



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναδρομή, σημερινή τεχνολογία και προοπτική της μπαταρίας.



Επιβλέπων καθηγητής : Δρ. Νικόλαος Κορνήλιος
Σπουδαστής : Τσοπουρίδης Ανέστης

2011-2012

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μπαταρία από την ανακάλυψή της μέχρι και σήμερα αποτελεί τον εγκυρότερο τρόπο αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια λόγω της αυξανόμενης ζήτησης και χρήσης σε πολλαπλά πεδία υπάρχει επιτακτική ανάγκη βελτίωσης των τεχνικών χαρακτηριστικών τους που αφορούν στην ταχύτητα φόρτισης, την αύξηση του αποθηκευμένου φορτίου, την αξιοπιστία τους, την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την αλόγιστη χρήση και την απόρριψή τους στο περιβάλλον. Σε αυτή την εργασία θα αναπτυχθούν και θα παρουσιασθούν όλα τα παραπάνω όπως επίσης οι επιπτώσεις και συμπεριφορές τους στην έκθεση θερμοκρασιών καθώς και οι προοπτικές τους.

Στην καθημερινότητά μας χρησιμοποιούμε σχεδόν όλοι μας πολλά είδη μπαταριών. Ελάχιστοι όμως γνωρίζουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά. Στόχος λοιπόν της εργασίας αυτής είναι ο εμπλουτισμός γνώσεων με σκοπό την βελτίωση της χρήσης και κατασκευής κάθε είδους μπαταρίας.

Στο σημείο αυτό θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Νικόλαο Κορνήλιο για την ανάθεση της εργασίας προς το πρόσωπό μου καθώς και για την καθοδήγησή του κατά την σύνθεση και παρουσίαση της εργασίας.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την υποστήριξη κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1 Εισαγωγή.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	5
2.1 Μπαταρία της Βαγδάτης ή μπαταρία της Παρθίας.....	5
2.2 Η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού και της μπαταρίας.....	7
2.3 Η εξέλιξη της μπαταρίας έως την σημερινή εποχή.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	19
3.1 Αρχή λειτουργίας.....	19
3.2 Η δομή της μπαταρίας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της.....	19
3.2.1 Δομή κυψελίδων-κυττάρων (Cell).....	20
3.2.2 Συνδεσμολογία κυψελίδων-κυττάρων (Cell).....	20
3.3 Ηλεκτρικά μεγέθη μπαταρίας.....	21
3.4 Κατηγορίες και τύποι μπαταριών.....	22
3.5 Μπαταρίες Α΄ τάξης.....	24
3.5.1 Μπαταρίες Ψευδαργύρου - Άνθρακα (Zinc-Carbon Batteries).....	24
3.5.1.1 Γενικά.....	25
3.5.1.2 Επίδραση της θερμοκρασίας.....	26
3.5.1.3 Διάρκεια ζωής.....	27
3.5.2 Μπαταρίες Μαγνησίου-Αλουμινίου (Magnesium & Aluminum Batteries).....	28
3.5.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	28
3.5.2.2 Διάρκεια ζωής.....	29
3.5.3 Αλκαλικές μπαταρίες με διοξείδιο του Μαγγανίου (Alkaline-Manganese dioxide batteries).....	30
3.5.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	30
3.5.3.2 Χαρακτηριστικά επιδόσεων-απόδοσης και σύγκριση με τις μπαταρίες τύπου «Leclanche».....	31
3.5.4 Μπαταρίες οξειδίου του Υδραργύρου (Mercuric Oxide Batteries).....	32
3.5.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	33
3.5.4.2 Επίδραση της θερμοκρασίας.....	34
3.5.4.3 Αποθήκευση ενέργειας.....	34
3.5.5 Μπαταρίες οξειδίου του Αργύρου (Silver Oxide Batteries).....	34
3.5.5.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	35
3.5.5.2 Διάρκεια ζωής.....	35
3.5.6 Μπαταρίες Ψευδαργύρου/Αέρα - μπαταρίες σε σχήμα κουμπιού (Zinc/Air Batteries - Button Configuration).....	36
3.5.6.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	36
3.5.6.2 Ζωή αποθήκευσης.....	37
3.5.7 Μπαταρίες λιθίου (Lithium Batteries).....	38
3.5.7.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	38
3.5.7.2 Πλεονεκτήματα των στοιχείων λιθίου.....	39
3.5.8 Μπαταρίες στέρεου ηλεκτρολύτη (Solid-Electrolyte Batteries).....	39
3.5.8.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	39
3.6 Μπαταρίες Β΄ τάξης.....	40
3.6.1 Μπαταρίες Μολύβδου-οξέως (Lead-Acid Batteries).....	40
3.6.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	41
3.6.1.2 Βελτίωση διάρκειας ζωής.....	42
3.6.1.3 Προβλήματα και ζημιές που μπορεί να συναντήσουμε στις μπαταρίες.....	43
3.6.2 Μπαταρίες ηλεκτροδίου Σιδήρου (Iron Electrode Batteries).....	45
3.6.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	45
3.6.2.2 Επίδραση της θερμοκρασίας των μπαταριών νικελίου-σιδήρου.....	46

3.6.2.3	Διάρκειας ζωής.....	47
3.6.3	Βιομηχανικές και διαστημικές μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου (Industrial and Aerospace Nickel-Cadmium Batteries).....	47
3.6.3.1	Γενικά χαρακτηριστικά.....	48
3.6.3.2	Μείωση βάρους και βελτίωση επιδόσεων.....	49
3.6.3.3	Χαρακτηριστικά εκφόρτισης.....	50
3.6.3.4	Διάρκεια ζωής.....	51
3.6.3.5	Κόστος και εκτίμηση αξιοπιστίας.....	52
3.6.4	Μπαταρίες Νικελίου-Υδρογόνου (Nickel-Hydrogen Batteries).....	53
3.6.4.1	Γενικά χαρακτηριστικά.....	54
3.6.4.2	Ειδική ενέργεια και πυκνότητα ενέργειας.....	55
3.6.5	Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Lithium-Ion Batteries).....	56
3.6.5.1	Γενικά χαρακτηριστικά.....	56
3.6.5.2	Απόδοση.....	57
3.6.5.3	Αεροδιαστημικές εφαρμογές.....	58
3.6.5.4	Εφαρμογές σε φορητούς ιατρικούς εξοπλισμούς.....	59
3.7	Προηγμένες μπαταρίες για ηλεκτρικά και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (electric vehicles EVs, hybrid electric vehicles HEVs).....	61
3.7.1	Απαιτήσεις απόδοσης.....	61
3.7.1.1	Ηλεκτρικές και βοηθητικές εφαρμογές.....	63
3.7.1.2	Εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών.....	63
3.7.2	Μπαταρίες ψευδαργύρου-βρωμίου (Zinc-bromine batteries).....	64
3.7.2.1	Γενικά χαρακτηριστικά.....	64
3.7.2.2	Απόδοση.....	65
3.7.3	Μπαταρίες με βάση το Νάτριο (Sodium-beta batteries).....	66
3.7.3.1	Γενικά χαρακτηριστικά.....	66
3.7.3.2	Σύγκριση χαρακτηριστικών μπαταριών νατρίου-θείου και νατρίου-χλωριδίου μετάλλου.....	67
3.7.4	Φορητές κυψέλες καυσίμου (Portable Fuel Cells).....	68
3.7.4.1	Γενικά χαρακτηριστικά.....	68
3.7.4.2	Λειτουργία της κυψέλης καυσίμου και μηχανισμοί.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ.....		73
4.1	Εισαγωγή.....	73
4.2	Εύκαμπτες οργανικές επαναστατικές μπαταρίες (flexible Organic Radical Battery, ORB).....	73
4.3	Μπαταρία αέρα-καυσίμου (air-fueled battery).....	75
4.4	Μπαταρίες με нанοτεχνολογία.....	76
4.5	Το φθόριο αυξάνει την χωρητικότητα αποθήκευσης των μπαταριών.....	77
4.6	Έξυπνες μπαταρίες.....	77
4.7	Ανακύκλωση και περισυλλογή μπαταριών.....	80
4.7.1	Εισαγωγή.....	80
4.7.2	Συλλογή πρωτοβάθμιων μπαταριών.....	80
4.7.3	Ανακύκλωση μπαταριών.....	81
4.7.3.1	Διαδικασία ανακύκλωσης του μολύβδου.....	81
4.8	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – οφέλη.....	84
4.8.1	Μόλυβδος.....	84
4.8.2	Κάδμιο.....	85
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Στις μέρες μας η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της στους μεγάλους θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Οι παραπάνω μορφές παραγωγής ενέργειας καταναλώνουν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο ή ουράνιο και άλλα σχάσιμα υλικά ή χρησιμοποιούν υδατοπτώσεις. Όλες όμως αυτές οι ενεργειακές πηγές έχουν σχετικά περιορισμένες προοπτικές αφού τα αέρια, υγρά ή στερεά και γενικά τα συμβατικά καύσιμα αλλά και τα πυρηνικά καύσιμα εξαντλούνται βαθμιαία, ενώ η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ποσοτικά καθορισμένη και γεωγραφικά περιορισμένη. Επιπλέον, γνωστές είναι και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των παραπάνω μορφών παραγωγής ενέργειας, καθιστώντας απαραίτητη την ανάπτυξη και χρήση τεχνολογιών για την εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας.

Μια χρήσιμη τεχνολογία λοιπόν είναι αυτή της **μπαταρίας (ηλεκτρικός συσσωρευτής)** η οποία αποθηκεύει περίσσια ηλεκτρική ενέργεια σε χημική μορφή και την αποδίδει ξανά στην αρχική της μορφή όταν υπάρξει ζήτηση. Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται στις μέρες μας κατά κόρον σχεδόν σε όλα τα ηλεκτρικά-ηλεκτρονικά προϊόντα που υπάρχουν ακόμη και σε διάφορες μεγάλες εφαρμογές. (Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ηλεκτρικά οχήματα και μηχανάκια, κλπ.)

Θα ακολουθήσουν λοιπόν τρία μεγάλα κεφάλαια στην εργασία αυτή.

Στο **κεφάλαιο 2**, γίνεται αναφορά στους δημιουργούς της μπαταρίας και τις ανακαλύψεις τους. Ακόμη αναφέρεται η μπαταρία από την εποχή της εφεύρεσής της καθώς και η εξέλιξή της έως τις μέρες μας.

Στο **κεφάλαιο 3**, παρουσιάζεται η σημερινή τεχνολογία της μπαταρίας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της, οι αρχές λειτουργίας της και τα ηλεκτρικά μεγέθη της όπως επίσης και όλοι οι τύποι μπαταριών που υπάρχουν στην εποχή μας με τις βελτιώσεις και τις επιπτώσεις που παρουσιάζουν σε διάφορες συνθήκες.

Ακολουθεί το **κεφάλαιο 4**, το οποίο αναφέρεται στην προοπτική της μπαταρίας και στις δυνατότητες για το μέλλον (δημοσιευμένα άρθρα, ιδέες, ανακαλύψεις κλπ.), καθώς γίνεται αναφορά στην ανακύκλωση της μπαταρίας, την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την απόρριψή τους στο περιβάλλον.

Τέλος, εμφανίζεται η **βιβλιογραφία** όπου συλλέχθηκαν οι πληροφορίες και οι πηγές τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

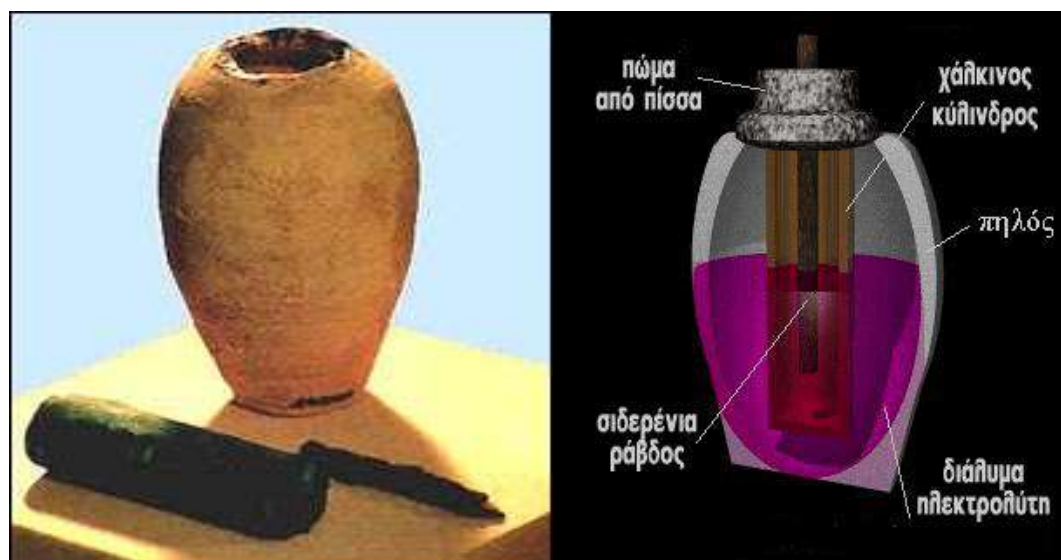
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.1 Μπαταρία της Βαγδάτης ή μπαταρία της Παρθίας.

Η Μεσοποταμία ήταν πάντοτε ένα από τα αγαπημένα πεδία έρευνας των αρχαιολόγων, κυρίως στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα. Το 1938 ο Γερμανός αρχαιολόγος Wilhelm Konig έφερε στην επιφάνεια ένα από τα πιο περίεργα ευρήματα. Ανακάλυψε μια προϊστορική μπαταρία γνωστή και ως μπαταρία της Παρθίας¹.

Το αντικείμενο χρονολογείται από την Παρθία περίοδο και πιστεύεται ότι είναι 2.000 ετών.

Πρόκειται για ένα μικρό πήλινο βάζο, ύψους 15cm και διαμέτρου 13cm, το οποίο περιείχε ένα χάλκινο κύλινδρο στερεωμένο στο χείλος της οπής και μια μικρή σιδερένια ράβδο στερεωμένη σε καπάκι μαζί με τη χρήση πίσσα.



Εικόνα 2-1: Εύρημα μπαταρίας στην φυσική του μορφή Εικόνα 2-2: Η τομή της

Η χρονολόγηση έδειξε ότι το εύρημα του Konig είναι περίπου του 200 π.Χ.

Το 1940, ο Γερμανός αρχαιολόγος δημοσίευσε μια εργασία με την οποία ισχυριζόταν και τεκμηρίωνε ότι το αντικείμενο δεν ήταν τίποτε λιγότερο από μια πρωτόγονη μπαταρία. Ο συλλογισμός του φαντάζει απόλυτα ορθός καθώς τα αντικείμενα έχουν τη χαρακτηριστική διαμόρφωση ενός γαλβανικού στοιχείου: 2 ηλεκτρόδια από μέταλλα διαφορετικού δυναμικού βυθισμένα μέσα σε ηλεκτρολυτικό υγρό (κρασί ή ξύδι). Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα ηλεκτρόδια δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ανταλλαγή ηλεκτρονίων ενώ το ηλεκτρολυτικό υγρό εξασφαλίζει την «οδό» μετακίνησης αυτών των ηλεκτρονίων.

Αντίγραφα των μπαταριών της Βαγδάτης έχουν κατασκευασθεί και μελετηθεί από διάφορες επιστημονικές ομάδες, μεταξύ των οποίων ο W.F. Gray του General Electric High Voltage Laboratory, Pittsfield Massachusetts και η ομάδα της Dr.M. Senechal στο Smith College. Τα

1. Η **Παρθία** ονομάζονταν περιοχή κατά την αρχαία εποχή που βρισκόταν στη σημερινή περιοχή Χορασάν, στο βορειοανατολικό άκρο, της Περσίας (σημερινό Ιράν). Η Παρθία βρισκόταν ακριβώς πάνω στους μεγάλους τότε εμπορικούς δρόμους ανάμεσα στην Ασία και τον Ελληνορωμαϊκό κόσμο, ο έλεγχος των οποίων έδωσε τη δυνατότητα στους Πάρθους να δημιουργήσουν την Παρθική Αυτοκρατορία από το 247 π.Χ μέχρι το 224 μ.Χ.

αντίγραφα αυτά μπορούν να παράγουν τάση 0,8-2 Volt, ενώ η παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού μπαταριών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες τάσεις.



Εικόνα 2-3: Πιστό αντίγραφο των ευρημάτων

Είναι λοιπόν αναμφισβήτητο ότι τα ευρήματα ήταν ή μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μπαταρίες παραγωγής χαμηλής τάσης.

Και αν εδώ η ηλεκτροχημεία ολοκληρώνει τις επιστημονικές της παρατηρήσεις, ξεκινά το πρόβλημα για την αρχαιολογία. Τα ευρήματα της Βαγδάτης είναι μοναδικά, καθώς πουθενά αλλού στον κόσμο δεν έχει βρεθεί κάτι αντίστοιχο.

Τίθεται πλέον το ερώτημα ποιός, πώς και με τι χρήσεις είχε γνώση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έστω και σε αυτή την κλίμακα, το 200 π.Χ ;

Η πρώτη απάντηση που προβλήθηκε ήταν ότι οι λαοί της περιοχής, συγκεκριμένα εκείνη τη χρονική περίοδο οι Πάρθοι, χρησιμοποιούσαν τα στοιχεία για την επιχρυσωση κοσμημάτων και άλλων σκευών. Όμως η εξήγηση αυτή αντικρούεται από το ότι όσα επιχρυσωμένα αντικείμενα έχουν βρεθεί, έχουν κατασκευασθεί με τη μέθοδο της επικόλλησης φύλλων χρυσού, απευθείας στο βασικό μέταλλο, ή με τη χρήση πάστας υδραργύρου. Επιπλέον η διαμόρφωση της «συσκευής» σε ένα μικρό, κλειστό βάζο δεν είναι εκείνη που θα επέτρεπε τη διενέργεια επιμεταλώσεων, παρά μόνο στα πολύ μικρά αντικείμενα που θα χωρούσαν στο βάζο.

Μια άλλη εξήγηση ήταν η χρήση των μπαταριών σε σειρά, ώστε να παράγουν ρεύμα μεγαλύτερης τάσης, αν και χαμηλής έντασης, για «θαυματοργές» εφαρμογές. Δηλαδή για μικρά τρικ μέσα σε ναούς όπως μικρές εκκενώσεις από αγαλματίδια και άλλα εφέ, με στόχο τον εντυπωσιασμό των πιστών. Όμως πουθενά δε βρέθηκαν ίχνη συρμάτων που θα λειτουργούσαν ως καλώδια ή άλλης διαμόρφωσης που θα επέτρεπε την «εξαγωγή» του ρεύματος από τη μπαταρία και τη χρήση του.

Οι πιθανές χρήσεις δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς, σε όλο το εύρος των πιθανών εφαρμογών. Είναι πολύ πιθανό οι συσκευές αυτές να χρησιμοποιήθηκαν για κάτι που απλά είναι έξω από την πορεία σκέψης των σημερινών ερευνητών.

Τελικά η πιο πιθανή εξήγηση είναι ότι οι κατασκευαστές τους, πιθανώς κατά τύχη, όπως άλλωστε έχει συμβεί και για πολλές άλλες ανακαλύψεις, αντιλήφθηκαν το φαινόμενο της ηλεκτροαπόθεσης, ή απλά της κυκλοφορίας ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στη συσκευή και τη

χρησιμοποίησαν για κάποια απλοϊκή εφαρμογή, για την οποία μόνο εικασίες μπορούν να γίνουν.

Σε κάθε περίπτωση οι μπαταρίες της Βαγδάτης, αν τελικά πράγματι ήταν μπαταρίες, αποτελούν ένα από τα πιο συναρπαστικά αρχαιολογικά ευρήματα, αν και δεν τους έχει δοθεί η αρμόζουσα σημασία, ίσως γιατί φέρνουν σε δύσκολη θέση τη συμβατική αρχαιολογία.[1]

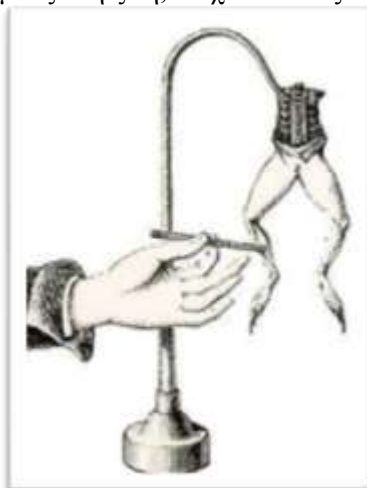
2.2 Η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού και της μπαταρίας.

Ο φυσικός και ανατόμος **Luigi Galvani** (1737-1798) και ο φυσικός **Alessandro Cont di Volta** (1745-1827) ήταν οι πρώτοι επιστήμονες που ασχολήθηκαν με τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Οι δύο αυτοί πρωτοπόροι επιστήμονες έμειναν στη ιστορία και προς τιμήν τους οι λέξεις όπως "γαλβανικό στοιχείο" και "βολτ" φέρουν τα ονόματά τους.



