



Ελληνικό μεσογειακό πανεπιστήμιο

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ερευνητική πτυχιακή εργασία

<<Προκλήσεις και προοπτικές ενεργειακών συσσωρευτών
φορτίου>>

<<Challenges and perspectives of energy accumulators>>

Σπουδαστής: Εμμανουήλ Ξαγοράρης (Α.Μ.5893)

Εισηγητής: Δήμητρα Βερνάρδου

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ, 2020

“Ευχαριστίες”

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου κ. Δήμητρα Βερνάρδου, για την άμεση ανταπόκριση της και την γρήγορη ανάθεση αυτής της πτυχιακής εργασίας, επίσης θα ήθελα να την ευχαριστήσω που πάντα ήταν πρόθυμη στο να με συμβουλέψει-βοηθήσει σε ότι πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπίσα στην πτυχιακή μου στον ταχύτερο δυνατό χρόνο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και την ψυχική βοήθεια που έδειξε στο άτομό μου.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να εξηγήσει τι είναι συσσωρευτές και ποιες είναι οι προκλήσεις που υπάρχουν για βελτίωση και ενίσχυση της απόδοσης τους. Να παρουσιάσει την σπουδαιότητα των ενεργειακών συσσωρευτών φορτίου σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, τις επιπτώσεις των ενεργειακών προβλημάτων στην κοινωνία και τις τεχνολογικές εξελίξεις για την επίλυση τους.

Στο **πρώτο κεφάλαιο** ξεκινάμε με το τι είναι συσσωρευτές, ποιες είναι οι κατηγορίες τους και ποιες προκλήσεις υπάρχουν σε κάθε κατηγορία.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναφέρουμε τις ανόδους, τις καθόδους, τους ηλεκτρολύτες και τους διαχωριστές που χρησιμοποιούνται επιλέγοντας την μπαταρία λιθίου.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** αναφέρουμε την διαδικασία που ακολουθείται για την ολοκλήρωση της μπαταρίας λιθίου.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** αναφέρονται περιβαλλοντικές ανησυχίες.

Τέλος, στο **κεφάλαιο πέντε** αναφέρουμε τα τελικά συμπεράσματα που θα αφορούν τις προσεγγίσεις για την επίλυση των προκλήσεων.

Abstract

The purpose of this work is to explain what accumulators are along with their challenges the importance of energy storage batteries in every human activity, the impact of energy problems on society and the technological developments required.

In the **first chapter** we begin with what batteries are, their categories, and challenges exist in each category.

In the **second chapter**, we mention the anodes, cathodes, electrolytes and separators used in selecting the lithium battery.

In the **third chapter** we refer to the procedure to complete the lithium battery.

In the **fourth chapter** the environmental concerns are mentioned.

Finally, in **chapter five** we present the final conclusions on approaches to solving challenges.

Περιεχόμενα	
-------------	--

Ευχαριστίες.....	
Περίληψη.....	
Abstract.....	
Κεφάλαιο 1:	6
1.1: Τι είναι συσσωρευτής;.....	6
1.2:Οι μπαταρίες στην καθημερινότητά μας.....	7
1.3:Τύποι μπαταριών.....	8
1.3.1: Πρωτογενείς μπαταρίες.....	8
1.3.2: Δευτερεύουσες μπαταρίες.....	9
1.3.2.1: Μπαταρίες νικελίου-καδμίου.....	11
1.3.2.2: Μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου.....	14
1.3.2.3: Μπαταρίες ιόντων λιθίου.....	16
1.3.2.4: Μπαταρίες μολύβδου-οξέος.....	20
1.4: Προβλήματα μπαταριών.....	23
1.4.1: Ni-Cd προβλήματα.....	23
1.4.2: Ni-MH προβλήματα.....	23
1.4.3: Li-ion προβλήματα.....	23
1.4.4: Lead- Acid προβλήματα.....	24
Κεφάλαιο 2 : Κάθοδοι, άνοδοι, διαχωριστές, ηλεκτρολύτες	25
2.1: Κάθοδοι	25
2.2: Άνοδοι	27
2.3: Διαχωριστές	29
2.4: Ηλεκτρολύτες.....	30
Κεφάλαιο 3: Διαδικασία που ακολουθείται για την ολοκλήρωση μπαταρίας λιθίου	32
Κεφάλαιο 4: Περιβαλλοντικές ανησυχίες και ανακύκλωση.....	36
Κεφάλαιο 5: Λύσεις-Προτάσεις	40
Βιβλιογραφία	42

Κεφάλαιο 1

1.1. Τι είναι συσσωρευτής;

Μια μπαταρία (ή αλλιώς συσσωρευτής) είναι μια χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια, αφού τη μετατρέψει σε χημική, και όταν χρειαστεί να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα. Σχηματίζεται από ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα ή και τα δύο, ανάλογα με την επιθυμητή παραγόμενη τάση. Το ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο πλάκες, φτιαγμένες από διαφορετικά μέταλλα και βυθισμένες σε ένα δοχείο με υγρό. Οι πλάκες, οι οποίες πρέπει να είναι αγώγιμες, ονομάζονται ηλεκτρόδια, ενώ το υγρό είναι και αυτό αγώγιμο και καλείται ηλεκτρολύτης. Τα ηλεκτρόδια αντιδρούν χημικά με τον ηλεκτρολύτη και η αντίδραση περιλαμβάνει τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο, μέσω ενός εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος/φορτίου. Δηλαδή, η σύνδεση των ηλεκτροδίων σε εξωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος (εκφόρτιση της ηλεκτρικής μπαταρίας). Η εκφορτισμένη ηλεκτρική μπαταρία φορτίζεται όταν περάσει από αυτήν συνεχές ρεύμα (DC) από άλλη πηγή, ενώ ταυτόχρονα αντίστροφες χημικές διεργασίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική [1]. Τα κελιά των μπαταριών αποτελούνται συνήθως από τέσσερις συνιστώσες.

- Η Άνοδος (Αρνητικό Ηλεκτρόδιο)
- Η Κάθοδος (Θετικό ηλεκτρόδιο)
- Οι ηλεκτρολύτες
- Οι διαχωριστές

Η άνοδος είναι αρνητικό ηλεκτρόδιο που παράγει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα στο οποίο είναι συνδεδεμένη η μπαταρία. Όταν συνδέονται οι μπαταρίες, αρχίζει η συσσώρευση ηλεκτρονίων στην άνοδο, η οποία προκαλεί διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Τα ηλεκτρόνια στη συνέχεια φυσικά προσπαθούν να αναδιανεμηθούν, αυτό εμποδίζεται από τον ηλεκτρολύτη, οπότε όταν συνδέεται ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, παρέχει μια σαφή διαδρομή για να μετακινηθούν τα ηλεκτρόνια από την άνοδο στην κάθοδο, ενεργοποιώντας έτσι το

κύκλωμα στο οποίο είναι συνδεδεμένο. Διαχωριστές είναι πορώδη υλικά που εμποδίζουν την άνοδο και την κάθοδο από να αγγίξει, κάτι το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει ένα βραχυκύκλωμα στη μπαταρία. Διαχωριστές μπορούν να κατασκευαστούν από μια ποικιλία υλικών, όπως βαμβάκι, νάιλον, πολυεστέρας, χαρτόνι και συνθετικά πολυμερή φιλμ. Οι διαχωριστές δεν αντιδρούν χημικά ούτε με την άνοδο, την κάθοδο ή τον ηλεκτρολύτη. Τα ιόντα στον ηλεκτρολύτη μπορούν να φορτιστούν θετικά, αρνητικά φορτισμένα και να διατίθενται σε διάφορα μεγέθη. Μπορούν να κατασκευαστούν ειδικοί διαχωριστές που επιτρέπουν τη διέλευση ορισμένων ιόντων αλλά όχι άλλων. [2].

1.2. Οι μπαταρίες στην καθημερινότητά μας

Οι μπαταρίες αποτελούν μέρος της καθημερινότητάς μας. Μια μέρα δεν θα περνούσε χωρίς τη χρήση των τηλεφώνων μας. Χρησιμοποιούνται κάθε φορά που βγαίνουμε, στην οδήγηση του αυτοκίνητου μας ή όταν παίρνουμε ένα δημόσιο όχημα. Χρησιμοποιούμε τηλεχειριστήριο για να αλλάζουμε κανάλια ενώ παρακολουθούμε τηλεόραση. Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται ασυνείδητα στην καθημερινότητά.

Η μπαταρία είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εξουσιοδοτεί τηλέφωνα χειρός, τηλεχειριστήρια, φώτα φλας, βοηθήματα ακοής και βοηθά τα αυτοκίνητα να ξεκινούν εύκολα. Υπάρχουν ακόμη και αυτοκίνητα που εφευρέθηκαν σήμερα που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια αποθηκευμένη σε μπαταρίες. Αυτά τα ηλεκτροκίνητα οχήματα παράγουν όλη τη δύναμή τους από πακέτα μπαταριών και δεν χρησιμοποιούν βενζίνη.

Η φορητότητα είναι αυτό που καθιστά τις μπαταρίες τόσο σημαντικές. Δεν θα ήταν εφικτό να χρησιμοποιούνται τηλέφωνα χειρός, κάμερες, τηλεχειριστήρια, φώτα φλας, ρολόγια χειρός και αυτοκίνητα συνδεδεμένα σε ηλεκτρικές πρίζες. Θα ήταν τόσο δύσκολο και ενοχλητικό. Η ευκολία που προσφέρουν οι μπαταρίες οδήγησε στην εφεύρεση περισσότερων συσκευών, συσκευών και εξοπλισμού που τις χρησιμοποιούν. Τώρα, υπάρχουν χορτοκοπτικές μηχανές που λειτουργούν με μπαταρία, ασύρματο ποντίκι, ανεμιστήρες, λάμπες και τηλεοράσεις που ήταν διαθέσιμες μόνο με καλώδια.

Η “ζωή” της μπαταρίας δεν διαρκεί, συνήθως λόγω της συχνής χρήσης των συσκευών που τις χρειάζονται. Επίσης, οι μπαταρίες περιέχουν επικίνδυνες ουσίες, διαβρωτικά υλικά και βαρέα μέταλλα που μπορεί να βλάψουν την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, εάν δεν διατεθούν σωστά. Οι ανησυχίες αυτές άνοιξαν το δρόμο για τις επαναφορτιζόμενες αντικαταστάσεις των χρησιμοποιημένων μπαταριών. Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μπορούν να διαρκέσουν μήνες ή χρόνια ανάλογα με τον τρόπο χρήσης τους. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να εξοικονομηθούν χρήματα και να προστατευθεί το περιβάλλον.

Μπορεί να εκτιμηθεί πλήρως η χρησιμότητα των μπαταριών όταν η ηλεκτρική ενέργεια σβήσει. Κάνουν εφικτή τη λειτουργία του φορητού υπολογιστή, των τηλεφώνων χειρός, των συσκευών αναπαραγωγής mp3 και των ξυπνητηριών οπουδήποτε κι αν βρίσκονται, ανεξάρτητα από την κατάσταση. Απλά πρέπει να διατηρούνται οι μπαταρίες φορτισμένες ανά πάσα στιγμή [3].

1.3. Τύποι μπαταριών

Οι μπαταρίες γενικά μπορούν να ταξινομηθούν σε διαφορετικές κατηγορίες και τύπους που εξαρτώνται από τη χημική σύνθεση, το μέγεθος, τον τύπο και τις περιπτώσεις χρήσης όπου, κάτω από όλα αυτά είναι δύο σημαντικές κατηγορίες μπαταριών.

1. Πρωτογενείς μπαταρίες
2. Δευτερεύουσες μπαταρίες

1.3.1. Πρωτογενείς μπαταρίες

Οι πρωτογενείς μπαταρίες είναι μπαταρίες που δεν μπορούν να φορτιστούν μόλις εξαντληθούν. Οι πρωτογενείς μπαταρίες είναι κατασκευασμένες από ηλεκτροχημικά στοιχεία, των οποίων η ηλεκτροχημική αντίδραση δεν μπορεί να αντιστραφεί.

