شكل ١ - ١٤) الموجودة على السطح العلوي للبطارية في نهاية الهيدرومتر المبنى داخل البطارية (built-in hydrometer) (شكل ١ - ١٢)، وبناء على هذا اللون يمكن تحديد حالة شحن البطارية (سيرد تفصيل ذلك من خلال هذه الوحدة).



شكل (١ - ١٤): مستوى المحلول الإلكتروليتي ومبين حالة الشحن في البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة

ومن مميزات البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة زيادة على مميزات البطاريات التقليدية:

- ١- احتياطي كبير من المحلول الإلكتروليتي فوق مستوى الألواح
 - ٢- زيادة مقاومتها عند تعرضها للشحن الزائد
 - ٣- عمر تخزين أطول
 - ٤- قدرة نقلها من مكان لآخر وهي مجهزة بالمحلول الإلكتروليتي دون الخوف من تعرض الفنيين للحوادث أو للإصابات
 - ٥- معدلات شدة تيار أعلى عند إدارة محرك السيارة على البارد
- أما العيوب الرئيسة للبطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة فتشمل الآتي:**
- ١- تمدد شبكات الألواح عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية والذي يؤثر على تلف الفواصل والألواح
 - ٢- عدم القدرة على الصمود أمام دورات العمل الشاقة (دورة العمل الشاقة تعني تفريغ البطارية تماماً قبل إعادة شحنها)
 - ٣- السعة الاحتياطية أقل
 - ٤- التفريغ السريع عند تعرضها لأية أحمال طفيلية (راجع استنزاف البطارية خلال هذه الوحدة)
 - ٥- عمر افتراضي أقل من المتوقع

٤- بطاريات إعادة الاتحاد (Recombination Batteries)

حديثاً، أنتجت شركات عديدة نوعاً من البطاريات تامة الإحكام ولا تحتاج إلى صيانة وأطلق عليها اسم "بطاريات إعادة الاتحاد". هذا النوع الجديد من البطاريات لا يحتاج في تصميمه لوجود فتحات التهوية المستخدمة في تصميمات البطاريات الأخرى التي لا تحتاج إلى صيانة. خلايا بطاريات إعادة الاتحاد تتكون بصفة أساسية من الرصاص والحامض وقد تم عمل تغيير طفيف في الألواح والمحلول الإلكتروليتي الكيميائي لتقليل توليد الهيدروجين أثناء التفاعلات الكيميائية في عملية الشحن.

أثناء شحن البطاريات التقليدية أو البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة، ينطلق الهيدروجين عند الألواح السالبة والأوكسجين عند الألواح الموجبة. معظم الهيدروجين انطلق بالقرب من الألواح السالبة أثناء التحليل الكهربائي للماء الموجود في المحلول الإلكتروليتي بينما البطارية بلغت حالة الشحن التام.

أما أثناء شحن بطاريات إعادة الاتحاد، الألواح السالبة لا تصل أبداً إلى حالة الشحن التام بالإضافة إلى أنها لا تسبب إطلاق الهيدروجين أو قد تسمح بإطلاقه بنسبة ضئيلة جداً وغير ملموسة، أما

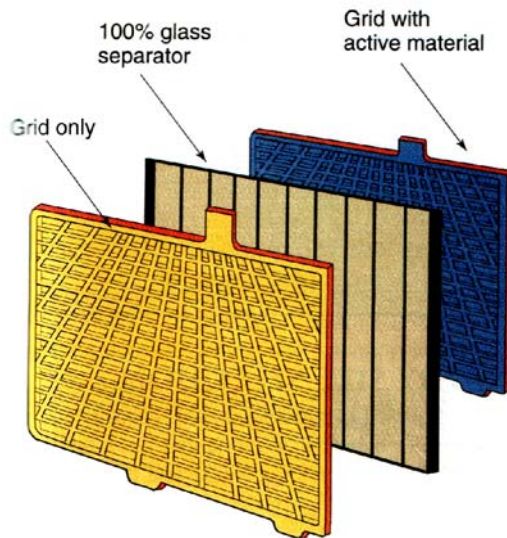
الأوكسجين فينطلق عند الألواح الموجبة لكنه يمر من خلال الفواصل ويتحد مع الألواح السالبة (إعادة الاتحاد).

المحصلة النهائية لهذه العملية هي عدم تصاعد الغازات في بطاريات إعادة الاتحاد لأن الأوكسجين قد أجبر على الاتحاد مع الألواح السالبة والهيدروجين يكاد لا يسمح له بالانطلاق أو التصاعد.

٥- البطاريات المهجنة (Hybrid Batteries)

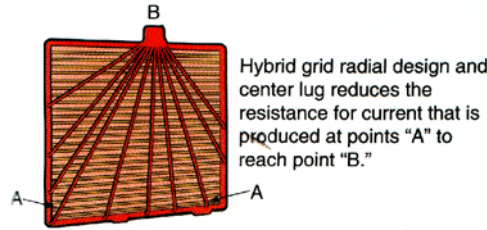
البطاريات المهجنة تسمى أيضاً "البطاريات عميقة الدورة" أو "بطاريات الدورات الشاقة"، وتجمع بين مميزات البطاريات التي تحتاج إلى صيانة قليلة وتلك التي لا تحتاج إلى صيانة. تستطيع هذه البطارية الصمود ٦ دورات عمل شاقة وتظل تحتفظ بمقدار ١٠٠٪ من سعتها الاحتياطية الأصلية.

تتكون شبكة الألواح الموجبة للبطاريات المهجنة من حوالي ٢,٧٥٪ سبيكة أنتيمون، أما الألواح السالبة فمن سبيكة الكالسيوم (شكل ١ - ١٥). يسمح هذا التكوين بصمود البطارية أثناء دورة العمل الشاقة للحفاظ على سعتها الاحتياطية من أجل تحسين أداء البطارية. جدير بالذكر أن سبائك الأنتمون تقلل تمدد شبكة الألواح عند تعرض البطارية لدرجات حرارة عالية كما تقلل التآكل الكيميائي، أما استخدام سبائك الكالسيوم فيقلل من تصاعد الغازات أثناء عمل البطارية مقارنة بالبطارية التقليدية.



شكل (١ - ١٥): الألواح والفواصل في البطاريات المهجنة

يذكر أن شبكة الألواح في البطاريات المهجنة تختلف عن البطاريات الأخرى، فهي مصممة على شكل شعاعي (في اتجاه القطر) وليس متعامد (شكل ١ - ١٦) مما يسمح بمقاومة ضئيلة لمرور التيار الكهربائي ويساعد على قصر مسار التيار حتى طرف التوصيل (شكل ١ - ١٦ المسافة AB) الذي يوجد بالقرب من منتصف الألواح (شكل ١ - ١٦ النقطة B) (في البطاريات التقليدية يوجد طرف التوصيل على أحد أطراف اللوح)، ويعني ذلك أن البطارية المهجنة تكون قادرة في هذه الحالة على الإمداد بتيار كهربائي أكثر وبمعدل أسرع.



شكل (١ - ١٦): تصميم شبكة الألواح في البطاريات المهجنة على شكل شعاعي

الفواصل المستخدمة بين الألواح في هذا النوع من البطاريات إما أن تصنع من الزجاج المغطى بمادة راتنجية في بعض البطاريات المهجنة أو أن تصنع من الألياف الزجاجية في البعض الآخر منها (شكل ١ - ١٥). وتتميز الفواصل الزجاجية بمقاومتها الكبيرة للكيميائيات المخالطة لها، كما أنها تتميز بمقاومتها الكهربائية الصغيرة. عموماً هذا النوع من البطاريات تم تصميمه ليزيد من أداء البطارية أثناء إدارة محرك المركبة وأثناء عملها بصفة عامة، كما يسمح هذا التصميم بإطالة عمر البطارية.

مقننات البطارية (Battery Ratings)

مقننات البطارية تعني القيم القياسية التي تصمم على أساسها البطاريات والمتبعة في مصانع إنتاج البطاريات. هذه المقننات جعلت هناك تنوعاً في البطاريات المنتجة في الأسواق و تركت للفني أو العميل الحرية للمقارنة بين بطارية وأخرى من حيث القدرة على إدارة محرك المركبة وبالتالي تسهل عملية اختيار البطارية المناسبة.

لقد وضع مجلس البطاريات العالمي (BCI) وجمعية مهندسي السيارات عدة مقننات للبطاريات المستخدمة في المركبات، أهمها مقنن تيار بدء إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة و مقنن السعة الاحتياطية للبطارية إلى جانب مقننات أخرى مثل مقنن الأمبير ساعة و مقنن الوات.

١- مقنن تيار إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة (Cold Cranking Amperes Rating (CCA))

هذا المقنن يساعد في إيجاد قيمة شدة التيار بالأمبير والذي يمكن أخذه من بطارية ١٢ فولت لمدة

٣٠ ثانية عند درجة حرارة ($- 17.7^{\circ}\text{C}$) (صفر $^{\circ}\text{F}$) مع بقاء فرق الجهد بين أقطاب البطارية عند قيمة ٧,٢ فولت (أي فرق جهد ١,٢ فولت للخلية). هذا المقنن يبين مدى قدرة البطارية على إدارة محرك معين عند درجة حرارة معينة (على أساس التيار المسحوب بواسطة بادئ الحركة).

على سبيل المثال: يوصي أحد صانعي المركبات باستعمال بطارية شدة التيار المأخوذ منها ٣٨٠ أمبير عند إدارة محرك ٦ أسطوانات على شكل V ، ولكنه يوصي باستعمال بطارية شدة التيار المأخوذ منها ٤٥٠ أمبير عند إدارة محرك ٨ أسطوانات على شكل V ، وهكذا نحتاج لبطارية أقوى مع محرك أكبر.

٢- مقنن السعة الاحتياطية (Reserve Capacity Rating (RC))

مقنن السعة الاحتياطية للبطارية هو الزمن اللازم لهبوط فرق جهد البطارية تامة الشحن إلى ١٠,٢ فولت (جهد الخلية ١,٧ فولت) بمعدل تفريغ مقداره ٢٥ أمبير عند درجة حرارة مقدارها ٢٦,٧ $^{\circ}\text{C}$ (٨٠ $^{\circ}\text{F}$). تكتب السعة الاحتياطية على البطاريات على صورة فترة زمنية بالدقائق.

على سبيل المثال: بطارية سعتها الاحتياطية ٩٠ دقيقة وحدث خلل في نظام الشحن بالمركبة وبالتالي لا يتم شحن البطارية، معنى هذا أن سائق المركبة يستطيع الاستمرار في القيادة لمدة ٩٠ دقيقة (ساعة ونصف ساعة) مع أقل أحمال كهربائية وبعدها تكون البطارية قد توقفت تماماً عن العمل.

٣- مقنن الأمبير- ساعة (Ampere-Hour Rating)

مقنن الأمبير- ساعة (الأمبير.ساعة) (Ah) هو مقدار التيار المنتظم الذي يمكن أن تعطيه بطارية تامة الشحن لمدة ٢٠ ساعة عند درجة حرارة مقدارها ٢٦,٧ $^{\circ}\text{C}$ (٨٠ $^{\circ}\text{F}$) دون أن يهبط فرق جهد الخلية عن ١,٧٥ فولت أو ١٠,٥ فولت كفرق جهد بين أقطاب البطارية.

على سبيل المثال: إذا أمكن تفريغ بطارية في مدة ٢٠ ساعة بمعدل ٤ أمبير (عند الظروف الموضحة من قبل)، فمعنى ذلك أن هذه البطارية مقننها ٨٠ أمبير- ساعة (80 Ah).