Εικόνα 2-4: Ο Luigi Galvani

Το 1791, ο Luigi Galvani ενώ εργαζόταν στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια, κάνοντας πειράματα με τους μύες ενός νεκρού βατράχου ανακάλυψε ότι αν έφερνε σε επαφή τα νεύρα των μηρών με δύο διαφορετικά μέταλλα (π.χ. σίδηρο και χαλκό), ο μύς έκανε μία σύσπαση. Ο Γκαλβάνι απέδωσε το φαινόμενο σε κάποιο είδος ηλεκτρισμού στο μυϊκό σύστημα, τον οποίο ονόμασε "ζωικό ηλεκτρισμό". Μάλιστα δεν ήταν λίγοι αυτοί που πίστεψαν πως είχε βρεθεί η λύση στο μεγάλο αίνιγμα της ζωής. Πολλοί επιστήμονες προσπαθούσαν να επαναφέρουν νεκρούς οργανισμούς στη ζωή, διοχετεύοντάς τους ηλεκτρισμό.[2]



Εικόνα 2-5: Το πείραμα του Galvani

Ο Alessandro Volta γεννήθηκε στο Κόμο της Β. Ιταλίας το 1745. Σε ηλικία 18 χρονών ο Βόλτα άρχισε να μελετά τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Μετά τα διάφορα ταξίδια του τον ξαναβρίσκουμε στο 1779 στην Ιταλία όπου διορίζεται καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Παβίας. Άρχισε να μελετά τα διάφορα φυσικά φαινόμενα και μετά από λίγο παρουσίασε τις πρώτες του ανακαλύψεις: Το ηλεκτροφόρο και το ηλεκτροσκόπιο και εν συνεχεία το ευδιόμετρο, το ηλεκτρικό πιστόλι και την άσβεστη λυχνία υδρογόνου.



Εικόνα 2-6: Ο Alessandro Volta

Στα χρόνια 1780-1782 βρίσκεται στο Παρίσι όπου συνεργάζεται με τους Λαβουαζιέ (1743-1794) και Λαπλάς (1749-1827) και έκανε πειράματα γύρω από τον ατμοσφαιρικό ηλεκτρισμό.

Κάνοντας λοιπόν τις ανακοινώσεις του ο Γκαλβάνι για τον γαλβανισμό και το «ζωικό ηλεκτρισμό», ο Βόλτα είναι από τους πρώτους που κατανοούν την τεράστια αξία αυτής της ανακάλυψης. Όμως, δεν παραδέχεται την εξήγηση που δίνει ο Γκαλβάνι στο φαινόμενο αυτό. Κάνει ο ίδιος πειράματα και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο «ζωικός ηλεκτρισμός» δεν υπάρχει και ότι ο γαλβανισμός οφείλεται στην κυκλοφορία ηλεκτρικού ρεύματος που αναπτύσσεται όταν δυο διαφορετικά μέταλλα, που αγγίζουν δυο διαφορετικά σημεία του σώματος ενός ψόφιου βατράχου, έρθουν σε επαφή μεταξύ τους. Ο Γκαλβάνι επιμένει στην άποψή του αλλά και ο Βόλτα δεν υποχωρεί και η διένεξη ανάμεσα στους δύο αυτούς επιστήμονες και τους οπαδούς τους συνεχίζεται και μετά το θάνατο του Γκαλβάνι (1798).

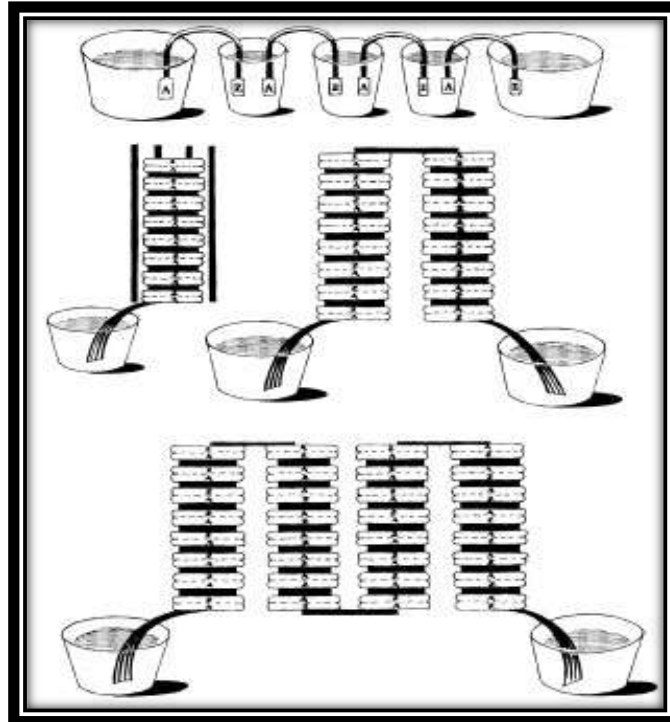
Ο Βόλτα πειραματίζεται συνεχώς και τελικά κατασκευάζει την πρώτη **μπαταρία** στο κόσμο την ηλεκτρική στήλη, που αποδείκνυε την ορθότητα των απόψεών του.



Εικόνα 2-7: Ηλεκτρική στήλη ή βολταϊκός σωρός

Η ανακάλυψη αυτή του Βόλτα στάθηκε αποφασιστική για την παραπέρα ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού. Όταν το 1800 ανακοινώνει την ανακάλυψή του στη Βασιλική Ακαδημία του Λονδίνου, ολόκληρος ο επιστημονικός κόσμος στάθηκε με δέος σ' αυτήν. Κατασκευάζοντας ο Βόλτα το 1800 την ηλεκτρική στήλη (βολταϊκός σωρός), που φέρνει το όνομά του, άνοιξε το δρόμο για την ανακάλυψη του δυναμικού ηλεκτρισμού, που αποτέλεσε μια από τις πιο σημαντικές βάσεις για την ανάπτυξη του σημερινού τεχνικού πολιτισμού. Ήταν η πρώτη φορά που η ανθρωπότητα διέθετε μια πηγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος.[3]

Αλλά ο Βόλτα δεν περιορίστηκε στην πρώτη του στήλη. Την ίδια χρονιά ανακάλυψε ότι ορισμένα υγρά μπορούν να παράγουν μια συνεχή ροή ηλεκτρικής ισχύος όταν αυτά χρησιμοποιούνται σαν αγωγοί. Η ανακάλυψη αυτή οδήγησε στην εφεύρεση των πρώτων φωτοβολταϊκών κυττάρων (voltaic cell), ευρύτερα γνωστή και ως **μπαταρία**. Ο Βόλτα ανακάλυψε επίσης ότι η τάση μπορούσε να αυξηθεί, όταν τα φωτοβολταϊκά κύτταρα ήταν στοιβαγμένα το ένα πάνω στο άλλο.



Εικόνα 2-8: Τέσσερις παραλλαγές της ηλεκτρικής μπαταρίας του Volta.

Τα μέταλλα σε μια μπαταρία έχουν διαφορετικές ηλεκτρικές επιδράσεις. Τέλος, ο Βόλτα παρατήρησε ότι η τάση του δυναμικού με χρήση ανόμοιων υγρών γινόταν ισχυρότερη όταν βρισκόνταν σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους το ένα από το άλλο.

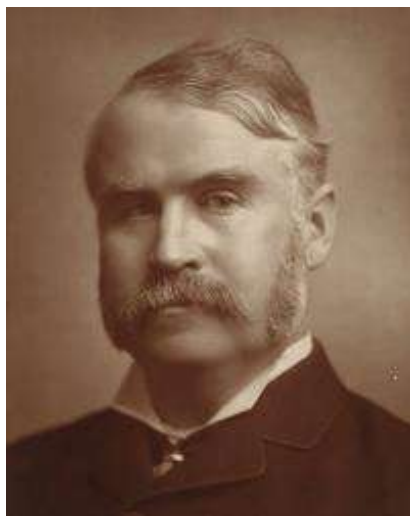
Τα μέταλλα που καθόριζαν την τάση της μπαταρίας ήταν σε διάσταση με υγρό χαρτί εμποτισμένο με αλμυρό νερό. Παρακάτω εμφανίζεται μια λίστα μετάλλων με τα πειράματά του. Ο πρώτος αριθμός των μετάλλων εκφράζει την συγγένεια να προσελκύσουν ηλεκτρόνια ενώ ο δεύτερος αριθμός είναι το πρότυπο δυναμικού από την πρώτη οξειδωτική κατάσταση.[4]

Ψευδάργυρος = 1,6 / -0,76 V
Μόλυβδος = 1,9 / -0,13 V
Κασσίτερος = 1.8 / -1,07 V
Σίδηρος = 1.8 / -0,04 V
Χαλκός = 1,9 / 0.159 V
Ασήμι = 1,9 / 1,98 V
Χρυσός = 2,4 / 1,83 V
Άνθρακας = 2,5 / 0,13 V

2.3 Η εξέλιξη της μπαταρίας έως την σημερινή εποχή.

Όλα ξεκινούν από το 1600 και τις ανακαλύψεις του γνωστού Άγγλου William Gilbert, ο οποίος ήταν γιατρός, φυσικός και φιλόσοφος. Είναι γνωστός στις μέρες μας για το

βιβλίο του «Ο Μαγνήτης» (De Magnete) που δημοσιεύτηκε το 1600 και πιστώνεται ως ένας από τους δημιουργούς του όρου ηλεκτρικής ενέργειας. Μια μονάδα Μαγνητεγερτική δύναμη, γνωστή και ως μαγνητικό δυναμικό, πήρε το όνομά του Gilbert προς τιμήν του.



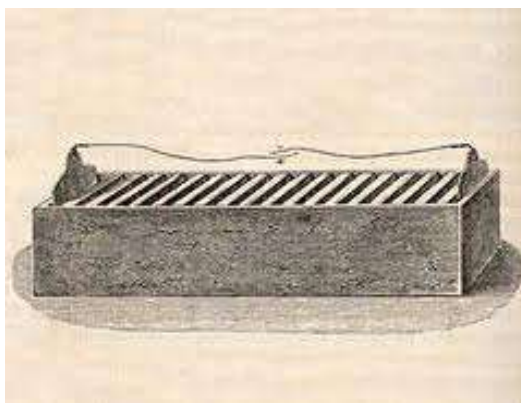
Εικόνα 2-9: Ο William Gilbert

Έπειτα από πειράματα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η γη ήταν η ίδια ένα μαγνητικό πεδίο και ότι αυτός ήταν ο λόγος που οι πυξίδες είχαν σημείο αναφοράς τον Βορά. Ήταν ο πρώτος που υποστήριζε σωστά ότι το κέντρο της γης ήταν από σίδηρο. Πριν από αυτόν, το μόνο που ήταν γνωστό από τον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό ήταν αυτό που οι αρχαίοι γνώριζαν, ότι ο μαγνήτης διέθετε μαγνητικές ιδιότητες και ότι το κεχριμπάρι όταν τρίβεται προσελκύει κομμάτια από χαρτί ή άλλες ουσίες, τα οποία έχουν μικρό ειδικό βάρος. Είναι πλέον η βάση για μια νέα επιστήμη.[5]

Το 1791, ο Luigi Galvani ανακάλυψε τον «ζωικό ηλεκτρισμό» και το 1800 ο Alessandro Volta εφεύρεσε την πρώτη βολταϊκή σωρό. Σχετική αναφορά γίνεται στην ενότητα 2.2

Το 1802, ο William Cruickshank, ένας άγγλος χημικός σχεδίασε την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία για μαζική παραγωγή.

Είχε τοποθετήσει πλατιά φύλλα χαλκού με ισομεγέθη φύλλα ψευδαργύρου. Αυτά τα φύλλα ήταν τοποθετημένα και κολλημένα μαζί σε ένα μεγάλο ορθογώνιο ξύλινο κουτί. Οι αυλακώσεις στο πλαίσιο κρατούσαν τις μεταλλικές πλάκες στις θέσεις τους και το σφραγισμένο κουτί ήταν γεμάτο με ηλεκτρολύτη αλατόνευρο ή ένα αποδυναμωμένο οξύ.[6]



Εικόνα 2-10: Η μπαταρία του Cruickshank

Το 1820, ο φυσικός Andre-Marie Ampere με τον Hans Oersted μετά από πειράματα απέδειξαν τις μαγνητικές επιπτώσεις της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο Αμπέρ προσπάθησε να διατυπώσει μια συνδυασμένη θεωρία του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού στον τομέα της ηλεκτροδυναμικής. Η διατύπωσή του με μαθηματική περιγραφή της μαγνητικής δύναμης μεταξύ δύο ηλεκτρικών ρευμάτων είναι γνωστή ως **Νόμος του Ampere**. Αν και δεν ήταν ένας μεθοδικός πειραματιστής, ήταν το πρώτο πρόσωπο για την ανάπτυξη τεχνικών μέτρησης για την ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτροδυναμική θεωρία του Αμπέρ θεμελιώθηκε τον 19^ο αιώνα για τις μετέπειτα εξελίξεις του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού.[7]



Εικόνα 2-11: Ο Andre-Marie Ampere

Το 1833, ο Άγγλος Michael Faraday ανακοινώνει μια σημαντική ανακάλυψη, την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Αφού είχε τυλιγμένα δύο μονωμένα πηνία γύρω από ένα σιδερένιο δαχτυλίδι, διαπίστωσε ότι κατά την διαβίβαση του ρεύματος μέσω της μιας σπείρας προκαλείται ένα στιγμιαίο ρεύμα και στο άλλο πηνίο. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό και ως αμοιβαία επαγωγή. Σε μεταγενέστερα πειράματα παρατήρησε ότι εάν μετακινούσε έναν μαγνήτη μέσα από ένα βρόχο τότε ένα ηλεκτρικό ρεύμα έρεε στο σύρμα. Το ρεύμα επίσης έρεε εάν ο βρόχος μετακινούταν πάνω από έναν σταθερό μαγνήτη. Έπειτα συμπεραίνει ότι ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει ένα ηλεκτρικό πεδίο. Αυτή η σχέση διαμορφώθηκε μαθηματικά από τον James Clerk Maxwell, ως ο νόμος του Faraday, ο οποίος στη συνέχεια έγινε μία από τις τέσσερις εξισώσεις του Maxwell. Αυτά με τη σειρά τους έχουν εξελιχθεί σε γενίκευση και είναι γνωστό σήμερα ως θεωρία πεδίου.

Ο Faraday χρησιμοποιεί αργότερα αυτή την αρχή για την κατασκευή του ηλεκτρικού δυναμό, ο πρόγονος της σύγχρονης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.[8]



Εικόνα 2-12: Ο Michael Faraday

Το 1836, ο John F. Daniel, ένας Άγγλος χημικός, ανέπτυξε μια βελτιωμένη μπαταρία που παρήγαγε ένα πιο σταθερό ρεύμα από παλαιότερες συσκευές. Χρησιμοποίησε δύο ηλεκτρολύτες, θειικό χαλκό και θειικό ψευδάργυρο. Η μπαταρία του Daniel ήταν κάπως πιο ασφαλής και λιγότερο διαβρωτική από αυτή του Volta. Μέχρι αυτή τη φορά, όλες οι μπαταρίες ήταν πρωτογενείς, κάτι που σημαίνει ότι δεν θα μπορούσαν να επαναφορτιστούν.[9]

Το 1839, ο Άγγλος Sir William Robert Grove γνωστός και ως «Πατέρας της κυψέλης καυσίμου» (Fuel Cell) παράγει την πρώτη κυψέλιδα καυσίμου. Το πρώτο κελί του αποτελούνταν από ψευδάργυρο σε αραιό θειικό οξύ και από πλατίνα σε πυκνό νιτρικό οξύ και χωρίζονταν από ένα πορώδες δοχείο (κυψέλη Grove). Αυτό το κύτταρο είχε σχεδόν διπλάσια τάση από την τάση του πρώτου κελιού του Daniel. Το δεύτερο κελί του ήταν από ένα «φυσικό αέριο βολταϊκής μπαταρίας» που ήταν ο πρόδρομος των σύγχρονων κυψελών καυσίμου.

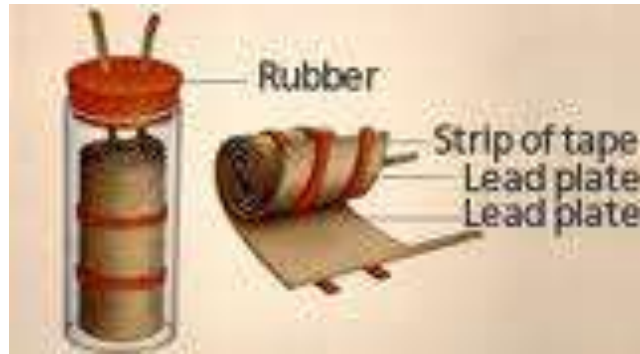
Σχετικά με το γεγονός και με βάση το πείραμα του, έστειλε ένα ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του νερού που χώριζε το νερό με τα συστατικά του υδρογόνου και του οξυγόνου. Έτσι, προσπάθησε αντιστρέφοντας την αντίδραση που συνδυάζει το υδρογόνο και το οξυγόνο να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και νερό.[10]

Μετά από 20 χρόνια, το 1859 ο Γάλλος εφευρέτης Gaston Planté παρήγαγε την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία αποθήκευσης ή αλλιώς συσσωρευτή.



Εικόνα 2-13: Ο Gaston Planté.

Μετά από πειράματα που είχε ανέπτυξε ένα μοντέλο μπαταρίας για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό περιείχε δύο φύλλα μολύβδου, που χωρίζονταν από μια ταινία καουτσούκ, τυλιγμένα σε μια σπείρα και βυθισμένα σε ένα διάλυμα που περιέχει περίπου 10% θειικού οξέος.



Εικόνα 2-14: Αρχή σχεδιασμού πρώτου μοντέλου της μπαταρίας του Planté.

Ένα χρόνο αργότερα παρουσίασε μια μπαταρία για την ακαδημία επιστημών που αποτελείται από εννέα από τα στοιχεία που περιγράφονται πιο πάνω, τα οποία ήταν τοποθετημένα σε ένα προστατευτικό κουτί με διάλυμα οξέος, με τα τερματικά να συνδέονται παράλληλα. Η μπαταρία του θα μπορούσε να παραδώσει εντυπωσιακά μεγάλα ρεύματα.[11]



Εικόνα 2-15: Η μπαταρία μολύβδου-οξέος του Planté.

Το 1868, ο γάλλος χημικός Γεώργιος Leclanché ανέπτυξε μια μπαταρία, η οποία περιείχε διάλυμα (ηλεκτρολύτη) χλωριούχου αμμωνίου, ένα αρνητικό τερματικό του ψευδαργύρου, καθώς και ένα θετικό ακροδέκτη του μαγγανίου. Αυτά ήταν τοποθετημένα σε ένα πορώδες δοχείο. Ο Γεώργιος Leclanche ήταν ο πρώτος που έφτιαξε ένα νέο σύστημα που έγινε αμέσως επιτυχία, στον οποίο κατοχυρώθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.[12]



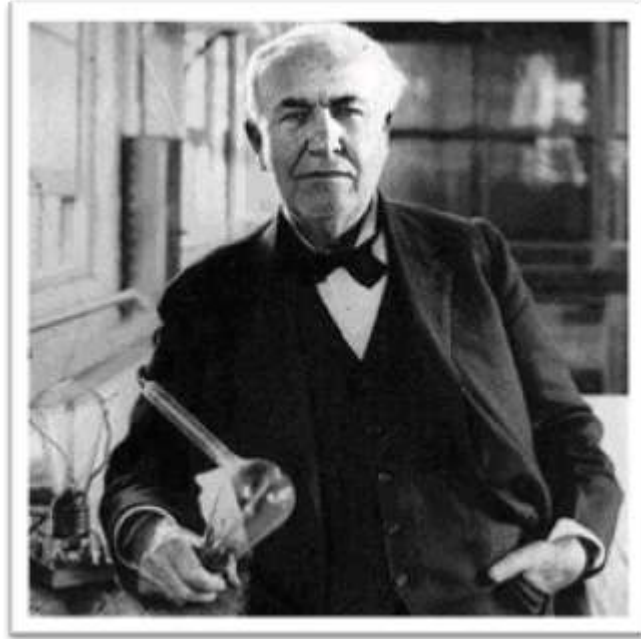
Εικόνα 2-16: Ο γάλλος Γεώργιος Leclanché



Εικόνα 2-17: Η νέα μπαταρία του Leclanché.

Το 1899, ο Waldmar Jungner από τη Σουηδία εφηύρε τη μπαταρία νικελίου-καδμίου (NiCd), η οποία χρησιμοποιεί νικέλιο για το θετικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος) και το κάδμιο για το αρνητικό (άνοδος). Το υψηλό κόστος υλικών σε σύγκριση με την μπαταρία μολύβδου-οξέος έκανε περιορισμένη την χρήση της.

Το 1901, 2 χρόνια αργότερα, ο αμερικανός εφευρέτης, επιστήμονας και επιχειρηματίας Thomas Alva Edison παράγει ένα εναλλακτικό σχέδιο αντικαθιστώντας το κάδμιο με σίδηρο. Η χαμηλή ενέργεια που παρουσίαζε, η κακή απόδοση σε χαμηλή θερμοκρασία και η αυτοεκφόρτιση περιόρισαν την επιτυχία των μπαταριών νικελίου-σιδήρου. Δεν ήταν μέχρι το 1932 που ο Shlecht και ο Ackermann κατάφεραν να δημιουργήσουν υψηλότερα ρεύματα φορτίου και βελτίωσαν τη μακροζωία των μπαταριών νικελίου-καδμίου (NiCd), ανακαλύπτοντας την πορώδες πλάκα του πόλου μπαταρίας.



Εικόνα 2-18: Ο Thomas Alva Edison

Το 1947, ο γερμανός Georg Neumann πέτυχε το σφράγισμα του κελιού της μπαταρίας. Για πολλά χρόνια η μπαταρία NiCd ήταν η μόνη επαναφορτιζόμενη μπαταρία για φορητές εφαρμογές.[13]



Εικόνα 2-19: Ο Georg Neumann.