Οι πρωτογενείς μπαταρίες υπάρχουν σε διαφορετικές μορφές που κυμαίνονται από σχήματα νομισμάτων μέχρι μπαταρίες AA. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε αυτόνομες εφαρμογές, όπου η φόρτιση είναι ανέφικτη ή αδύνατη. Ένα

καλό παράδειγμα είναι οι στρατιωτικές συσκευές και ο εξοπλισμός που τροφοδοτείται από μπαταρίες. Δεν θα ήταν πρακτικό όμως να χρησιμοποιούνται επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, καθώς η επαναφόρτιση μιας μπαταρίας θα είναι το τελευταίο πράγμα στο μυαλό των στρατιωτών. Οι πρωτογενείς μπαταρίες έχουν πάντα υψηλή ειδική ενέργεια και τα συστήματα στα οποία χρησιμοποιούνται είναι πάντα σχεδιασμένα ώστε να καταναλώνουν χαμηλή ποσότητα ενέργειας για να επιτρέπουν τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας όσο το δυνατόν περισσότερο.

Ορισμένα άλλα παραδείγματα συσκευών που χρησιμοποιούν πρωτογενείς μπαταρίες περιλαμβάνουν: Κατασκευαστές σκαφών, ιχνηλάτες ζώων, ρολόγια χειρός, τηλεχειριστήρια και παιδικά παιχνίδια.

Οι πιο δημοφιλείς τύποι πρωτογενών μπαταριών είναι οι αλκαλικές μπαταρίες. Έχουν υψηλή ειδική ενέργεια και είναι φιλικές προς το περιβάλλον, οικονομικά αποδοτικές και δεν διαρρέουν ακόμη και όταν έχουν πλήρως αποφορτιστεί. Μπορούν να αποθηκευτούν για αρκετά χρόνια, να έχουν καλό ιστορικό ασφαλείας και να μπορούν να μεταφερθούν σε αεροσκάφος χωρίς να υπόκεινται σε κανονισμούς του ΟΗΕ και άλλους κανονισμούς. Το μόνο μειονέκτημα για τις αλκαλικές μπαταρίες είναι το χαμηλό φορτίο ρεύματος, το οποίο περιορίζει τη χρήση του σε συσκευές με χαμηλές απαιτήσεις ρεύματος όπως τηλεχειριστήρια, φακοί και φορητές συσκευές ψυχαγωγίας.

1.3.2. Δευτερεύουσες μπαταρίες

Οι δευτερεύουσες μπαταρίες, είναι μπαταρίες με ηλεκτροχημικά στοιχεία των οποίων οι χημικές αντιδράσεις μπορούν να αντιστραφούν εφαρμόζοντας μια ορισμένη τάση στην μπαταρία στην αντίθετη κατεύθυνση. Αναφερόμενες επίσης ως επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, τα δευτερεύοντα κελιά, σε αντίθεση με τα πρωτογενή κελιά, μπορούν να φορτιστούν μετά την εξάντληση της ενέργειας στην μπαταρία.

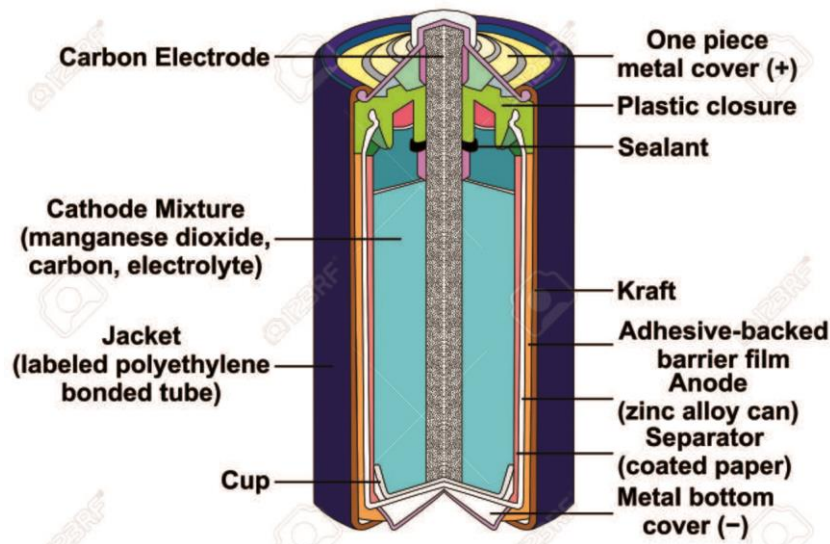
Χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές υψηλής αποστράγγισης και σε άλλα σενάρια όπου θα είναι υπερβολικά δαπανηρό ή δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιούνται μπαταρίες μίας φόρτισης. Οι δευτερεύουσες μπαταρίες μικρής

χωρητικότητας χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία φορητών ηλεκτρονικών συσκευών όπως τα κινητά τηλέφωνα και άλλων συσκευών, ενώ οι μπαταρίες βαρέως τύπου χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση διαφόρων ηλεκτρικών οχημάτων και άλλων εφαρμογών υψηλής αποστράγγισης, όπως η ισοπέδωση του φορτίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιούνται επίσης ως ανεξάρτητες πηγές ενέργειας παράλληλα με μετατροπείς για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Παρόλο που το αρχικό κόστος απόκτησης επαναφορτιζόμενων μπαταριών είναι πάντοτε πολύ μεγαλύτερο από αυτό των πρωτογενών συσσωρευτών, είναι όμως το πλέον οικονομικά αποδοτικό μακροπρόθεσμα.

Οι δευτερεύουσες μπαταρίες μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω σε αρκετούς άλλους τύπους με βάση τη χημεία τους. Αυτό είναι πολύ σημαντικό επειδή η χημεία καθορίζει μερικά από τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας, συμπεριλαμβανομένης της συγκεκριμένης ενέργειας, του κύκλου ζωής, της διάρκειας ζωής και της τιμής.

Υπάρχουν βασικά τέσσερις σημαντικές χημικές διεργασίες για επαναφορτιζόμενες μπαταρίες

1. Nickel Cadmium(Ni-Cd) (νικελίου-καδμίου)
2. Nickel-Metal Hydride(Ni-MH) (νικελίου υδριδίου μετάλλου)
3. Lithium-ion(Li-ion) (ιόντων λιθίου)
4. Lead-Acid (μολύβδου-οξέος) [4]



Εικόνα 1.1 Τα μέρη της μπαταρίας(5)

1.3.2.1. Μπαταρίες νικελίου-καδμίου

Η μπαταρία νικελίου-καδμίου, όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 1.2[7] (μπαταρία NiCd ή μπαταρία NiCad) είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας που αποτελείται από υδροξείδιο του νικελίου και μεταλλικό κάδμιο ως ηλεκτρόδια. Οι μπαταρίες Ni-Cd διακρίνονται για τη διατήρηση της τάσης και τη διατήρηση της φόρτισης όταν δεν χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, οι μπαταρίες Ni-Cd πέφτουν εύκολα θύματα του τρομακτικού φαινομένου "μνήμης", όταν φορτιστεί μια μερικώς φορτισμένη μπαταρία, μειώνεται η μελλοντική χωρητικότητα της μπαταρίας.

Οι μπαταρίες Ni-Cd ενδέχεται να υποστούν "φαινόμενα μνήμης" εάν εκφορτιστούν και επαναφορτιστούν στην ίδια κατάσταση φόρτισης εκατοντάδες φορές. Η προφανής ένδειξη είναι ότι η μπαταρία "θυμάται" το σημείο στον κύκλο φόρτισης της όπου ξεκίνησε η επαναφόρτιση και κατά τη διάρκεια της επακόλουθης χρήσης υφίσταται απότομη πτώση της τάσης στο σημείο αυτό, σαν να είχε εκφορτιστεί η μπαταρία. Η χωρητικότητα της μπαταρίας δεν μειώνεται ουσιαστικά. Ορισμένα ηλεκτρονικά συστήματα που έχουν σχεδιαστεί για να τροφοδοτούνται από Ni-Cd μπαταρίες είναι σε θέση να αντέξουν αυτή τη μειωμένη τάση αρκετά, ώστε η τάση να επιστρέψει στο φυσιολογικό. Ωστόσο, αν η συσκευή δεν είναι σε θέση να λειτουργήσει σε αυτή την περίοδο μειωμένης τάσης, δεν θα μπορέσει να

βγάλει αρκετή ενέργεια από την μπαταρία και για όλες τις πρακτικές ανάγκες, η μπαταρία εμφανίζεται "νεκρή" νωρίτερα από το κανονικό.

Υπάρχουν στοιχεία ότι η ιστορία του φαινομένου μνήμης προέρχεται από τους τροχούς γύρω από τους δορυφόρους, όπου τυπικά χρεώνουν δώδεκα ώρες από τις 24 για αρκετά χρόνια. Μετά από αυτό το διάστημα διαπιστώθηκε ότι οι δυνατότητες των συσσωρευτών μειώθηκαν σημαντικά, αλλά ήταν ακόμα κατάλληλες για χρήση. Είναι απίθανο αυτή η ακριβής επαναληπτική χρέωση (για παράδειγμα, 1.000 φορτίσεις / εκφορτίσεις με μεταβλητότητα μικρότερη από 2%) να μπορεί να αναπαραχθεί από άτομα που χρησιμοποιούν ηλεκτρικά είδη. Το πρωτότυπο έγγραφο που περιγράφει το φαινόμενο μνήμης γράφτηκε από τους επιστήμονες της GE στο Τμήμα Επιχειρήσεων Μπαταρίας στο Gainesville της Φλόριντα όπου αργότερα αποσύρθηκε, αλλά η ζημιά έγινε.

Η μπαταρία επιβιώνει χιλιάδες κύκλους φόρτισης / εκφόρτισης. Επίσης, είναι δυνατό να μειωθεί το φαινόμενο μνήμης αποφορτίζοντας πλήρως την μπαταρία περίπου μία φορά το μήνα. Με αυτόν τον τρόπο προφανώς η μπαταρία δεν "θυμάται" το σημείο στον κύκλο φόρτισης.

Ένα φαινόμενο με παρόμοια συμπτώματα με το φαινόμενο μνήμης είναι η αποκαλούμενη κατάθλιψη τάσης. Αυτό προκύπτει από την επαναλαμβανόμενη υπερφόρτιση. Το σύμπτωμα είναι ότι η μπαταρία φαίνεται να είναι πλήρως φορτισμένη, αλλά εκφορτίζεται γρήγορα μετά από μια σύντομη περίοδο λειτουργίας. Σε σπάνιες περιπτώσεις, μεγάλο μέρος της χαμένης χωρητικότητας μπορεί να ανακτηθεί με λίγους κύκλους βαθιάς απόρριψης, μια λειτουργία που συχνά παρέχεται από αυτόματους φορτιστές μπαταριών. Εντούτοις, αυτή η διαδικασία μπορεί να μειώσει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Εάν υπάρχει καλή επεξεργασία, μια μπαταρία Ni-Cd μπορεί να διαρκέσει 1.000 κύκλους ή περισσότερο πριν η χωρητικότητά της πέσει κάτω από το ήμισυ της αρχικής χωρητικότητάς της. Πολλοί φορτιστές οικιακής χρήσης ισχυρίζονται ότι είναι "έξυπνοι φορτιστές", οι οποίοι θα κλείσουν και δεν θα βλάψουν την μπαταρία, αλλά αυτό φαίνεται να είναι ένα κοινό πρόβλημα. Το φαινόμενο μνήμης είναι γνωστό στους χρήστες μπαταριών νικελίου-καδμίου και νικελίου-μετάλλου-

υδριδίου. Εάν αυτές οι μπαταρίες επαναφορτιστούν επανειλημμένα, αφού εκφορτωθούν μόνο εν μέρει, σταδιακά χάνουν τη χωρητικότητα τους λόγω μειωμένης τάσης λειτουργίας.