٤- مقنن الوات (Watt Rating)

مقنن الوات يكافئ مقنن إدارة محرك المركبة عند الظروف الجوية الباردة. يقيس هذا المقنن قدرة البطارية على إدارة محرك عند درجة ($- 18^{\circ}\text{C}$).

تنشيط (شحن) البطارية الجافة الجديدة (Activating a New Dry Charged Battery)

البطاريات يتم تسليمها من المصانع المنتجة للبطاريات إما جافة ومشحونة وإما مملوءة بالمحلول الإلكتروليتي ومشحونة

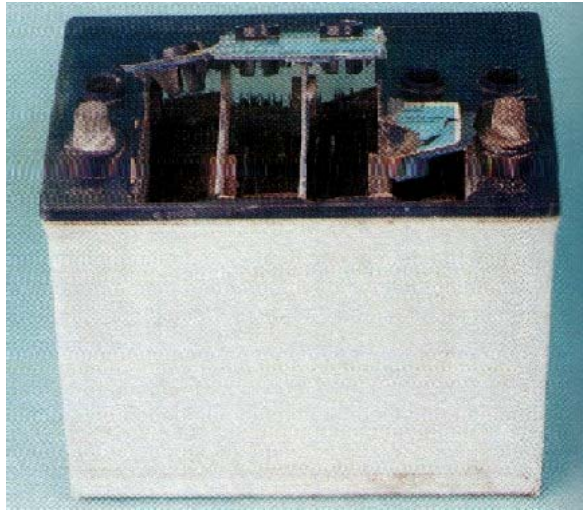
لا تحتوي البطاريات الجافة الجديدة على محلول إلكتروليتي إلى أن يبدأ استعمالها في المركبة، حيث يتم إعطاء شحن مبدئي للخلايا بواسطة جهاز خاص في المصنع الذي ينتج هذه البطاريات الجافة، ثم تغسل هذه الخلايا تماماً وتجفف. ويتم تجميعها في صندوق البطارية وتخرج للسوق الاستهلاكي في حالة جافة.

البطارية الجافة سوف يكتمل شحنها وتصل لحالة الشحن التام بحسب المواصفات الخاصة بها طالما لم تتعرض الخلايا إلى الرطوبة. يمكن في الظروف الطارئة تجهيز البطارية الجافة للتشغيل مباشرة بعد ملئها بمحلول إلكتروليتي كثافته ١,٢٨٥ كجم/لتر وتعطي البطارية في هذه الحالة حوالي ٨٠٪ من سعتها الاسمية، ويراعى اختبار كثافة المحلول الإلكتروليتي بعد فترة زمنية قصيرة جداً. عند الحاجة لبدء استخدام البطارية الجافة في المركبة في الحالات العادية غير الطارئة، هناك خطوات يجب اتباعها وسيتم شرحها بالتفصيل في الحقيبة التدريبية العملية للمقرر.

تحب مراعاة الأمور الآتية عند شحن بطارية حافة جديدة:

- ١- يوصل القطب الموجب (+) للبطارية بالقطب الموجب لجهاز الشحن، والقطب السالب (-) بالقطب السالب.
- ٢- مراعاة شدة تيار الشحن حسب تعليمات الجهة المنتجة للبطارية.
- ٣- ملاحظة انطلاق الغازات أثناء الشحن والذي يدل على إتمام عملية الشحن وانتهاء التحول الكيميائي في الألواح.
- ٤- التهوية الجيدة للمكان الذي تتم فيه عملية الشحن.
- ٥- تجنب وجود لهب أو شرارة بالقرب من البطارية التي يتم شحنها.

تجب مراعاة الاختيار السليم لمعدل شحن البطارية حسب مقننات البطاريات مع الدقة في استعمال جهاز الشحن حسب توصيات الكتيب الخاص به و إلا تعرضت البطارية للتدمير (شكل ١ - ١٧) (راجع ضوابط استخدام أجهزة الشحن في هذه الوحدة).



شكل (١ - ١٧): عدم الاهتمام بقواعد عملية الشحن يعرض البطارية للتدمير

جهد وسعة بطارية المركبة (Battery Voltage and Capacity)

١- جهد البطارية (Battery Voltage)

جهد الدائرة المفتوحة (جهد اللا حمل) في البطارية تامة الشحن يكون حوالي ٢,١ فولت لخلايا البطاريات التقليدية وحوالي ٢,٢ فولت لخلايا بعض البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة، وذلك عند كثافة حجمية للمحلول الإلكتروليتي مقدارها ١,٢٧٠ كجم/لتر. لا تعتمد قيمة جهد الدائرة المفتوحة للبطارية على عدد أو مساحة الألواح في الخلية الواحدة، ولكن يمكن تقديره فقط على أساس خواص المواد الكيميائية في الألواح والكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي.

العوامل التي تؤثر بشدة على قيمة فرق جهد الخلية أثناء سحب التيار من البطارية هي:

- ١- مقاس الخلية
- ٢- حالة شحن الخلية
- ٣- معدل التفريغ
- ٤- حالة البطارية وتصميمها
- ٥- درجة حرارة المحلول الإلكتروليتي

عند إدارة محرك المركبة عند درجة حرارة ٢٦,٧ °م يكون جهد البطارية حوالي ١١,٥ إلى ١٢ فولت، ويهبط بصورة واضحة عند درجة حرارة (- ١٧,٨ °م). انخفاض درجة الحرارة يزيد من درجة لزوجة المحلول الإلكتروليتي وتجعل حركة نفاذه خلال الألواح وحول الفواصل بطيئة، مما يقلل من معدل التفاعلات الكيميائية فيقل في النهاية جهد البطارية ويحد من خرج البطارية عند بدء إدارة المحرك.

٢- سعة البطارية (Battery Capacity)

تعرف سعة البطارية بأنها مقدرة البطارية على تخزين الطاقة الكهربائية، أو بتعبير آخر هي كمية التيار الكهربائي الذي يمكن للبطارية تسليمها في فترة زمنية محددة، ويعبر عنها بوحدات الأمبير.ساعة (A.h) أو (Ah). على سبيل المثال البطارية ذات ٨٤ أمبير.ساعة (84 Ah) تعطي نظرياً تياراً كهربائياً شدته ١ أمبير (1 A) لمدة ٨٤ ساعة (84 h) أو تياراً شدته ٢١ أمبير (21 A) لمدة ٤ ساعات (4 h). ويمكن أيضاً تعريف سعة البطارية بأنها كمية الكهرباء التي تعطيها البطارية إلى أن يبدأ فرق جهدها

في الانخفاض السريع.

سعة البطاريات ١٢ فولت المستخدمة في المركبات تتراوح بين ٣٦ و ١٨٠ أمبير.ساعة (٣٦ و ٤٥ و ٦٠ و ٧٥ و ١٨٠ أمبير.ساعة).

هناك عدد من العوامل تؤثر على مقدار سعة البطارية، هذه العوامل هي:

- ١- شكل الألواح وعددها ومقاساتها
- ٢- وزن المادة الفعالة على الألواح
- ٣- كمية الحامض في المحلول الإلكتروليتي للبطارية
- ٤- طبيعة وشكل الفواصل المستخدمة بين الألواح
- ٥- جودة المواد الداخلة في تصنيع أجزاء البطارية

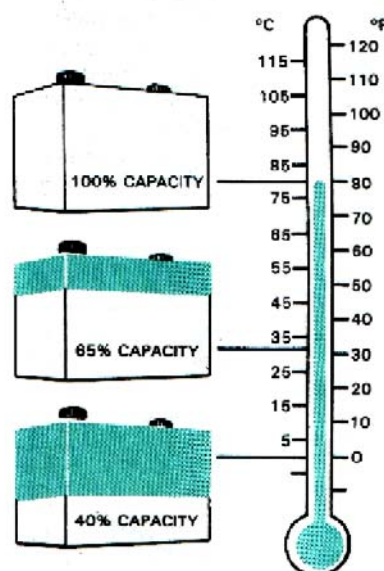
الخلايا ذات العدد الأكبر من الألواح سوف تسلم تياراً كهربائياً أكبر من الخلايا التي لها عدد أقل من الألواح. من أجل ذلك فقد تم تصميم بطاريات المركبات على أساس وجود عدد كبير من الألواح المسامية قليلة الكثافة بحيث تسمح للمحلول الإلكتروليتي بالمرور السريع بدون عوائق على أكبر مساحة ممكنة من المادة الفعالة للألواح.

القدرة الكهربائية المأخوذة من البطارية ممثلة في سعة البطارية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بدرجة حرارة الجو المحيط، وتهبط هذه القدرة (السعة) مع انخفاض درجة حرارة الجو المحيط (وبالتالي درجة حرارة البطارية) وتقل كفاءة البطارية أيضاً (السعة والكفاءة وجهان لعملة واحدة هي قدرة البطارية على العمل). عند انخفاض درجة الحرارة تنخفض سعة البطارية لأن البطارية عبارة عن جهاز كهروكيميائي والحرارة تساعد على إتمام التفاعلات الكيميائية بصورة كاملة والعكس صحيح (شكل ١ - ١٨). الجدول (١ - ٣) يوضح العلاقة بين درجة حرارة الجو المحيط وكفاءة البطارية تامة الشحن.

درجة حرارة الجو المحيط	كفاءة البطارية تامة الشحن
٢٦,٧ °م (٨٠ °ف)	١٠٠ %
١٠ °م (٥٠ °ف)	٨٢ %

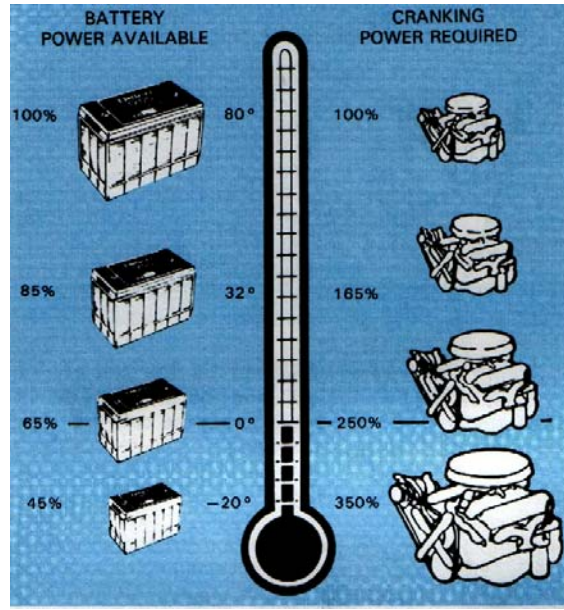
٦٤ %	- ١,١ م° (٣٠ ف°)
٥٨ %	- ٦,٧ م° (٢٠ ف°)
٥٠ %	- ١٢,٢ م° (١٠ ف°)
٤٠ %	- ١٧,٨ م° (صفر ف°)
٣٣ %	- ٢٣,٣ م° (- ١٠ ف°)

جدول (١ - ٣): العلاقة بين درجة الحرارة وسعة البطارية وكفاءتها



شكل (١ - ١٨): سعة البطارية تقل بدرجة كبيرة مع الظروف الجوية الباردة

في الظروف الجوية بالغة البرودة تفقد البطارية قدرتها على إدارة محرك المركبة، لأن زيت تزييت المحرك يكون قوامه سميكاً في حوض الزيت وبالتالي لا يمكن ضخه في دورة التزييت بواسطة مضخة زيت المحرك فيزيد الاحتكاك بين أجزاء المحرك مما يستلزم سحب تيار أكبر من البطارية لإدارة المحرك كما هو موضح في شكل (١ - ١٩).