Μετά την λήξη του Β' παγκόσμιου πολέμου, οι ερευνητές και πάλι θεώρησαν ότι η μπαταρία ήταν ένα αξιόλογο θέμα έρευνας. Έτσι το 1950, ο Lewis Urry, ένας μηχανικός που εργάζεται για την εταιρία Eveready (γνωστή σήμερα ως Energizer) ανέπτυξε μια μπαταρία που αποτελείται από διοξείδιο του μαγγανίου και σκόνη ψευδαργύρου, κοινώς οι αλκαλικές μπαταρίες. Οι εν λόγω μπαταρίες έπληξαν την αγορά το 1959, και απέδειξαν ότι ήταν ένα τεράστιο βήμα, στην εξέλιξη της μπαταρίας.[14]

Την δεκαετία του 1970, ύστερα από μια ομαδική προσπάθεια αναπτύχθηκε η ρυθμιζόμενη βαλβίδα της μπαταρίας μολύβδου-οξέος.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, επίσης από μια ομαδική συνεργασία δημιούργησαν και πέτυχαν την εμπορευματοποίηση της μπαταρίας νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH), μια παραλλαγή της μπαταρίας νικελίου-καδμίου (NiCd) της οποίας το ηλεκτρόδιο του καδμίου αντικαταστάθηκε από ένα κατασκευασμένο από υδρογόνο απορρόφησης κράμα. Οι μπαταρίες NiMH διαρκούσαν πολύ περισσότερο από ότι οι NiCd και ήταν επίσης πολύ πιο φιλικές προς το περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το κάδμιο είναι ένα πολύ τοξικό υλικό.[15]

Το 1991, η γνωστή ιαπωνική εταιρία Sony έβγαλε στην αγορά την μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-ion).

Το 1994, μια αμερικανική εταιρία, η Bellcore, παρουσιάζει μια βελτιωμένη μπαταρία λιθίου πολυμερών ιόντων (Li-Pol).

Δύο χρόνια αργότερα, το 1996, η εταιρία Moli Energy από τον Καναδά προωθεί στο εμπόριο την μπαταρία ιόντων λιθίου με μαγγάνιο (κάθοδος).

Την ίδια χρονιά το πανεπιστήμιο του Texas ανακαλύπτει την μπαταρία ιόντων λιθίου του φωσφόρου (Li-phosphate, LiFePO₄).

Τέλος, το 2002 το πανεπιστήμιο του Montreal, μια καναδική εταιρία διαχείρισης ηλεκτρισμού Quebec Hydro και το πανεπιστήμιο MIT βελτιώνουν και εμπορευματοποιούν την μπαταρία Li-phosphate και την νανοτεχνολογία.[16]

Παρακάτω, φαίνεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τη χρονολογική σειρά της εξέλιξης της μπαταρίας.

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ	ΕΦΕΥΡΕΤΗΣ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ
1600	William Gilbert (Αγγλος)	Ίδρυση και μελέτη ηλεκτροχημείας.
1791	Luigi Galvani (Ιταλός)	Ανακάλυψη του «ζωικού ηλεκτρισμού».
1800	Alessandro Volta (Ιταλός)	Εφεύρεση της βολταϊκής κυψέλης (δίσκους ψευδάργυρου, χαλκού).
1802	William Cruickshank (Αγγλος)	Η πρώτη ηλεκτρική μπαταρία ικανή για μαζική παραγωγή.
1820	André-Marie Ampère (Γάλλος)	Ηλεκτρική ενέργεια μέσω μαγνητισμού.
1833	Michael Faraday (Αγγλος)	Ανακοίνωση του νόμου του Faraday.
1836	John F. Daniel (Αγγλος)	Εφεύρεση της κυψέλης Daniel.
1839	William Robert Grove (Αγγλος)	Εφεύρεση της κυψέλης καυσίμου (H ₂ /O ₂).
1859	Gaston Planté (Γάλλος)	Εφεύρεση των μπαταριών μολύβδου-οξέος.
1868	Georges Leclanché (Γάλλος)	Εφεύρεση της κυψέλης Leclanché (άνθρακα - ψευδαργύρου).
1899	Waldmar Jungner (Σουηδός)	Εφεύρεση των μπαταριών νικελίου-καδμίου.
1901	Thomas Alva Edison (Αμερικανός)	Εφεύρεση των μπαταριών νικελίου-σιδήρου.

1932	Shlecht & Ackermann (Γερμανοί)	Εφεύρεση πόλου μπαταρίας από πορώδες πλάκα.
1947	Georg Neumann (Γερμανός)	Επιτυχής σφράγιση της μπαταρίας νικελίου-καδμίου (NiCd).
1950	Lew Urry (Καναδός)	Εφεύρεση των αλκαλικών μπαταριών μαγγανίου.
Δεκαετία 1970	Ομαδική προσπάθεια	Ανάπτυξη της ρυθμιζόμενης βαλβίδας μπαταρία μολύβδου οξέος.
1990	Ομαδική προσπάθεια	Εμπορευματοποίηση των μπαταριών νικελίου - υδριδίου μετάλλου (NiMH).
1991	Sony (Ιαπωνία)	Εμπορευματοποίηση της μπαταρίας ιόντων λιθίου.
1994	Bellcore (Αμερική)	Εμπορευματοποίηση των πολυμερών μπαταριών ιόντων λιθίου.
1996	Moli Energy (Καναδάς)	Παραγωγή μπαταριών ιόντων λιθίου με μαγγάνιο.
1996	Πανεπιστήμιο Texas (Αμερική)	Ανακάλυψη της μπαταρίας ιόντων λιθίου του φωσφόρου (LiFePO ₄).
2002	Πανεπιστήμιο Montreal, Quebec Hydro, MIT	Βελτίωση και εμπορευματοποίηση της μπαταρίας LiFePO ₄ , νανοτεχνολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

3.1 Αρχή λειτουργίας.

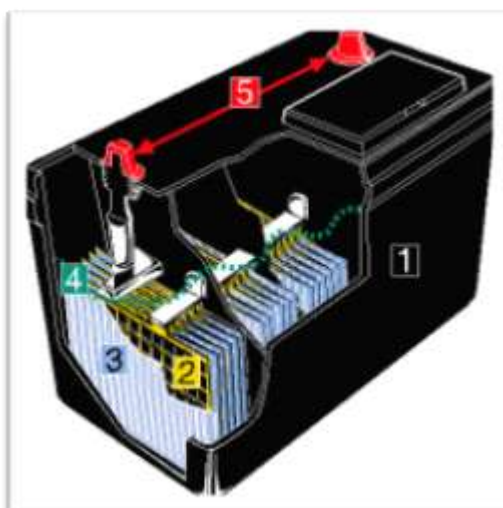
Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στην δημιουργία διαφοράς δυναμικού (τάσης) ανάμεσα σε δύο διαφορετικά στοιχεία (ηλεκτρόδια) όταν αυτά βρίσκονται σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη. Μία μπαταρία αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτροχημικά στοιχεία που με λίγα λόγια μετατρέπουν την χημική σε ηλεκτρική ενέργεια.[17]

3.2 Η δομή της μπαταρίας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της.

Γενικά υπάρχουν πολλών ειδών μπαταρίες, από μια απλή μπαταρία ρολογιού έως μια πολύ μεγάλη μπαταρία βιομηχανίας. Όλες όμως διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά ως προς τη δομή τους.

Αποτελούνται λοιπόν από το δοχείο ή το κουτί όπου περιέχονται τα υλικά της μπαταρίας. Μέσα στο δοχείο υπάρχουν 2 μεταλλικά ηλεκτρόδια ή πλάκες, ένα για το θετικό πόλο (+,άνοδος) και ένα για τον αρνητικό πόλο (-, κάθοδος). Ακόμη υπάρχει ένα υγρό ή στερεό υλικό που παίζει το ρόλο του ηλεκτρολύτη για να γίνει η αντίδραση με τα ηλεκτρόδια ώστε έτσι να υπάρξει ροή ιόντων.

Ένα ακόμη πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι οι κύκλοι λειτουργίας τους. Μπορούν να έχουν ρηχούς κύκλους λειτουργίας μεταξύ 10-15% της συνολικής δυναμικότητας της μπαταρίας ή βαθιούς κύκλους λειτουργίας με 50-80%. Για τους ρηχούς κύκλους λειτουργίας όπως αυτός ενός αυτοκινήτου όταν ξεκινά, οι μπαταρίες είναι σχεδιασμένες να δίνουν πολλά Ampere σε μικρό χρονικό διάστημα και στην συνέχεια το δυναμό επαναφορτίζει την μπαταρία άμεσα. Αυτές με τους βαθιούς κύκλους λειτουργίας παρέχουν λίγα Amp για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Στην περίπτωση χρήσης τους με ηλιακά συστήματα πρέπει να επιλέγουμε τέτοιου είδους μπαταρίες.[18]



Εικόνα 3-1: Η δομή μιας μπαταρίας αυτοκινήτου.

1 Ένα ανθεκτικό πλαστικό δοχείο.

2 Θετικές και αρνητικές εσωτερικές πλάκες από μόλυβδο ή οποιοδήποτε μέταλλο.

3 Διαχωριστικές πλάκες από πορώδες συνθετικό υλικό.

4 Ηλεκτρολύτης, ένα αραιό διάλυμα θειικού οξέος και νερού περισσότερο γνωστό ως οξύ μπαταρίας.

5 Πόλοι, το σημείο σύνδεσης μεταξύ της μπαταρίας και οποιουδήποτε κυκλώματος.

3.2.1 Δομή κυψελίδων-κυττάρων (Cell)

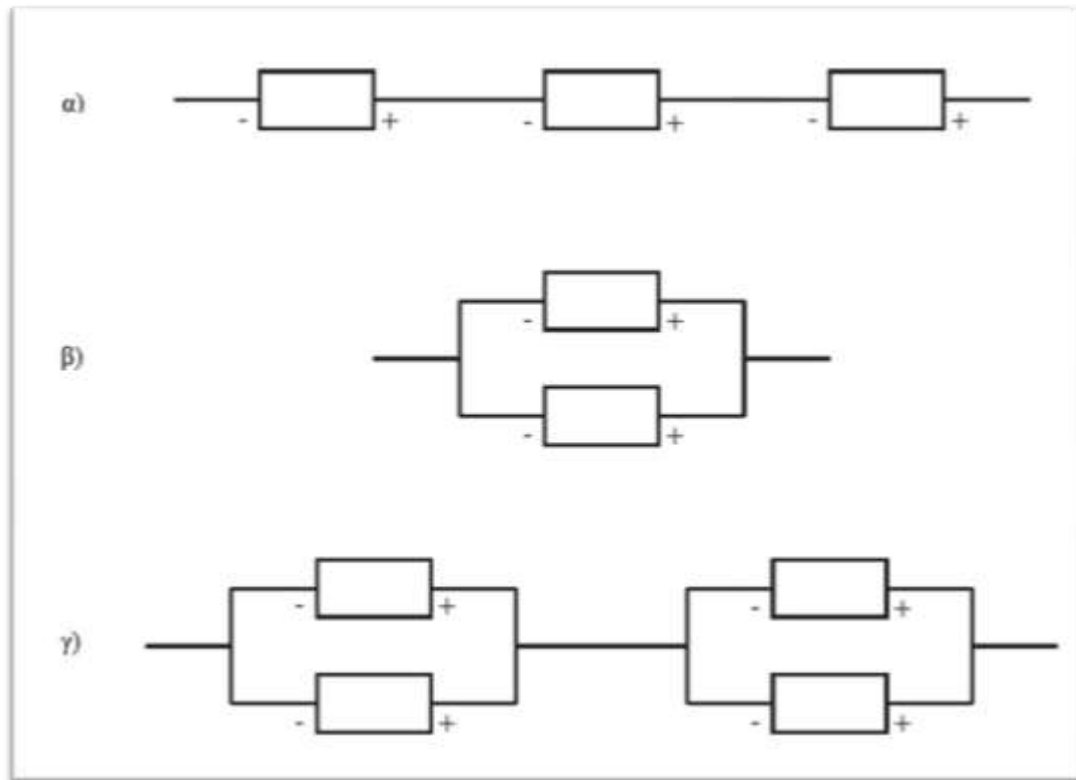
Ένα κύτταρο αποτελείται από έναν ηλεκτρολύτη και δύο ηλεκτρόδια, ανόδου και καθόδου. Η άνοδος είναι το ηλεκτρόδιο που δίνει ηλεκτρόνια και η κάθοδος είναι το οξειδωτικό ηλεκτρόδιο που δέχεται τα ηλεκτρόνια. Ο ηλεκτρολύτης και τα ηλεκτρόδια μπορούν να είναι κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά και οι διάφορες τεχνολογίες κελιών βασίζονται στην ονομασία τους. Ένας κοινός ηλεκτρολύτης αποτελείται συνήθως από ένα υγρό, όπως το νερό, περιέχοντας διαλυμένα άλατα, οξέα ή αλκάλια για τη βελτίωση της ιοντικής αγωγιμότητας. Στην περίπτωση του υγρού, τα ιόντα του ηλεκτρολύτη περιβάλλονται από ατμόσφαιρα ιόντων αντίθετου πρόσημου ή διπολικά μόρια του ηλεκτρολυτικού υγρού. Έτσι, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό ενός ηλεκτρολύτη και θέτει τα ιόντα σε κίνηση προς τον πόλο της μπαταρίας με αντίθετο πρόσημο.

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση ενός κυττάρου είναι η εσωτερική αντίσταση. Η αντίσταση (εμπέδηση) αποτελείται από διαφορετικούς τύπους αντίστασης λόγω της χημικής δομής του κυττάρου. Αυτά καταναλώνουν ένα μέρος της διαθέσιμης ενέργειας σε ένα κελί και εκπέμπουν θερμότητα, προκαλώντας πτώση τάσης κατά τη λειτουργία (επίσης γνωστό ως $I \cdot R$ ή ωμική πώλωση).

Βάρος και ενεργό υλικό μπορεί να διαφέρουν από κύτταρο σε κύτταρο λόγω της ατελούς διαδικασίας παραγωγής, προκαλώντας έτσι και διαφορετική αντίσταση μεταξύ των κυττάρων μέσα σε μια σειρά παραγωγής. Η θεωρητική ενέργεια που αποθηκεύεται σε ένα κελί είναι μόνο θεωρητική και διατίθεται σε χαμηλά ρεύματα λειτουργίας, όταν τα αποτελέσματα της εσωτερικής αντίστασης είναι μικρά. Για πολλές εφαρμογές, ειδικά στα ηλεκτροκίνητα οχήματα (EVs), τα μικρά ρεύματα δεν είναι ιδανική επιλογή. Τα κύτταρα για μια μπαταρία θα πρέπει να επιλέγονται από την ίδια σειρά παραγωγής τουλάχιστον για την ελαχιστοποίηση των διαφορών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι διαφορές των κυττάρων έχουν μεγάλη επίδραση στις μπαταρίες EVs, που περιέχουν τις εκατοντάδες των κυττάρων (8 πακέτα μπαταριών σε 1). Ακόμη και οι μικρές ανισοροπίες θα επηρεάζουν την απόδοσή τους ακόμη και τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

3.2.2 Συνδεσμολογία κυψελίδων-κυττάρων (Cell)

Σε γενικές γραμμές, μια μπαταρία αποτελείται από μία ή περισσότερες κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά ή και παράλληλα. Με τη σύνδεση των κυττάρων παράλληλα, η συνολική χωρητικότητα της μπαταρίας αυξάνεται, αλλά η τάση παραμένει ίδια. Η σύνδεση των κυττάρων σε σειρά έχει ως συνέπεια την αύξηση της συνολικής τάσης, ενώ η χωρητικότητα παραμένει η ίδια. Συνδυασμοί σε σειρά και παράλληλα είναι κοινά και έχουν σχεδιαστεί για να ταιριάζουν σε εφαρμογές χειρισμού.[19]



Εικόνα 3-2: α) Συνδεσμολογία σε σειρά, β) Παράλληλη συνδεσμολογία, γ) Συνδεσμολογία σειράς και παράλληλα.

3.3 Ηλεκτρικά μεγέθη μπαταρίας.

Υπάρχουν πολλών ειδών και τύπων μπαταρίες. Όλες όμως διακρίνονται από:

- Την **τάση** που έχουν στα άκρα των δύο πόλων τους (6 V, 12 V, 24 V κλπ.) ανάλογα την εφαρμογή.

- Την **εσωτερική αντίσταση** της μπαταρίας, που οφείλεται σε διάφορες επί μέρους αντιστάσεις, όπως η αντίσταση ανάμεσα στα ηλεκτρόδια και τον ηλεκτρολύτη, η αντίσταση των πλακών, η αντίσταση στις εσωτερικές συνδέσεις, η αντίσταση του ηλεκτρολύτη στην ροή των ιόντων (τα ιόντα είναι ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια τα οποία κινούνται στον ηλεκτρολύτη). Επιπροσθέτως, η εσωτερική αντίσταση εξαρτάται από την στάθμη φορτίσεως και την θερμοκρασία της μπαταρίας. Όσο εκφορτίζεται η μπαταρία ή πέφτει η θερμοκρασία της, τόσο αυξάνεται η εσωτερική αντίσταση. Οι κατασκευαστές μπορούν να μεταβάλλουν την εσωτερική αντίσταση αυξομειώνοντας την επιφάνεια των πλακών. Οι μπαταρίες με μεγάλο αριθμό πλακών (άρα και με μεγαλύτερη χωρητικότητα) έχουν χαμηλότερη εσωτερική αντίσταση. Καθώς οι μπαταρίες γερνάνε, ένα από τα προβλήματα που προκύπτουν είναι η αύξηση της εσωτερικής αντιστάσεώς τους.

- Την **χωρητικότητα** της ηλεκτρικής ισχύος-ενέργειας που μπορεί να διαθέσει μια μπαταρία σε οποιοδήποτε κύκλωμα που τροφοδοτεί. Αυτή μετριέται σε Αμπερώρια (Ah). Μια μπαταρία 40 Ah, υποδηλώνει πως παρέχει 40 Ampere συνεχούς ρεύματος (μόνο DC υπάρχει στις μπαταρίες) για 1 ώρα (h) ή 10 Amp για 4 ώρες ή 1 Amp για 40 ώρες και πάει λέγοντας.

- Την **πυκνότητα ισχύος (W/kg)**. Είναι η ροή της ισχύος ανά μονάδα μάζας ή του βάρους της μπαταρίας. Υποδηλώνει και την μέγιστη ισχύ που μπορεί να προσφέρει ένας συσσωρευτής. Μάλιστα σε εφαρμογές ηλεκτροκίνητων οχημάτων, βάση αυτού εξαρτώνται οι επιδόσεις ενός οχήματος (επιτάχυνση, τελική ταχύτητα).

- Την **ενεργειακή πυκνότητα μάζας (Wh/kg)**, που εκφράζει την ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί ανά μονάδα μάζας ή βάρους της μπαταρίας.

- Την **ενεργειακή πυκνότητα όγκου (Wh/m³)**. Είναι το συνολικό φορτίο που μπορεί να αποθηκευτεί μία μπαταρία ανά μονάδα του όγκου της. Ισχύει για συγκεκριμένη περίοδο φόρτισης-εκφόρτισης και καθορίζει το μέγεθος της. Όσο μεγαλύτερη η ενεργειακή πυκνότητα τόσο μικρότερος ο όγκος της μπαταρίας.

Τέλος, ο **βαθμός απόδοσης (η)**. Είναι ο λόγος της ενέργειας που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ενέργεια που απορροφάται κατά τη φόρτιση.[20]

3.4 Κατηγορίες και τύποι μπαταριών.

Υπάρχουν δυο ειδών κατηγορίες μπαταριών. Η πρώτη κατηγορία είναι οι μπαταρίες πρώτης (A) τάξης ή κύριες μπαταρίες, οι οποίες όταν χρησιμοποιηθούν και εξαντληθεί η ενέργειά τους είναι «άχρηστες» για να ξαναχρησιμοποιηθούν. Μια κύρια μπαταρία είναι μια πηγή ενέργειας για φορητές, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, για φωτισμό, για φωτογραφικό εξοπλισμό, για εξοπλισμό επικοινωνίας, για βοηθήματα ακοής, για ρολόγια, παιχνίδια και γενικά η χρήση της είναι για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών.

Σημαντικά πλεονεκτήματα της κύριας μπαταρίας είναι ότι είναι βολική, απλή και εύκολη στη χρήση, απαιτεί ελάχιστη, αν υπάρχει, συντήρηση και μπορεί να έχει μέγεθος και σχήμα ανάλογα με την εφαρμογή. Άλλα γενικά πλεονεκτήματα είναι η καλή διάρκεια ζωής, έχουν λογικές τιμές ενέργειας και πυκνότητας ισχύος, αξιοπιστία και αποδεκτό κόστος.

Παρόλο που μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφοροι συνδυασμοί μετάλλων για το σύστημα άνοδος-κάθοδος της κύριας μπαταρίας, μόνο ένα μέταλλο έχει καταφέρει να έχει επιτυχία στην πράξη. Αυτό είναι ο ψευδάργυρος (Zinc), που είναι το πιο δημοφιλές μέταλλο για την άνοδο πρωτογενούς μπαταρίας, λόγω της καλής ηλεκτροχημικής του συμπεριφοράς, της υψηλής ηλεκτροχημικής ισοδυναμίας, της συμβατότητας με τον υδατικό ηλεκτρολύτη όπως επίσης και της καλής διάρκειας ζωής που παρουσιάζει, το χαμηλό κόστος και την διαθεσιμότητα ως πρώτη ύλη. Το αλουμίνιο επίσης είναι ελκυστικό λόγω του υψηλού ηλεκτροχημικού δυναμικού και της ηλεκτροχημικής ισοδυναμίας και της διαθεσιμότητας. Όμως λόγω της παθητικότητάς του, έχει περιορισμένη ηλεκτροχημική απόδοση και δεν έχει αναπτυχθεί με επιτυχία σε ένα σύστημα κύριας μπαταρίας. Το μαγνήσιο έχει ελκυστικές ηλεκτρικές ιδιότητες και χαμηλό κόστος και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε μια ενεργό κύρια μπαταρία, ιδιαίτερα για τις στρατιωτικές εφαρμογές, λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητάς του και της καλής διάρκειας ζωής του.