Σε σύγκριση με άλλους τύπους επαναφορτιζόμενων κελιών, οι μπαταρίες Ni-Cd προσφέρουν καλό κύκλο ζωής και απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες με αρκετή χωρητικότητα, αλλά το σημαντικότερο πλεονέκτημα τους είναι η ικανότητά τους να αποδίδουν την πλήρη ονομαστική τους χωρητικότητα σε υψηλές ταχύτητες αποφόρτισης. Διατίθενται σε διάφορα μεγέθη, συμπεριλαμβανομένων των μεγεθών που χρησιμοποιούνται για αλκαλικές μπαταρίες AAA έως D. Τα κελιά Ni-Cd χρησιμοποιούνται μεμονωμένα ή συναρμολογούνται σε συσκευασίες δύο ή περισσότερων κελιών. Τα μικρά πακέτα χρησιμοποιούνται σε φορητές συσκευές, ηλεκτρονικά και παιχνίδια, ενώ τα μεγαλύτερα βρίσκουν εφαρμογή σε μπαταρίες που εκκινούν από αεροσκάφη, ηλεκτρικά οχήματα ως και εφεδρικά τροφοδοτικά.

Τα σφραγισμένα κελιά NiCd χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα σε φορητά ηλεκτρικά εργαλεία, εξοπλισμό φωτογραφίας, φακούς, φωτισμό κινδύνου, και φορητές ηλεκτρονικές συσκευές. Η ανώτερη χωρητικότητα των μπαταριών νικελίου-μεταλλικού υδριδίου, και πιο πρόσφατα το χαμηλότερο κόστος τους, έχει σε μεγάλο βαθμό αντικαταστήσει τη χρήση τους. Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διάθεσης του τοξικού μετάλλου καδμίου έχουν συμβάλει σημαντικά στη μείωση της χρήσης τους. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι μπαταρίες NiCd μπορούν τώρα να χρησιμοποιηθούν μόνο για σκοπούς αντικατάστασης ή για ορισμένους τύπους νέων συσκευών, όπως ιατρικές συσκευές.

Ορισμένες από τις ιδιότητες των μπαταριών νικελίου-καδμίου παρατίθενται παρακάτω:

Ειδική ενέργεια: 40-60Wh / kg

Πυκνότητα ενέργειας: 50-150 Wh / L

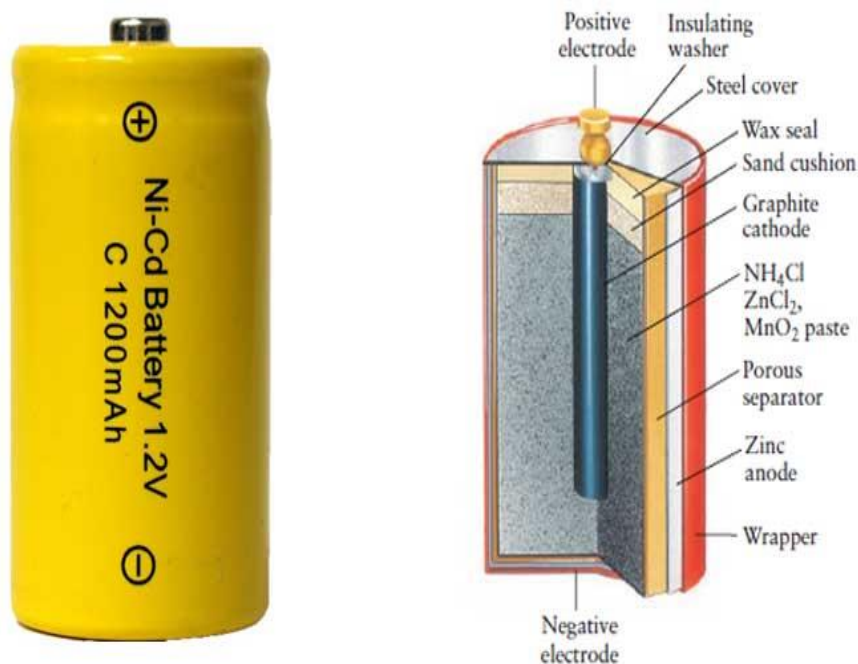
Ειδική ισχύς: 150 W / kg

Απόδοση φόρτισης / απόρριψης: 70-90 %

Ποσοστό αυτοαπορρόφησης: 10 % / μήνα

Κύκλος ανθεκτικότητας / ζωής: 2000 cycles [6]

Nickel Cadmium (NiCad) Batteries



Εικόνα 1.2 Μπαταρίες νικελίου-καδμίου[7]

1.3.2.2. Μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου

Μια μπαταρία νικελίου υδριδίου μετάλλου, όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 1.3[9] συντομευμένη NiMH ή Ni-MH, είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας. Η χημική αντίδραση στο θετικό ηλεκτρόδιο είναι παρόμοια με εκείνη του κελιού νικελίου-καδμίου (NiCd), αμφότερα χρησιμοποιώντας υδροξείδιο του νικελίου (NiOOH). Ωστόσο, τα αρνητικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούν κράμα απορρόφησης υδρογόνου αντί για κάδμιο. Μια μπαταρία NiMH μπορεί να έχει δύο έως τρεις φορές την χωρητικότητα μιας ισοδύναμου μεγέθους NiCd και η ενεργειακή της πυκνότητα μπορεί να πλησιάσει εκείνη της μπαταρίας ιόντων λιθίου. Οι μπαταρίες νικελίου υδριδίου μετάλλου είναι

έναν άλλον τύπο χημικής διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται για επαναφορτιζόμενες μπαταρίες.

Οι μπαταρίες NiMH βρίσκουν εφαρμογή σε συσκευές υψηλής αποστράγγισης εξαιτίας της υψηλής χωρητικότητάς τους και της ενεργειακής τους πυκνότητας. Μια μπαταρία NiMH μπορεί να διαθέτει δύο έως τρεις φορές την χωρητικότητα μιας μπαταρίας NiCd του ίδιου μεγέθους και η ενεργειακή της πυκνότητα μπορεί να πλησιάσει εκείνη της μπαταρίας ιόντων λιθίου. Σε αντίθεση με τη χημεία NiCd, οι μπαταρίες που βασίζονται στη χημεία NiMH δεν υποκύπτουν στο φαινόμενο "μνήμης" που βιώνουν οι NiCd.

Παρακάτω υπάρχουν μερικές από τις ιδιότητες των μπαταριών που βασίζονται στη χημεία νικελίου υδριδίου μετάλλου.

Ειδική ενέργεια: 60-120 h / kg

Πυκνότητα ενέργειας: 140-300 Wh / L

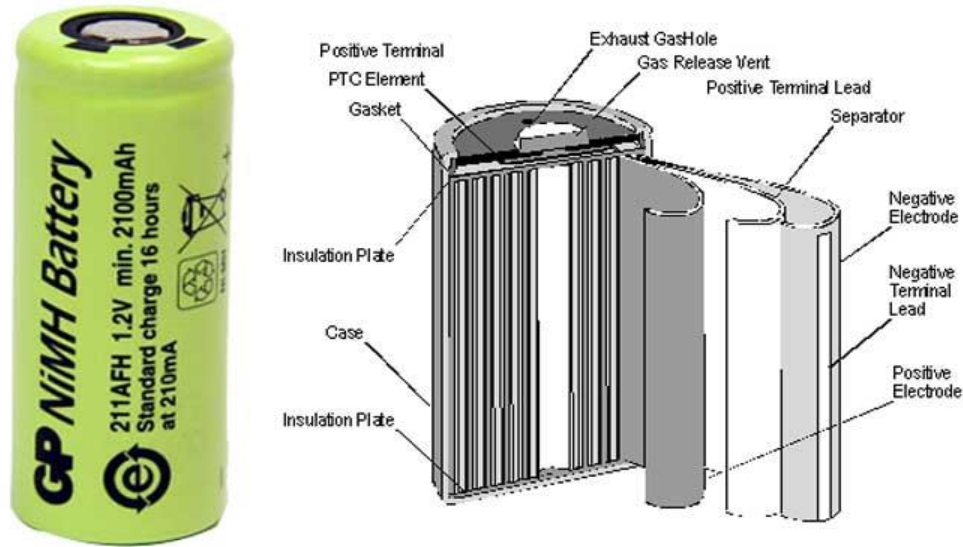
Ειδική ισχύς: 250-1000 W / kg

Απόδοση φόρτισης / απόρριψης: 66 % - 92 %

Ποσοστό αυτοαπορρόφησης: 1,3-2,9 % / μήνα σε 20 °C

Διάρκεια ζωής / διάρκεια ζωής: 180 -2000 [8]

Nickel Metal Hydride (NiMH) Battery



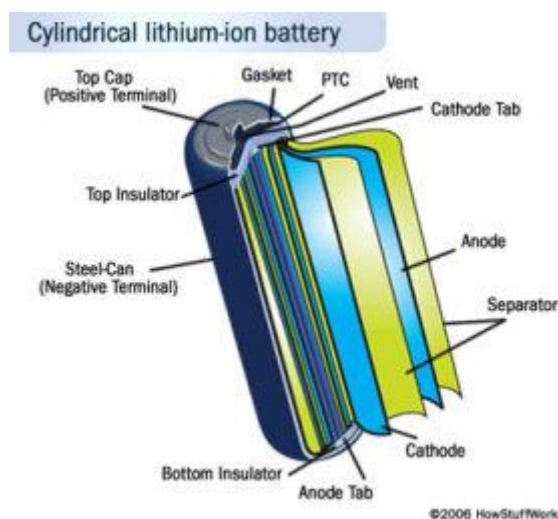
Εικόνα 1.3 Nimh battery [9]

1.3.2.3. Μπαταρίες ιόντων λιθίου

Μπαταρία ιόντων λιθίου όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 1.4[10](lithium-ion battery ή Li-ion battery ή LIB) είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας στην οποία τα ιόντα λιθίου κινούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο προς το θετικό ηλεκτρόδιο κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης και αντίστροφα κατά τη φόρτιση. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούν μια παρεμβαλλόμενη ένωση του λιθίου ως υλικό του ενός ηλεκτροδίου, συγκρινόμενες με το μεταλλικό λίθιο που χρησιμοποιείται σε μια μη επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου. Ο ηλεκτρολύτης, που επιτρέπει την ιονική μετακίνηση και τα δύο ηλεκτρόδια είναι τα συστατικά του στοιχείου μπαταρίας ιόντων λιθίου.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας στην οποία ιόντα λιθίου από το αρνητικό ηλεκτρόδιο μεταναστεύουν στο θετικό ηλεκτρόδιο κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης και στη συνέχεια επιστρέφουν πίσω στο αρνητικό ηλεκτρόδιο όταν φορτίζεται η μπαταρία. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούν μια ενδιάμεση ένωση λιθίου ως ένα υλικό ηλεκτροδίων, σε σύγκριση με το μεταλλικό λίθιο που χρησιμοποιείται σε μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου διαθέτουν γενικά υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, μικρό ή καθόλου φαινόμενο μνήμης και χαμηλή αυτοεκφόρτιση σε σύγκριση με άλλους τύπους μπαταριών. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου που χρησιμοποιούνται σε φορητές ηλεκτρονικές συσκευές βασίζονται συνήθως σε οξείδιο του λιθίου του κοβαλτίου (LiCoO_2), το οποίο παρέχει υψηλή πυκνότητα ενέργειας και χαμηλό κίνδυνο για την ασφάλεια όταν καταστρέφεται, ενώ οι μπαταρίες ιόντων λιθίου βασίζονται σε φωσφορικό σίδηρο λιθίου που προσφέρουν χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. Είναι ασφαλέστερες λόγω της μειωμένης πιθανότητας να συμβούν ατυχήματα και συμβάλλουν ευρέως στην τροφοδοσία ηλεκτρικών εργαλείων και ιατρικού εξοπλισμού. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου προσφέρουν την καλύτερη σχέση απόδοσης και βάρους με τη μπαταρία λιθίου θείου που προσφέρει την υψηλότερη αναλογία.