شكل (١ - ١٩): تأثير درجة الحرارة على قدرة البطارية وكفاءتها اللازمة لإدارة محرك المركبة

اختيار مقاسات وسعة البطارية المناسبة للمركبة (Battery Size & Capacity Selection)

يعتمد اختيار البطارية إلى جانب سعتها ومقننتها على مقاساتها (أبعادها: الطول والعرض والارتفاع) بحيث تناسب مقاسات تجهيزة حمل وتثبيت البطارية في المركبة حتى يسهل تركيبها بلا مشاكل. الارتفاع الزائد للبطارية يجعل حدوث تماس بين أقطابها وارد الحدوث عند إغلاق غطاء محرك المركبة بسبب التلامس.

الجدول (١ - ٤) يوضح عينة من مجموعات البطاريات التي حددها مجلس البطاريات العالمي (BCI) للبطاريات ١٢ فولت (٦ خلايا) كمثال لمقاسات البطارية. كل مجموعة من هذه المجموعات تبين الأبعاد الطبيعية للبطارية والسمات الأخرى لهذه البطارية، مع ملاحظة أن مقاسات البطارية لا تبين دائماً سعة البطارية.

رقم مجموعة BCI	الأبعاد الكلية للبطارية (مم)			أداء إدارة المحرك البارد (أمبير عند - ١٨ °م)	السعة الاحتياطية (دقيقة عند ٢٧ °م)
	الطول	العرض	الارتفاع		
21	٢٠٨	١٧٣	٢٢٢	٤٠٠ - ٣١٠	٧٠ - ٥٠
21R	٢٠٨	١٧٣	٢٢٢	٥٠٠ - ٣١٠	٧٠ - ٥٠
22F	٢٤١	١٧٥	٢١١	٤٢٥ - ٢٢٠	٩٠ - ٤٥
22HF	٢٤١	١٧٥	٢٢٩	٤٠٠	٦٩
22NF	٢٤٠	١٤٠	٢٢٧	٣٢٥ - ٢١٠	٦٠ - ٥٠
22R	٢٢٩	١٧٥	٢١١	٣٥٠ - ٢٩٠	٩٠ - ٤٥
24	٢٦٠	١٧٣	٢٢٥	٦٢٥ - ١٦٥	٩٥ - ٥٠
24F	٢٧٣	١٧٣	٢٢٩	٥٨٥ - ٢٥٠	٩٥ - ٥٠

جدول (١ - ٤): عينة من أبعاد البطاريات ومواصفاتها بحسب مجلس البطاريات العالمي

يتم اختيار سعة البطارية حسب قيمة التيار اللازم لبدء تشغيل محرك المركبة مع مراعاة أن البطارية يجب أن تعمل في الظروف الجوية الباردة (في الشتاء) بدون أية صعوبات في دورة عملها (يلاحظ أن البطارية المشحونة تماماً يتم تفريغها في وقت قصير في الشتاء عند تكرار استعمالها لبدء تشغيل محرك المركبة).

عند شراء بطارية جديدة للمركبة يجب الالتزام بالسعة المقررة من جانب الشركة المصنعة للمركبة، ويمكن الاستدلال بقيمة السعة المدونة على البطارية المراد استبدالها (الملصقات على سطح البطارية تحدد تاريخ الإنتاج وكافة البيانات اللازمة عن البطارية) (شكل ١ - ٢٠). عموماً، حسب طبيعة استعمال البطارية والأحمال المختلفة في المركبة والتي يقع عاتق تشغيلها على البطارية، فإنه يجب توخي الدقة في اختيار سعة البطارية المناسبة للمركبة. الخلاصة أن الفيصل في شراء بطارية جديدة هو مقاسات (أبعاد) البطارية وجهدها وسعتها ونوع أقطابها كما وردت في كتيب المركبة أو كما هو مدون على البطارية المراد استبدالها.



شكل (١ - ٢٠): الملصقات على سطح البطارية توضح كافة البيانات الخاصة بها

لقد قامت الجمعية الأمريكية للسيارات بتصنيف سعة البطاريات إلى ثلاث درجات، هي كالتالي:

- ١- سعة البطارية التي تستطيع تغذية منظومة الإشعال والإضاءة في المركبة هي تلك التي إذا أخذ منها ٤,٤ أمبير لمدة ٢٠ ساعة عند درجة حرارة ٢٦,٧ °م لا يتجاوز فرق جهد الخلية فيها أقل من ١,٧٥ فولت.
- ٢- سعة البطارية التي تستطيع إدارة محرك المركبة هي تلك التي إذا أخذ منها ١٠٥ أمبير لمدة ٢٠ دقيقة عند درجة حرارة ٢٦,٧ °م لا يتعدى فرق جهد الخلية أقل من ١,٥ فولت.
- ٣- سعة البطارية التي تستطيع إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة (- ١٧,٨ °م) هي تلك التي إذا أخذ منها ٣٠٠ أمبير لمدة ٣٠ ثانية لم يتعدى فرق جهد الخلية أقل من واحد (١) فولت.

العوامل التي تؤثر على عمر البطارية (Factors Affecting Battery Life)

جميع البطاريات المخزنة لها عمر خدمة افتراضي محدد (ما بين سنتين وأربع سنوات حسب ظروف تشغيلها ومرات تعرضها لدورات عمل شاقة)، ولكن هناك ظروف أخرى تقلل من هذا العمر الافتراضي لخدمة البطارية، نذكر من هذه الظروف ما يلي:

١- المستوى غير الصحيح للمحلول الإلكتروليتي (Improper Electrolyte Levels)

في البطاريات غير المحكمة الإغلاق، يعتبر الماء هو الجزء الوحيد المسؤول عن تناقص المحلول الإلكتروليتي، يرجع السبب في ذلك إلى عملية التبخير التي تحدث في الظروف الجوية الحارة وكذلك تصاعد الغازات أثناء عملية الشحن.

الحفاظ على مستوى مناسب من المحلول الإلكتروليتي هو الخطوة الأساسية لإطالة العمر الافتراضي لعمل البطارية. ويلاحظ أنه يجب إضافة ماء مقطر عند الحاجة إلى استكمال مستوى المحلول في البطارية إلى المستوى المشار إليه من قبل الشركة المنتجة، حيث إن الماء الزائد عن المستوى المسموح يجعل تركيز حامض الكبريتيك ضعيفاً في المحلول الإلكتروليتي (الكثافة الحجمية للمحلول تقل)، على عكس الماء المضاف أقل من المستوى المسموح فإنه يزيد تركيز حامض الكبريتيك في المحلول الإلكتروليتي (الكثافة الحجمية للمحلول تزيد).

التركيز الضعيف لحامض الكبريتيك في المحلول الإلكتروليتي يقلل من كفاءة البطارية، بينما التركيز الزائد للحامض في المحلول الإلكتروليتي يسبب تدهوراً لحالة شبكات الألواح (راجع جدول ١ - ١٠).

٢- التآكل (الحت) الكيميائي (Corrosion)

التآكل (الحت) الكيميائي يحدث بسبب انسكاب المحلول الإلكتروليتي على جسم البطارية من الخارج أو بسبب تكثف المحلول الإلكتروليتي على سطح البطارية نتيجة لتصاعد الغازات أثناء عملية الشحن. يتسبب حامض الكبريتيك في المحلول المنسكب أو المتكاثف على سطح البطارية في تآكل أو تدمير أطراف توصيل البطارية والأقطاب وأعمدة تثبيت البطارية وحامل البطارية أيضاً.

التآكل الكيميائي لأطراف توصيل البطارية يزيد من المقاومة الكهربائية عند الأقطاب والتي تسبب خفضاً في قيمة الجهد اللازم لتشغيل الدوائر الكهربائية والإلكترونية بالمركبة (شكل ١ - ٢١). التآكل الكيميائي في غطاء البطارية (سطح البطارية) يولد مساراً للتيار الكهربائي الذي يمكنه السماح بتفريغ بطيء للبطارية.



شكل (١ - ٢١): التآكل الكيميائي لأقطاب البطارية وأطراف توصيل الكابلات

عدم التثبيت الجيد للبطارية في مكانها بسبب التآكل الكيميائي لأعمدة التثبيت وحامل البطارية يؤدي إلى التدمير الفيزيائي للبطارية.

٣- الشحن الزائد (Overcharging)

يحدث الشحن الزائد للبطارية بإحدى طريقتين:

- ١- أثناء عمل نظام الشحن بالمرکبة
- ٢- أثناء استخدام جهاز شحن البطارية

الشحن الزائد للبطارية يتسبب في الآتي:

- ١- انخفاض مستوى المحلول الإلكتروليتي للبطارية في الخلايا نتيجة التفاعلات الكيميائية شديدة الحدة.
- ٢- قلة سعة البطارية نتيجة تساقط المادة الفعالة من الألواح.
- ٣- أكسدة مادة شبكة الألواح الموجبة وتحذب الألواح نتيجة الحرارة الزائدة المتولدة، وبالتالي انخفاض سعة الخلية والانهايار المبكر للبطارية نفسها.

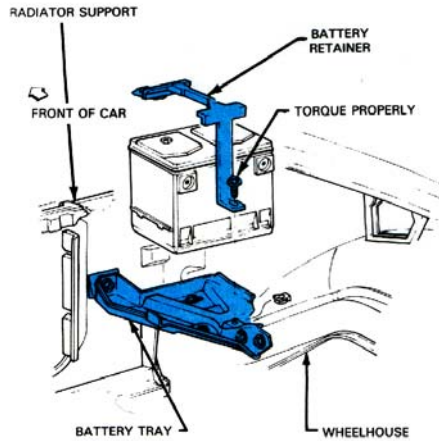
٤- عدم التثبيت الجيد للبطارية (Poor Mounting)

عدم إحكام ربط أعمدة وأغطية البطارية وتركها بدون إحكام يؤثر على البطارية بسبب

الاهتزازات التي تحدث للمركبة أثناء السير (راع التثبيت الجيد للبطارية في مكانها وبالطريقة الصحيحة كما في شكل (١ - ٢٢)).

يتسبب عدم إحكام التثبيت للبطارية في الآتي:

- ١- حدوث اهتزاز للمادة الفعالة وتصدها تاركة شبكات الألواح.
- ٢- القصر الحاد للعمر الافتراضي لعمل البطارية.
- ٣- عدم إحكام الربط الجيد أو فك كوابل توصيل البطارية.
- ٤- حدوث شرخ في جسم البطارية.



شكل (١ - ٢٢): التثبيت الجيد للبطارية في مكانها بالمركبة يمنع حدوث مشاكل عديدة

٥- دورة التفريغ والشحن الشاق (Heavy Cycling)

دورة عمل البطارية تعني ببساطة تفريغ وإعادة شحن البطارية. دورة التفريغ وإعادة الشحن الشاق والمتكررة تتسبب في تساقط المادة الفعالة للألواح الموجبة بعيداً عن شبكة الألواح واستقرارها في أسفل جسم البطارية. تتسبب المادة الفعالة المتجمعة في قاع جسم البطارية في تقليل سعة البطارية وحدوث دائرة قصر بين الألواح.