Τώρα υπάρχει μια αυξανόμενη εστίαση στην μπαταρία λιθίου, η οποία έχει την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και πρότυπο δυναμικό όλων των μετάλλων. Η άνοδος λιθίου στα συστήματα μπαταρίας, χρησιμοποιεί μια σειρά από διαφορετικούς μη υδατικούς ηλεκτρολύτες στα οποία το λίθιο είναι σταθερό στα διαφορετικά υλικά καθόδου. Προσφέρουν τη δυνατότητα για υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και στα χαρακτηριστικά των επιδόσεων των συστημάτων πρωτοβάθμιων μπαταριών.

Αυτές είναι:

- α) Μπαταρίες Ψευδαργύρου - Άνθρακα (Zinc-Carbon Batteries)
- β) Μπαταρίες Μαγνησίου – Αλουμινίου (Magnesium and Aluminum Batteries)
- γ) Μπαταρίες αλκαλικών ηλεκτρικών στηλών με διοξείδιο του Μαγγανίου (Alkaline-Manganese Dioxide Batteries)
- δ) Μπαταρίες οξειδίου του Υδραργύρου (Mercuric Oxide Batteries)
- ε) Μπαταρίες οξειδίου του Αργύρου (Silver Oxide Batteries)

ζ) Μπαταρίες Ψευδαργύρου/Αέρα - μπαταρίες σε σχήμα κουμπιού (Zinc/Air Batteries - Button Configuration)

στ) Μπαταρίες λιθίου (Lithium Batteries)

η) Μπαταρίες στερέου ηλεκτρολύτη (Solid-Electrolyte Batteries)

Όσον αφορά το κόστος η επιλογή κατάλληλης μπαταρίας γίνεται περιλαμβάνοντας την απόδοση της μπαταρίας κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες χρήσης, την λειτουργία στο πλαίσιο άλλων θερμοκρασιών και περιβαλλοντικών συνθηκών εάν υπάρχουν και την διάρκεια ζωής. Ο αντίκτυπος του ποσοστού εκφόρτισης και του κύκλου λειτουργίας (Duty Cycle) επίσης καθορίζει το κόστος. Η αλκαλική μπαταρία είναι μακράν η πιο οικονομική μπαταρία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από αυστηρές με μεγάλη κατανάλωση εφαρμογές όπως στα παιχνίδια και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Η χρήση των μπαταριών ψευδαργύρου-άνθρακα δεν συνιστάται στην χρήση ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής ή άλλων εφαρμογών.

Στην δεύτερη κατηγορία εντάσσονται οι μπαταρίες δευτέρας (B) τάξης ή δευτερεύοντες μπαταρίες, οι οποίες είναι ευρείας χρήσεως, μπορούν να επαναφορτιστούν και να χρησιμοποιηθούν ξανά. Χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές με πιο γνωστές τον φωτισμό, εφαρμογές έκτακτης ανάγκης και ετοιμότητας, σε αυτοκινητοβιομηχανίες, στην ανάφλεξη αυτοκίνησης ή και στον εξοπλισμό του. Ακόμη οι μικρότερες δευτεροβάθμιες μπαταρίες περιέχονται σε φορητές συσκευές όπως στα εργαλεία, στα παιχνίδια, στον φωτισμό και φωτογραφικά, στο ραδιόφωνο και πιο σημαντικά, στις καταναλωτικές ηλεκτρονικές συσκευές (υπολογιστές, βιντεοκάμερες, κινητά τηλέφωνα).

Πιο πρόσφατα, οι δευτεροβάθμιες μπαταρίες έχουν λάβει περισσότερο ενδιαφέρον ως πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα και σε εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Σημαντικά αναπτυξιακά προγράμματα έχουν κινηθεί προς τη βελτίωση των επιδόσεων των συγκεκριμένων τύπων μπαταριών και την ανάπτυξη νέων συστημάτων που να πληρούν τις αυστηρές προδιαγραφές των νέων αυτών εφαρμογών.

Οι εφαρμογές των δευτεροβάθμιων μπαταριών χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1) Οι εφαρμογές στις οποίες η δευτερεύουσα μπαταρία χρησιμοποιείται ως συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και φορτίζεται από μια πρωταρχική πηγή ενέργειας για να αποδώσει την ενέργειά του για το φορτίο σε πρώτη ζήτηση, όταν η πρωταρχική πηγή ενέργειας δεν είναι διαθέσιμη ή είναι ανεπαρκή για να χειριστεί τις απαιτήσεις φορτίου.

Παραδείγματα είναι η αυτοκινητοβιομηχανία και τα συστήματα των αεροσκαφών, αδιάλειπτης παροχής ισχύος και ο χρόνος αναμονής στις πηγές ενέργειας, καθώς και στις υβριδικές εφαρμογές.

2) Οι εφαρμογές στις οποίες η δευτερεύουσα μπαταρία έχει αποφορτιστεί (παρόμοια σε χρήση με μια κύρια μπαταρία) και να επαναφορτιστεί μετά τη χρήση, είτε στον εξοπλισμό με τον οποίο αποφορτίστηκε είτε χωριστά. Οι δευτεροβάθμιες μπαταρίες χρησιμοποιούνται με αυτό τον τρόπο για την ευκολία, για την μείωση του κόστους δεδομένου ότι μπορούν να επαναφορτιστούν και όχι να αντικατασταθούν ή για την διοχέτευση ενέργειας πέρα την ικανότητα των κύριων μπαταριών. Ηλεκτρονικά προϊόντα, ηλεκτρικά ή βιομηχανικά οχήματα, έλξη, και κάποιες σταθερές εφαρμογές της μπαταρίας ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

Οι δευτεροβάθμιες μπαταρίες εκτός από την ικανότητά τους να επαναφορτίζονται χαρακτηρίζονται επίσης από την υψηλή πυκνότητα ισχύος, από το επίπεδο προφίλ αποφόρτισης, καθώς έχουν καλές επιδόσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ωστόσο η πυκνότητα ενέργειας τους είναι συνήθως χαμηλότερη και η φόρτισή τους φτωχότερη από ότι εκείνες των κύριων μπαταριών. Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, όπως αυτές της τεχνολογίας ιόντων λιθίου έχουν υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας και καλύτερη φόρτιση. Η πυκνότητα ισχύος μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά λόγω της χρήσης ακατάλληλων διαλυτών σε ηλεκτρολύτη, που έχουν χαμηλότερη αγωγιμότητα από το υδατικό ηλεκτρολύτη.

Αυτές είναι:

- α) Μπαταρίες Μολύβδου-οξέος (Lead-Acid Batteries)
- β) Μπαταρίες ηλεκτροδίου Σιδήρου (Iron Electrode Batteries)
- γ) Βιομηχανικές και διαστημικές μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου (Industrial and Aerospace Nickel-Cadmium Batteries)
- δ) Μπαταρίες Νικελίου-Ψευδάργυρου (Nickel-Zinc Batteries)
- ε) Μπαταρίες Νικελίου-Υδρογόνου (Nickel-Hydrogen Batteries)
- ζ) Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Lithium-Ion Batteries)

Το κόστος των μπαταριών Β' τάξης περιλαμβάνει τον αριθμό κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης σε μια εφαρμογή κατά τη διάρκεια ζωής τους, την συντήρηση και το κόστος ανά κιλοβατώρα. Η μπαταρία μολύβδου-οξέος είναι μακράν η λιγότερο δαπανηρή. Ωστόσο το κόστος εξαρτάται και από το μέγεθος των στοιχείων των μπαταριών αυτών καθώς και από την χωρητικότητα που διαθέτουν.

Ακόμη υπάρχουν 2 κατηγορίες που η πρώτη αναφέρεται στις προηγμένες μπαταρίες για ηλεκτρικά οχήματα και η δεύτερη είναι οι κυψέλες καυσίμου (γνωστά ως Fuel Cells) που θα αναλυθούν στην συνέχεια.

3.5 Μπαταρίες Α' τάξης.

3.5.1 Μπαταρίες Ψευδαργύρου - Άνθρακα (Zinc-Carbon Batteries)



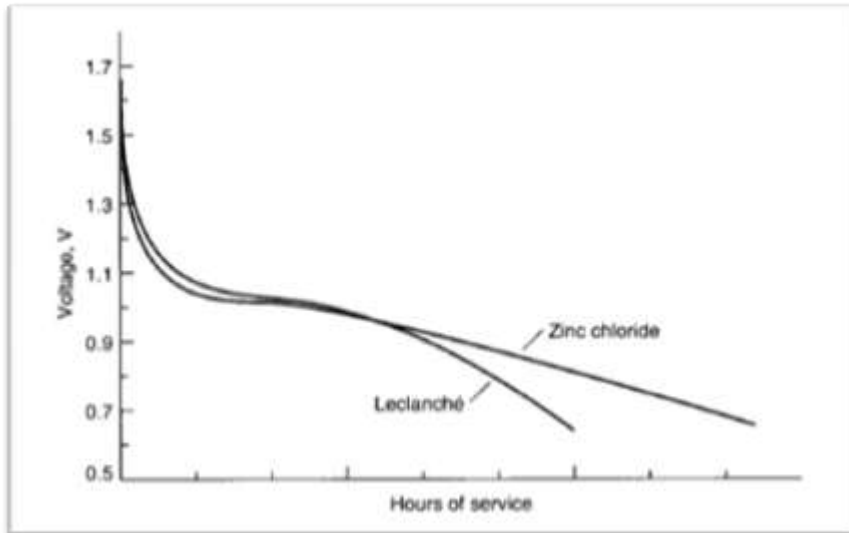
Εικόνα 3-3:Μια τυπική μπαταρία Ψευδαργύρου-άνθρακα.

3.5.1.1 Γενικά

Οι τύποι μπαταριών ψευδαργύρου-άνθρακα είναι πολύ γνωστοί για πάνω από 100 χρόνια. Οι δύο γνωστοί τύποι μπαταριών ψευδαργύρου-άνθρακα που είναι δημοφιλείς σήμερα είναι οι «Leclanche» και οι τύποι μπαταριών ψευδαργύρου-χλωριδίου (Zinc-chloride). Και οι δυο χρησιμοποιούνται ευρέως παγκοσμίως, αν και η χρήση τους στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρώπη μειώνεται. Η χρήση των φακών και φορητών ραδιοφώνων και άλλες μέτριες και ελαφριές εφαρμογές καθώς και η απουσία υψηλού συστήματος κατανάλωσης, ενθαρρύνουν τη χρήση των μπαταριών ψευδαργύρου-άνθρακα στις αναδυόμενες πλέον τρίτες χώρες του κόσμου. Η μπαταρία αυτού του τύπου έχει χαρακτηριστεί με χαμηλό κόστος, άμεση διαθεσιμότητα και αποδεκτή επίδοση για ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών.

Στάνταρ Μπαταρία «Leclanche»	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> -Χαμηλό κόστος κυττάρων. -Χαμηλό κόστος ανά Watt-ωρών. -Μεγάλη ποικιλία σε σχήματα, μεγέθη, τάσεις, και χωρητικότητες. -Ευρεία διανομή και διαθεσιμότητα. -Μακροχρόνια παράδοση αξιοπιστίας. 	<ul style="list-style-type: none"> -Χαμηλή πυκνότητα ενέργειας. -Φτωχή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. -Φτωχή αντίσταση διαρροής κάτω από καταχρηστικές συνθήκες. - Χαμηλή απόδοση κάτω από υψηλά ρεύματα διαρροής. - Συγκριτικά μικρή διάρκεια ζωής. -Η τάση πέφτει σταθερά κατά την αποφόρτιση.
Στάνταρ Μπαταρία Ψευδαργύρου – χλωριδίου	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> -Υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας. -Καλύτερη συμπεριφορά σε χαμηλές θερμοκρασίες. - Καλή αντίσταση διαρροής. - Υψηλή απόδοση κάτω από ιδιαίτερα αυξημένες εκφορτίσεις. 	<ul style="list-style-type: none"> -Υψηλό ποσοστό αεριοποίησης. - Απαιτεί άριστο σύστημα σφράγισης λόγω της αυξημένης ευαισθησίας στο οξυγόνο.

Η καμπύλη της εκφόρτισης είναι μια γραφική αναπαράσταση της τάσης κλειστού κυκλώματος (τάση λειτουργίας) σε συνάρτηση με το χρόνο. Όπως φαίνεται παρακάτω έχει το χαρακτήρα μίας S καμπύλης ανάλογα με το βάθος της απαλλαγής. Η εικόνα 3-5 παρουσιάζει τις τυπικές καμπύλες εκφόρτισης αυτών των τύπων μπαταριών.

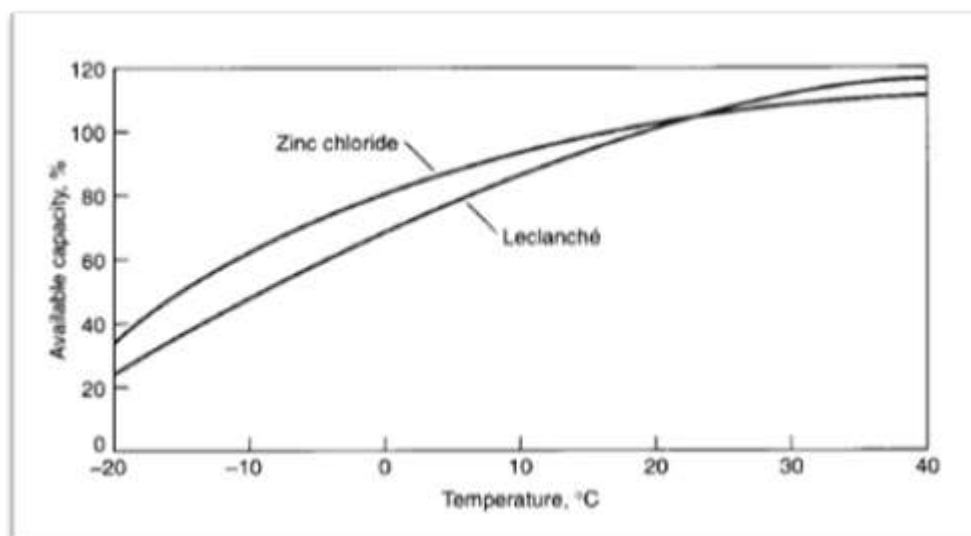


Εικόνα 3-4: Σύγκριση μπαταριών των τυπικών καμπυλών εκφόρτισης μεταξύ «Leclanche» και Ψευδαργύρου – χλωριδίου.

3.5.1.2 Επίδραση της θερμοκρασίας.

Οι μπαταρίες Ψευδαργύρου – άνθρακα λειτουργούν καλύτερα σε ένα εύρος θερμοκρασίας 20° – 30° C . Η παραγωγή ενέργειας της μπαταρίας αυξάνεται με υψηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας, αλλά η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες (>50° C) προκαλεί ταχεία επιδείνωση. Η χωρητικότητα μπαταρίας «Leclanche» μειώνεται ραγδαία με την μείωση της θερμοκρασίας όχι περισσότερο από 65% στους 0° C και είναι ουσιαστικά εκτός λειτουργίας στους -20° C. Οι μπαταρίες Ψευδαργύρου-χλωριδίου παρέχουν 15% επιπλέον χωρητικότητα στους 0° C, ενώ σε θερμοκρασία δωματίου παρέχει επιπλέον 80% της χωρητικότητας.

Η επίδραση της θερμοκρασίας της διαθέσιμης χωρητικότητας της μπαταρίας ψευδαργύρου-άνθρακα (μπαταρίες «Leclanche» και Ψευδαργύρου-χλωριδίου) παρουσιάζεται γραφικά παρακάτω για γενικής χρήσης και βαρέως τύπου μπαταρίες.



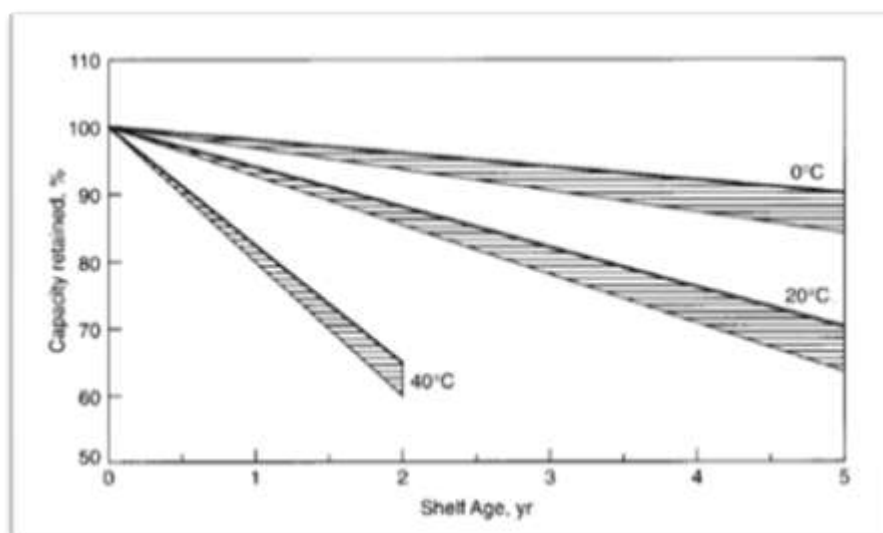
Εικόνα 3-5: Ποσοστό της διαθέσιμης χωρητικότητας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, σε συσκευή ραδιοφώνου.

3.5.1.3 Διάρκεια ζωής.

Οι μπαταρίες ψευδαργύρου-άνθρακα χάνουν προοδευτικά την χωρητικότητά τους όσο είναι σε αδράνεια. Η επιδείνωση αυτή είναι μεγαλύτερη για μερικώς αποφορτισμένες μπαταρίες σε σχέση με μη χρησιμοποιημένες μπαταρίες.

Η διάρκεια ζωής ή ο ρυθμός απώλειας της χωρητικότητας επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Οι υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν την απώλεια ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες την επιβραδύνουν. Όταν η αποθήκευση ενέργειας γίνεται σε ψυχρές θερμοκρασίες η διάρκεια ζωής τους αυξάνεται.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τη διατήρηση της χωρητικότητας μιας μπαταρίας ψευδαργύρου - άνθρακα μετά την αποθήκευση στους 40, 20, και 0° C σε συνάρτηση με τα χρόνια. Η διατήρηση χωρητικότητας μιας μπαταρίας ψευδαργύρου-χλωριδίου είναι υψηλότερη από αυτή της μπαταρίας «Leclanche» λόγω των βελτιωμένων διαχωριστών (διαχωριστής με επικάλυψη από χαρτί), το σύστημα σφράγισης και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτό το σχεδιασμό.



Εικόνα 3-6: Η διατήρησης χωρητικότητας μετά την αποθήκευση στους 40, 20, 0 C για μπαταρίες ψευδαργύρου-χλωριδίου.

Οι μπαταρίες που αποθηκεύουν την ενέργεια στους -20° C διατηρούν περίπου το 80% - 90% της αρχικής τους δυναμικότητας μετά από 10 χρόνια. Η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι μια συμφέρουσα μέθοδος για τη διατήρηση της χωρητικότητας της μπαταρίας. Η θερμοκρασία αποθήκευσης στους 0° C είναι πολύ αποτελεσματική. Όταν οι μπαταρίες έχουν αφαιρεθεί από την «κρύα» αποθήκευση, θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να φτάσουν σε θερμοκρασία δωματίου, ώστε να παρέχουν ικανοποιητικές επιδόσεις.

3.5.2 Μπαταρίες Μαγνησίου – Αλουμινίου (Magnesium and Aluminum Batteries)



Εικόνα 3-7: Μπαταρία Μαγνησίου-Αλουμινίου.

3.5.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά.

Το μαγνήσιο και το αλουμίνιο είναι ελκυστικά υποψήφια για χρήση ως υλικά ανόδου στις πρωτοβάθμιες μπαταρίες. Έχουν υψηλό πρότυπο δυναμικό και χαμηλό ατομικό βάρος. Επιπλέον, είναι άφθονα σαν πρώτη ύλη και σχετικά φθηνά. Αυτός ο τύπος μπαταρίας έχει δύο βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις μπαταρίες ψευδαργύρου-άνθρακα, δηλαδή, έχει δύο φορές τη διάρκεια ζωής ή τη χωρητικότητα της μπαταρίας ψευδαργύρου ισοδύναμου μεγέθους και μπορεί να διατηρήσει αυτή την ικανότητα κατά την αποθήκευση ακόμη και σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτή η εξαιρετική ικανότητα αποθήκευσης οφείλεται σε μια προστατευτική μεμβράνη που σχηματίζεται στην επιφάνεια της ανόδου του μαγνησίου.

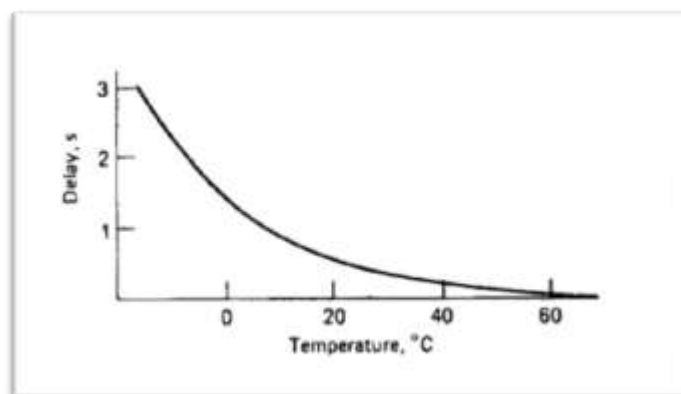
Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μπαταριών Μαγνησίου.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none">-Καλή διατήρηση της παραγωγικής ικανότητας, ακόμη και κάτω από υψηλή θερμοκρασία αποθήκευσης.-Διπλάσια χωρητικότητα των αντίστοιχων μπαταριών «Leclanche».-Υψηλότερη τάση της μπαταρίας από μπαταρίες ψευδαργύρου –άνθρακα.-Ανταγωνιστικό κόστος.	<ul style="list-style-type: none">-Η καθυστερημένη δράση (τάση καθυστέρησης).-Εξέλιξη του υδρογόνου κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης.-Θερμότητα που παράγεται κατά τη χρήση.-Η φτωχή αποθήκευση μετά από μερική εκφόρτιση.