Εικόνα 1.4 Li ion battery[10]

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 1.5[11] είναι συνηθισμένες στα οικιακά ηλεκτρονικά. Είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς τύπους επαναφορτιζόμενων μπαταριών για φορητά ηλεκτρονικά, με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, πολύ μικρό φαινόμενο μνήμης και χαμηλή αυτοεκφόρτιση. Οι LIBs γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς για στρατιωτικές, ηλεκτρικές μπαταρίες οχημάτων και αεροναυπηγικές εφαρμογές. Παραδείγματος χάρη, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου αντικαθιστούν τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος που έχουν χρησιμοποιηθεί ιστορικά για αμαξίδια γκολφ και ειδικά οχήματα. Αντί για τις βαριές πλάκες μολύβδου και ηλεκτρολύτη οξέος, η τάση είναι να χρησιμοποιούνται ελαφριές συστοιχίες μπαταρίας ιόντων λιθίου που δίνουν την ίδια τάση με τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος και έτσι δεν χρειάζεται καμία τροποποίηση του συστήματος οδήγησης του οχήματος.

Η χημεία, η απόδοση, το κόστος και η ασφάλεια διαφέρουν πολύ στους διάφορους τύπους LIB. Τα ηλεκτρονικά χειρός χρησιμοποιούν συνήθως LIBs με βάση το οξειδίο κοβαλτίου λιθίου (LiCoO_2), που προσφέρει υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, αλλά παρουσιάζει κινδύνους ασφαλείας, ειδικά όταν καταστραφεί. Οι μπαταρίες φωσφορικού σιδήρου-λιθίου (LiFePO_4), οξειδίου μαγγανίου ιόντων λιθίου (LiMn_2O_4 , Li_2MnO_3 , ή οξειδίου μαγνησίου ιόντων λιθίου (lithium ion manganese oxide battery ή LMO) και οξειδίου κοβαλτίου μαγνησίου νικελίου λιθίου (lithium nickel manganese cobalt oxide) (LiNiMnCoO_2 ή NMC) δίνουν χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, αλλά μεγαλύτερη ζωή και εσωτερική ασφάλεια. Τέτοιες μπαταρίες χρησιμοποιούνται ευρέως για ηλεκτρικά εργαλεία, ιατρικό εξοπλισμό και άλλες χρήσεις. Ειδικά, η NMC είναι κορυφαία υποψήφια μπαταρία για αυτοκινητιστικές εφαρμογές. Το οξειδίο αργιλίου κοβαλτίου νικελίου λιθίου (Lithium nickel cobalt aluminum oxide) (LiNiCoAlO_2 ή NCA) και το τιτανικό λίθιο (lithium titanate) ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ or LTO) έχουν εξειδικευμένη σχεδίαση που αποσκοπεί σε ειδικούς ρόλους. Οι νεότερες μπαταρίες θείου-λιθίου υπόσχονται υψηλότερο λόγο απόδοσης προς βάρος.



Εικόνα 1.5 Li ion batteries[11]

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου μπορούν να θέσουν ιδιαίτερους κινδύνους ασφάλειας επειδή περιέχουν έναν εύφλεκτο ηλεκτρολύτη και ενδέχεται να διατηρούνται υπό πίεση. Ένας ειδικός σημειώνει "Εάν ένα στοιχείο μπαταρίας φορτίζεται υπερβολικά γρήγορα, μπορεί να προκαλέσει βραχυκύκλωμα, που οδηγεί σε εκρήξεις και πυρκαγιές". Λόγω αυτών των κινδύνων, τα πρότυπα ελέγχου είναι πιο αυστηρά από τα πρότυπα για μπαταρίες οξέος-ηλεκτρολύτη. Έχουν υπάρξει κάποιες ανακλήσεις σχετικές με τις μπαταρίες, που συμπεριλαμβάνουν την ανάκληση του 2016 της Samsung για το Galaxy Note 7 λόγω πυρκαγιών σε μπαταρίες.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς τύπους επαναφορτιζόμενων μπαταριών. Βρίσκονται σε διάφορες φορητές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα, έξυπνες συσκευές και πολλές άλλες συσκευές μπαταρίας που χρησιμοποιούνται στο σπίτι. Βρίσκουν επίσης εφαρμογές σε αεροδιαστημικές και στρατιωτικές εφαρμογές λόγω του ελαφρού χαρακτήρα τους.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά των μπαταριών ιόντων λιθίου παρατίθενται παρακάτω.

Ειδική ενέργεια: 100: 265 W-h / kg

Πυκνότητα ενέργειας: 250: 693 W-h / L

Ειδική ισχύς: 250340 W / kg

Ποσοστό φόρτισης / εκφόρτωσης: 80-90 %

Κύκλος ανθεκτικότητας: 400 - 1200 κύκλοι

Ονομαστική τάση κυψελών: NMC 3.6 / 3.85 V [12]

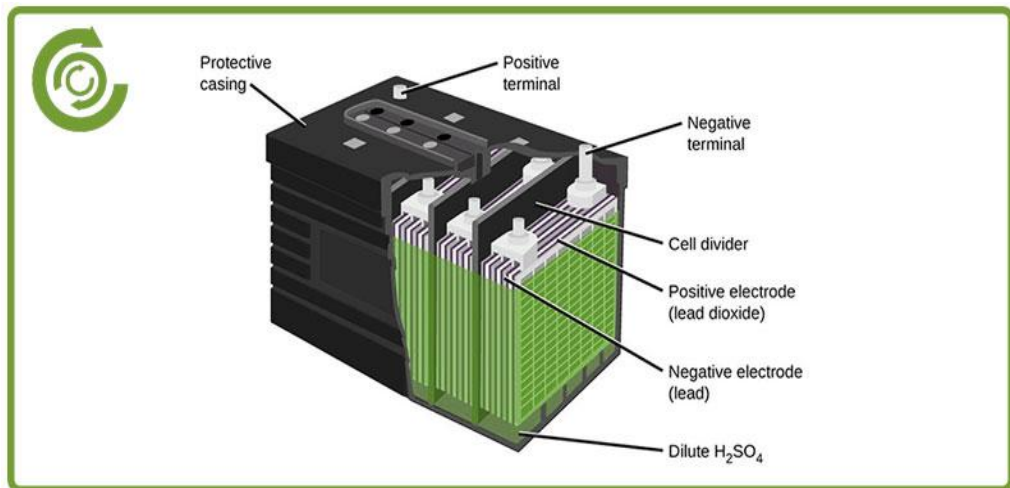
1.3.2.4. Μπαταρίες μολύβδου-οξέος

Η μπαταρία μολύβδου-οξέος όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 1.6[13] επινοήθηκε το 1859 από τον γάλλο φυσικό Gaston Planté και είναι ο παλαιότερος τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας. Παρά το γεγονός ότι έχει πολύ χαμηλή αναλογία ενέργειας προς βάρους και χαμηλή αναλογία ενέργειας προς όγκο, η ικανότητά της να παρέχει υψηλά ρεύματα υπερχειλίσης σημαίνει ότι τα κελιά έχουν σχετικά μεγάλη αναλογία ισχύος προς βάρους. Αυτά τα χαρακτηριστικά, μαζί με το χαμηλό κόστος τους, τα καθιστούν ελκυστικά για χρήση σε μηχανοκίνητα οχήματα για να παρέχουν το υψηλό ρεύμα που απαιτείται από τους κινητήρες εκκίνησης αυτοκινήτων.

Καθώς είναι φθηνές σε σύγκριση με τις νεότερες τεχνολογίες, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος χρησιμοποιούνται ευρέως ακόμη και όταν το ρεύμα κύματος δεν είναι σημαντικό και άλλα σχέδια θα μπορούσαν να παρέχουν υψηλότερες πυκνότητες ενέργειας. Το 1999 οι πωλήσεις μπαταριών μολύβδου-οξέος αντιπροσώπευαν το 40-45 % της αξίας από τις μπαταρίες που πωλούνταν παγκοσμίως (εξαιρουμένης της Κίνας και της Ρωσίας), που ισοδυναμούσε με αξία κατασκευής αγοράς περίπου 15 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Τα σχέδια μεγάλου μεγέθους μολύβδου-οξέος χρησιμοποιούνται ευρέως για αποθήκευση σε εφεδρικά τροφοδοτικά, σε πύργους κινητών τηλεφώνων, ρυθμίσεις υψηλής διαθεσιμότητας όπως νοσοκομεία και αυτόνομα συστήματα παροχής ρεύματος. Γί' αυτούς τους ρόλους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τροποποιημένες εκδόσεις του τυποποιημένου στοιχείου για να βελτιωθούν οι χρόνοι αποθήκευσης και να μειωθούν οι απαιτήσεις συντήρησης. Τα κελιά-γέλη και οι απορροφημένες συσσωρευτές γυαλιού είναι κοινές σε αυτούς τους ρόλους, συλλογικά γνωστές ως VRLA (βαλβίδες ρυθμιζόμενες μολύβδου-οξέος) μπαταρίες.

Στην φορτισμένη κατάσταση, η χημική ενέργεια της μπαταρίας αποθηκεύεται στη διαφορά δυναμικού μεταξύ του καθαρού μολύβδου στην αρνητική πλευρά και του PbO_2 στη θετική πλευρά, συν το υδατικό θειικό οξύ. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια μπαταρία μολύβδου-οξέος εκκένωσης μπορεί να αποδοθεί στην ενέργεια που απελευθερώνεται όταν σχηματίζονται ισχυροί χημικοί δεσμοί μορίων νερού (H_2O) από τα H^+ ιόντα του οξέος και των O^{2-} ιόντων του PbO_2 . Αντίστροφα, κατά τη διάρκεια της φόρτισης, η μπαταρία λειτουργεί ως συσκευή διαίρεσης νερού

Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος αποτελούν μια αξιόπιστη πηγή χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές βαρέως τύπου. Είναι συνήθως πολύ μεγάλες και λόγω του βάρους τους, χρησιμοποιούνται πάντα σε μη φορητές εφαρμογές όπως η αποθήκευση ενέργειας από ηλιακό πάνελ και τα φώτα των οχημάτων, η εφεδρική ισχύς και η ισοπέδωση του φορτίου στην παραγωγή / διανομή ενέργειας. Το μολύβδο-οξύ είναι ο παλαιότερος τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας και εξακολουθεί να είναι πολύ σχετικός και σημαντικός στον σημερινό κόσμο. Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος έχουν πολύ χαμηλή αναλογία ενέργειας προς όγκο και ενέργεια / βάρος αλλά έχουν σχετικά μεγάλη αναλογία ισχύος / βάρους και ως εκ τούτου μπορούν να παράσχουν τεράστια ρεύματα κύματος όταν απαιτείται. Αυτά τα χαρακτηριστικά παράλληλα με το χαμηλό κόστος τους καθιστούν τις μπαταρίες ελκυστικές για χρήση σε αρκετές εφαρμογές υψηλής τάσης, όπως η τροφοδοσία κινητήρων εκκίνησης αυτοκινήτου και η αποθήκευση σε εφεδρικά τροφοδοτικά. Μερικά από τα χαρακτηριστικά των μπαταριών μολύβδου οξέος παρατίθενται παρακάτω.



Εικόνα 1.6 Lead acid battery [13]

Ειδική ενέργεια: 35-40 Wh / kg

Πυκνότητα ενέργειας: 80-90 Wh / L

Ειδική ισχύς: 180 W / kg

Ποσοστό φόρτισης / εκφόρτωσης: 50-95 %

Κύκλος ανθεκτικότητας: 350 κύκλοι

Ονομαστική τάση κυψελών: NMC 2.1 V [14].

1.4 Προβλήματα μπαταριών

1.4.1 Ni-Cd προβλήματα

Σε σύγκριση με τα νεότερα συστήματα μπαταρίας, έχει σχετικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα. Με άλλα λόγια, δεν είναι τόσο ισχυρή όσο μερικές από τις νεότερες μπαταρίες. Αυτή η μπαταρία συνήθως λειτουργεί καλά στην αποθήκευση, αλλά συχνά μπορεί να αυτοεκφορτίζεται. Αυτό σημαίνει ότι θα χρειαστεί να φορτίσει ξανά πριν από τη χρήση.