٦- الكبريتة (Sulfating)

تتحول المواد الفعالة في ألواح البطارية إلى كبريتات الرصاص أثناء سحب التيار من البطارية

(عملية التفريغ)، وتتحول إلى كبريتات الرصاص إلى مواد فعالة مرة أخرى حين يتم شحن البطارية. هناك أسباب تؤدي تحول كبريتات الرصاص إلى مادة بلورية يصعب تحويلها فيما بعد إلى مواد فعالة بالطريقة العادية وهو ما يسمى "الكبرتة"، نذكر منها:

- ١- ترك البطارية بدون عمل فترة طويلة وكانت في حالة تفريغ ذاتي
- ٢- كان هناك عطل في المولد الكهربائي أو في منظومة الشحن ولم يتم إصلاحه
- ٣- تكرار استعمال أجهزة الاستهلاك الكهربائي في المركبة وهي متوقفة عن السير

تعتمد شدة التفريغ الذاتي للبطارية (معدل التفريغ الذاتي يومياً حوالي من ١٪ إلى ٢٪ من سعة

البطارية) على الآتي:

- ١- حالة البطارية
 - ٢- حالة المحلول الإلكتروليتي
 - ٣- درجة حرارة الوسط المحيط بالبطارية
- لاحظ أن ١٠ درجات زيادة في درجة الحرارة تضاعف معدل التفريغ الذاتي. يلزم عندئذ شحن البطارية بتيار كهربائي قيمته نصف القيمة العادية ولمدة تتراوح بين ٦٠ ساعة و ١٠٠ ساعة. وعلى الرغم من كبر مدة الشحن اللازمة لتحويل بلورات الرصاص إلى مواد فعالة مرة أخرى إلا أنه لا يمكن تلافي ما حدث في البطارية من تلف.

كبرتة البطارية أو عدم شحنها جيداً، تنتج عنه عدة مشاكل، منها:

- ١- خفض مستويات الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي ويزيد من احتمالية تجمد المحلول عند درجات الحرارة المنخفضة.
- ٢- فشل البطارية المكبرتة في إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة لعدم توافر القدرة الكهربائية الاحتياطية المطلوبة لذلك.
- ٣- كبريتات الرصاص البلورية تحطم ألواح الخلايا.

استنزاف البطارية (Battery Drains)

هناك مسببان لاستنزاف البطارية، هما: دوائر القصر والأحمال الطفيلية.

١- دوائر القصر (Shorts)

دوائر القصر هي توصيلات كهربائية غير مرغوب فيها تستنزف قدرة البطارية بالسماح بسحب تيار ثابت من خلال البطارية.

من مصادر دوائر القصر في المركبة:

١- الأسلاك العارية أو غير المجدولة جيداً (المشعرة)

٢- العيوب الداخلية في المنصهرات (الفيوزات) والمفاتيح المغناطيسية والمحركات الكهربائية

٣- التصاق المرحلات الكهربائية

٤- دائرة القصر الداخلية بين الألواح الموجبة والسالبة في البطارية

يمكن أن تتسبب دوائر القصر في استنزاف البطارية طوال الليل وينتج عن ذلك هبوط واضح في قدرتها، لذلك يجب البحث عن أسباب القصر في دوائر المركبة وإصلاحها.

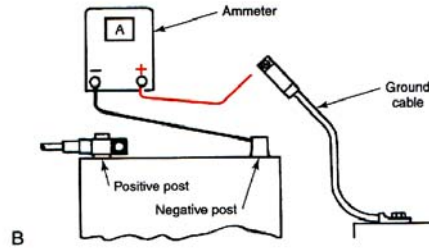
٢- الأحمال الطفيلية (Parasitic Loads)

الأحمال الطفيلية هي استنزاف صغير للبطارية يستمر حتى بعد وضع مفتاح الإشعال في وضع عدم التشغيل (off). يتسبب العديد من المكونات الإلكترونية في هذه الأحمال الطفيلية مثل وحدة التحكم الإلكتروني في محرك المركبة، الراديو، المنظم، إلى آخره كما في شكل (١ - ٢٣ A).

يعتبر التيار المستنزف من البطارية صغيراً إلى حد ما ولا يتسبب في تفريغ البطارية، ومع هذا لا بد من أخذ هذا الاستنزاف في الحساب عند إجراء اختبار الاستنزاف المفرط للبطارية كما في شكل (١ - ٢٣ B).

Component	Typical (mA) Parasitic	Maximum (mA) Parasitic
BCM	3.6	12.4
ECM	5.6	10.0
Radio	3.0	6.0
Regulator	1.4	2.0
ELC	2.0	3.3
CPS	1.6	2.7
Illuminated entry	1.0	1.0
Theft	0.4	1.0
Auto door locks	1.0	1.0
Chime	1.0	1.0
HVAC power mod	1.0	1.0

A



B

شكل (١ - ٢٣): A - أمثلة للأحمال الطفيلية في المركبة المسببة لاستنزاف البطارية
B - إجراء اختبار الاستنزاف المفرط للبطارية

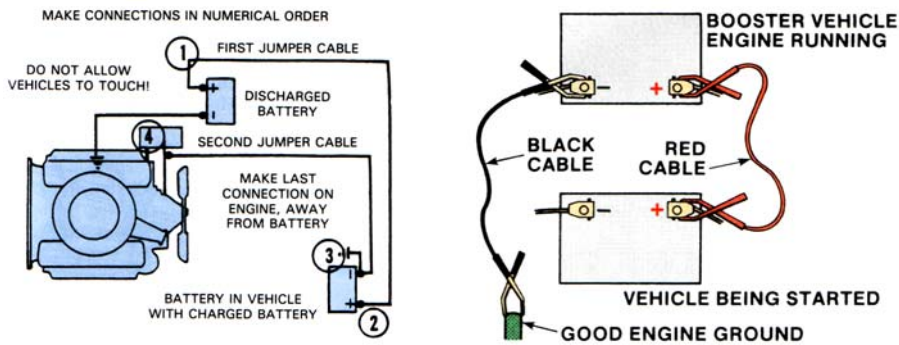
إدارة محرك مركبة بواسطة وصلة تخطي (مشارك) (Jump-Starting an Engine)

إذا كانت هناك مركبة بها بطارية لا تستطيع إدارة محرك هذه المركبة لأن حالة شحنها تكاد تكون مفرغة، فإننا نلجأ للاستعانة ببطارية بحالة شحن جيدة (البطارية المساعدة) في مركبة أخرى ونجري توصيلاً فيما بين البطارتين بواسطة كيا بل تسمى "كيا بل التخطي" أو "المشارك" أو "وصلة الاشتراك". يمكن الاستعانة بتجهيزة معدة في ورش إصلاح المركبات لهذا الغرض إذا كانت متاحة وقريبة من مكان السيارة المراد مساعدة بطاريتها في إدارة المحرك. هذه التجهيزة موضحة في شكل (١ - ٢٤) عبارة عن حامل بعجلتين مثبت عليه جهاز شحن بطاريات وبطارية مساعدة ذات سعة عالية وكيا بل تخطي.



شكل (١ - ٢٤): التجهيزة الخاصة لإدارة محرك مركبة ذات بطارية ضعيفة

عند الحاجة لعمل وصلة تخطي من بطارية مساعدة في مركبة إلى بطارية ضعيفة في مركبة أخرى (شكل ١ - ٢٥) (سيتم تناولها بالتفصيل من خلال الوحدة التدريبية العملية للمقرر الخاصة بالبطارية)، فإننا يجب أن نتبع التعليمات الخاصة بذلك وبحسب كتيب الخدمة والصيانة لتفادي إحداث عطب في نظام الشحن أو حدوث مشكلة كبيرة في الأجهزة الكهربائية أو الإلكترونية في المركبة. يجب مراعاة طريقة وضع المركبتين بالنسبة لبعضهما و ترتيب توصيل كيابل التخطي كما في شكل (١ - ٢٥). بعد الانتهاء من عملية الاشتراك، يجب مراعاة ترتيب فصل كيابل التخطي ترتيباً عكسياً لعملية التوصيل.



شكل (١ - ٢٥): توصيل كيابل التخطي (المشترك) بين مركبتين

فحص واختبار البطارية (Battery Inspection and Testing)

حيث إنه من الصعب التكهّن بما تبقى من العمر الافتراضي للبطارية، إلا أن هناك عدة اختبارات وفحوصات يمكن إجراؤها على البطارية تعطي الانطباع بإمكانية استمرار البطارية في أداء عملها لفترة زمنية قادمة. من أجل ذلك تفحص واختبر البطارية أولاً في بداية البحث عن الأعطال أو الخلل في غالبية منظومات ودوائر المركبة حيث تكون البطارية مكوناً أساسياً فيها وقد تكون هي سبب العطل أو الخلل في هذه المنظومة أو الدائرة.

فحص واختبار البطارية يحدد إذا كانت البطارية:

١- في حالة جيدة

٢- تحتاج إلى شحن

٣- بها عيب ويجب استبدالها

يتم إجراء اختبارات البطارية في اتجاهين هما:

١- تحديد حالة الشحن

٢- تحديد أداء البطارية

الاتجاهان الموضحان يحددان معاً حالة البطارية، بمعنى أن اتجاهاً واحداً في الاختبارات لا يمكن بنتائجه الحكم على حالة البطارية.

عموماً، لفحص واختبار البطارية ولتحديد حالة الشحن والأداء، يتم عمل الآتي:

١- الفحص الظاهري

٢- اختبار المحلول الإلكتروليتي (خاص بتحديد حالة الشحن)

٣- اختبار جهد البطارية (خاص بتحديد أداء البطارية)

فيما يلي سنلقي الضوء على هذه الفحوصات والاختبارات، وستجد مزيداً من التفاصيل من خلال الحقيبة العملية للمقرر.

١- الفحص الظاهري (Visual Inspection)

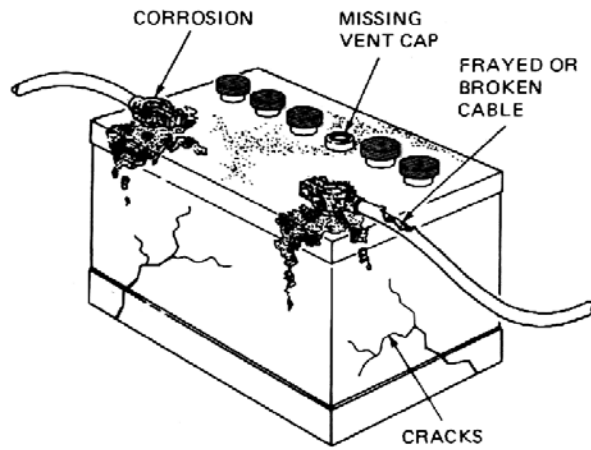
القيام بالفحص الظاهري يتم باستخدام العين المجردة أي إنه فحص بصري لملاحظة بعض العيوب مثل التآكل أو الشروخ (شكل ١ - ٢٦) ولتحديد أعمال الصيانة المطلوبة للبطارية. يشمل الفحص الظاهري البصري للبطارية البنود الآتية:

١- فحص غطاء وجسم البطارية من حيث وجود أترية أو شحوم.

٢- فحص مستوى المحلول الإلكتروليتي (في البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة يكفي

ملاحظة لون نقطة العين الزجاجية للهيدرومتر الداخلي للبطارية).

- ٣- فحص جسم البطارية من حيث وجود شروخ أو عدم ربط موصلات الكيابل في الأقطاب جيداً وملاحظة أية آثار تلف على الجسم.
- ٤- فحص الغطاء وسدادات التهوية (للبطاريات التقليدية) والتأكد من وجود السدادات في أماكنها وأنها مربوطة جيداً.
- ٥- فحص الكيابل من حيث القطع أو التآكل أو عدم وجود مادة العزل (تعرية الكيابل) أو تلف موصلات الكيابل.
- ٦- فحص أقطاب البطارية وموصلات الكيابل وأعمدة تثبيت البطارية وكل الأجزاء المعدنية الموجودة في حيز البطارية من حيث التآكل أو التلف ووجودها في أماكنها بصورة جيدة.
- ٧- فحص غطاء العزل الحراري للبطارية (إن وجد) من حيث وجوده في مكانه بطريقة سليمة.