Μερικά επιπλέον μειονεκτήματα της μπαταρίας μαγνησίου είναι η «τάση καθυστέρησης» (καθυστέρηση στην ικανότητα της μπαταρίας να προσφέρει την πλήρη τάση εξόδου αφού έχει τεθεί υπό φορτίου) και η παρασιτική διάβρωση του μαγνησίου που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης και εφόσον η προστατευτική μεμβράνη έχει αφαιρεθεί, παράγοντας

υδρογόνο και θερμότητα. Η μπαταρία του μαγνησίου χάνει επίσης σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα αποθήκευσης μετά από μερική αποφόρτιση και, ως εκ τούτου, δεν είναι ικανοποιητική για τη μακροπρόθεσμη χρήση. Για τους λόγους αυτούς, το ενεργό μαγνήσιο της μπαταρίας, ενώ χρησιμοποιείται με επιτυχία σε στρατιωτικές εφαρμογές, όπως εφαρμογές με πομποδέκτες ραδιόφωνο και έκτακτης ανάγκης ή σε εφαρμογές εξοπλισμού και κατάσταση αναμονής δεν έχει βρει την ευρεία χρήση εμπορική αποδοχή.

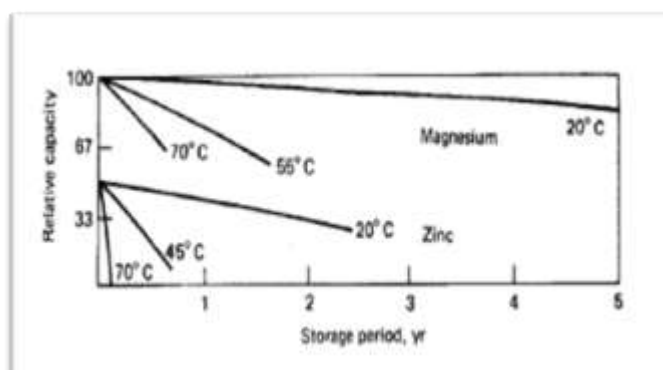
Το αλουμίνιο δεν έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε μια ενεργή κύρια μπαταρία παρά το δυναμικό της πλεονεκτήματα. Όπως και στο μαγνήσιο υπάρχει ένα προστατευτικό φιλμ, το οποίο είναι επιζήμιο στην απόδοση της μπαταρίας με αποτέλεσμα η τάση της μπαταρίας να είναι σημαντικά μικρότερη από τη θεωρητική τιμή και προκαλώντας μια «τάση καθυστέρησης», μπορεί να είναι σημαντική για μπαταρίες μερικώς αποφορτισμένες ή πλήρως φορτισμένες. Ενώ η προστατευτική μεμβράνη οξειδίου μπορεί να αφαιρεθεί με τη χρήση κατάλληλων ηλεκτρολυτών, μας αποφέρει επιταχυνόμενη διάβρωση και κακή διάρκεια ζωής.



Εικόνα 3-8: Τάση καθυστέρησης εναντίον της θερμοκρασίας. Μπορεί να είναι μεγαλύτερη (έως και 1 λεπτό ή περισσότερο) για τις εκφορτίσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες, και μετά από παρατεταμένη αποθήκευση σε υψηλές θερμοκρασίες.

3.5.2.2 Διάρκεια ζωής.

Η διάρκεια ζωής του μαγνησίου - διοξειδίου του μαγγανίου ως σύστημα κύριας μπαταρίας σε διάφορες θερμοκρασίες αποθήκευσης συγκρίνεται με τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας ψευδαργύρου - άνθρακα στο παρακάτω γράφημα (εικόνα 3-9). Η μπαταρία μαγνησίου έχει σημειωθεί για την εξαιρετική διάρκεια ζωής της. Η μπαταρία μπορεί να αποθηκεύει για περίοδο 5 χρόνων ή περισσότερο στους 20° C με συνολική απώλεια χωρητικότητας από 10 έως 20 % και σε θερμοκρασίες που φθάνουν μέχρι 55° C με απώλειες της τάξης του 20 % ανά έτος.



Εικόνα 3-9: Σύγκριση της σχετικής χωρητικότητας σε σχέση με την περίοδο αποθήκευσης μπαταριών μαγνησίου με αυτές του ψευδαργύρου.

3.5.3 Αλκαλικές μπαταρίες με διοξείδιο του Μαγγανίου (Alkaline-Manganese dioxide batteries).

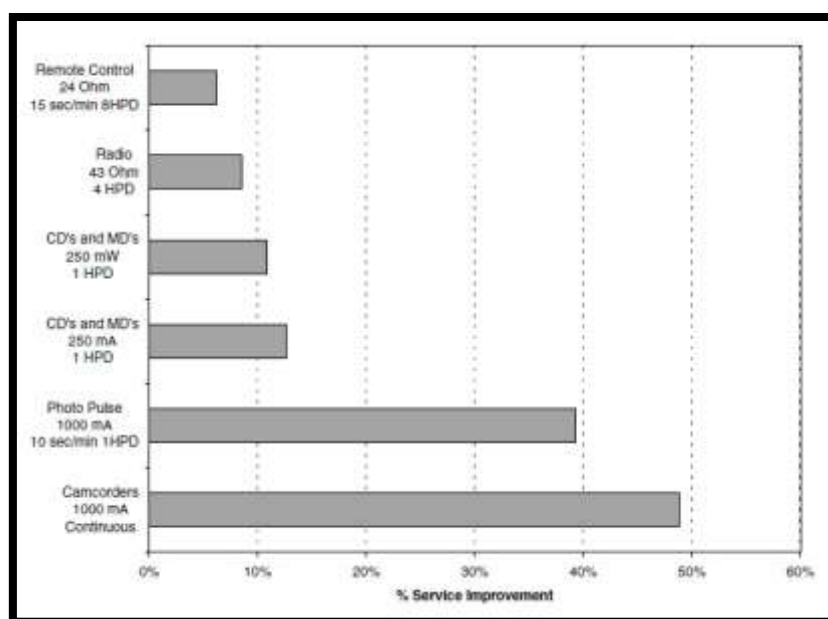


Εικόνα 3-10: Επαγγελματική αλκαλική μπαταρία διοξειδίου του μαγγανίου.

3.5.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Από την εισαγωγή του στις αρχές της δεκαετίας του 1960, η αλκαλική μπαταρία διοξειδίου του μαγγανίου έχει γίνει το κυρίαρχο σύστημα μπαταριών στην αγορά φορητών μπαταριών. Και αυτό επειδή το αλκαλικό σύστημα αναγνωρίζεται για τα πολλά πλεονεκτήματα που έχει σε σχέση με την μπαταρία «Leclanche» ή της ψευδαργύρου - άνθρακα. Πιο πρόσφατα, η αναπτυξιακή προσπάθεια έχει επικεντρωθεί στην ενίσχυση της απόδοσης της μπαταρίας σε υψηλά ποσοστά εκφόρτισης για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ισχύος των νέων φορητών ηλεκτρονικών εξοπλισμών όπως ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, βιντεοκάμερες, κινητά τηλέφωνα και PDAs.

Μερικά παραδείγματα από την έκταση της εν λόγω βελτίωσης φαίνεται στην εικόνα παρακάτω.



Εικόνα 3-11: Τυπικές βελτιώσεις στην απόδοση για premium αλκαλικές μπαταρίες - διοξειδίου του μαγγανίου (μεγέθους AA) σε σχέση με standar τύπου AA μπαταρίες μεγέθους για διάφορες εφαρμογές.

Οι μπαταρίες αυτού του τύπου παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με αυτές του τύπου ψευδάργυρου - άνθρακα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none"> -Υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας. - Καλύτερη απόδοση λειτουργίας, συνεχής και διακοπτόμενη. - Χαμηλή εσωτερική αντίσταση. - Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. - Μεγαλύτερη αντοχή σε διαρροή. - Καλύτερη σταθερότητα διαστάσεων. 	<ul style="list-style-type: none"> -Αρκετά υψηλό αρχικό κόστος.

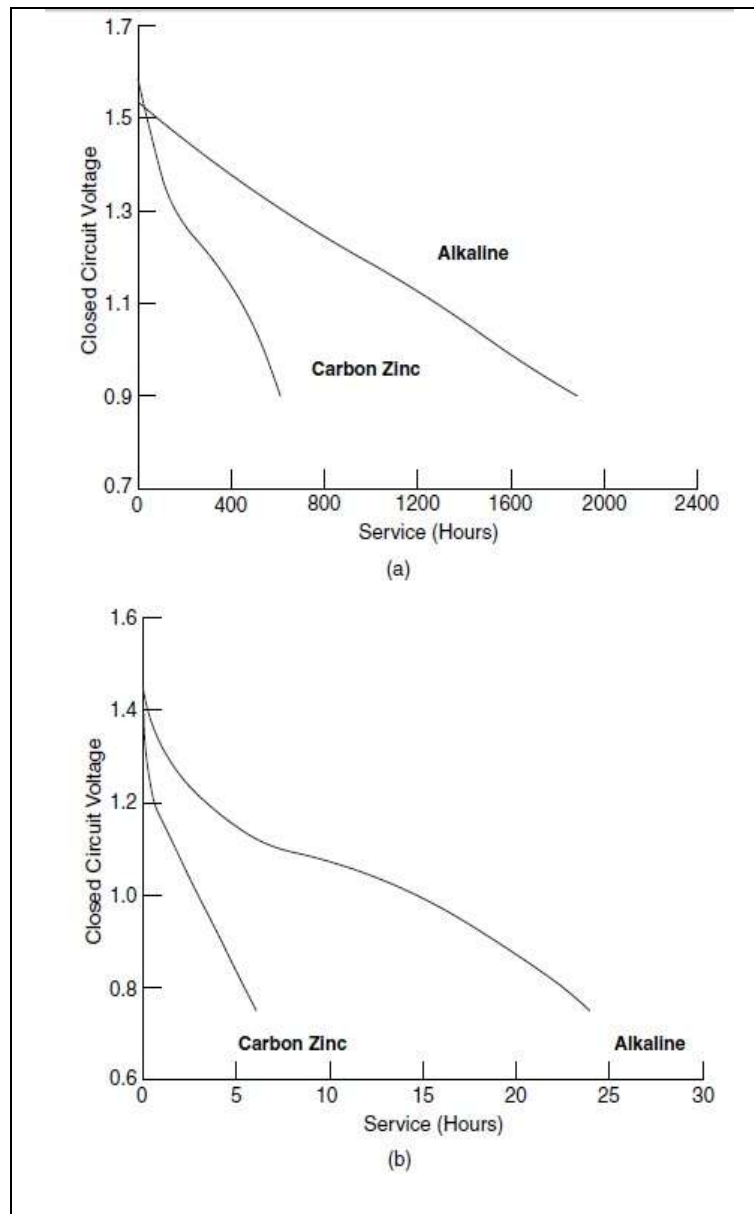
3.5.3.2 Χαρακτηριστικά επιδόσεων – απόδοσης και σύγκριση με τις μπαταρίες τύπου «Leclance».

Οι αλκαλικές μπαταρίες διοξειδίου του μαγγανίου έχουν σχετικά υψηλή θεωρητική χωρητικότητα από ότι οι μπαταρίες τύπου «Leclance» του ίδιου μεγέθους. Για το λόγο αυτό το κύτταρο της μπαταρίας αλκαλίου-μαγγανίου που χρησιμοποιεί το διοξείδιο του μαγγανίου έχει πολύ μεγαλύτερο βαθμό καθαρότητας και δραστηριότητας από ότι όταν χρησιμοποιείται σε κύτταρο μπαταρίας «Leclance». Επιπλέον, μπορεί να λειτουργήσει με μικρή ποσότητα ηλεκτρολύτη από ότι του τύπου «Leclance» και επίσης διατηρεί χαμηλή εσωτερική αντίσταση μέχρι το τέλος της ζωής της.

Παρακάτω στην εικόνα 3-12, φαίνεται η σύγκριση επιδόσεων δύο διαφορετικών τύπων μπαταριών με την τάση λειτουργίας σε συνάρτηση με την διάρκεια λειτουργίας σε ώρες.

α) Τυπική δοκιμή με ελαφριά εφαρμογή καταναλωτή 30 mA σε συνεχή λειτουργία στους 20° C.

β) Τυπική δοκιμή με μεγαλύτερο φορτίο κατανάλωσης 500 mA σε συνεχή λειτουργία στους 20° C.



Εικόνα 3-12: Σύγκριση επιδόσεων αλκαλικών μπαταριών διοξειδίου του μαγγανίου με μπαταρίες ψευδάργυρου-άνθρακα.

3.5.4 Μπαταρίες οξειδίου του Υδραργύρου (Mercuric Oxide Batteries).



Εικόνα 3-13: Όψη ενός τύπου μπαταρίας οξειδίου του υδραργύρου.

3.5.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Οι μπαταρίες οξειδίου του υδραργύρου είναι γνωστές για την υψηλή χωρητικότητα ανά μονάδα όγκου, για την σταθερή τάση εξόδου και τα καλά χαρακτηριστικά αποθήκευσης. Τα χαρακτηριστικά συμφέρουν ιδιαίτερα σε εφαρμογές όπως ρολόγια, φωτογραφικές μηχανές, σε ορισμένους βηματοδότες και γενικότερα σε μικρούς ηλεκτρονικούς εξοπλισμούς όπου χρησιμοποιούνται ευρέως. Κατά τα τελευταία χρόνια, στην αγορά οι μπαταρίες οξειδίου του υδραργύρου έχουν σχεδόν εξαλειφθεί, κυρίως λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με τον υδράργυρο και το κάδμιο. Έχουν αφαιρεθεί από τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) και το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων (ANSI). Σε εφαρμογές, έχουν αντικατασταθεί από αλκαλικό-διοξείδιο του μαγγανίου, ψευδαργύρου-αέρα, οξείδιο του αργύρου και μπαταρίες λιθίου.

Σύνοψη των χαρακτηριστικών των δυο συστημάτων μπαταρίας.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Ψευδάργυρος –Οξείδιο του υδραργύρου	
<ul style="list-style-type: none"> -Υψηλή αναλογία ενέργειας ανά όγκο, 450 Wh/L . -Μεγάλη διάρκεια ζωής κάτω από αντίξοες συνθήκες αποθήκευσης. -Υψηλή ηλεκτροχημική απόδοση. -Υψηλή αντίσταση στην κρούση, την επιτάχυνση, και τις δονήσεις. -Πολύ σταθερή τάση ανοικτού κυκλώματος, 1.35 V. -Επίπεδη καμπύλη εκφόρτισης πάνω από ένα ευρύ φάσμα ρεύματος διοχέτευσης. 	<ul style="list-style-type: none"> -Είναι ιδιαίτερα ακριβές, αν και χρησιμοποιούνται ευρέως σε μικροσκοπικά μεγέθη αλλά μόνο σε ειδικές εφαρμογές στα μεγαλύτερα μεγέθη. -Μετά από μεγάλη περίοδο αποθήκευσης, οι ηλεκτρολύτες τείνουν να διαρρεύσουν από τη μόνωση, η οποία αναγνωρίζεται από λευκό κατακάθι (ανθρακικό άλας) στη μόνωση. -Μέτρια αναλογία ενέργειας προς το βάρος. -Κακές επιδόσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες. -Η διάθεση των ποσοτήτων των χρησιμοποιημένων ηλεκτρικών στηλών δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα.
Κάδμιο – Οξείδιο του υδραργύρου	
<ul style="list-style-type: none"> -Μεγάλη διάρκεια ζωής κάτω από αντίξοες συνθήκες αποθήκευσης. -Επίπεδη καμπύλη εκφόρτισης πάνω από ένα ευρύ φάσμα ρεύματος διοχέτευσης. -Δυνατότητα να λειτουργεί αποτελεσματικά σε ένα φάσμα από μεγάλες θερμοκρασίες, ακόμα και σε ακραίες υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. -Μπορεί να είναι ερμητικά κλειστό, λόγω της δημιουργίας αερίων χαμηλού επιπέδου. 	<ul style="list-style-type: none"> -Οι μπαταρίες είναι πιο ακριβές από τις ψευδαργύρου - οξειδίου του υδραργύρου λόγω του υψηλού κόστους του καδμίου. -Έχουν χαμηλή τάση εξόδου (τάση ανοικτού κυκλώματος $V_{oc} = 0,90 \text{ Volt}$). -Μέτρια αναλογία ενέργειας προς τον όγκο. -Χαμηλή αναλογία ενέργειας ανά βάρος. -Η διάθεση των χρησιμοποιημένων ηλεκτρικών στηλών δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα, τόσο με το κάδμιο όσο με τον υδράργυρο που είναι τοξικά.

3.5.4.2 Επίδραση της θερμοκρασίας

Η μπαταρία ψευδάργυρου-οξειδίου του υδραργύρου είναι πιο κατάλληλη για χρήση σε κανονικές συνθήκες και υψηλές θερμοκρασίες 15 έως 45° C. Η εκφόρτιση μπαταριών σε θερμοκρασίες έως και 70° C είναι επίσης δυνατή εάν η περίοδος αποφόρτισης είναι σχετικά σύντομη. Γενικότερα, δεν αποδίδουν καλά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Κάτω από 0° C έχουν χαμηλή απόδοση εκτός εάν η κατανάλωση ρεύματος είναι χαμηλή.

3.5.4.3 Αποθήκευση ενέργειας.

Οι μπαταρίες ψευδάργυρου-οξειδίου του υδραργύρου έχουν καλά χαρακτηριστικά αποθήκευσης. Σε γενικές γραμμές αποθηκεύουν για περισσότερα από 2 χρόνια στους 20° C με απώλεια χωρητικότητας από 10 % έως 20 % και 1 έτος στους 45° C με περίπου ένα 20% απώλειες. Η αποθήκευση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, όπως κάτω από 20° C όπως και με άλλους τύπους μπαταριών, έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας αποθήκευσης. Η ικανότητα αποθήκευσης εξαρτάται από το φορτίο εκφόρτισης αλλά και από την δομή των στοιχείων. Η αποτυχία στην αποθήκευση οφείλεται συνήθως στην βλάβη των κυτταρικών ενώσεων μέσα στο στοιχείο το οποίο οδηγεί στην μείωση της πυκνότητας ρεύματος στην άνοδο. Περαιτέρω βλάβες παράγουν μια χαμηλή κατανάλωση εσωτερικά και έχουν πραγματική απώλεια της χωρητικότητας λόγω της αυτο-εκφόρτισης. Τελικά, η πλήρης αυτο-εκφόρτιση μπορεί να συμβεί, αλλά στους 20° C και κάτω από αυτές τις διαδικασίες χρειάζεται πολλά χρόνια.

Η μακροχρόνια ζωή αποθήκευσης είναι εντός των δυνατοτήτων του συστήματος τύπου οξειδίου του υδραργύρου. Για παράδειγμα, ένα κύτταρο-κελί με οξειδωμένη άνοδο έχει μια απώλεια χωρητικότητας στην περιοχή του μόνο 15% πάνω από 6 χρόνια χρήσης.

Για τις μπαταρίες καδμίου-οξειδίου του υδραργύρου η διάρκεια ζωής τους είναι εξαιρετικά καλή για ένα εύρος θερμοκρασιών από -55 έως 80° C. Είναι σχεδιασμένες να αντέχουν υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης. Η διάρκεια ζωής 10 ετών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος με απώλεια χωρητικότητας μικρότερη από 20% βρίσκεται στις δυνατότητες του συστήματος αυτού. Η αυξημένη θερμοκρασία αποθήκευσης είναι εξαιρετικά καλή (περίπου 15 % απώλεια ανά έτος στους 80° C) και αφού το ηλεκτρόδιο δεν μπορεί να παράγει υδρογόνο μπορούν τότε τα στοιχεία να είναι ερμητικά σφραγισμένα με ελάχιστο κίνδυνο διαρροής ηλεκτρολυτών ή τη νόθευση των κυττάρων.

3.5.5 Μπαταρίες οξειδίου του Αργύρου (Silver Oxide Batteries)



Εικόνα 3-14: Τύπος μπαταρίας οξειδίου του Αργύρου.



Εικόνα 3-15: Άλλος τύπος μπαταρίας ίδιας κατηγορίας.

3.5.5.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Η ενεργειακή πυκνότητα που προσφέρουν οι τύποι μπαταριών με οξείδιο του αργύρου είναι η υψηλότερη από τα υπόλοιπα συστήματα μπαταριών που τη καθιστά ιδανική για χρήση σε μικροσκοπικές, λεπτές μπαταρίες ή αποκαλούμενες μπαταρίες «κουμπιά». Η μπαταρία αυτή έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και κατά την αποθήκευση διατηρεί πάνω από το 95% της αρχικής χωρητικότητάς του μετά από 1 χρόνο σε θερμοκρασία δωματίου. Έχει επίσης καλή χαμηλή θερμοκρασία εκφόρτισης παρέχοντας περίπου το 70% της ονομαστικής ισχύος του στους 0° C και το 35% στους -20° C. Τα χαρακτηριστικά αυτά επέτρεψαν στις μπαταρίες ψευδαργύρου- οξειδίου του αργύρου να αποτελεί σημαντική μικροσκοπική πηγή ισχύος για ηλεκτρονικές συσκευές και εξοπλισμό. Όπως τα ρολόγια χειρός, οι αριθμομηχανές, σε εξοπλισμό ακοής, φωτογραφικές μηχανές και άλλες εφαρμογές που απαιτούν μικρές, λεπτές, υψηλής χωρητικότητας και μακρόχρονης διάρκειας ζωής μπαταρίες που εκφορτίζονται με μια σταθερή τάση. Η χρήση αυτών των τύπων μπαταριών σε μεγαλύτερα μεγέθη είναι περιορισμένη από το υψηλό κόστος του αργύρου.