Η μπαταρία NiCd περιέχει τοξικά μέταλλα που θεωρούνται εχθροί του περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι εάν οι μπαταρίες αποτελούν μέρος του εξοπλισμού σας, κάθε μπαταρία πρέπει να αφαιρεθεί πριν από τη διάθεση του εξοπλισμού σε κέντρο ανακύκλωσης. Η εύρεση ενός χώρου που θα απορρίψει αυτές τις μπαταρίες γίνεται όλο και πιο δύσκολη. Λόγω αυτών των τοξικών μετάλλων, ορισμένες χώρες περιορίζουν τη χρήση αυτού του τύπου μπαταρίας.[15]

1.4.2 Ni-MH προβλήματα

Οι NiMH χάνουν ένα μεγάλο ποσοστό της φόρτισης τους κάθε μήνα (υψηλός ρυθμός αυτοαπορρόφησης). Αναξιόπιστες για συσκευές χαμηλής φόρτισης: Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται οι μπαταρίες NiMH για συσκευές όπως ρολόγια. Θα χάσουν τη φόρτισή τους ταχύτερα. Έξοδος χαμηλής τάσης: Κάθε κελί AA μπορεί να δώσει μόνο 1.2V σε σύγκριση με τα κελιά ιόντων που μπορούν να δώσουν 3.7V. Οι μπαταρίες Ni-Mh έχουν μεγάλο χρόνο φόρτισης επίσης δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε ακραίες θερμοκρασίες.[16]

1.4.3 Li-ion προβλήματα

Χαμηλότερη χωρητικότητα: Αυτές έχουν κατά μέσο όρο 1500 mAh σε σύγκριση με το μέσο όρο 2200 mAh των NiMH. Ασυμβατότητα: Διαφορετικοί κατασκευαστές κάνουν διαφορετικά μεγέθη και σχήματα για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου, καθιστώντας τα χρησιμοποιήσιμα μόνο σε ένα συγκεκριμένο σύνολο

συσκευών. Δεν μπορεί να αποφορτιστεί πλήρως: Αν μια μπαταρία ιόντων λιθίου αποφορτιστεί πλήρως, θα υποστεί βλάβη. [17]

1.4.4 Lead- Acid προβλήματα

Οι μπαταρίες lead-acid είναι πολύ βαριές και ογκώδης. Ενέχουν κίνδυνο υπερθέρμανσης κατά τη φόρτιση. Δεν είναι κατάλληλες για γρήγορη φόρτιση. Πρέπει να αποθηκεύονται σε φορτισμένη κατάσταση μόλις εισαχθεί ο ηλεκτρολύτης για να αποφευχθεί η αλλοίωση των ενεργών χημικών ουσιών.[18]

2.1 Χημείες Καθόδων

Η θετική πλευρά του ηλεκτροδίου είναι γνωστή ως κάθοδος όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 2.1[19]. Το ιόν λιθίου είναι ένας πολύ γενικός όρος που αναφέρεται σε μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών χημικών ουσιών, το καθένα από τα οποία έχουν πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης. Οι συνηθέστεροι χημικοί συνδυασμοί που χρησιμοποιούνται σε κελιά ιόντων λιθίου περιλαμβάνουν: φωσφορικό λίθιο σιδήρου (LFP), νικέλιο οξειδίου του μαγγανίου (NMC), οξειδίου λιθίου του κοβαλτίου (LCO), νικέλιο κοβάλτιο του αλουμινίου (NCA) και λιθίου οξειδίου του μαγγανίου (LMO). Και από αυτές τις πέντε μεγάλες χημικές διεργασίες, κάθε κατασκευαστής κελιών μπορεί να τις χρησιμοποιήσει με διάφορους συνδυασμούς ώστε να επιτευχθούν διαφορετικά αποτελέσματα απόδοσης ή σε ορισμένες περιπτώσεις ο κατασκευαστής κελιών μπορεί στην πραγματικότητα να συνδυάσει διαφορετικές χημικές διεργασίες για να αποκτήσουν τα διαφορετικά οφέλη κάθε χημείας στο σχεδιασμό ενός κυττάρου.

Το φωσφορικό λίθιο σιδήρου LFP είναι μία από τις συνηθέστερες χημικές ουσίες με εφαρμογές στις αυτοκινητοβιομηχανίες λόγω της υψηλής δυνατότητας ισχύος και του σχετικά χαμηλού κόστους. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να δεχθεί μια αναγεννητική φόρτιση φρεναρίσματος και μπορεί να παρέχει μια επιτάχυνση αποφόρτισης πολύ γρήγορα. Ο άλλος λόγος που το φωσφορικό λίθιο σιδήρου LFP χρησιμοποιείται συχνά οφείλεται στο σχετικά χαμηλό κόστος του. Σε σχέση με μερικά από τα άλλα πιο σπάνια υλικά που χρησιμοποιούνται στα κελιά ιόντων λιθίου, το φωσφορικό σίδηρο είναι αρκετά κοινό και με χαμηλό κόστος. Όλες οι χημικές διεργασίες ιόντων λιθίου έχουν παρόμοιες περιπτώσεις αποτυχίας. Το μόνο θέμα είναι σε ποια θερμοκρασία αποτυγχάνουν. Στην περίπτωση αυτή, δεδομένου ότι το φωσφορικό λίθιο σιδήρου LFP έχει χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από τις άλλες χημικές ουσίες στην αγορά, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει λιγότερη ενέργεια για να αποφορτιστεί σε περίπτωση βλάβης. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι το φωσφορικό λίθιο σιδήρου LFP είναι πιο ανεκτικό σε βάνουσσες συνθήκες όπως η υπερβολική φόρτιση του κελιού και οι υψηλές θερμοκρασίες.

Ανάλογα με τον συνδυασμό των υλικών, αναφέρεται επίσης μερικές φορές ως νικέλιο μαγγάνιο κοβαλτίου (NCM) εάν υπάρχει υψηλότερο ποσοστό κοβαλτίου από το μαγγάνιο στη χημεία. Το NMC δείχνει σχετικά υψηλή ονομαστική τάση περίπου 3.6-3.8 V ανά κελί και έχει μία από τις υψηλότερες πυκνότητες ενέργειας σε μια κυψέλη παραγωγής σήμερα μεταξύ 140 και 180 Wh / kg σε εφαρμογές παραγωγής με μερικές χημικές διεργασίες που υπερβαίνουν τα 200 Wh / kg.

Το οξειδίο λιθίου του κοβαλτίου LCO χρησιμοποιείται συχνότερα σε φορητά ηλεκτρονικά, όπως κινητά τηλέφωνα, κάμερες και συσκευές φορητούς υπολογιστές. Ενώ το οξειδίο λιθίου του κοβαλτίου LCO προσφέρει γενικά υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και μεγάλη διάρκεια κύκλου ζωής, υστερεί στο ότι είναι λιγότερο σταθερό σε υψηλότερες θερμοκρασίες και πιο δραστικό από άλλες χημικές ουσίες. Αυτό σημαίνει ότι πάνω από περίπου 130 °C, το κελί θα εισέλθει στο στάδιο θερμικής διαφυγής, μια χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με άλλες χημικές ενώσεις ιόντων λιθίου. Για το λόγο αυτό, το οξειδίο λιθίου του κοβαλτίου LCO δεν έχει δει μεγάλη χρήση, αλλά συνεχίζει να βλέπει χρήση σε μικρά ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης και είναι γεγονός ότι έχει απορριφθεί οριστικά από ορισμένους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Το οξειδίο λιθίου του κοβαλτίου LCO έχει επίσης κάπως υψηλότερο κόστος χημείας λόγω της υψηλής ποσότητας κοβαλτίου.

Το νικέλιο κοβάλτιο του αλουμινίου NCA χρησιμοποιείται συχνά σε φορητές εφαρμογές ισχύος, αλλά αξιολογείται για εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία λόγω της υψηλής ισχύος του, ωστόσο, έχει κάποια μειονεκτήματα που το διατηρούν από το να κερδίσει μια θέση στο χώρο του οχήματος όπως το υψηλό κόστος και την χαμηλή ασφάλεια.

Τέλος, το λίθιο οξειδίο του μαγγανίου LMO προσφέρει υψηλή ενέργεια και υψηλή ισχύ. Ωστόσο, υποφέρει από μικρότερη διάρκεια κύκλου ζωής καθιστώντας το έτσι κατάλληλο για χρήση σε φορητές εφαρμογές ισχύος όπου χρειάζεται μακροπρόθεσμο χρόνο, αλλά όχι απαραίτητα σε εφαρμογές αυτοκινήτων όπου χρειάζεται μακροζωία.

Με την εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων, οι χημικές διεργασίες νικέλιου οξειδίου του μαγγανίου NMC έχουν αρχίσει να κερδίζουν μια ισχυρή βάση λόγω της υψηλότερης πυκνότητας ενέργειας και της υψηλότερης τάσης.



Εικόνα 2.1 Κάθοδος μπαταρίας.[19]

2.2 Άνοδοι

Η αρνητική πλευρά του ηλεκτροδίου είναι γνωστή ως άνοδος (όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 2.2[20]). Σήμερα, οι περισσότεροι άνοδοι αποτελούνται από ένα μίγμα από δύο υλικά είτε γραφίτη είτε μαλακούς είτε σκληρούς άνθρακες. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές ποιότητες και τύποι γραφίτη, με το γραφένιο να αποτελεί τη βάση για το μεγαλύτερο μέρος του. Ωστόσο, η ποιότητα και η διαλογή του υλικού θα παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στην εκτέλεση των κελιών.

Μία άλλη άνοδος ιόντων λιθίου που κερδίζει μεγάλο ενδιαφέρον είναι το τιτάνιο κελί ιόντων λιθίου. Το κελί LTO προσφέρει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να λειτουργήσει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από άλλες χημικές ουσίες και προσφέρει υψηλή πυκνότητα ισχύος. Ωστόσο, το LTO πάσχει από χαμηλότερη ονομαστική τάση στην περιοχή από περίπου 2,2-2,3 V ανά κελί. Επιπλέον, οι τρέχουσες τιμές LTO τείνουν να έχουν πολύ υψηλότερο κόστος συγκριτικά με τα κελιά νικέλιο οξείδιο του μαγγανίου NMC ή φωσφορικό λίθιο σιδήρου LFP. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί

κατασκευαστές που εργάζονται για τη βελτίωση του κόστους του τιτανίου ιόντων λιθίου LTO, το οποίο αφορά πολλές εφαρμογές χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και υψηλής ισχύος όπως μικρό-υβριδικό ηλεκτρικό όχημα όπου εργάζονται σκληρά για να ενσωματώσουν LTO σε πλήρως ηλεκτρικά οχήματα. Δεν φαίνεται να υπάρχουν τεχνολογικοί λόγοι ότι το LTO θα παραμείνει ως λύση υψηλού κόστους, καθώς οι όγκοι αρχίζουν να αυξάνουν, το κόστος θα πρέπει επίσης να μειωθεί με σχετικά σταθερό ρυθμό.

Πολλές έρευνες γίνονται σε διάφορες καινούργιες ανόδους, όπως πυρίτιο, κασσίτερο, γερμάνιο, νανοσωλήνες άνθρακα και άλλα νανοσύνθετα υλικά. Ωστόσο, τα περισσότερα από αυτά παραμένουν στο εργαστήριο και κανένας δεν τα διαφημίζει προς το παρόν για προϊόντα μεγάλου όγκου. Υπάρχουν μερικές πολύ μεγάλες ευκαιρίες για αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας χρησιμοποιώντας πυρίτιο, κασσίτερο ή μερικούς άλλους τύπους υλικών ανόδου. Ωστόσο, τα εμπόδια είναι μεγάλα και πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν μπορέσουν να διατεθούν στο εμπόριο. Για παράδειγμα, τόσο ο κασσίτερος όσο και το πυρίτιο προκαλούν ογκομετρική ανάπτυξη μεταξύ 250 % και 300 % κατά τη διάρκεια του κύκλου γεγονός που προκαλεί μειωμένη διάρκεια ζωής. Σήμερα, όλα αυτά βρίσκονται ακόμα στα αρχικά στάδια ανάπτυξης, αλλά υπάρχει ελπίδα ότι θα υπερβούμε κάποια από τα εμπόδια για να κάνουν αυτές τις χημικές ανόδους πραγματικότητα.