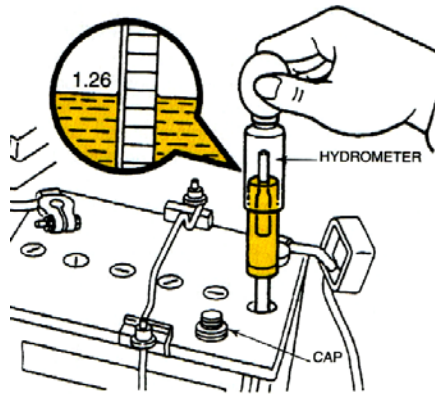


شكل (١ - ٢٦): الفحص الظاهري للبطارية يحدد كثيراً من العيوب مثل التآكل أو الشروخ

٢- اختبار المحلول الإلكتروليتي (Electrolyte Test or Hydrometer Test)

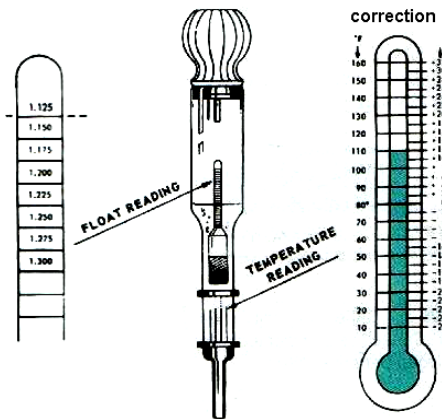
٢-١ اختبار المحلول الإلكتروليتي للبطاريات التقليدية

اختبار المحلول الإلكتروليتي أو ما يسمى "اختبار الهيدرومتر" أو "اختبار الكثافة الحجمية" يتم إجراؤه على البطاريات التقليدية باستخدام جهاز الهيدرومتر (Hydrometer) الموضح في شكل (١ - ٢٧) لمعرفة حالة الشحن بها وذلك عن طريق قياس قيمة الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي.



شكل (١ - ٢٧): الهيدرومتر المستخدم لقياس الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي

الهيدرومترات الحديثة تحتوي على مقياس لدرجات الحرارة (ترمومتر) لتصحيح قراءة العوامة حيث تتأثر القيمة المقاسة بواسطة العوامة بدرجة حرارة المحلول الإلكتروليتي كما هو موضح في شكل (١ - ٢٨)، لذلك يجب تصحيح القراءة المأخوذة من تدريج العوامة بحسب درجة حرارة المحلول كما هو موضح في شكل (١ - ٢٩) وفي الأمثلة التي سنتناولها بعد.



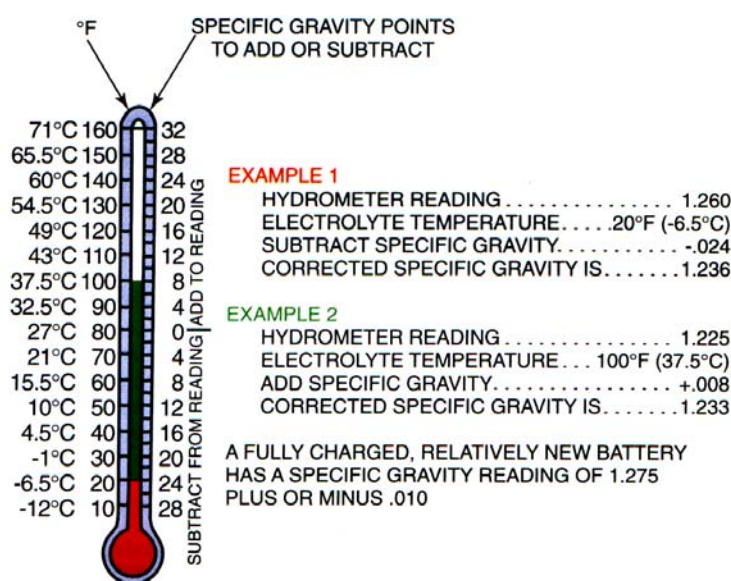
شكل (١ - ٢٨): ترمومتر درجة الحرارة لتصحيح قراءات عوامة الهيدرومتر

يجب عدم إجراء اختبار المحلول الإلكتروليتي في البطاريات التقليدية إذا كانت هناك غازات تنطلق من البطارية لأن ذلك يؤثر على قراءة العوامة. إذا كان الفرق بين قراءات العوامة لخلايا البطارية المختلفة أكبر من ٠,٠٥٠ يجب استبدال البطارية بأخرى جديدة.

أمثلة على تصحيح قراءة العوامة تجدها في (جدول ١ - ٥) (راجع شكل ١ - ٢٩).

القيمة المقاسة	مثال (١)	مثال (٢)
قراءة العوامة	١,٢٦٠	١,٢٢٥
درجة حرارة المحلول الإلكتروليتي	٢٠°ف (- ٦,٥°م).	١٠٠°ف (٣٧,٥°م).
قيمة التصحيح	- ٠,٠٢٤	+ ٠,٠٠٨
قيمة الكثافة الحجمية الصحيحة	١,٢٣٦	١,٢٣٣

جدول (١ - ٥): كيفية تصحيح قراءة عوامة الهيدرومتر حسب درجة حرارة المحلول الإلكتروليتي



شكل (١ - ٢٩): خريطة تصحيح درجة الحرارة عند استخدام الهيدرومتر

لاحظ من الشكل (١ - ٢٩) أن قراءة التصحيح على خريطة درجة الحرارة الموضحة تتغير بمقدار ٠,٠٠٤ نقطة من الكثافة الحجمية لكل ١٠°ف (٥,٥°م).

الجدول (١ - ٦) يبين قيم الكثافة الحجمية التي تتناسب مع حالة الشحن للبطارية.

الجدول (١ - ٧) يبين العلاقة بين الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي وحالة شحن البطارية حسب المناخ الذي تعمل فيه البطارية. يلاحظ أن قيمة الكثافة الحجمية لمحلول البطارية المشحونة شحناً تاماً تتغير تغيراً طفيفاً من بطارية إلى أخرى. القيم المعطاة في الجدول (١ - ٧) لبطارية زمن تفريغها ٢٠ ساعة، كذلك قيم الكثافة الحجمية قد تزيد أو تنقص قليلاً اعتماداً على تصميم البطارية والنسبة بين حجم المحلول الإلكتروليتي وبين حجم المادة الفعالة على الألواح.

مدى الكثافة الحجمية	حالة شحن البطارية
١,٢٩٩ – ١,٢٦٥	شحن تام
١,٢٦٥ – ١,٢٣٥	$\frac{3}{4}$ شحن
١,٢٣٥ – ١,٢٠٥	$\frac{1}{2}$ شحن
١,٢٠٥ – ١,١٧٠	$\frac{1}{4}$ شحن
١,١٧٠ – ١,١٤٠	بالكاد البطارية تعمل
١,١٤٠ – ١,١١٠	تفريغ تام

جدول (١ - ٦): حالة شحن البطارية تبعاً لمدى الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي

حالة شحن البطارية	الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي		
	في المناخ البارد	في المناخ المعتدل	في المناخ الاستوائي
مشحونة تماماً	١,٢٨٠	١,٢٦٠	١,٢٢٥
مشحونة ٧٥٪	١,٢٣٠	١,٢١٥	١,١٨٠
مشحونة ٥٠٪	١,١٨٠	١,١٧٠	١,١٣٥
مشحونة ٢٥٪	١,١٣٠	١,١٢٠	١,٠٩٠
مفرغة تماماً	١,٠٨٠	١,٠٧٠	١,٠٤٥

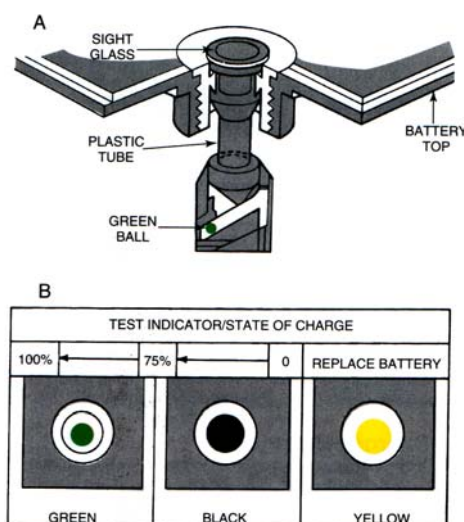
جدول (١ - ٧): العلاقة بين الكثافة الحجمية للمحلول الإلكتروليتي وحالة شحن البطارية حسب المناخ الذي تعمل فيه البطارية

٢-٢ - اختبار المحلول الإلكتروليتي للبطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة

مع البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة لسنا في حاجة لجهاز الهيدرومتر المستخدم مع البطاريات التقليدية لأنها محكمة الغلق ولا يمكن إدخال الهيدرومتر لأخذ عينة من المحلول الإلكتروليتي وتقدير كثافته الحجمية. في هذا النوع من البطاريات نحتاج فقط لمعرفة حالة الشحن العامة للبطارية ككل دون الدخول في تفاصيل الخلايا المكونة للبطارية.

من أجل ما سبق، تم تزويد البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة بجهاز هيدرومتر معادل لدرجة الحرارة مبني داخل البطارية (Built-in hydrometer) (شكل ١ - ٣٠ A) وينتهي عند سطح البطارية

بفتحة عبارة عن عين زجاجية شفافة (مبين حالة شحن البطارية) (sight glass) (شكل ١ - ٣٠ B). نستطيع التعرف على حالة شحن البطارية على أساس لون النقطة التي تبدو في منتصف العين الزجاجية كما هو موضح في شكل (١ - ٣٠ B). إذا كان لون النقطة أصفر فاتح جداً أو لا يوجد لون للنقطة (لون شفاف)، فإن ذلك يدل على أن مستوى المحلول الإلكتروليتي منخفض ويجب عندها تغيير البطارية واستبدالها بأخرى جديدة. إذا كان لون النقطة داكناً (قريباً من اللون الأسود) دل ذلك على وجوب شحن البطارية، أما ظهور النقطة الخضراء فيدل على أن حالة البطارية جيدة. تختلف هذه الألوان قليلاً من شركة إلى أخرى، فمثلاً قد نجد بدلاً للون الشفاف لوناً أصفر، وقد نجد أن الألوان بترتيب حالة الشحن للبطارية هي: أخضر - أسود - أحمر - أصفر.



شكل (١ - ٣٠): A- الهيدرومتر المبني داخل جسم البطارية وينتهي بمبين حالة شحن البطارية

B- تحديد حالة شحن البطارية حسب لون النقطة في مبين حالة شحن البطارية

٣- اختبار جهد البطارية (Battery Voltage)

بعد معرفة حالة شحن البطارية، فإننا نحري اختبار جهد البطارية في اتجاهين هما:

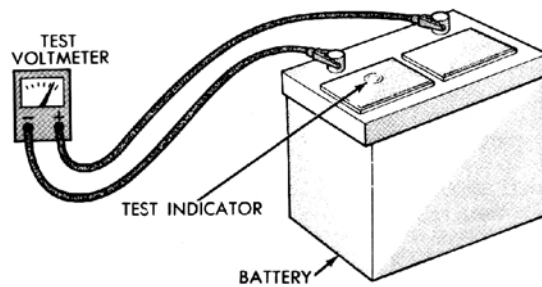
١- اختبار جهد الدائرة المفتوحة (اختبار اللا حمل)

٢- اختبار حمل البطارية

٣- ١- اختبار جهد الدائرة المفتوحة (Open-Circuit Voltage Test)

يطلق على اختبار جهد الدائرة المفتوحة اسم "اختبار جهد اللا حمل". يتم إجراء اختبار جهد الدائرة

المفتوحة في حالة فشل البطارية في اجتياز اختبار حمل البطارية. ويتم إجراء اختبار جهد الدائرة المفتوحة للبطارية باستخدام جهاز الفولتمتر بتوصيل طرفه الموجب مع القطب الموجب للبطارية والطرف السالب بالقطب السالب كما في شكل (١ - ٣١).