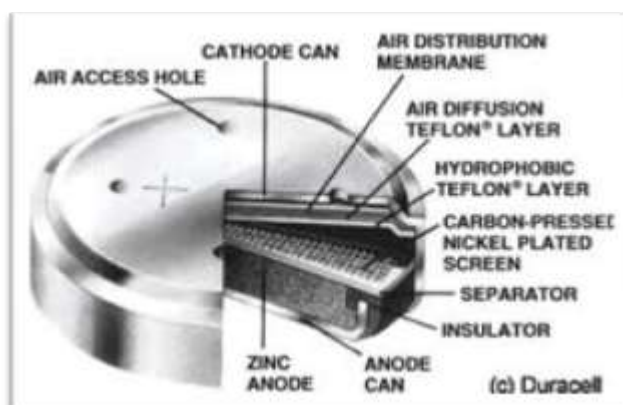
Κατασκευάζονται με ένα ευρύ φάσμα μεγεθών από 5 έως 250 mAh.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
-Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. -Η καλή ρύθμιση τάσης, υψηλό ποσοστό χωρητικότητας. -Επίπεδη καμπύλη αποφόρτισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τάση αναφοράς. -Συγκριτικά καλές επιδόσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες. -Διαρροή και άλατα αμελητέα. -Καλή διάρκεια ζωής.	-Η χρήση του περιορίζεται στη μπαταρία κουμπιού και τα μικροσκοπικά στοιχεία λόγω του πολύ υψηλού κόστους.

3.5.5.2 Διάρκεια ζωής.

Οι σημαντικές βελτιώσεις που απαιτούνται στον τομέα της τεχνολογίας σφράγισης και στην σταθερότητα των στοιχείων στην μπαταρία έχουν σαν αποτέλεσμα να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των μπαταριών έως 5 έτη. Η επίδραση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στη μπαταρία δεν τις επηρεάζει τόσο στο διάστημα των 5 ετών χωρίς την παραμικρή διαρροή. Η σταθερότητα αυτών των μπαταριών μετά από υψηλή θερμοκρασία αποθήκευσης ή παρατεταμένης αποθήκευσης σε θερμοκρασία δωματίου επηρεάζεται από τη σταθερότητα καθόδου και από την επιλογή του είδους του φράγματος. Στοιχεία έχουν δείξει ότι κατάλληλες αναλογίες πρόσμιξης ψευδαργύρου με διοξείδιο του αργύρου και η αποθήκευση σε θερμοκρασία 21° C μπορούν να φτάσουν τα 10 έτη λειτουργίας.

3.5.6 Μπαταρίες Ψευδαργύρου/Αέρα - μπαταρίες σε σχήμα κουμπιού (Zinc/Air Batteries - Button Configuration)



Εικόνα 3-16: Μπαταρίες Ψευδαργύρου/Αέρα.

3.5.6.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Οι μπαταρίες Ψευδαργύρου/αέρα χρησιμοποιούν το οξυγόνο του περιβάλλοντος για την παραγωγή ηλεκτροχημικής ενέργειας. Το οξυγόνο διαχέεται στο στοιχείο και χρησιμοποιείται ως κάθοδος. Ο αέρας περνά μέσα από την κάθοδο προς την εσωτερική ενεργή επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη του στοιχείου της μπαταρίας. Το μεγαλύτερο μέρος του όγκου του στοιχείου περιέχει το άλλο διαδραστικό συστατικό, τον ψευδάργυρο. Έτσι, με βάση την μονάδα όγκου ψευδάργυρου/αέρα οι μπαταρίες έχουν πολύ υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Για πολλές εφαρμογές η τεχνολογία αυτή προσφέρει την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από οποιαδήποτε μπαταρία της κατηγορίας μπαταριών Α΄ τάξης (Πρωτεύοντες). Περιλαμβάνουν μια σταθερή τάση εκφόρτισης, έχουν παρατεταμένη διάρκεια ζωής, χαμηλό κόστος και είναι ασφαλή.

Ο ψευδάργυρος επειδή είναι επιβλαβής για το περιβάλλον και τον άνθρωπο, έχει κατασκευαστεί μπαταρία από αλκαλικό ηλεκτρολύτη ψευδαργύρου/αέρα που έχουν πορώδη άνθρακα και κάθοδο εμποτισμένο με κερί για την ασφάλεια διαρροής. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται για την κατασκευή μπαταριών βιομηχανικού τύπου. Οι συγκεκριμένες διαθέτουν πολύ μεγάλη πυκνότητα ενέργειας αλλά έχουν χαμηλή ικανότητα ισχύος εξόδου. Χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας για την εξ'αποστάσεως σηματοδότηση σιδηροδρόμων και για συστήματα πλοήγησης.

Μετά την περαιτέρω ανάπτυξη της, χρησιμοποιώντας ένα υδροφοβικό στρώμα από τεφλόν για την κάθοδο, έχει πολλές εφαρμογές και χρησιμοποιείται στην ιατρική και στις τηλεπικοινωνίες, σε δέκτες επικοινωνίας, σε συσκευές τηλεϊδιοποίησης και πιο μεγάλες μπαταρίες σε κινητά τηλέφωνα και φορητούς υπολογιστές.

Παρακάτω αναφέρονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μπαταριών αυτών.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none"> -Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. -Σταθερή τάση αποφόρτισης. -Μεγάλη διάρκεια ζωής (σφραγισμένες). -Χωρίς οικολογικά προβλήματα. -Χαμηλό κόστος. -Η χωρητικότητα είναι ανεξάρτητη του φορτίου και της θερμοκρασίας όταν είναι εντός του εύρους λειτουργίας. 	<ul style="list-style-type: none"> -Περιορισμένη απόδοση ισχύος.

3.5.6.2 Ζωή αποθήκευσης.

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι μηχανισμοί που επηρεάζουν την χωρητικότητα των μπαταριών ψευδαργύρου/αέρα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και λειτουργίας. Ένας μηχανισμός είναι η αυτο-εκφόρτιση του ψευδαργύρου (διάβρωση) που είναι μια εσωτερική αντίδραση. Οι άλλοι τρεις μηχανισμοί προκαλούνται από τη μεταφορά του αερίου που παράγουν. Οι μηχανισμοί μεταφοράς αερίου είναι η άμεση οξείδωση του ψευδαργύρου στην άνοδο, η ενανθράκωση των ηλεκτρολυτών και το κέρδος ή απώλεια του νερού του ηλεκτρολύτη.

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οι οπές πρόσβασης του αέρα μιας μπαταρίας ψευδαργύρου/αέρα μπορεί να είναι σφραγισμένες για την αποφυγή διαρροής του αερίου. Ένα τυπικό υλικό για τη σφράγιση μιας μπαταρίας είναι μια ταινία από πολυεστέρα. Σημειώνεται ότι σε αντίθεση με τις συμβατικές μπαταρίες ένα από τα αντιδρώντα, το οξυγόνο του ψευδαργύρου/αέρα στοιχείου είναι σφραγισμένο έξω από το στοιχείο κατά την αποθήκευση. Αυτό το χαρακτηριστικό δίνει στην μπαταρία ψευδαργύρου/αέρα εξαιρετικά καλή διάρκεια ζωής των επιδόσεων. Ο κύριος μηχανισμός που επηρεάζει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας ψευδαργύρου/αέρα είναι η αυτο-εκφόρτιση. Ο ψευδάργυρος είναι θερμοδυναμικά ασταθής σε ένα αλκαλικό διάλυμα (ηλεκτρολύτη) και αντιδρά για να σχηματίσει οξείδιο του ψευδαργύρου (εξιτήριο ψευδάργυρο) και αέριο υδρογόνο.

Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα των μπαταριών αυτών είναι ότι το υδρογόνο που παράγεται κατά τη διάρκεια της αντίδρασης διέρχεται μέσα από την ταινία για να αποφευχθεί η συσσώρευση πίεσης που μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση των στοιχείων σε συμβατικές μπαταρίες. Η αντίδραση αυτή ελέγχεται από τα πρόσθετα του ψευδαργύρου.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της διάρκεια ζωής του τύπου DA675 σε συνθήκες δωματίου για μια περίοδο 5 ετών αποθήκευσης παρουσιάζονται παρακάτω. Η διατήρηση της χωρητικότητας κατά την περίοδο αυτή είναι το 85% της αρχικής χωρητικότητας, αποδίδοντας κατά μέσο όρο απώλεια χωρητικότητας ανά έτος κάτω του 3%. Οι υψηλές θερμοκρασίες θα αυξήσουν το ποσοστό της αντίδρασης αυτο-εκφόρτισης δραματικά.

Η απώλεια χωρητικότητας μετά από 28 ημέρες της αποθήκευσης σε 54° C, είναι κατά μέσο όρο περίπου 3%. Η διάρκεια αποθήκευσης σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να βελτιστοποιηθεί μέσω της τήρησης ισορροπιών μεταξύ άλλων παραμέτρων απόδοσης, επιλογής των στοιχείων και τα συστατικά των μπαταριών καθώς και τον σχεδιασμό τους.

Αποθήκευση (Χρόνια)	Μέσος όρος χωρητικότητας (mAh)	Ποσοστιαία μεταβολή της αρχικής χωρητικότητας (%)	Μέσος όρος μεταβολής ανά έτος (%)
0	523	0	0
1.8	497	-5.0	-2.8
5.0	452	-13.5	-2.7

3.5.7 Μπαταρίες λιθίου (Lithium Batteries)



Εικόνα 3-17: Τύπος μπαταρίας λιθίου για μεγάλες εφαρμογές.

3.5.7.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Το λίθιο ως μέταλλο είναι ελκυστικό σαν υλικό ανόδου στην μπαταρία λόγω του ελαφριού του βάρους, της υψηλής τάσης που παρουσιάζει, της υψηλής ηλεκτροχημικής ισοδυναμίας, και της καλής αγωγιμότητάς του. Λόγω αυτών των εξαιρετικών χαρακτηριστικών, η χρήση του λιθίου έχει κυριαρχήσει στην ανάπτυξη της υψηλής απόδοσης στις πρωτοβάθμιες καθώς και στις δευτεροβάθμιες μπαταρίες κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών.

Η αισθητή ανάπτυξη υψηλής ενεργειακής πυκνότητας που παρουσιάζουν αυτού του τύπου οι μπαταρίες ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960 και επικεντρώθηκε σε μη υδατικές πρωτογενείς συστοιχίες χρησιμοποιώντας το λίθιο ως άνοδο. Οι μπαταρίες λιθίου χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1970 σε επιλεγμένες στρατιωτικές εφαρμογές, αλλά η χρήση τους ήταν περιορισμένη καθώς έπρεπε να επιλυθούν θέματα ασφάλειας, κατάλληλων δομών των στοιχείων και συνθέσεων.

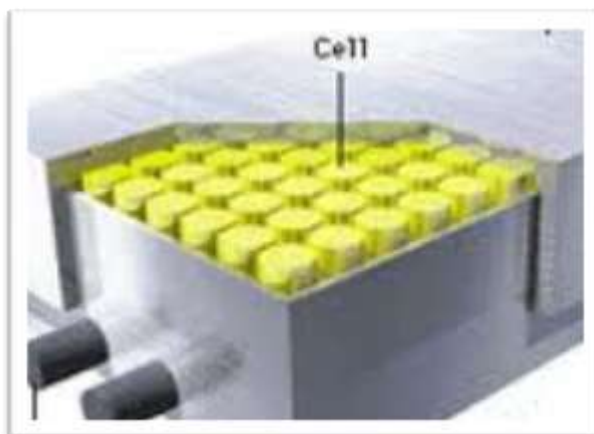
Τα μεγέθη των μπαταριών λιθίου κυμαίνονται λιγότερο από 5mAh μέχρι 10.000Ah. Το εύρος διαμορφώσεων κυμαίνεται από το μέγεθος ενός μικρού νομίσματος και κυλινδρικά κύτταρα για backup μνήμης και φορητές εφαρμογές έως σε μεγάλα πρισματικά στοιχεία για εφεδρική ισχύ σε σιλό πυραύλων. Οι πρωτογενείς μπαταρίες λιθίου με την εξαιρετική απόδοση και τα χαρακτηριστικά τους χρησιμοποιούνται σε ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες σε μια ποικιλία εφαρμογών συμπεριλαμβανομένων των φωτογραφικών μηχανών, τη μνήμη αντιγράφων σε κυκλώματα ασφαλείας, συστημάτων ασφαλείας, αριθμομηχανών, ρολογιών, κλπ. Παρ'όλα αυτά δεν έχουν επιτύχει ένα σημαντικό μερίδιο της αγοράς, όπως ήταν αναμενόμενο, λόγω του υψηλού αρχικού κόστους, τα προβλήματα με την ασφάλεια, την πρόοδο που έχει σημειωθεί με τα άλλα ανταγωνιστικά συστήματα και τις σχέσεις κόστους-αποτελεσματικότητας των αλκαλικών/μαγγάνιου μπαταριών.

3.5.7.2 Πλεονεκτήματα των στοιχείων λιθίου.

Τα πρωτογενή στοιχεία που χρησιμοποιούν ανόδους λιθίου έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών μπαταριών. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

1. **Υψηλή τάση.** Οι μπαταρίες λιθίου έχουν τάσεις μέχρι περίπου 4 Volt ανάλογα με το υλικό καθόδου σε σύγκριση με άλλα πρωτεύοντα συστήματα μπαταριών που έχουν 1,5 Volt. Έτσι η υψηλότερη τάση μειώνει τον αριθμό των στοιχείων σε μια μπαταρία.
2. **Υψηλή πυκνότητα ενέργειας.** Η παραγωγή ενέργειας από μια μπαταρία λιθίου (πάνω από 200 Wh/Kg και 400 Wh/L) είναι 2 έως 4 ή περισσότερες φορές καλύτερη από αυτή των μπαταριών με ψευδάργυρο για άνοδο.
3. **Λειτουργία σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.** Πολλές από τις μπαταρίες λιθίου αποδίδουν σε ένα εύρος θερμοκρασιών από -40 έως 70°C και επίσης με μια ικανή απόδοση στους -80°C και στους 150°C .
4. **Καλή πυκνότητα ισχύος.** Μερικές από τις μπαταρίες λιθίου είναι σχεδιασμένες με την ικανότητα να παραδώσουν την ενέργειά τους σε υψηλά επίπεδα ρεύματος και ισχύος.
5. **Επίπεδη εκφόρτιση.** Μια επίπεδη καμπύλη αποφόρτισης (σταθερή τάση και αντίσταση στο μεγαλύτερο μέρος της εκφόρτισης) είναι χαρακτηριστική για πολλές μπαταρίες λιθίου.
6. **Ανώτερη διάρκεια ζωής.** Οι μπαταρίες λιθίου μπορούν να αποθηκεύουν για μεγάλο χρονικό διάστημα ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες. Έχει επιτευχθεί αποθήκευση για 10 χρόνια σε θερμοκρασία δωματίου και 1 χρόνου στους 70°C . Από αξιόπιστες μελέτες η διάρκεια ζωής τους προβλέπεται πάνω από 20 χρόνια.

3.5.8 Μπαταρίες στερεού ηλεκτρολύτη (Solid-Electrolyte Batteries)



Εικόνα 3-18: Μπαταρία με στερεό ηλεκτρολύτη.

3.5.8.1 Γενικά χαρακτηριστικά.

Στις περισσότερες γνωστές μπαταρίες ο ηλεκτρολύτης είναι ένα υγρό. Σε αυτού του τύπου τις μπαταρίες, ο ηλεκτρολύτης έχει αντικατασταθεί από στερεή ύλη. Μερικοί από αυτούς τους τύπους μπαταριών έχουν γίνει διαθέσιμοι στο εμπόριο και αποτελούν σημαντικές πηγές ενέργειας σε κανονική θερμοκρασία περιβάλλοντος (25°C) για βηματοδότες καρδιάς, για τη

διατήρηση μνήμης σε υπολογιστές, καθώς και για άλλες χαμηλής ισχύος εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη διάρκεια και λειτουργία ζωής. Ακόμη, προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις μπαταρίες με υγρά συστατικά. Επιδεικνύουν γενικά μια υψηλή θερμική σταθερότητα, έχουν χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης (διάρκεια ζωής από 5 χρόνια έως 10 χρόνια ή περισσότερα), έχουν την ικανότητα να λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία, πίεση, επιτάχυνση) και τέλος έχουν υψηλή πυκνότητα ενέργειας (300 – 700 Wh/L).

Από την άλλη μεριά, έχουν κάποιους περιορισμούς και περιλαμβάνουν σχετικά χαμηλή ικανότητα ισχύος λόγω της υψηλής αντίστασης των περισσότερων στερεών ηλεκτρολυτών σε κανονική θερμοκρασία περιβάλλοντος, πιθανές μηχανικές καταπονήσεις που οφείλονται στις μεταβολές του όγκου από τις αντιδράσεις του ηλεκτροδίου κατά την εκφόρτιση. Και ακόμη, περιλαμβάνουν την μειωμένη απόδοση των ηλεκτροδίων σε υψηλά ποσοστά εκφόρτισης.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none"> -Εξαιρετική σταθερότητα αποθήκευσης, διάρκειας ζωής 10 ετών ή περισσότερο. -Υψηλή πυκνότητα ενέργειας. -Ερμητικά κλειστή σφράγιση, δεν παρουσιάζουν αεριοποίηση ή διαρροή. -Ευρύ φάσμα θερμοκρασίας λειτουργίας, μέχρι και 200° C. -Είναι ανθεκτικά σε κραδασμούς και δονήσεις. 	<ul style="list-style-type: none"> -Χαμηλή ροή ρεύματος (μΑ). -Η ισχύς εξόδου μειώνεται στις χαμηλές θερμοκρασίες. -Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να επιδειχθεί ώστε να αποφευχθούν βραχυκύκλωμα ή ελιγμοί των κυττάρων (που θα μπορούσε να είναι μια σχετικά υψηλή διαρροή στο στοιχείο).

3.6 Μπαταρίες Β΄ τάξης

3.6.1 Μπαταρίες Μολύβδου-οξέος (Lead-Acid Batteries)



Εικόνα 3-19: Τυπική μπαταρία μολύβδου-οξέως αυτοκινητού, τύπου SLI.

3.6.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά.

Η μπαταρία μολύβδου-οξέος έχει μια επιτυχημένη παρουσία στο εμπόριο πάνω από έναν αιώνα. Η παραγωγή και η χρήση του συνεχίζεται να αυξάνεται λόγω των νέων εφαρμογών για την ενέργεια της μπαταρίας στο τομέα της αποθήκευσης της ενέργειας, της ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης, σε ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα και τύπους SLI (engine Starting, vehicle Lighting, engine Ignition), στην επικοινωνία, σε συστήματα φωτισμού έκτακτης ανάγκης και σε πολλές ακόμη εφαρμογές. Η πληθώρα των μεγεθών και σχεδίων καθώς και η μεγάλη γκάμα τάσεων αντιπροσωπεύονται από το χαμηλό κόστος και την ευκολία της κατασκευής αυτής και εξακολουθούν να έχουν καλή απόδοση και ικανοποιητική διάρκεια ζωής.

Με τις βελτιώσεις που έχουν γίνει έχουν επιτευχθεί μπαταρίες με τάσεις από 100 έως 300 Volt και με ομοίμορφη απόδοση καθώς έχουν και υψηλή ηλεκτρική αποδοτικότητα ανάκαμψης 75-80%. Αυτό καθιστά τις μπαταρίες αυτές ελκυστικές για εφαρμογές σε ηλεκτρικά οχήματα και εφαρμογές αποθήκευσης ενέργειας.