Εικόνα 2.2 Άνοδος μπαταρίας.[20]

2.3 Διαχωριστές

Η επόμενη συνιστώσα μέσα στο κελί ιόντων λιθίου που πρέπει να εξετάσουμε είναι ο διαχωριστής όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 2.3[21]. Κατά τη χρήση, το διαχωριστικό υλικό πρέπει να είναι ικανό να αντέχει τους ηλεκτρολύτες που βασίζονται συχνά σε διαβρωτικούς υδρογονάνθρακες (HC) και χρησιμοποιούνται σε κελιά ιόντων λιθίου ενώ διατηρούν απομόνωση των δύο ηλεκτροδίων εντός του κελιού. Ο κύριος σκοπός του διαχωριστή είναι να κάνει αυτό ακριβώς, να διαχωρίσει την άνοδο από την κάθοδο. Εάν εισέλθουν τα δύο μισά του ηλεκτροδίου σε επαφή, θα προκύψει ένα εσωτερικό βραχυκύκλωμα, προκαλώντας βλάβη κελιών. Επομένως, ο διαχωριστής είναι βασικής σημασίας σε οποιοδήποτε σχεδιασμό κυψελών ιόντων λιθίου.

Ορισμένα κελιά χρησιμοποιούν πολυστρωματικό πλαστικό πολυπροπυλένιο η πολυαιθυλένιο (PP ή PE) για να διαχωρίσουν την άνοδο και την κάθοδο. Αυτό το υλικό επιτρέπει στα ιόντα λιθίου να περάσουν από την άνοδο στην κάθοδο, προστατεύοντας ταυτόχρονα το κελί από το σύντομο βραχυκύκλωμα. Ορισμένοι κατασκευαστές κελιών χρησιμοποιούν ένα τριπλό πολυπροπυλένιο / πολυαιθυλένιο / πολυπροπυλένιο για να επιτρέψουν τη μεσαία στρώση να λιώσει σε υψηλότερες θερμοκρασίες (~ 135 ° C) εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα τον διαχωρισμό της ανόδου και της καθόδου καθώς και ότι τα εξωτερικά στρώματα PP δεν λιώνουν μέχρι να φτάσουν σε υψηλότερη θερμοκρασία (~ 155 ° C). Σε υψηλές θερμοκρασίες, οι πόροι στο πολυπροπυλένιο αρχίζουν να λιώνουν, πράγμα που απαγορεύει το ροή ιόντων λιθίου. Ωστόσο, για πολλούς διαχωριστές το πλαστικό αρχίζει να συρρικνώνεται πλήρως και να λιώνει σε κάπως χαμηλότερες θερμοκρασίες προκαλώντας ένα εσωτερικό βραχυκύκλωμα στο κελί και έτσι μόνιμη αστοχία πάνω από θερμοκρασίες περίπου 90 ° C - 110 ° C. Ορισμένοι κατασκευαστές κυψελών ιόντων λιθίου αρχίζουν να ενσωματώνουν διαχωριστές κεραμικών στρωμάτων στα κελιά τους καθώς επιτρέπει υψηλότερες θερμοκρασίες και αυξάνει την ασφάλεια του κελιού, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των δοκιμών διεύθυνσης. Αυτό τείνει επίσης να βελτιώσει την ικανότητα ρυθμού ισχύος στα κελιά μειώνοντας την εσωτερική αντίσταση.



Εικόνα 2.3 διαχωριστές μπαταρίας.[21]

2.4 Ηλεκτρολύτες

Ο ηλεκτρολύτης όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 2.4[23] είναι συνήθως ένα διάλυμα που βασίζεται σε υγρό ή σε τζελ, κατά το οποίο η άνοδος και η κάθοδος ενώνονται και ενεργεί ως αγωγός επιτρέποντας στα κελιά ιόντων λιθίου να μετακινούνται μεταξύ της ανόδου και της καθόδου. Ο ηλεκτρολύτης είναι συνήθως ένα μείγμα με βάση το σκληρό άνθρακα (Hard Carbon) που περιλαμβάνει πολλαπλά πρόσθετα, τα οποία παρέχουν διαφορετική λειτουργικότητα εντός του κελιού. Η χρήση προσθέτων είναι η μυστική συνταγή του κελιού του κατασκευαστή και είναι μια από τις περιοχές κλειδιά της πνευματικής ιδιοκτησίας του κελιού. Τυπικοί ηλεκτρολύτες μπορεί να περιλαμβάνουν ένα μίγμα ανθρακικών αλκαλίων όπως το αιθυλένιο ανθρακικό, διμεθυλο, διαιθυλο και αιθυλομεθυλοανθρακικά και άλατα λιθίου (LiPF_6). Αυτά τα πρόσθετα προσφέρουν διάφορα πλεονεκτήματα κατά τη λειτουργία. Οι κύριες λειτουργίες των πρόσθετων είναι να διευκολύνουν το σχηματισμό της στιβάδας του ηλεκτρολύτη, ώστε να μειώσουν τη μη αναστρέψιμη παραγωγική ικανότητα και παραγωγή αερίου του σχηματισμού της στιβάδας του ηλεκτρολύτη και μακροπρόθεσμα την κύλιση και την ενίσχυση της θερμικής σταθερότητας του κελιού. Για παράδειγμα, στα κυλινδρικού και κυψελιδικού τύπου κελιά, ένα πρόσθετο μπορεί να επιτρέψει την παραγωγή αερίων σε προκαθορισμένες θερμοκρασίες, προκειμένου να ενεργοποιήσει μια επαναρυθμίσιμη ασφάλεια στην κυψέλη.

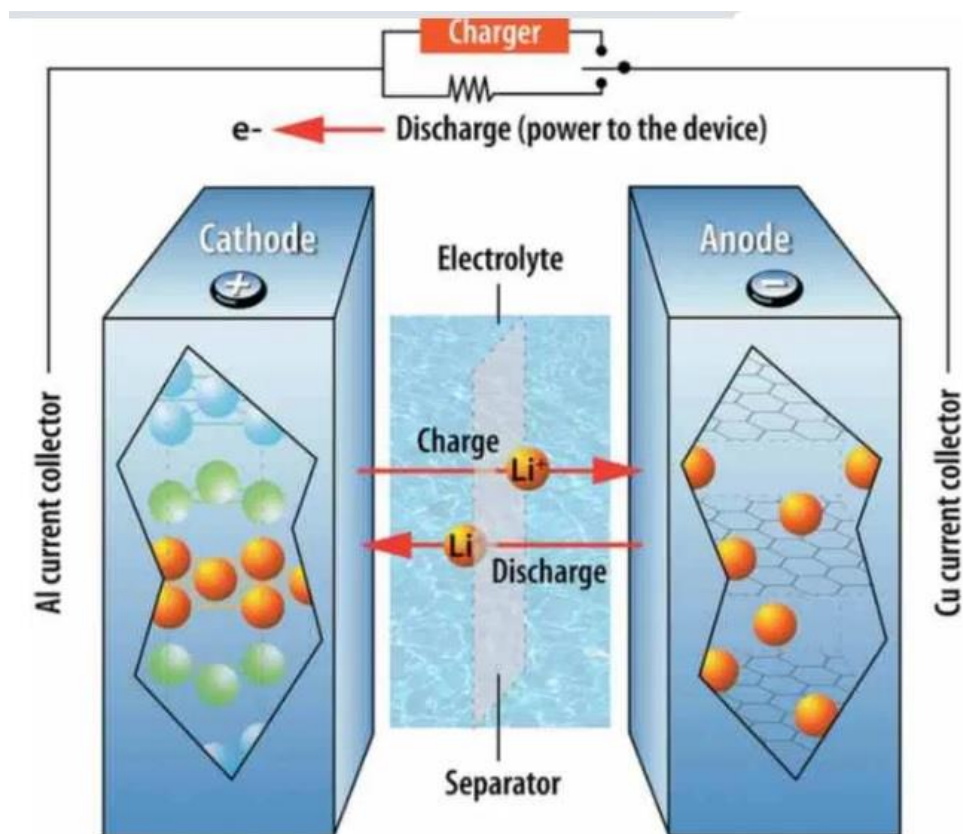
Ο σχηματισμός στρώματος της στιβάδας του ηλεκτρολύτη είναι μια άλλη σημαντική λειτουργία που εκτελείται από τον ηλεκτρολύτη. Πρώτα οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις αρχίζουν να εμφανίζονται μέσα στο κελί και στη συνέχεια ο ηλεκτρολύτης αρχίζει να αντιδρά με τους γραφίτες ή τις ανόδους άνθρακα. Μερικά από τα ιόντα λιθίου αρχίζουν να σχηματίζουν ένα στρώμα παθητικοποίησης στην επιφάνεια ανόδου, αυτό αναφέρεται ως το στρώμα στιβάδας του ηλεκτρολύτη. Αποτέλεσμα είναι μια μη αναστρέψιμη απώλεια χωρητικότητας κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των κελιών και γενικά κατά τη διάρκεια του ίδιου πρώτου κύκλου. Ωστόσο, αυτό το μη ενεργό στρώμα του λιθίου αρχίζει τώρα να προστατεύει το γραφίτη ή την επιφάνεια άνθρακα από περαιτέρω χημικές αντιδράσεις με τον ηλεκτρολύτη. Μία από τις προκλήσεις που σχετίζονται με τον ηλεκτρολύτη είναι κατά την αποτυχία και τον εξαερισμό των κελιών. Όπως και ένα υγρό με βάση τον υδρογονάνθρακα, ο ηλεκτρολύτης θα καεί όταν εκτοξευθεί από το κελί κατά τη διάρκεια ενός θερμικού γεγονότος. Λόγω αυτού, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον τόσο για τους ηλεκτρολύτες τζελ όσο και για τους στερεούς ηλεκτρολύτες καθώς και σε υδατικά διαλύματα ηλεκτρολυτών που δεν είναι εύφλεκτα. Οι ηλεκτρολύτες τζελ έχουν πολλά από τα ίδια χαρακτηριστικά με έναν υγρό, ωστόσο έχουν λιγότερη πιθανότητα να "ανάψουν" κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος αποτυχίας. Υπάρχουν στερεοί ηλεκτρολύτες που έχουν αξιολογηθεί από πολλούς κατασκευαστές, αλλά οι περισσότεροι δεν είναι ακόμα έτοιμοι για μεγάλη παραγωγή. Οι στερεοί ηλεκτρολύτες γενικά εναποτίθενται είτε σε ένα διαχωριστικό στρώμα ή απευθείας επάνω στο υλικό καθόδου.[22]



Εικόνα 2.4 Ηλεκτρολύτες μπαταρίας.[23]

Κεφάλαιο 3.

3.1. Διαδικασία που ακολουθείται για την ολοκλήρωση μίας διάταξης μπαταρίας λιθίου



Εικόνα 3.1 λειτουργία μπαταρίας λιθίου[24]

Αυτή η εικόνα 3.1[24] δείχνει την εσωτερική λειτουργία μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου. Κατά την παροχή ενέργειας σε μια συσκευή, το ιόν λιθίου κινείται από την άνοδο στην κάθοδο. Το ιόν κινείται αντίστροφα κατά την επαναφόρτιση. Σε σύγκριση με άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου μπορούν να αποθηκεύουν περισσότερη ενέργεια σε μικρότερες, ελαφρύτερες συσκευασίες. Αυτή η αξεπέραστη αναλογία ενέργειας προς το βάρος τους καθιστά την μπαταρία μια καλή επιλογή για ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης όπως τα κινητά τηλέφωνα και τους φορητούς υπολογιστές, αλλά και μια μεγάλη εφαρμογή για τα ηλεκτροκίνητα οχήματα.