شكل (١ - ٣١): اختبار جهد الدائرة المفتوحة للبطارية (اختبار جهد اللا حمل)

يمكن عمل هذا الاختبار بديلاً لاختبار الكثافة الحجمية باستخدام الهيدرومتر وذلك للبطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة والمحكمة الإغلاق. عند شحن أو تفريغ البطارية يحدث تغير طفيف في جهد البطارية، وعليه فإن جهد الدائرة المفتوحة (جهد اللا حمل) للبطارية يمكن أن يعطي بعض الدلالة على حالة شحن البطارية.

لإجراء اختبار جهد الدائرة المفتوحة تحب مراعاة الضوابط الآتية:

- ١- أن تكون درجة حرارة البطارية ما بين ٦٠ و ١٠٠ °ف (ما بين ١٥,٥ و ٣٧,٧ °م).
 - ٢- في المركبات التي يحدث فيها استنزاف عال للبطارية (وحدات التحكم الإلكترونية و الساعات والملحقات التي تسحب كمية قليلة من التيار)، يمكن فصل كابل البطارية الأرضي أثناء الاختبار.
 - ٣- إذا كانت البطارية المراد اختبارها قد تم شحنها قبل الاختبار مباشرة، فإنه يجب تعريضها لحمل ثقيل لمدة ١٥ ثانية لإزالة الشحن السطحي ثم اترك البطارية فترة لتعود لآزائها مرة أخرى، ثم يجرى عليها الاختبار.
- استخدم الجدول (١ - ٨) لتفسير القراءة المسجلة من جهاز الاختبار وتحديد حالة شحن البطارية.
- إذا أعطى الاختبار نتيجة حالة شحن البطارية أقل من ٧٥٪ من قيمة الشحن التام، تجب إعادة شحنها وإجراء اختبار حمل البطارية لتحديد حالة البطارية.

جهد الدائرة المفتوحة (فولت)	حالة الشحن
١٢,٦ أو أكثر	١٠٠٪
١٢,٦ – ١٢,٤	١٠٠ – ٧٥٪
١٢,٤ – ١٢,٢	٧٥ – ٥٠٪
١٢,٢ – ١٢,٠	٥٠ – ٢٥٪
١٢,٠ – ١١,٧	٢٥ – صفر٪
١١,٧ أو أقل	صفر٪

جدول (١ - ٨): كيفية تحديد حالة شحن البطارية بحسب قيمة جهد الدائرة المفتوحة للبطارية

٣-٢ - اختبار حمل البطارية (Battery Load Test)

يطلق على اختبار حمل البطارية أيضاً اسم "اختبار معدل التفريغ العالي" أو اسم "اختبار السعة". يعتبر هذا الاختبار جيداً لمعرفة قدرة البطارية على الأداء في وجود أحمال كهربائية.

في هذا الاختبار نجد أن البطارية الجيدة سوف تعطي تياراً قيمته حوالي ٥٠٪ من مقننها عند إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة (أو ثلاثة أضعاف مقننها بالأمبير ساعة) لمدة ١٥ ثانية وتظل تعطي الجهد الأدنى لإدارة محرك المركبة. يستخدم في الاختبار جهاز اختبار حمل البطارية الموضح في شكل (١ - ٣٢) وهو يحتوي على مقياس تيار (أميتر) ومقياس جهد (فولتметр) وعمود مقاوم كربوني (مقاومة متغيرة للتحكم في الحمل). يستعان أيضاً بمقياس درجة حرارة (ترمومتر) لمعرفة درجة حرارة البطارية المختبرة.

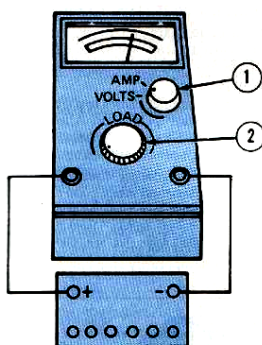


شكل (١ - ٣٢): جهاز إجراء اختبار حمل البطارية

قم بشحن البطارية إذا لزم الأمر قبل الشروع في إجراء الاختبار (الكثافة الحجمية لجميع الخلايا يجب ألا تقل عن ١,٢٢٥)

يتم إجراء اختبار جهد البطارية (شكل ١ - ٣٣) عند حمل مقدراه ٥٠٪ من مقنن تيار إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة (CCR) للبطارية المراد اختبارها. يتم تسجيل درجة حرارة البطارية وقراءة جهاز قياس فرق الجهد (الفولتметр)، ثم تقارن القيمتان مع القيم الموضحة في الجدول (١ - ٩) وبحسب كتيب الخدمة والصيانة.

إذا توافقت قراءات الفولتметр ودرجة الحرارة مع القيم في الجدول (١ - ٩)، كانت البطارية بحالة جيدة ويمكن أن تستمر في أداء عملها (نظفها ثم اشحنها شحناً تاماً أولاً)، أما إذا كانت قراءة الجهد أقل من المواصفات الموضحة بالجدول عند درجة الحرارة المقاسة، يجب استبدال البطارية بأخرى جديدة.



شكل (١ - ٣٣): توصيل جهاز اختبار حمل البطارية أثناء الاختبار

(١) - مقبض اختيار نوع القياس (جهد/أمبير)، ٢ - مقبض اختيار قيمة الحمل

درجة حرارة البطارية	أقل جهد اختبار (فولت)
٧٠° ف (٢١ م°) فأكثر	٩,٦
٦٠° ف (١٥,٥ م°)	٩,٥
٥٠° ف (١٠ م°)	٩,٤
٤٠° ف (٤,٤ م°)	٩,٣
٣٠° ف (- ١ م°)	٩,١
٢٠° ف (- ٦,٦ م°)	٨,٩
١٠° ف (- ١٢,٢ م°)	٨,٧
صفر° ف (- ١٧,٧ م°)	٨,٥

جدول (١ - ٩): أقل جهد اختبار للبطارية تبعاً لدرجة حرارتها (اختبار حمل البطارية)

ملحوظة هامة: بعض منتجي البطاريات يحدد على سطحها العلوي قيمة التيار اللازم لإدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة (بالأمبير)، وتستخدم هذه القيمة لتحديد الحمل الواجب وضع البطارية عليه أثناء الاختبار.

ضوابط استخدام أجهزة شحن البطارية (Battery Chargers)

تختلف طرق شحن البطارية، ويرجع هذا الاختلاف إلى عدة اعتبارات هي:

- ١- السعة الكهربائية للبطارية المراد شحنها
- ٢- درجة حرارة المحلول الإلكتروليتي
- ٣- حالة شحن البطارية عند بداية فترة الشحن
- ٤- حالة وعمر البطارية

عموماً تجب مراعاة كافة ضوابط الأمن والسلامة عند استعمال أجهزة شحن البطاريات على اختلاف أنواعها واختلاف طرق الشحن المتبعة، خاصة ما يتعلق بخطوات الشحن متبعاً تعليمات الشركة المنتجة للجهاز بشأن هذه الخطوات. الاستعمال الخاطئ لجهاز شحن البطاريات قد يعرضها للانفجار

(راجع شكل ١ - ١٧).



شكل (١ - ٣٤): جهاز شحن البطاريات (التونجر)

عند الحاجة لاستعمال جهاز شحن البطاريات (التونجر) (شكل ١ - ٣٤)، يفضل استخدام تلك النوعية الآلية من الأجهزة التي يمكنها الإحساس بجهد البطارية التي تقوم بشحنها ويمكنها فصل الشحن عند بلوغ البطارية حالة الشحن الكامل. كذلك تحس أجهزة الشحن الآلية بدرجة الحرارة وبحالة الخطأ وعكس توصيل أقطاب الجهاز مع أقطاب البطارية.

طرق شحن البطارية تشمل الآتي:

- ١- شحن سريع بمعدل عال
- ٢- شحن بجهد شحن ثابت
- ٣- شحن بطيء بتيار شحن ثابت
- ٤- شحن منخفض المعدل

١- الشحن السريع بمعدل عال (High-Rate Fast Charging)

الشحن السريع بمعدل عال يعني شحن البطارية بمعدل شحن عال لفترة زمنية قصيرة بغرض إعطاء المؤازرة التي تحتاجها البطارية (حوالي من ٧٠٪ إلى ٩٠٪ من الشحن التام) وحتى قيام دائرة الشحن في المركبة باستكمال إيصالها إلى حالة الشحن التام.

عند الحاجة لتوصيل البطارية على جهاز الشحن وهي في مكانها بالمركبة كما هو موضح في شكل (١ - ٣٥)، يجب فك كابل الأرضي من البطارية لأن هذا يحمي المكونات الكهربائية

والإلكترونية في المركبة من الجهد العالي للشحن.

عند شحن البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة، تتم عملية الشحن إلى أن تظهر النقطة الخضراء في

منتصف العين الزجاجية للهيدرومتر الداخلي للبطارية.

تجدر الإشارة إلى أن البطاريات التي كثافة المحلول الإلكتروليتي لها ١,٢٢٥ فأكثر، يجب عدم

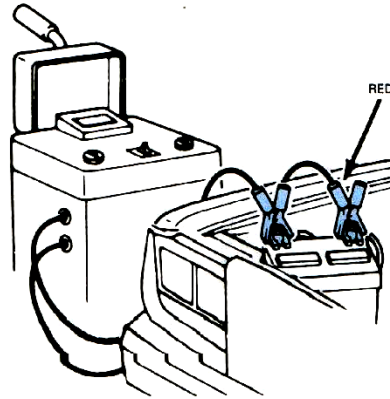
استعمال طريقة الشحن السريع بمعدل عال لشحنها.

يجب ألا يزيد معدل الشحن السريع عن ٦٠ أمبير للبطاريات ١٢ فولت، وعموماً فإن المعدل المتداول

هو من ٤٠ إلى ٦٠ أمبير لمدة ٣٠ دقيقة. من أجل استكمال إعادة شحن البطارية، يفضل ضبط جهاز

الشحن السريع بمعدل عال على قيمة واحد أمبير لكل لوح موجب في الخلية (على سبيل المثال: هناك ٩

ألواح في الخلية منها ٤ موجبة و ٥ سالبة، فإن معدل الشحن يكون ٤ أمبير).



شكل (١ - ٣٥): توصيل جهاز الشحن والبطارية مثبتة في مكانها بالمركبة

٢- الشحن بجهد شحن ثابت (Constant-Potential Charging)

عند الإبقاء على جهد الشحن على البطارية ثابتاً خلال فترة الشحن، تكون النتيجة أن تيار الشحن

يقل تلقائياً عندما تقترب البطارية من حالة الشحن التام. هذه السمة في أجهزة الشحن تقلل من احتمالية استقبال البطارية لأي مقدار من الشحن الزائد.

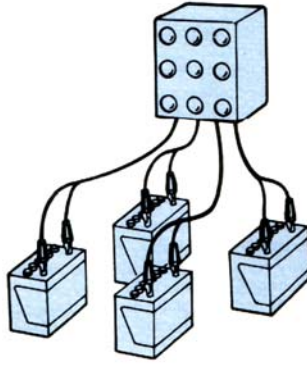
استخدام هذه الطريقة في الشحن يمنع تعرض البطارية ذات الحالة الجيدة من التدمير أو التلف، أما البطاريات ذات الحالة السيئة والتي تعرضت للكبرتة فهذه الطريقة هي الوحيدة التي يمكن استعمالها في محاولة لإعادة شحنها (تجب ملاحظة أن البطارية المكبرتة ترتفع درجة حرارتها بمجرد وضعها على جهاز الشحن).