Για κάθε τύπο εφαρμογής οι μπαταρίες αυτού του τύπου έχουν και διαφορετικά χαρακτηριστικά επιδόσεων. Μερικοί τύποι μπαταριών μολύβδου-οξέος είναι οι SLI, οι μπαταρίες έλξης, οι σταθερές (εφεδρικές) μπαταρίες.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μπαταριών τύπου μολύβδου-οξέος σε σύγκριση με άλλους τύπους.[21]

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<p>-Με το δημοφιλές χαμηλό κόστος δευτεροβάθμιας μπαταρίας είναι ικανή να παράγεται σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο, από χαμηλούς σε υψηλούς ρυθμούς παραγωγής.</p> <p>-Διατίθενται σε μεγάλες ποσότητες και σε μια ποικιλία μεγεθών και σχεδίων που κατασκευάζονται σε μεγέθη από τις μικρότερες του 1 Ah σε αρκετές χιλιάδες Ampere-ώρες.</p> <p>-Καλό υψηλό ποσοστό απόδοσης, κατάλληλο για την εκκίνηση του κινητήρα (αλλά πολύ καλύτερες επιδόσεις από μερικούς τύπους νικελίου-καδμίου και νικελίου-υδριδίου μετάλλου μπαταριών).</p> <p>-Μέτρια έως καλή επίδοση σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες.</p> <p>-Ηλεκτρικά αποτελεσματικό/ικανότητα ανάκαμψης της αποδοτικότητας πάνω από 70%, συγκρίνοντας την ενέργεια εκφόρτισης με αυτήν της ενέργειας φόρτισης.</p> <p>-Υψηλής τάσης στοιχείων/τάση ανοικτού κυκλώματος >2 V που είναι το</p>	<p>-Σχετικά χαμηλό κύκλο ζωής 50-500 κύκλοι (μέχρι τους 2.000 κύκλους μπορεί να επιτευχθεί με ειδικούς σχεδιασμούς).</p> <p>-Περιορισμένη πυκνότητα ενέργειας, συνήθως 30-40 Wh /kg.</p> <p>-Η μακροχρόνια αποθήκευση σε μια κατάσταση εκφόρτισης μπορεί να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμη πόλωση των ηλεκτροδίων (αυλάκωση).</p> <p>-Δύσκολο στην κατασκευή πολύ μικρών μεγεθών.</p> <p>-Παραγωγή υδρογόνου σε ορισμένα σχέδια που μπορεί να υπάρξει κίνδυνος έκρηξης (έχουν εγκατασταθεί ανασχετικά φλόγας για την αποτροπή αυτού του κινδύνου).</p> <p>-Θερμικές απώλειες σε ακατάλληλα σχεδιασμένες μπαταρίες ή εξοπλισμό φόρτισης.</p> <p>- Διάβρωση θετικής κυψέλης με κάποια σχέδια.</p>

<p>υψηλότερο όλων των υδατικών ηλεκτρολυτών.</p> <p>-Εύκολη ένδειξη κατάστασης φόρτισης.</p> <p>-Καλή κατάσταση φόρτισης για εφαρμογές διακοπτόμενης φόρτισης.</p> <p>-Διατίθενται για συντήρηση.</p> <p>-Χαμηλό κόστος σε σύγκριση με άλλες δευτερεύουσες μπαταρίες.</p> <p>-Τα συστατικά των στοιχείων ανακυκλώνονται εύκολα.</p>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

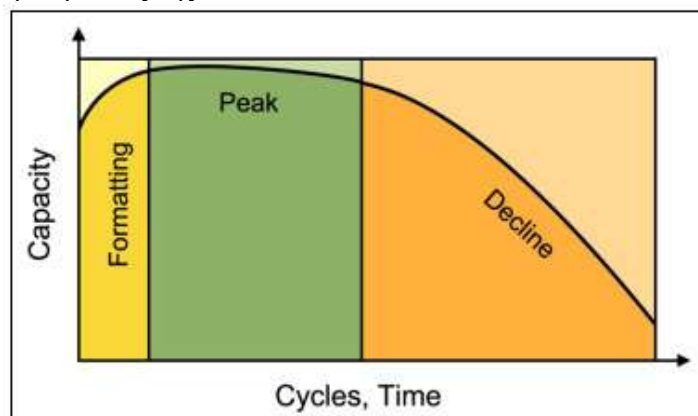
3.6.1.2 Βελτίωση διάρκειας ζωής.

Μια μπαταρία μολύβδου οξέος περνά από τρεις φάσεις της ζωής της, την μορφοποίηση, την κορύφωση και την ύφεση όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 3-20. Η φάση της μορφοποίησης μπορεί να παρομοιαστεί σαν ένα σφουγγάρι (πλάκες μολύβδου) που εκτίθεται σε ένα υγρό. Η άσκηση των πλακών επιτρέπει να «απορροφά» περισσότερο υγρό όπως όταν συμπιέζουμε και απελευθερώνουμε ένα σφουγγάρι. Αυτό επιτρέπει στον ηλεκτρολύτη να γεμίσει καλύτερα την ωφέλιμη επιφάνεια, η οποία αυξάνει την χωρητικότητα της μπαταρίας. Η μορφοποίηση είναι το πιο σημαντικό σημείο για βαθιούς κύκλους λειτουργίας και απαιτεί 20 με 50 πλήρεις κύκλους για να κορυφωθεί η χωρητικότητα.

Μια μπαταρία με βαθιούς κύκλους προσφέρει 100-200 κύκλους προτού να αρχίσει η σταδιακή πτώση. Αντικατάσταση θα πρέπει να συμβεί όταν η χωρητικότητα μειώνεται στο 70% ή 80%.

Ο πρωταρχικός λόγος για τη σχετικά σύντομη ζωή του κύκλου ζωής μπαταριών μολύβδου-οξέος είναι η μείωση του ενεργού υλικού. Αυτό γίνεται με την αλλοίωση πλάκας-πλέγματος και με την συμμετοχή άλλων παραγόντων.

Γενικότερα, πρέπει να αποφεύγονται οι βαθιές εκφορτίσεις. Όσο πιο βαθιά εκφόρτιση γίνεται τόσο μειώνεται η διάρκεια ζωής τους. Σημαντικό σε νέες μπαταρίες όπως προαναφέρθηκε είναι η διαμόρφωση. Με τους πρώτους 5-10 κύκλους λειτουργίας και με την εφαρμογή «απαλού» φορτίου μπορεί να αυξήσει σταδιακά την απόδοση της μπαταρίας καθώς και να επιτευχθεί μεγάλη διάρκεια ζωής.



Εικόνα 3-20: Κύκλος ζωής της μπαταρίας (Οι 3 φάσεις του μορφοποίησης, κορύφωσης και ύφεσης).

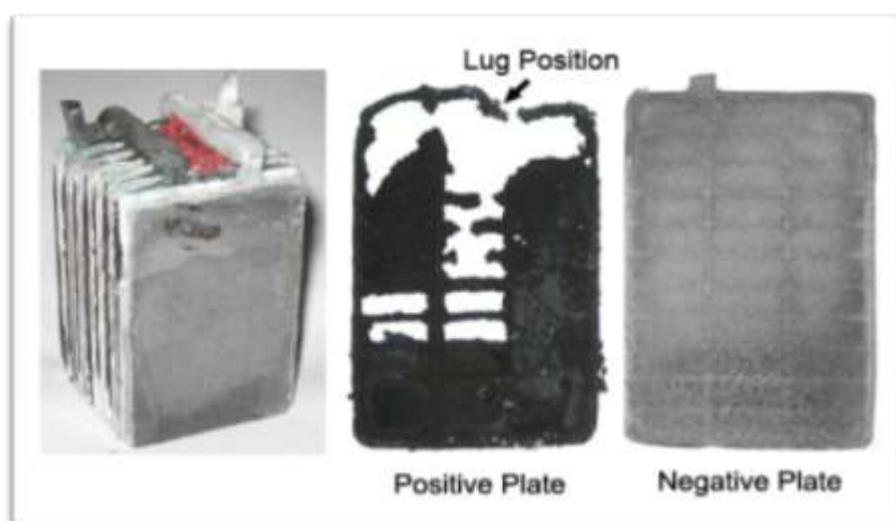
3.6.1.3 Προβλήματα και ζημιές που μπορεί να συναντήσουμε στις μπαταρίες

Διάβρωση-απόρριψη

Η διάβρωση λαμβάνει χώρα κυρίως στο πλέγμα της μπαταρίας και είναι γνωστή ως μαλάκωμα και απόρριψη του μολύβδου από τις πλάκες. Είναι μια αντίδραση η οποία δεν μπορεί να αποφευχθεί γιατί τα ηλεκτρόδια σε ένα περιβάλλον μολύβδου-οξέος είναι πάντα αντιδραστικά. Η απόρριψη μολύβδου είναι ένα φυσικό φαινόμενο που μπορεί μόνο να επιβραδυνθεί και όχι να εξαλειφθεί. Μια μπαταρία που φτάνει στο τέλος της ζωής της μέσα από αυτό το τρόπο αστοχίας τηρεί ή υπερβαίνει την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής. Ο περιορισμός του βάθους εκφόρτισης, η μείωση των κύκλων λειτουργίας που λειτουργούν σε μέτρια θερμοκρασία και ο έλεγχος της υπερφόρτισης είναι το κλειδί στη διατήρηση της διάβρωσης για να τεθεί υπό έλεγχο.

Εφαρμόζοντας παρατεταμένη υπερφόρτιση συντελεί στη διάβρωση του πλέγματος της μπαταρίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα επιζήμιο για σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου-οξέος. Όσο ο μολύβδος είναι στον ηλεκτρολύτη οξέος έχει μια ανθεκτικότητα σε υπερφορτίσεις. Στις σφραγισμένες μπαταρίες πρέπει να λειτουργούν σε μια σωστή στάθμη κατά τη φόρτιση. Φορτιστές με μεταβλητή τάση που προσαρμόζονται στις επικρατούσες θερμοκρασίες βοηθούν στο να κρατάνε υπό έλεγχο τη διάβρωση του πλέγματος.

Για να επιτευχθεί η μέγιστη επιφάνεια, ο μολύβδος εφαρμόζεται σε μια μπαταρία σε μορφή σφουγγαριού. Με τον χρόνο και την χρήση κομμάτια μολύβδου πέφτουν και έτσι μειώνεται η απόδοση της μπαταρίας. Οι πιο παχιές πλάκες αποτρέπουν μια τέτοια εξέλιξη σε μπαταρίες με βαθύ κύκλο λειτουργίας.



Εικόνα 3-21: Σπλάγμα μιας διαβρωμένης μπαταρίας. Διαβρωμένο πλέγμα μολύβδου, φαινόμενο το οποίο δεν εξαλείφεται παρά μόνο επιβραδύνεται με κατάλληλες διεργασίες.

Τα τερματικά (πόλοι) της μπαταρίας μπορούν επίσης να διαβρωθούν και αυτό είναι συχνά ορατό με τη μορφή λευκής σκόνης. Το φαινόμενο είναι αποτέλεσμα της οξειδωσης μεταξύ δύο διαφορετικών μετάλλων που συνδέει τους πόλους. Η διάβρωση των πόλων μπορεί να οδηγήσει τελικά σε μια ανοικτή ηλεκτρική σύνδεση. Η αλλαγή της σύνδεσης ακροδεκτών για την οδήγηση φορτίου ίδιου υλικού με τον πόλο μιας μπαταρίας εκκίνησης, θα λύσει τα περισσότερα προβλήματα διάβρωσης.

Βραχυκύκλωμα

Ο μόλυβδος σε μια μπαταρία ειδικά σε αυτές με βαθιές εκφορτίσεις είναι μηχανικά ενεργός και όταν γίνονται οι εκφορτίσεις το θειικό οξύ προκαλεί τις πλάκες μολύβδου να επεκταθούν. Η κίνηση αυτή βέβαια αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Τα στοιχεία της μπαταρίας θα επιτρέψουν μια ορισμένη επέκταση αλλά με την πάροδο του χρόνου αναπτύσσονται μεγάλα θειώδη κρύσταλλα που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα «ελαφρύ» βραχυκύκλωμα το οποίο αυξάνει την αυτοεκφόρτιση.

Αυτή η μηχανική δράση προκαλεί επίσης αποβολή υλικού του μολύβδου. Σε μια μπαταρία εκκίνησης η απόπτωση είναι διαχειρίσιμη επειδή οι πλάκες μολύβδου είναι λεπτές και η μπαταρία δεν περνά από βαθιά εκφόρτιση. Από την άλλη πλευρά, σε μια μπαταρία με βαθύ κύκλο λειτουργίας η απόρριψη υλικού του μολύβδου είναι σημαντική.

Καθώς η μπαταρία ρίχνει τα υπολείμματα μολύβδου στον πυθμένα του δοχείου δημιουργείται ένα αγωγίμο στρώμα και με τη βοήθεια του υγρού έχει σαν αποτέλεσμα το βραχυκύκλωμα. Μια άλλη σοβαρή μορφή βραχυκυκλώματος έχει να κάνει με τη μηχανική βλάβη κατά την οποία οι πλάκες είναι χαλαρές με αποτέλεσμα να αγγίζουν η μία την άλλη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένα ξαφνικό υψηλό ρεύμα εκφόρτισης που μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική συσσώρευση θερμότητας και θερμικής απαγωγής. Παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό το φαινόμενο είναι η προχειρότητα κατασκευής καθώς και οι υπερβολικοί κραδασμοί.

Αυλάκωση

Κατά την χρήση της μπαταρίας σχηματίζονται μικροί κρύσταλλοι θειικού άλατος κάτι το οποίο είναι φυσιολογικό φαινόμενο και δεν είναι επιβλαβείς. Κατά την διάρκεια παρατεταμένης στέρησης της φόρτισης όμως το άμορφο θειικό άλας του μολύβδου μετατρέπεται σε μια σταθερή κρυσταλλική μορφή και κατακάθεται στις αρνητικές πλάκες. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί στην δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων και μειώνουν έτσι την ενεργό επιφάνεια του υλικού της μπαταρίας.

Υπάρχουν 2 τύποι αυλάκωσης. Η αναστρέψιμη ή μαλακή αυλάκωση και η μόνιμη ή σκληρή αυλάκωση. Η αναστρέψιμη αυλάκωση σε πλήρη φορτισμένη μπαταρία μπορεί να διορθωθεί με την εφαρμογή μιας επιπλέον υπερφόρτισης. Δηλαδή, σε μια μπαταρία 12 Volt η τάση επιτρέπεται να αυξηθεί μεταξύ 2,5 - 2,66 Volt ανά στοιχείο για περίπου 24 ώρες. Η αύξηση της θερμοκρασίας της μπαταρίας στους 50 - 60° C βοηθά στην περαιτέρω διάλυση των κρυστάλλων. Η μόνιμη αυλάκωση γίνεται όταν μια μπαταρία βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο φόρτισης για εβδομάδες ή μήνες με συνέπεια την αχρήστευσή της.

Απώλεια νερού-ξήρανση

Κατά τη διάρκεια της χρήσης και ειδικά στην επιπλέον υπερφόρτιση το νερό των ηλεκτρολυτών διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο και παράγεται φυσικό αέριο που οδηγεί στην απώλεια νερού. Στις ανοιχτού τύπου μπαταρίες το νερό μπορεί να συμπληρωθεί ενώ στις μπαταρίες κλειστού τύπου η απώλεια νερού μπορεί να οδηγήσει σε μια ξήρανση και μείωση της χωρητικότητας.[22]

3.6.2 Μπαταρίες ηλεκτροδίου Σιδήρου (Iron Electrode Batteries)



Εικόνα 3-22: Μπαταρία με ηλεκτρόδιο σιδήρου.

3.6.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες χρησιμοποιούν ηλεκτρόδιο σιδήρου στην άνοδο. Με τον συνδυασμό με άλλα μέταλλα επιτυγχάνονται υψηλά ποσοστά επιδόσεων και χαμηλότερο κόστος παραγωγής. Σήμερα, η μπαταρία νικελίου-σιδήρου είναι από τις πιο διαδεδομένες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Αντέχουν σε ηλεκτρική κατάχρηση όπως σε επιπλέον υπερφόρτιση, υπερεκφόρτιση και σε εκφορτίσεις με μεγάλα χρονικά διαστήματα καθώς και σε βραχυκυκλώματα.

Η χαμηλή πυκνότητα ισχύος, η κακή επίδοση στις χαμηλές θερμοκρασίες, η κακή διατήρηση μνήμης, η παραγωγή αερίων στην κατάσταση αναμονής είναι μερικοί περιορισμοί που παρουσιάζουν αυτές οι μπαταρίες. Το κόστος των μπαταριών νικελίου-σιδήρου βρίσκεται μεταξύ του χαμηλότερου κόστους μολύβδου-οξέος και το υψηλότερο κόστος νικελίου-καδμίου στις περισσότερες εφαρμογές, με την εξαίρεση της περιορισμένης χρήσης σε εφαρμογές με ηλεκτρικά οχήματα και στη κίνηση βιομηχανικού εξοπλισμού.

Οι μπαταρίες αργύρου-σιδήρου έχουν χρησιμοποιηθεί σε ειδικές ηλεκτρονικές εφαρμογές όπως και οι σιδήρου-αέρα που υπόσχονται επιδόσεις σε συστήματα παραγωγής ενέργειας.

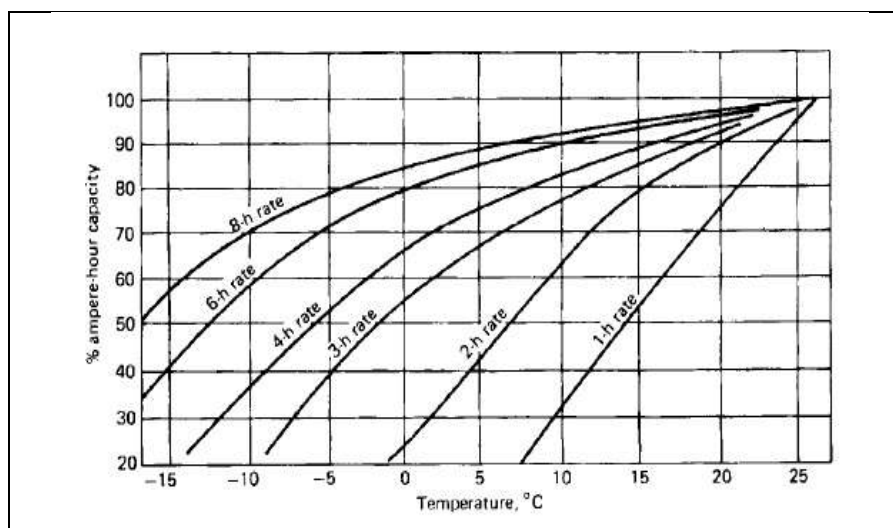
Στην επόμενη σελίδα συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά των συστημάτων μπαταριών σιδήρου.

ΤΥΠΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Σιδήρου-Νικελίου	Χειρισμός οχημάτων υλικών, αυτοκίνητα, λάμπες σιδηροδρόμων, συστήματα σημάτων, φωτισμός έκτακτης ανάγκης.	-Φυσικά σχεδόν άφθαρτα. -Δεν καταστρέφονται από επίμονη αποφόρτιση. -Μεγάλη διάρκεια ζωής, κύκλων λειτουργίας. -Αντέχουν ηλεκτρικές καταχρήσεις: υπερφόρτιση, υπερεκφόρτιση, βραχυκύκλωμα.	-Υψηλή αυτοεκφόρτιση. -Δημιουργία αερίων(υδρογόνου) στην φόρτιση και αποφόρτιση. -Χαμηλή πυκνότητα ισχύος. -Χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από άλλα ανταγωνιστικά συστήματα. -Κακή επίδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. -Καταστρέφονται από τις υψηλές θερμοκρασίες. -Υψηλότερο κόστος από ότι της μπαταρίας μολύβδου-οξέος. -Χαμηλή τάση των στοιχείων.
Σιδήρου-Αέρα	Κινητήρια ενέργεια	-Καλή ενεργειακή πυκνότητα. -Χρησιμοποιεί άμεσα τα διαθέσιμα υλικά. -Χαμηλή αυτοεκφόρτιση.	-Χαμηλή απόδοση. -Δημιουργία αερίων (υδρογόνου) στην φόρτιση. -Κακή επίδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. -Χαμηλή τάση των στοιχείων.
Αργύρου-Σιδήρου	Ηλεκτρονικά	-Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. -Υψηλή κύκλοι ζωής.	-Υψηλό κόστος. -Δημιουργία αερίων (υδρογόνου) στην φόρτιση.

3.6.2.2 Επίδραση της θερμοκρασίας των μπαταριών νικελίου-σιδήρου

Η εικόνα 3-23 δείχνει την επίδραση της θερμοκρασίας στην εκφόρτιση. Η χωρητικότητα στους 25° C συνήθως λαμβάνει τιμή αναφοράς σε πρότυπες συνθήκες. Η μείωση της απόδοσης αποδίδεται γενικά στην παθητικότητα του ηλεκτροδίου σιδήρου και στην μειωμένη διαλυτότητα της αντίδρασης. Στις χαμηλές θερμοκρασίες η αυξημένη αντίσταση και το

ξώδες του ηλεκτρολύτη μαζί με την πιο αργή κίνηση των ηλεκτρονίων συμβάλλουν στην πτώση της παραγωγικής χωρητικότητας. Η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται και να μην υπερβαίνει τους 50° C. Η μπαταρία χρησιμοποιείται σπάνια κάτω από τους -15° C.



Εικόνα 3-23: Επίδραση της θερμοκρασίας στην χωρητικότητα σε διάφορα ποσοστά.

3.6.2.3 Διάρκεια ζωής.

Το κύριο πλεονέκτημα των μπαταριών νικελίου-σιδήρου είναι η εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής. Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας ποικίλλει ανάλογα με το είδος που προσφέρει την ενέργεια αλλά κυμαίνεται από 8 χρόνια για βαρέων τύπων έως 25 χρόνια ή περισσότερο για κατάσταση αναμονής ή για υποβοήθηση. Με μέτρια συντήρηση μπορούν να φτάσουν τους 2000 κύκλους λειτουργίας ενώ με καλή συντήρηση και σε θερμοκρασίες κάτω από 35° C τους 3000 έως 4000 κύκλους ζωής. Οι μπαταρίες αυτές έχουν λιγότερες βλάβες στις βαθιές εκφορτίσεις από οποιοδήποτε άλλο σύστημα μπαταριών.

3.6.3 Βιομηχανικές και διαστημικές μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου (Industrial and Aerospace Nickel-Cadmium Batteries)



Εικόνα 3-24: Μπαταρίες βιομηχανικού τύπου.



Εικόνα 3-25: Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiCd για διάφορες χρήσεις.

3.6.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Τα αεριζόμενα θυλάκια των πλακών των μπαταριών νικελίου-καδμίου είναι τα παλαιότερα και πιο ώριμα από τους διάφορους σχεδιασμούς που είναι διαθέσιμα. Είναι ένα πολύ αξιόπιστο και ανθεκτικό σύστημα μπαταρίας με μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά σε σχετικά υψηλά ποσοστά εκφορτίσεων και σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Έχουν πολύ καλές ιδιότητες διατήρησης της φόρτισης και μπορούν να αποθηκεύουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε οποιαδήποτε κατάσταση χωρίς να υποστεί αλλοίωση. Τα θυλάκια των πλακών των μπαταριών μπορούν να αντέξουν μηχανική και ηλεκτρική καταπόνηση όπως υπερφορτίσεις, αντιστροφές και βραχυκυκλώματα. Μια μικρή συντήρηση είναι απαραίτητη για αυτές τις μπαταρίες. Το κόστος είναι χαμηλότερο από οποιοδήποτε τύπο αλκαλικής μπαταρίας αποθήκευσης και υψηλότερο από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος με βάση τις βατώρες (Watthours).