Όπως κάθε άλλη μπαταρία, μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία ιόντων λιθίου αποτελείται από ένα ή περισσότερα διαμερίσματα που δημιουργούν ισχύ που

ονομάζονται κελιά. Κάθε κελί έχει ουσιαστικά τρία μέρη: θετικό ηλεκτρόδιο (συνδεδεμένο στο θετικό ή + τερματικό της μπαταρίας), αρνητικό ηλεκτρόδιο (συνδεδεμένο με τον αρνητικό ή - τερματικό της μπαταρίας) και χημικό που ονομάζεται ηλεκτρολύτης μεταξύ τους. Το θετικό ηλεκτρόδιο συνήθως κατασκευάζεται από χημική ένωση που ονομάζεται οξείδιο λιθίου-κοβαλτίου (LiCoO_2) ή, στις νεότερες μπαταρίες, από φωσφορικό λίθιο σιδήρου (LiFePO_4). Το αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι γενικά κατασκευασμένο από άνθρακα (γραφίτη) και ο ηλεκτρολύτης διαφέρει από έναν τύπο μπαταρίας σε άλλο - αλλά δεν είναι πολύ σημαντικό για την κατανόηση της βασικής ιδέας για τον τρόπο λειτουργίας της μπαταρίας.

Όλες οι μπαταρίες ιόντων λιθίου λειτουργούν κατά γενικό τρόπο με τον ίδιο τρόπο. Όταν φορτίζεται η μπαταρία, το θετικό ηλεκτρόδιο του οξειδίου του λιθίου-κοβαλτίου δίνει ορισμένα από τα ιόντα λιθίου του, τα οποία κινούνται μέσω του ηλεκτρολύτη στο αρνητικό ηλεκτρόδιο γραφίτη και παραμένουν εκεί. Η μπαταρία λαμβάνει και αποθηκεύει ενέργεια κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας. Όταν εκφορτώνεται η μπαταρία, τα ιόντα λιθίου κινούνται πίσω από τον ηλεκτρολύτη στο θετικό ηλεκτρόδιο, παράγοντας την ενέργεια που τροφοδοτεί την μπαταρία. Και στις δύο περιπτώσεις, τα ηλεκτρόνια ρέουν προς την αντίθετη κατεύθυνση προς τα ιόντα γύρω από το εξωτερικό κύκλωμα. Τα ηλεκτρόνια δεν ρέουν μέσω του ηλεκτρολύτη: είναι αποτελεσματικά ένα μονωτικό φράγμα, όσον αφορά τα ηλεκτρόνια.

Η κίνηση των ιόντων (μέσω του ηλεκτρολύτη) και των ηλεκτρονίων (γύρω από το εξωτερικό κύκλωμα, προς την αντίθετη κατεύθυνση) είναι διασυνδεδεμένες διεργασίες και, αν σταματήσει το ένα, το κάνει και το άλλο. Αν τα ιόντα σταματήσουν να κινούνται μέσω του ηλεκτρολύτη επειδή η μπαταρία αποφορτίζεται τελείως, τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να κινηθούν ούτε μέσω του εξωτερικού κυκλώματος - έτσι χάνεται η δύναμή τους. Παρομοίως, αν απενεργοποιήσετε οποιαδήποτε ενέργεια που τροφοδοτείται από την μπαταρία, η ροή των ηλεκτρονίων σταματά καθώς και η ροή των ιόντων. Η μπαταρία σταματά ουσιαστικά να εκφορτίζεται με υψηλό ρυθμό (αλλά συνεχίζει να εκφορτώνεται, με πολύ αργό ρυθμό, ακόμα και όταν η συσκευή αποσυνδεθεί).

Σε αντίθεση με τις απλούστερες μπαταρίες, τα ιόντα ιόντων λιθίου έχουν ενσωματωμένους ηλεκτρονικούς ελεγκτές που ρυθμίζουν τον τρόπο φόρτισης και εκφόρτισης. Αποτρέπουν την υπερβολική φόρτιση και την υπερθέρμανση που μπορεί να προκαλέσουν εκρήξεις μπαταριών ιόντων λιθίου σε ορισμένες περιπτώσεις. Όπως υποδηλώνει το όνομά τους, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου αφορούν στη μετακίνηση των ιόντων λιθίου: τα ιόντα κινούνται με έναν τρόπο όταν η μπαταρία φορτίζεται (όταν απορροφά την ισχύ) και κινούνται αντίθετα όταν η μπαταρία εκφορτίζεται (όταν τροφοδοτεί):

Όταν δεν κυκλοφορούν περισσότερα ιόντα, η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη και έτοιμη για χρήση. Κατά την αποφόρτιση, τα ιόντα ρέουν πίσω από τον ηλεκτρολύτη από το αρνητικό ηλεκτρόδιο στο θετικό ηλεκτρόδιο. Τα ηλεκτρόνια ρέουν από το αρνητικό ηλεκτρόδιο στο θετικό ηλεκτρόδιο μέσω του εξωτερικού κυκλώματος, τροφοδοτώντας την συσκευή. Όταν τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια συνδυάζονται στο θετικό ηλεκτρόδιο, το λίθιο εναποτίθεται εκεί. Όταν όλα τα ιόντα έχουν μετακινηθεί προς τα πίσω, η μπαταρία είναι πλήρως αποφορτισμένη και χρειάζεται επαναφόρτιση.

Οι περισσότερες μπαταρίες χρησιμοποιούν ένα διαχωριστικό για να κρατήσουν την άνοδο και την κάθοδο από το να εφάπτονται μεταξύ τους, γεγονός το οποίο θα προκαλούσε ένα εσωτερικό βραχυκύκλωμα. Ο διαχωριστής είναι μια ηλεκτρική μόνωση, αλλά πορώδης έτσι ώστε τα ιόντα να μπορούν να μετακινηθούν μέσα στον ηλεκτρολύτη μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων.[25]

Συστάσεις για τους ενεργειακούς συσσωρευτές:

- Τα κελιά δεν πρέπει ποτέ να υποβάλλονται σε μηχανική κακοποίηση ή στρες.
- Τα κελιά πρέπει να αποθηκεύονται μόνο σε μερικώς αποφορτισμένη κατάσταση, συνήθως μεταξύ 20-40%.
- Τα κελιά που χρησιμοποιούνται σε συστοιχίες μπαταριών πρέπει να παρακολουθούνται και να ελέγχονται μεμονωμένα από ένα σύστημα διαχείρισης μπαταριών για την πρόληψη ηλεκτροπληξίας.

- Τα πακέτα μπαταριών θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να επιτρέπουν την παθητική ψύξη των μεμονωμένων κυψελών και η απόσταση των κυψελών θα πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να εμποδίζεται η θερμική διαφυγή από την εξάπλωση κυττάρου σε κελί. [26]

Οι κατευθυντήριες αρχές στην ηλεκτροχημική αντίδραση είναι η ρύθμιση της ροής ηλεκτρονίων και της ροής ιόντων, η μείωση των διαδρομών τους και η μείωση της αντίστασης επαφής μεταξύ ανόμοιων υλικών για τη διευκόλυνση της ροής ηλεκτρονίων και τη βελτιστοποίηση της ροής ιόντων. Στην τελευταία αναφερθείσα αρχή βελτιστοποίησης ροής ιόντων, οι σταθερές διάχυσης του δραστικού υλικού και του ηλεκτρολύτη διαφέρουν πολύ, επομένως η βέλτιστη περιοχή διατομής και η απόσταση κίνησης έχουν σχεδιαστεί για κάθε μία, έτσι ώστε η ποσότητα για το ιόν που μεταφέρεται είναι η ίδια όλες οι διατομές. Επιπλέον, η ενίσχυση της αντοχής του υλικού μπορεί να βοηθήσει τη μηχανική δομή μόνο με περιορισμένο τρόπο για να φιλοξενήσει τα ενεργά υλικά υψηλής απόδοσης που προκύπτουν από τη μεγάλη αλλαγή όγκου. Η παροχή μεγαλύτερης ευελιξίας στη δομή είναι ο μόνος τρόπος για την παροχή μιας αποτελεσματικής λύσης. [27]

Κεφάλαιο 4

4.1. Περιβαλλοντικές ανησυχίες και ανακύκλωση

Οι μπαταρίες Ni-Cd περιέχουν μεταξύ 6 % (για βιομηχανικές μπαταρίες) και 18 % (για εμπορικές μπαταρίες) καδμίου, το οποίο είναι τοξικό βαρέων μετάλλων και συνεπώς απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την απόρριψη της μπαταρίας. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, μέρος της τιμής της μπαταρίας αποτελεί μερίδιο για τη σωστή διάθεσή της στο τέλος της διάρκειας ζωής της. Σύμφωνα με την αποκαλούμενη οδηγία για τις μπαταρίες, η πώληση ηλεκτρικών στηλών Ni-Cd έχει απαγορευτεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση εκτός από ιατρική χρήση, συστήματα συναγερμού, φωτισμό κινδύνου και φορητά ηλεκτρικά εργαλεία. Αυτή η τελευταία κατηγορία έχει απαγορευτεί από το 2016. Σύμφωνα με την ίδια οδηγία της ΕΕ, οι χρησιμοποιούμενες βιομηχανικές Ni-Cd μπαταρίες πρέπει να συλλέγονται από τους παραγωγούς τους προκειμένου να ανακυκλωθούν σε ειδικές εγκαταστάσεις.

Το κάδμιο, ως βαρύ μέταλλο, μπορεί να προκαλέσει σημαντική ρύπανση όταν απορρίπτεται σε χώρο υγειονομικής ταφής ή αποτεφρώνεται. Εξαιτίας αυτού, πολλές χώρες εφαρμόζουν πλέον προγράμματα ανακύκλωσης για τη σύλληψη και επανεπεξεργασία παλιών μπαταριών.[28]

Οι μπαταρίες έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε πολλές εφαρμογές. Ωστόσο, εξετάζονται ελάχιστα σχετικά με τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις για ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους, παρόλο που έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες για την αύξηση της απόδοσης με πολλούς τρόπους. Αυτή η ερευνητική εργασία ασχολείται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις δύο διαφορετικών τύπων μπαταριών, μπαταριών ιόντων λιθίου (Li-Ion) και νικελίου-μεταλλικού υδριδίου (NiMH), όσον αφορά τα χημικά συστατικά τους. Οι επιπτώσεις εξετάζονται σε κατηγορίες όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη, ο ευτροφισμός, η υδάτινη οικοτοξικότητα του γλυκού νερού, η τοξικότητα για τον άνθρωπο, η θαλάσσια οικοτοξικότητα και η οικοτοξικότητα του εδάφους. Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι υπάρχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις μπαταρίες νικελίου-μεταλλικού υδριδίου σε σύγκριση με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου. Ο λόγος πίσω από αυτές τις επιπτώσεις είναι η σχετικά μεγάλη ποσότητα τοξικών χημικών στοιχείων που

υπάρχουν ως συστατικά των μπαταριών NiMH. Μπορεί να προβλεφθεί ότι μια καλύτερη περιβαλλοντική επίδοση μπορεί να επιτευχθεί μέσω της βελτιστοποίησης, ιδίως με την προσεκτική επιλογή των συστατικών, λαμβάνοντας υπόψη τις τοξικολογικές πτυχές και ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις που σχετίζονται με αυτές τις χημικές ουσίες. [29]

Σύμφωνα με μια έκθεση του 2003 με τίτλο "Getting the Lead Out", από την Environmental Defense και το Οικολογικό Κέντρο της Ann Arbor, Michigan, οι μπαταρίες οχημάτων στο δρόμο περιείχαν περίπου 2.600.000 μετρικούς τόνους μολύβδου. Ορισμένες ενώσεις μολύβδου είναι εξαιρετικά τοξικές. Η μακροχρόνια έκθεση σε ακόμη και μικροσκοπικές ποσότητες αυτών των ενώσεων μπορεί να προκαλέσει βλάβη στον εγκέφαλο και τα νεφρά, προβλήματα ακοής και προβλήματα μάθησης στα παιδιά. Η βιομηχανία αυτοκινήτων χρησιμοποιεί πάνω από 1.000.000 μετρικούς τόνους κάθε χρόνο, με το 90 % να πηγαίνει σε συμβατικές μπαταρίες. Ενώ η ανακύκλωση μολύβδου είναι μια καλά εδραιωμένη βιομηχανία, περισσότεροι από 40.000 μετρικοί τόνοι καταλήγουν σε χωματερές κάθε χρόνο. Σύμφωνα με το ομοσπονδιακό αποθεματικό απελευθέρωσης τοξικότητας, άλλοι 70.000 μετρικοί τόνοι απελευθερώνονται στη διαδικασία εξόρυξης και παραγωγής μολύβδου .