٣- الشحن البطيء بتيار شحن ثابت (Constant-Current Slow Charging)

الشحن البطيء بتيار شحن ثابت يعني استخدام معدل شحن منخفض لفترة زمنية طويلة نسبياً. يتم الشحن بمعدلات من ٣ إلى ٥ أمبير أو ١٪ من قيمة مقنن إدارة محرك السيارة. هناك معدل شحن آخر مستخدم في هذه الطريقة من طرق الشحن وهو واحد أمبير لكل لوح موجب في الخلية الواحدة. يتم شحن البطارية باستخدام طريقة الشحن البطيء بتيار ثابت لفترة زمنية مقدارها ٢٤ ساعة للوصول بالبطارية إلى حالة الشحن التام، ويجب أخذ قراءات للهيدرومتر كل ساعة لاختبار تقدم عملية الشحن. تصل البطارية لحالة الشحن التام عند عدم وجود زيادة في قراءة الهيدرومتر عن القراءة السابقة لها وثبتت هذه القراءة لمدة ثلاث ساعات متتالية (٣ قراءات متتالية للهيدرومتر).

٤- الشحن منخفض المعدل (Trickle Charging)

تستخدم أجهزة الشحن منخفض المعدل (شكل ١ - ٣٦) للإبقاء على البطاريات في حالة شحن تام عند تخزينها، وقد صممت هذه الأجهزة لشحن البطاريات بمعدل حوالي واحد أمبير. تجب ملاحظة أنه بالرغم من انخفاض معدل الشحن باستخدام أجهزة الشحن منخفض المعدل إلا أن البطاريات قد تتعرض للتلف والتدمير إذا تركت فترات طويلة على هذه الأجهزة، ولتلافي الضرر الذي قد يصيب البطاريات بسبب ذلك يتم وضع البطاريات على هذه الأجهزة خلال النهار ثم تفصل عن الأجهزة خلال الليل وهكذا تقل خطورة الشحن الزائد.



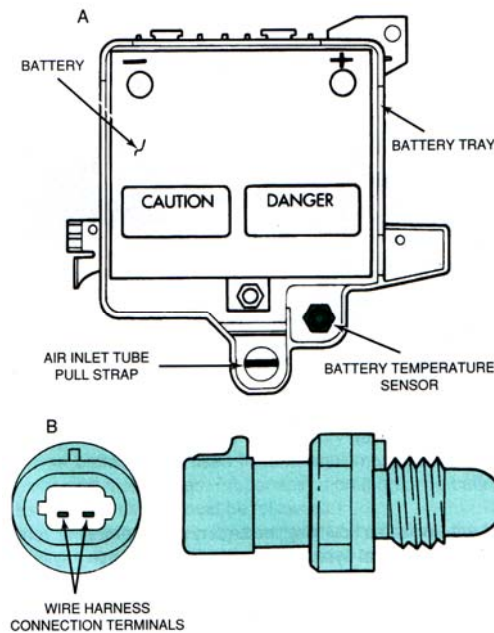
شكل (١ - ٣٦): طريقة الشحن منخفض المعدل

الأعطال الشائعة في البطاريات (Battery Troubles)

يعتبر التعرض للشحن الزائد والتعرض للشحن المنخفض، هما المسببان الأساسيان للعيوب والأعطال الشائعة في البطاريات ويسببان اضطراب عملها ويلزم عندها عمل الاختبارات اللازمة على البطارية كما هو موضح في هذه الوحدة. تجدر الإشارة هنا إلى أن العيوب والأعطال في البطارية مرتبطة بالأعطال في منظومات ودوائر كثيرة في المركبة وقد يتركز سبب العطل في هذه المنظومات والدوائر على وجود عطل أو عيب في البطارية.

من مظاهر تعرض البطارية للشحن الزائد:

- ١- تكرار الحاجة للتزود بالماء في البطاريات ذات أغشية التهوية
- ٢- انخفاض مستوى المحلول الإلكتروليتي في البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة
- ٣- تدمير ألواح البطارية
- ٤- قصر العمر الافتراضي للبطارية
- ٥- سخونة زائدة في البطارية تؤدي إلى اعوجاج الألواح وتفتت المواد الفعالة
- ٦- احتمالية تدمير بعض المكونات الكهربائية أو الإلكترونية في المركبة (مثل علبة التحكم الإلكترونية)



شكل (١ - ٣٧): حساس درجة حرارة البطارية

(A - مكان الحساس، B - فك الحساس لاختباره)

بعض البطاريات مزودة بحساس لدرجة حرارتها (battery temperature sensor) كما هو موضح في شكل (١ - ٣٧) متصل بوحدة التحكم الإلكترونية في المركبة التي تتحكم في خرج المولد الكهربائي ضمن منظومة الشحن حتى تسهل السيطرة على شحن البطارية وعدم تعرضها للشحن الزائد. الجدول (١ - ١٠)، يبين هذه الأعطال أو العيوب و مسبباتها ثم كيفية علاجها (هناك أعطال في منظومة الشحن مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بأعطال البطارية سيتم تناولها في الوحدة الثالثة من هذه الحقيبة).

العطل	أسباب العطل	علاج العطل
الأنوار الأمامية تَخَفَّتْ (تُعْتِمُ)	١- حدوث تفريغ زائد للبطارية ٢- توصيلات سيئة لكابلات البطارية ٣- توصيل سيئ للكيبيل الأرضي للبطارية مع محرك المركبة أو الهيكل	١- حاول شحن البطارية شحناً سريعاً لعدة ساعات، وإذا لم تستجب استبدل البطارية ٢، ٣- افحص التوصيلات جيداً وأصلح العيوب بها
المفتاح الكهرومغناطيسي لبادئ الحركة (السلف) يصدر صوتاً غير طبيعي عند عمله	١- حدوث تفريغ زائد للبطارية ٢- توصيل سيئ للكيبيل الأرضي للبطارية مع محرك المركبة أو الهيكل	١- حاول شحن البطارية شحناً سريعاً لعدة ساعات، وإذا لم تستجب استبدل البطارية ٢- افحص الكيبيل والتوصيل مع المحرك و أصلح ما يلزم
محرك المركبة يدور ببطء عند بدء إدارته بواسطة بادئ الحركة (السلف)	١- حدوث تفريغ زائد للبطارية ٢- مقاومة عالية في كوابل البطارية ٣- تلف بادئ الحركة أو مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي	١- حاول شحن البطارية شحناً سريعاً لعدة ساعات، وإذا لم تستجب استبدل البطارية ٢- اختبر الكوابل وابحث عن سبب المقاومة (تآكل في أطراف توصيل الكوابل أو في الأقطاب أو في الكوابل نفسها) ٣- اختبر بادئ الحركة ومفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (كما سيرد في الوحدة الثانية من الحقيقية) واستبدل ما يلزم
البطارية لا تقبل الشحن	١- حدوث تفريغ زائد للبطارية	١- حاول شحن البطارية شحناً سريعاً لعدة ساعات، وإذا لم

تستجب استبدال البطارية		
<p>١- فحص واختبار دائرة الشحن بالمرکبة</p> <p>٢- إجراء اختبار الحمل على البطارية واستبدالها إذا لزم الأمر</p>	<p>١- خلل في دائرة الشحن بالمرکبة (جهد الشحن عال جداً)</p> <p>٢- علامات بدء انتهاء العمر الافتراضي للبطارية (في حالة سلامة دائرة الشحن)</p>	<p>البطارية تستهلك ماء بكمية كبيرة (تحتاج للتزود الدائم بالماء)</p>
<p>١- البحث عن الخلل في دائرة الشحن، والتأكد من جودة توصيلات دائرة الشحن وبالذات منظم الشحن، واختبار منظم الشحن واستبداله إذا لزم الأمر، أو استبدال البطارية</p> <p>٢- مراعاة الاختيار الصحيح لطريقة شحن البطارية الجديدة عند الحاجة لاستخدام جهاز الشحن</p>	<p>١- عيب أو خلل في أداء دائرة الشحن بالمرکبة (السبب الرئيس هو تلف منظم الشحن بسبب وجود مقاومة عالية لأسلاك توصيله أو عدم التوصيل الجيد لهذه الأسلاك)</p> <p>٢- اختيار خاطئ لطريقة شحن البطارية على جهاز الشحن</p>	<p>تعرض البطارية للشحن الزائد</p>
<p>١- البحث عن الخلل في دائرة الشحن، وفحص شد سير الموّلد، وتغيير سير الموّلد إذا لزم الأمر</p> <p>٢- فحص توصيلات دائرة الشحن</p> <p>٣- إزالة الأحمال الكهربائية المفرطة المعرضة لها البطارية، واختبار البطارية و استبدالها إذا</p>	<p>١- عيب أو خلل في أداء دائرة الشحن بالمرکبة (انزلاق أو قطع سير الموّلد الكهربائي ، أو خلل في منظم الشحن، أو مقاومة عالية لسلك أو أكثر من أسلاك توصيل مكونات دائرة الشحن)</p> <p>٢- عيب في توصيلات دائرة الشحن بالمرکبة</p> <p>٣- تعرض البطارية لأحمال كهربائية مفرطة (زائدة عن المعتاد)، أو عيب في البطارية</p>	<p>تعرض البطارية للشحن المنخفض</p>

لزم الأمر	ذاتها، أو حدوث تفريغ ذاتي للبطارية نتيجة تركها بلا عمل لفترة زمنية طويلة، أو نزيف مفرط للتيار الذي يغذي المكونات الإلكترونية من البطارية حتى مع عدم تشغيل المحرك (مثل تيار تغذية ذاكرة وحدة التحكم للاحتفاظ بحيويتها)	
-----------	---	--

جدول (١ - ١٠): الأعطال الشائعة في البطارية وكيفية علاجها

صيانة البطارية (Battery Maintenance)

يجب عدم إغفال ضرورة القيام بأعمال الصيانة الدورية للبطارية لضمان الأداء الجيد لها أثناء دورات عملها وللمحافظة على عمرها الافتراضي. سيتم شرح خطوات خدمة وصيانة بعض الأنواع من البطاريات التي تحتاج إلى صيانة بالتفصيل من خلال الحقيبة التدريبية العملية للمقرر. البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة تجري لها أعمال صيانة من الخارج مثل تنظيفها وفحصها ظاهرياً وأحياناً شحنها بعد ملاحظة انخفاض حالة الشحن بها من خلال مقياس الشحن الخاص بها.

تشمل أعمال الصيانة بصفة عامة البنود الآتية:

- ١- الفحص الظاهري للبطارية وعمل اللازم نحو ما هو غير مضبوط أو به خلل أو عيب (راجع بنود الفحص الظاهري التي سبق ذكرها)
- ٢- اختبار المحلول الإلكتروليتي (المستوى والكثافة) وتحديد حالة شحن البطارية
- ٣- اختبار جهد البطارية وتحديد حالتها
- ٤- شحن البطارية أو استبدالها إذا لزم الأمر
- ٥- تنظيف البطارية وإزالة الأكاسيد وتشحيم الأقطاب وأطراف توصيل الكيابل

امتحان ذاتي رقم (١)

أولاً: ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وضع علامة (X) أمام العبارة الخطأ، في العبارات التالية:

- ١- عدد الألواح الموجبة في البطارية الرصاصية أكبر من عدد الألواح السالبة بلوح واحد ().
- ٢- المادة الفعالة على الألواح الموجبة في البطارية الرصاصية عبارة عن رصاص إسفنجي، أما على الألواح السالبة فهي عبارة عن ثاني أكسيد الرصاص ().
- ٣- يطلق على البطاريات المهجنة اسم "البطاريات عميقة الدورة" ().
- ٤- مجلس البطاريات العالمي (BCI) وضع مقننات البطاريات على أساس السعة الاحتياطية والقدرة اللازمة لبدء إدارة محرك المركبة على البارد ().
- ٥- عند شحن أو تفريغ البطارية، ينطلق غاز النيتروجين شديد الانفجار ().