Καταβάλλονται προσπάθειες για την ανάπτυξη εναλλακτικών λύσεων (ιδίως για την αυτοκινητοβιομηχανία), λόγω ανησυχιών σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνέπειες της ακατάλληλης διάθεσης και των επιχειρήσεων τήξης μολύβδου, μεταξύ άλλων λόγων. Οι εναλλακτικές λύσεις είναι απίθανο να τις μετατοπίσουν για εφαρμογές όπως η εκκίνηση κινητήρα ή τα συστήματα εφεδρικής ισχύος, καθώς οι μπαταρίες, αν και έχουν βάρος, είναι χαμηλού κόστους.[30]

Επειδή οι μπαταρίες ιόντων λιθίου περιέχουν λιγότερα τοξικά μέταλλα από τους άλλους τύπους μπαταριών που μπορεί να περιέχουν μόλυβδο ή κάδμιο κατηγοριοποιούνται γενικά στα μη επιβλαβή απόβλητα. Τα στοιχεία μπαταριών ιόντων λιθίου περιλαμβάνουν σίδηρο, χαλκό και κοβάλτιο και θεωρούνται ασφαλή για αποτεφρωτές και ΧΥΤΑ. Αυτά τα μέταλλα μπορούν να ανακυκλωθούν, αλλά η εξόρυξη παραμένει γενικά πιο φτηνή από την

ανακύκλωση. Προς το παρόν, δεν έχουν επενδυθεί πολλά στην ανακύκλωση μπαταριών ιόντων λιθίου λόγω του κόστους, της περιπλοκότητας και της χαμηλής απόδοσης. Το πιο ακριβό μέταλλο που εμπλέκεται στην κατασκευή των στοιχείων είναι το κοβάλτιο. Ο φωσφορικός σίδηρος-λίθιο είναι πιο φτηνός, αλλά έχει άλλα μειονεκτήματα. Το λίθιο είναι λιγότερο ακριβό από τα άλλα χρησιμοποιούμενα μέταλλα, αλλά η ανακύκλωση μπορεί να αποτρέψει μια μελλοντική έλλειψη. Οι διαδικασίες παρασκευής του νικελίου και του κοβαλτίου και ο διαλύτης εμφανίζουν δυνητικούς κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία. Η παρασκευή ενός χιλιόγραμμου μπαταρίας ιόντων λιθίου καταναλώνει ενέργεια ισοδύναμη με 1,6 kg πετρελαίου.[31]

Η εταιρεία ΑΦΗΣ ΑΕ όπως κάποιος μπορεί να δει στην εικόνα 4.1[33] ιδρύθηκε τον Μάρτιο του 2004 με σκοπό την οργάνωση συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης φορητών ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών σύμφωνα με τον νόμο 2939/6.8.2001 (ΦΕΚ 179Α) και την ΚΥΑ 41624/2057/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1625Β/11.10.2010). Λειτουργεί ως μη κερδοσκοπικός οργανισμός με στόχο τη συλλογή και ανακύκλωση φορητών μπαταριών προκειμένου να επιτευχθούν οι εθνικοί στόχοι, όπως προβλέπεται από την Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία. Η εταιρεία είναι ο εγκεκριμένος φορέας που έχει εγκριθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ με την υπ' αριθμόν 106155/7.7.2004 απόφαση του Υπουργού (ΦΕΚ 1056Β/14.7.2004) για την ανακύκλωση των φορητών μπαταριών στην χώρα μας.

Βασικοί στόχοι της εταιρίας:

- Ευαισθητοποίηση τελικού χρήστη και συμμετοχή του στο πρόγραμμα ανακύκλωσης.
- Ενεργή συμμετοχή διαφόρων φορέων με όφελος την δημιουργία κοινωνικής συνείδησης.
- Συμβολή και στήριξη των υπόχρεων εισαγωγέων στην ομαλή και αποτελεσματική διαχείριση του συστήματος.
- Μεγιστοποίηση του όγκου συλλογής των χρησιμοποιημένων μπαταριών.[32]



Εικόνα 4.1 ανακύκλωση μπαταριών ΑΦΗΣ [33]

Κεφάλαιο 5.

5.1 Λύσεις-Προτάσεις

Τα μέταλλα σε μπαταρίες ιόντων λιθίου, όπως το κοβάλτιο, το νικέλιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος και το αλουμίνιο, δεν είναι τόσο τοξικά όπως ο μόλυβδος ή το κάδμιο στη σφραγισμένη μπαταρία μολύβδου οξέος SLA ή NiCd. Πολλές κυβερνήσεις επιτρέπουν τη διάθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ενώ οι μπαταρίες Li-ion μπορούν να ανακυκλωθούν για την ανάκτηση μετάλλων, η ανακύκλωση είναι δαπανηρή και η υποδομή ανακύκλωσης δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο αυτή των μπαταριών μολύβδου-οξέος. Οι φορτισμένες μπαταρίες ιόντων λιθίου ενέχουν κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης εάν θρυμματιστούν, τρυπηθούν ή αποτεφρωθούν. Οι μπαταρίες πρέπει να αποφορτιστούν πλήρως πριν από τη διάθεση τους για ανακύκλωση.

Για τις Ni-Cd μπαταρίες γνωρίζουμε ότι περιέχουν τοξικά μέταλλα, εχθρικά προς το περιβάλλον. Όποτε θα μπορούσαμε να αλλάξουμε την σύσταση της μπαταρίας με αλλά μέταλλα συμπεριλαμβανομένου του κοβαλτίου, του νικελίου, του μαγγανίου, του σιδήρου και του αλουμινίου, μέταλλα που χρησιμοποιούμε στις μπαταρίες λιθίου και δεν είναι τόσο τοξικά όσο το κάδμιο και ο μόλυβδος.

Για τις Ni-MH μπορούμε να προσθέσουμε παραπάνω κελιά ώστε να αυξήσουμε την χαμηλή τάση εξόδου. Επίσης μπορούμε να αλλάξουμε την δομή της μπαταρίας για να αντέχει σε ακραίες θερμοκρασίες.

Για τις Li-ion οι κατασκευαστές μπορούν να δημιουργούν το ίδιο σχήμα και μέγεθος για να καταργηθεί η ασυμβατότητα. Για τις Lead-Acid μπορούμε να αλλάξουμε την δομή της με πιο ελαφριά υλικά ώστε να μειωθεί το βάρος τους. Τα κελιά δεν πρέπει να υπόκεινται σε υψηλή θερμοκρασία φόρτισης ($> 45^{\circ}\text{C}$) ή χαμηλή θερμοκρασία φόρτισης ($< 0^{\circ}\text{C}$).

Οι μπαταρίες Λιθίου έχουν θεωρηθεί ως η καλύτερη λύση για τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς:

- Διαθέτουν μεγάλη πυκνότητα ενέργειας

- Παρέχουν σχετικά μεγάλη ισχύ
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Δεν εμφανίζουν το φαινόμενο μνήμης
- Τα τελευταία μοντέλα επαναφορτίζονται πολύ γρήγορα

Βιβλιογραφία

- [1] <https://www.amperorio.gr/index.php/el/istoria-tis-mpatarias.html>
- [2] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-a-battery/components>
- [3] <http://www.thegreenbook.com/importance-of-batteries.htm>
- [4] https://circuitdigest.com/article/different-types-of-batteries?fbclid=IwAR2v6aV7DxySh3wH-2tPZm2VdfDr5BcnBhBQZY5Ix8_PeixVB3q1YVgRE18
- [5] https://www.google.com/search?q=battery+parts&rlz=1C1GIGM_enGR831GR831&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=PL45xOhQCbLlM%253A%252C6OMvIL5vRfE96M%252C_&vet=1&usg=AI4_-kS_5_rrv1RlMxJCxVkAy9BjcxF5cg&sa=X&ved=2ahUKEwj347i35tPoAhXWAGMBHXQEAu8Q9QEWA3oECAUQlg#imgrc=PL45xOhQCbLlM:
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93cadmium_battery
- [7] https://www.google.com/search?q=nicd+battery+parts&tbm=isch&ved=2ahUKEwje7qOC6tPoAhWF34UKHXwWCKAQ2-cCegQIABAA&oq=nicd+battery+parts&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAAQEzoGCAAQHhAToggIABAFEB4QE1DaMljdTmDDUWgAcAB4AIABxwOIAYYMkgEJMC4yLjMuMC4xmAEAoAEBggELZ3dzLXdpei1pbWc&scient=img&ei=JSSLXp7IDYW_lwT8rKCACg&bih=576&biw=1366&rlz=1C1GIGM_enGR831GR831#imgrc=rHARly_a7Jd_HM
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93metal_hydride_battery
- [9] https://www.google.com/search?q=nimh+battery+parts&tbm=isch&ved=2ahUKEwiGv_nX-Nj0AhXDlRoKHeQVCoAQ2-cCegQIABAA&oq=nimh+battery+parts&gs_lcp=CgNpbWcQAzoCCAA6BAgAEB46BAgAEBM6CAgAEAUQHhATUMUNWkklYLcoaABwAHgAgAGuAogB_AySAQUyLTUuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&scient=img&ei=ndKNXsb8KMOrauSrqIAI&bih=625&biw=1366&rlz=1C1GIGM_enGR831GR831#imgrc=5cz8nhsuyWHKHM

- [23] <https://www.energizer.eu/el/battery-parts/>
- [24] <http://www.dialogueearth.org/2011/09/12/whats-going-to-happen-to-your-vehicles-lithium-battery-at-the-end-of-its-life/>
- [25] <https://www.explainthatstuff.com/how-lithium-ion-batteries-work.html>
- [26] Wilfried Ley, Klaus Wittmann, Willi Hallmann - 2009 - Technology & Engineering
- [27] https://books.google.gr/books?id=dlyNDwAAQBAJ&pg=PA172&lpg=PA172&dq=requirements+for+a+high+performance+battery&source=bl&ots=9omuW5j6nZ&sig=ACfU3U2aXJWVxMCKU_07hJNwto2aC6lF2A&hl=el&sa=X&ved=2ahUKEwi1mo-A9HpAhX1nVwKHWfrB5IQ6AEwD3oECAoQAQ#v=onepage&q=requirements%20for%20a%20high%20performance%20battery&f=false
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93cadmium_battery#Environmental_impact
- [29] <https://www.mdpi.com/2313-0105/5/1/22/htm>
- [30] https://en.wikipedia.org/wiki/Lead%E2%80%93acid_battery#Environmental_concerns
- [31] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1_%CE%B9%CF%8C%CE%BD%CF%84%CF%89%CE%BD_%CE%BB%CE%B9%CE%B8%CE%AF%CE%BF%CF%85#%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82_%CE%B1%CE%BD%CE%B7%CF%83%CF%85%CF%87%CE%AF%CE%B5%CF%82_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7
- [32] <https://afis.gr/>
- [33] <https://afis.gr/wp-content/uploads/2020/02/Afis-Logo.png>