ثانياً: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المرفقة مع كل سؤال من الأسئلة الآتية:

- ١- أحد الفنيين (A) قال: إن كل خلية من خلايا البطارية ١٢ فولت تنتج ١٢ فولت. فني آخر (B) قال: إن معظم المحلول الإلكتروليتي عبارة عن حامض الكبريتيك. أي من الفنيين كلامه صحيح؟ (اختر الإجابة الصحيحة):

أ - الفني (A) فقط

ب - الفني (B) فقط

ج - كلا من (A) و (B)

د - لا (A) ولا (B)

- ٢- كل العبارات التالية عن البطاريات صحيحة، ما عدا:

أ - بطارية المركبة تحتوي على ألواح موجبة وألواح سالبة

ب - البطارية ١٢ فولت تحتوي على ثلاث خلايا

ج - تحتوي البطارية على محلول إلكتروليتي

د - البطارية تقوم بتخزين طاقة كيميائية

- ٣- البطارية الجافة الشحن، يتم نقلها من مصانعها إلى أماكن توزيعها بدون:

أ - الألواح

ب - أقطاب التوصيل

ج - الخلايا المنفصلة

د - المحلول الإلكتروليتي

٤- الزمن اللازم لهبوط فرق جهد البطارية تامة الشحن إلى أقل من ١٠,٢ فولت (جهد الخلية ١,٧ فولت) بمعدل تفريغ مقداره ٢٥ أمبير عند درجة حرارة مقدارها ٢٦,٧ °م (٨٠ °ف)، يسمى:

أ - مقنن الشحن

ب - مقنن السعة الاحتياطية

ج - مقنن الأمبير- ساعة

د - مقنن إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة

٥- كل العوامل الآتية تؤثر بشدة على جهد الخلية أثناء التفريغ، ماعدا:

أ - معدل التفريغ

ب - نوع أقطاب البطارية

ج - مقاس الخلية

د - درجة حرارة المحلول الإلكتروليتي

ثالثاً: أجب عن الأسئلة التالية:

١- اذكر أنواع البطاريات المستخدمة في البطاريات.

٢- اكتب معادلة الشحن والتفريغ في البطارية الرصاصية.

٣- ما هي عيوب البطارية الرصاصية؟

٤- اذكر العوامل التي تؤثر على عمر البطارية.

٥- ما هي مميزات البطارية التي لا تحتاج إلى صيانة؟

امتحان ذاتي رقم (٢)

أولاً: ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وضع علامة (X) أمام العبارة الخطأ، في العبارات التالية:

- ١- البطارية ١٢ فولت تحتوي على ٦ خلايا متصلة مع بعضها على التوازي () .
- ٢- البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة ليس لها أغطية (سدادات) تهوية () .
- ٣- ظهور النقطة الخضراء للهيدرومتر المبني داخل جسم البطارية يعني أن البطارية تحتاج إلى شحن () .
- ٤- يمكن إجراء اختبار حمل البطارية بديلاً عن اختبار كثافة المحلول الإلكتروليتي في البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة وليس بها هيدرومتر داخلي () .
- ٥- اختيار البطارية يجب أن يتم على أساس السعة والمقاس (الأبعاد) () .

ثانياً: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المرفقة مع كل سؤال من الأسئلة الآتية:

- ١- البطارية منخفضة مستوى المحلول الإلكتروليتي، يجب أن تملأ بأحد السوائل الآتية:
 - أ - ماء مطر
 - ب - ماء مقطر
 - ج - حامض الكبريتيك
 - د - حامض الهيدروكلوريك
- ٢- البطارية عبارة عن جهاز كهروكيميائي مما يعني أن البطارية:
 - أ - تصنع للكيميائيات بواسطة الوسائل الإلكترونية
 - ب - تستخدم للكيميائيات للإمداد بالكهرباء
 - ج - بها ألواح غير كيميائية
 - د - لا تستخدم المحلول الإلكتروليتي
- ٣- البطارية تؤدي الوظائف التالية، ماعدا:
 - أ - الإمداد بالتيار اللازم لبدء إدارة محرك المركبة
 - ب - إمداد الأحمال بالتيار عندما تكون هذه الأحمال في غير متناول منظومة الشحن
 - ج - إمداد نظام الإشعال بالتيار اللازم عندما يكون محرك المركبة متوقفاً عن العمل
 - د - إمداد وحدة التحكم الإلكتروني في محرك المركبة بالتيار عندما يكون محرك

المركبة متوقفاً عن العمل

٤- عند النظر إلى البطارية من أعلى، نجد أن القطب السالب:

أ - أصغر من القطب الموجب

ب - مماثل لمقاس القطب الموجب

ج - أكبر من القطب الموجب

د - ليس أ ولا ب ولا ج

٥- قيمة شدة التيار بالأمبير والذي يمكن أخذه من بطارية ١٢ فولت لمدة ٣٠ ثانية عند درجة

حرارة (- ١٧,٧ °م) (صفر °ف) مع بقاء فرق الجهد بين أقطاب البطارية عند قيمة ٧,٢ فولت،

يسمى:

أ - مقنن الشحن

ب - مقنن السعة الاحتياطية

ج - مقنن الأمبير - ساعة

د - مقنن إدارة محرك المركبة في الظروف الجوية الباردة

ثالثاً: أجب عن الأسئلة التالية:

١- ما هي وظيفة البطارية في المركبة ؟

٢- اذكر أنواع أقطاب البطاريات.

٣- ما هي عيوب البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة؟

٤- ما هي مظاهر تعرض البطارية للشحن الزائد؟

٥- اذكر أهم أعمال الصيانة التي تجرى للبطارية.

إجابة امتحان ذاتي رقم (١)

أولاً:

١- X (العكس صحيح)

٢- X (العكس صحيح)

٣- ✓

٤- ✓

٥- X (الهيدروجين)

ثانياً:

١- د

٢- ب

٣- د

٤- ب

٥- ب

ثالثاً:

١- أنواع البطاريات المستخدمة في المركبات:

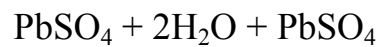
أ- البطاريات الرصاصية

ب- البطاريات القاعدية

ج- البطاريات قليلة الصيانة والتي لا تحتاج إلى صيانة

د- بطاريات إعادة الاتحاد

هـ- البطاريات المهجنة

٢- معادلة الشحن والتفريغ في البطارية الرصاصية هي كالآتي:تفريغ
→

(ثاني أكسيد الرصاص (ألواح موجبة) + حامض الكبريتيك + رصاص (ألواح سالبة)

(كبريتات رصاص (ألواح موجبة) + ماء + كبريتات رصاص (ألواح سالبة)

← شحن

٣- عيوب البطاريات الرصاصية هي:

- أ- عمرها الافتراضي قصير
- ب- ثقل وزنها
- ج- سهولة تعرض ألواحها للكبريتة
- د- التلف الميكانيكي الناتج عن اهتزاز المركبة أثناء السير

٤- العوامل التي تؤثر على عمر البطارية هي:

- أ- المستوى غير الصحيح للمحلول الإلكتروليتي
- ب- التآكل (الحت) الكيميائي
- ج- الشحن الزائد
- د- عدم التثبيت الجيد للبطارية
- هـ- دورة التفريغ والشحن الشاقة
- و- الكبريتة

٥- مميزات البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة هي:

- أ- احتياطي كبير من المحلول الإلكتروليتي فوق مستوى الألواح
- ب- زيادة مقاومتها عند تعرضها للشحن الزائد
- ج- عمر تخزين أطول
- د- قدرة نقلها من مكان لآخر وهي مجهزة بالمحلول الإلكتروليتي دون الخوف من تعرض الفنيين للحوادث أو للإصابات
- هـ- معدلات شدة تيار أعلى عند إدارة محرك السيارة على البارد

إجابة امتحان ذاتي رقم (٢)

أولاً:

- ١- X (على التوالي)
- ٢- $\sqrt{\quad}$
- ٣- X (مشحونة جيداً)
- ٤- X (اختبار جهد الدائرة المفتوحة)
- ٥- $\sqrt{\quad}$

ثانياً:

- ١- ب
- ٢- ب
- ٣- ج
- ٤- أ
- ٥- د

ثالثاً:

- ١- وظيفة البطارية في المركبة هي:
 - أ- إمداد بادئ الحركة (السلف) بالطاقة الكهربائية العالية اللازمة لبدء إدارة محرك المركبة (يقع على عاتقها بدء إدارة محرك المركبة).
 - ب- إمداد كافة المنظومات والأجهزة والدوائر الكهربائية والإلكترونية بالمركبة بالطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيلها أثناء التوقف أو أثناء السرعات المنخفضة لمحرك المركبة، وكذلك عندما تزيد الاحتياجات من الطاقة الكهربائية خرج المولد الكهربائي.
 - ج- تعتبر البطارية مخزناً للطاقة الكهربائية، يتم السحب منه عند الحاجة لذلك (يقوم المولد الكهربائي الذي سيرد ذكره في الوحدة الثالثة بإعادة شحن البطارية حتى تكتمل الطاقة الكهربائية بها في جميع الأوقات).

- د- تعمل كموازن للجهد الكهربائي لكافة المنظومات والأجهزة والدوائر الكهربائية والإلكترونية بالمركبة.
- ٢- أنواع أقطاب البطاريات هي:
- أ- أقطاب ذات شكل أسطواني مسلوب
- ب- أقطاب جانبية
- ج- أقطاب على شكل حرف (L)
- ٣- عيوب البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة تشمل الآتي:
- أ- تمدد شبكات الألواح عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية والذي يؤثر على تلف الفواصل والألواح
- ب- عدم القدرة على الصمود أمام دورات العمل الشاقة
- ج- السعة الاحتياطية أقل
- د- التفريغ السريع عند تعرضها لأية أحمال طفيلية
- هـ- عمر افتراضي أقل من المتوقع
- ٤- من مظاهر تعرض البطارية للشحن الزائد:
- أ- تكرار الحاجة للتزود بالماء في البطاريات ذات أغطية التهوية
- ب- انخفاض مستوى المحلول الإلكتروليتي في البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة
- ج- تدمير ألواح البطارية
- د- قصر العمر الافتراضي للبطارية
- هـ- سخونة زائدة في البطارية تؤدي إلى اعوجاج الألواح وتفتت المواد الفعالة
- و- احتمالية تدمير بعض المكونات الكهربائية، أو الإلكترونية في المركبة (مثل علبة التحكم الإلكترونية)
- ٥- أهم أعمال الصيانة التي تحرى للبطارية هي:
- أ- الفحص الظاهري للبطارية وعمل اللازم نحو ما هو غير مضبوط أو به خلل أو عيب
- ب- اختبار المحلول الإلكتروليتي (المستوى والكثافة) وتحديد حالة شحن البطارية
- ج- اختبار جهد البطارية وتحديد حالة أداء البطارية
- د- شحن البطارية أو استبدالها إذا لزم الأمر
- هـ- تنظيف البطارية وإزالة الأكاسيد وتشحيم أطراف الأقطاب وأطراف التوصيل