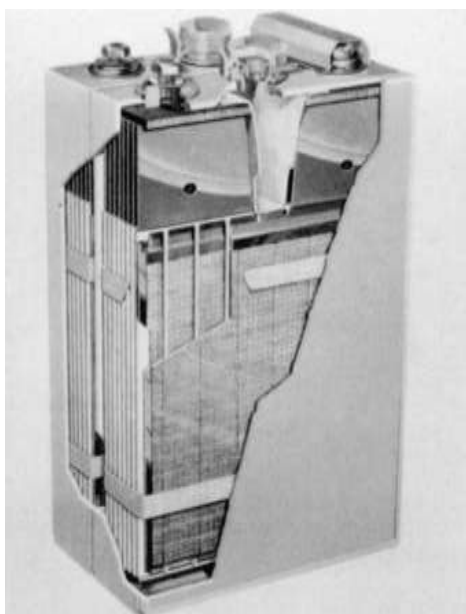
Κατασκευάζονται σε ένα ευρύ φάσμα δυναμικότητας από 5 έως και περισσότερα από 1200 Ah (αμπερώρες) και χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές. Οι περισσότερες από αυτές έχουν βιομηχανικό χαρακτήρα όπως σε εφαρμογές σιδηροδρόμων, λειτουργία διακοπών, των τηλεπικοινωνιών, τροφοδοσία συνεχούς παροχής ισχύος και φωτισμού ασφαλείας. Επίσης γίνεται χρήση και σε στρατιωτικές και διαστημικές εφαρμογές.

Παρακάτω φαίνονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των βιομηχανικών και αεροδιαστημικών μπαταριών.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none"> -Μεγάλη διάρκεια ζωής κύκλων λειτουργίας. -Ανθεκτικές σε μηχανικές και ηλεκτρικές καταπονήσεις. -Καλή διατήρηση φόρτισης. -Άριστη μακροπρόθεσμη αποθήκευση. -Χαμηλή συντήρηση, αξιοπιστία. 	<ul style="list-style-type: none"> -Χαμηλή πυκνότητα ενέργειας. -Υψηλότερο κόστος από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος. -Περιέχουν κάδμιο, ιδιαίτερα επιβλαβές.

3.6.3.2 Μείωση βάρους και βελτίωση επιδόσεων.

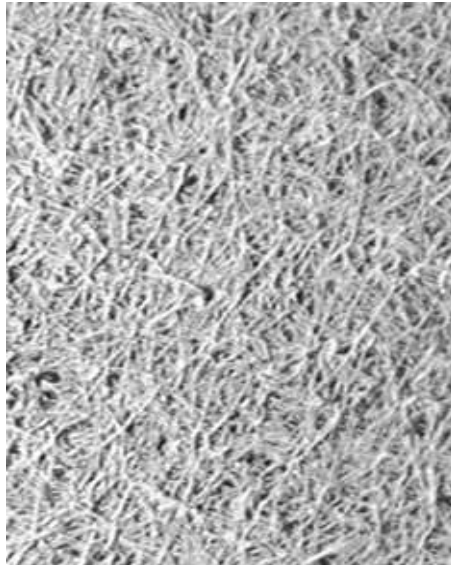
Η συνεχή αναπτυξιακή εργασία έφερε την εξέλιξη της μπαταρίας σε σχεδιασμό μπαταρίας «τσέπης» νικελίου-καδμίου με σκοπό την βελτίωση των επιδόσεων και τη μείωση του βάρους. Σε αυτές τις εφαρμογές (στρατιωτικές και διαστημικές) οι μπαταρίες ήταν πολύ μεγάλες σε μέγεθος και βάρος. Τη δεκαετία του 1940, αναπτύχθηκε μια πορώδης πλάκα, η οποία μπορούσε να κατασκευαστεί σε ακόμα λεπτότερη μορφή από αυτής της μπαταρίας «τσέπης». Χρησιμοποιείται σε υψηλής ισχύος εφαρμογές, όπως η εκκίνηση του κινητήρα και σε χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ωστόσο, η πορώδης αυτή πλάκα βρέθηκε να είναι πολύ δαπανηρή και πολύπλοκη στην κατασκευή γιατί χρησιμοποιούσε μια μεγάλη ποσότητα νικελίου και ήταν ανέφικτο για ηλεκτρόδια μεσαίου μεγέθους ή κυψέλες μεγαλύτερες από 100 Ah. Έτσι, η πλάκα της λεγόμενης μπαταρίας τσέπης ήταν ακόμα πολύ βαριά για πολλές εφαρμογές.



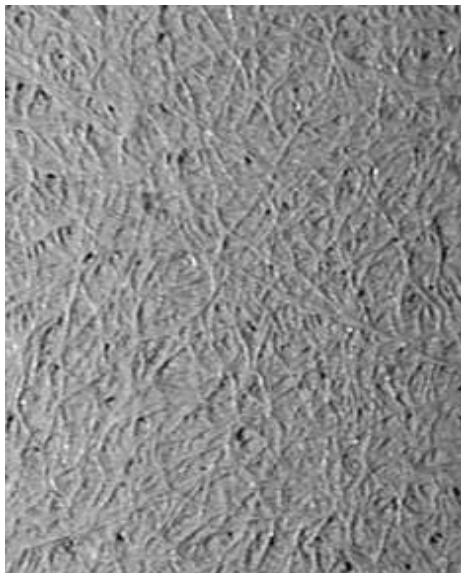
Εικόνα 3-26: Κότταρα μπαταρίας πλάκα «τσέπης».

Πρόσφατα το έργο της ανάπτυξης έχει κατευθύνει να χρησιμοποιούνται πιο αποτελεσματικά τα ακριβά υλικά νικέλιο και κάδμιο καθώς και προς την απλοποιημένη διαδικασία κατασκευής. Η σχεδιαστική φιλοσοφία ήταν η ανάπτυξη μιας υψηλής επιφάνειας περιοχής, αγωγίμη πλάκα-δομή που θα είναι ελαφριά, εύκολο στην κατασκευή, ανέξοδη και να εξαλείψει τα ενοχλητικά στοιχεία από την τεχνολογία της πορώδης πλάκας. Δηλαδή, η διαδικασία επίτηξης (πυροσυσσωμάτωση) και ο εμποτισμός χημικών των ενεργών υλικών. Εκμεταλλευόμενοι τα νέα πολυμερή υλικά και με τις τεχνικές δημιουργίας πλακών το έργο αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια νέα δομή ηλεκτροδίων, το δομημένο ηλεκτρόδιο από ίνα (μπαταρία με ίνα νικελίου-καδμίου , Fiber Nickel Cadmium - FNC).

Οι πλάκες αυτές κατασκευάζονται από ένα στρώμα με ίνες από καθαρό νικέλιο ή συχνότερα επινικελωμένες ίνες πλαστικού. Για να γίνει η πλαστική ίνα νικελίου αγωγίμη, ένα λεπτό στρώμα από νικέλιο εφαρμόζεται από την επιμετάλλωση και στη συνέχεια ένα αρκετά παχύ στρώμα του νικελίου για την καλή αγωγιμότητα εφαρμόζεται από την ηλεκτρόλυση. Το πλαστικό στη συνέχεια καίγεται, αφήνοντας ένα ανάγλυφο στρώμα ιών νικελίου. Η πλάκα ιών νικελίου έχει κολληθεί σε επινικελωμένο κομμάτι χάλυβα.



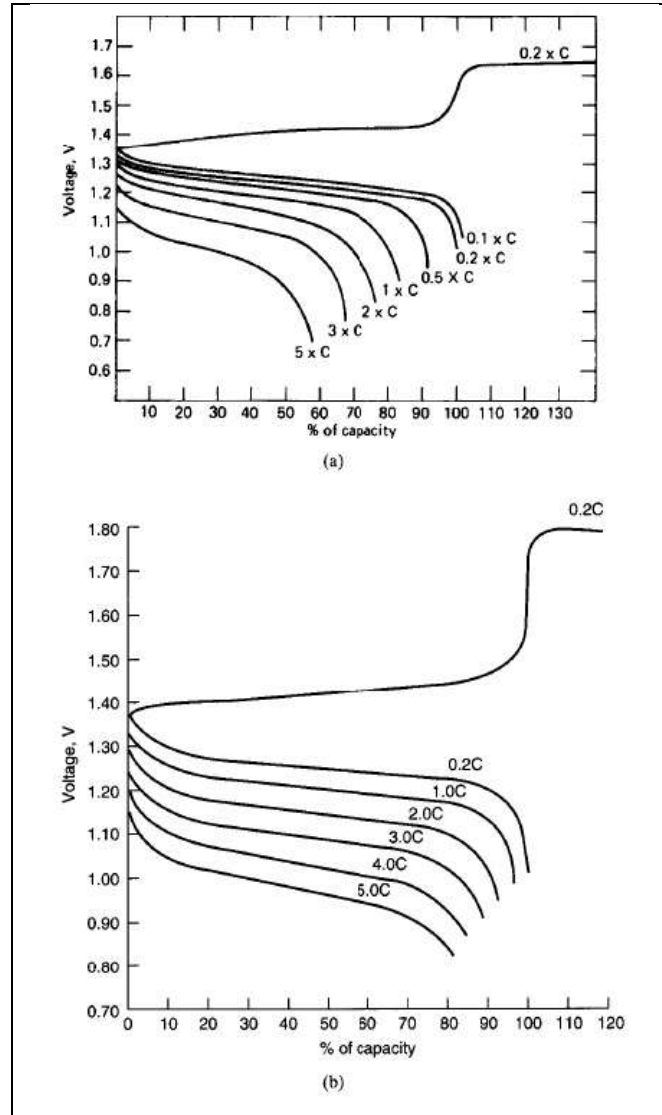
Εικόνα 3-27: Δομή πλάκας ηλεκτροδίου ινών νικελίου πριν τον εμποτισμό.



Εικόνα 3-28: Αδιαμόρφωτο, επινικλωμένο θετικό ηλεκτρόδιο.

3.6.3.3 Χαρακτηριστικά εκφόρτισης

Η ονομαστική τάση της μπαταρίας νικελίου-καδμίου είναι 1,2 V. Ο ρυθμός εκφόρτισης και η θερμοκρασία είναι σημαντικά για τα χαρακτηριστικά εκφόρτισης όλων των ηλεκτροχημικών συστημάτων μπαταριών. Οι παράμετροι αυτές έχουν πολύ μικρότερη επίδραση στην μπαταρία νικελίου-καδμίου από ότι για παράδειγμα στη μπαταρία μολύβδου-οξέος. Έτσι η πλάκα μπαταρίας «τσέπης» νικελίου-καδμίου μπορεί να έχει αποτελεσματική εκφόρτιση στα υψηλά ποσοστά εκφόρτισης χωρίς να χάσει μεγάλο μέρος της ονομαστικής χωρητικότητας. Μπορεί επίσης να λειτουργεί σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Παρακάτω στην εικόνα 3-29, φαίνονται οι χαρακτηριστικές μπαταριών σε διάφορες εκφορτίσεις σε συνεχή κατάσταση στους 25 °C.



Εικόνα 3-29: (α) Πλάκα μπαταρίας «τσέπης» στο υψηλό ποσοστό εκφόρτισης, (β) Πλαστικό πλέγμα πλάκας μπαταρίας επίσης στο υψηλό ποσοστό εκφόρτισης (high rate)

Ακόμη και στις πενταπλάσιας χωρητικότητας εκφόρτιση $5.0 \cdot C$ (όπου C η αριθμητική τιμή χωρητικότητας σε Ah) μια πλάκα μπαταρίας τσέπης μπορεί να προσφέρει το 60% της ονομαστικής χωρητικότητας και ένα πλαστικό πλέγμα πλάκας νικελίου το 80%.

3.6.3.4 Διάρκεια ζωής

Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας μπορεί να εκφραστεί είτε ως ο αριθμός των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης που μπορούν να προσφέρουν, είτε ως τη συνολική διάρκεια των τελευταίων ετών. Υπό κανονικές συνθήκες, μια μπαταρία νικελίου-καδμίου μπορεί να φτάσει πάνω από 2000 κύκλους λειτουργίας. Η συνολική διάρκεια της ζωής μπορεί να κυμαίνεται από 8-25 χρόνια ή και περισσότερο, ανάλογα με το σχεδιασμό, την εφαρμογή και τις συνθήκες λειτουργίας.

Μπαταρίες όπως για τις πρώτες στροφές κινητήρα ντίζελ συνήθως διαρκούν περίπου 15 χρόνια, μπαταρίες για φωτισμό τρένων έχουν μια φυσιολογική ζωή από 10 έως 15 ετών και μπαταρίες σε στάση αναμονής έχουν ζωή 15 έως 25 χρόνια.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι η θερμοκρασία λειτουργίας, το βάθος εκφόρτισης και το σύστημα φόρτισης. Χαμηλές ή μέτριες θερμοκρασίες λειτουργίας θα πρέπει πάντοτε να προτιμώνται. Μπαταρίες που λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες ή σε εφαρμογές υψηλών κύκλων λειτουργίας πρέπει να συμπληρωθούν με ηλεκτρολύτη υδροξείδιο του λιθίου, η οποία έχει προστεθεί σε τέτοιες περιπτώσεις. Οι παράγοντες πίσω από την εξαιρετική αξιοπιστία και την πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των μπαταριών νικελίου-καδμίου, είναι η μηχανική αντοχή του σχεδιασμού, η απουσία της διαβρωτικής προσβολής του ηλεκτρολύτη σχετικά με τα ηλεκτρόδια και άλλα συστατικά του στοιχείου και επιπλέον η ικανότητα της μπαταρίας να αντέχει ηλεκτρικές καταχρήσεις, όπως αντιστροφή ή υπερφόρτιση και τέλος να μπορεί να σταθεί για πολύ καιρό αποθηκευμένη σε οποιαδήποτε κατάσταση φόρτισης.[23]

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ρυθμός γήρανσης αυτών των τύπων μπαταριών μειώνει τη ζωής τους περίπου 20% για κάθε 10° C αύξησης της θερμοκρασίας. Σε σύγκριση με αυτές του μολύβδου-οξέος το ποσοστό είναι 50% για κάθε 10 °C αύξησης της θερμοκρασίας. Έτσι, οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου αποτελούν την προτιμώμενη λύση για εφαρμογές όπου υπάρχει υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος (μεγαλύτερες των 40°C). Παραδείγματα είναι: εξωτερικοί θάλαμοι για τις τηλεπικοινωνίες, στους τομείς εξερεύνησης κοιτασμάτων πετρελαίου, σε φωτοβολταϊκά και αιολικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας και εξοπλισμό εδάφους σε σιδηρόδρομους. Ένα εύρος θερμοκρασιών από -20 °C έως 50 °C επιτρέπει τη χρήση τους ακόμη και σε ακραίες θερμοκρασίες από -50 έως 70 °C.

Τέλος, μια σημαντική λεπτομέρεια που πρέπει να γνωρίζουμε για τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου είναι ότι πρέπει να γίνονται πλήρεις φορτίσεις και επανεκφορτίσεις. Σε διαφορετική περίπτωση δημιουργείται κρυστάλλων γύρω από τα ηλεκτρόδια, μειώνοντας έτσι την επιφάνεια της περιοχής που παράγει ηλεκτρόνια. Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό ως «φαινόμενο μνήμης».

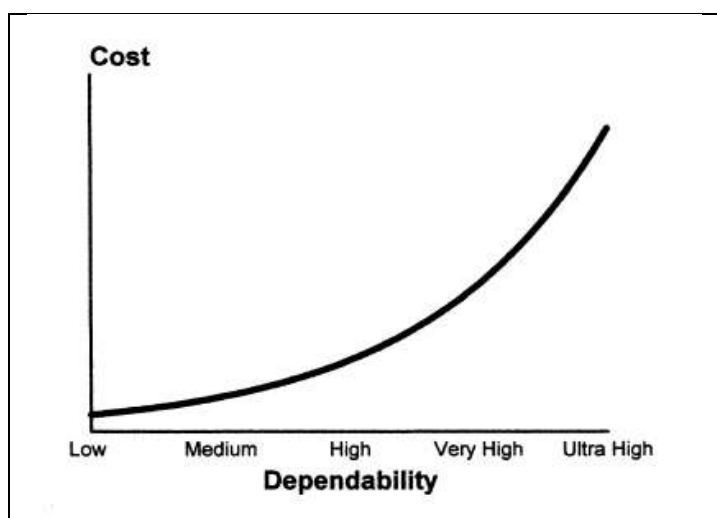
3.6.3.5 Κόστος και εκτίμηση αξιοπιστίας

Το κόστος μπαταρίας νικελίου-καδμίου, λόγω της πολυπλοκότητας κατασκευής του και των απαιτήσεων είναι πολύ ακριβότερο από ότι αυτής της μολύβδου-οξέος. Το κόστος λοιπόν ιδιοκτησίας είναι πολύ υψηλότερο από ότι το κόστος αγοράς και η λιγότερο δαπανηρή λύση αρχικού κόστους μπορεί εύκολα να γίνει η πιο δαπανηρή λύση κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος μπαταριών. Στην πράξη, το κόστος ιδιοκτησίας μιας εγκατάστασης μπαταριών μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα ως εξής:

- 1) Το αρχικό κόστος προμήθειας, περιλαμβάνει το κόστος της μπαταρίας, την αγορά, το κόστος διαχείρισης και το κόστος εγκατάστασης.
- 2) Το ετήσιο κόστος συντήρησης, περιλαμβάνει τις δαπάνες ελέγχου και συντήρησης των μπαταριών, οι οποίες συχνά συνδέονται με τα εθνικά πρότυπα και ενδεχόμενο εμποτισμό αυτών όταν απαιτείται.
- 3) Το κόστος αντικατάστασης μπαταρίας, περιλαμβάνει το νέο κόστος της μπαταρίας, την αγορά και το κόστος διαχείρισης, την εργασία εγκατάστασης και το κόστος διάθεσης των παλαιών μπαταριών.

Σε κάθε εφαρμογή τα κριτήρια δεν είναι μόνο το κόστος και το κόστος κύκλου ζωής των μπαταριών αλλά είναι επίσης και η αξιοπιστία που παρουσιάζουν και το κόστος παραγωγής των αξιόπιστων συστημάτων μπαταριών που αυξάνεται με γεωμετρική πρόοδο όπως φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 3-30. Η αξιοπιστία βασίζεται στον τρόπο αποτυχίας της μπαταρίας και την σοβαρότητά τους. Εάν η αποτυχία θεωρείται ως η αδυναμία της μπαταρίας για να ανταποκριθεί η προδιαγραφή της εκφόρτισης τότε είναι πολύ σημαντικό για την μπαταρία να είναι ασφαλής στην αστοχία. Με άλλα λόγια η μπαταρία θα πρέπει να αποφεύγει μια ξαφνική αποτυχία, ενώ ο χρήστης θα περιμένει να λειτουργεί η μπαταρία.

Για μια μπαταρία που είναι σε μια κρίσιμη εφαρμογή είναι σημαντικό να εκτιμηθεί ένα σύνολο παραγόντων. Τέτοιοι παράγοντες σχετίζονται με το κόστος εγκατάστασης, την διάρκεια ζωής και την συντήρηση. Οι παράγοντες που σχετίζονται με την αξιοπιστία είναι ο προβλέψιμος τρόπος αστοχίας, η ικανότητα κύκλων λειτουργίας, η συμπεριφορά υπό ακραίες θερμοκρασίες, η ανοχή σε ηλεκτρική δυσλειτουργία και οι μηχανικές διαταραχές. Η σωστή ισορροπία μεταξύ της αξιοπιστίας και του κόστους δεν είναι απλό να επιτευχθεί και απαιτεί προσεκτική ανάλυση. [24]



Εικόνα 3-30: Καμπύλη αύξησης του κόστους σε συνάρτηση με την αξιοπιστία.

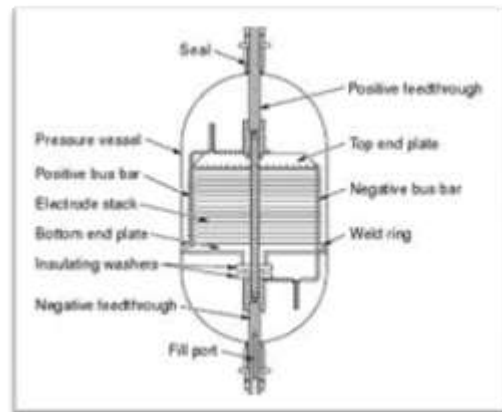
3.6.4 Μπαταρίες Νικελίου-Υδρογόνου (Nickel-Hydrogen Batteries)



Εικόνα 3-31: Μπαταρίες νικελίου-υδρογόνου συνδεδεμένες σε σειρά.



Εικόνα 3-32:Μπαταρία νικελίου-υδρογόνου για διαστημικές εφαρμογές.



Εικόνα 3-33: Διάταξη στο εσωτερικό του.

3.6.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Μια κλειστού τύπου μπαταρία νικελίου-υδρογόνου (Ni-H₂) είναι μια υβριδική μπαταρία που συνδυάζει την τεχνολογία κυψέλης καυσίμου (αναλύεται παρακάτω σε ξεχωριστό κεφάλαιο). Το οξείδιο του νικελίου που είναι το θετικό ηλεκτρόδιο προέρχεται από το στοιχείο νικελίου-καδμίου και το αρνητικό από την κυψέλη καυσίμου (fuel cell) υδρογόνου-οξυγόνου.

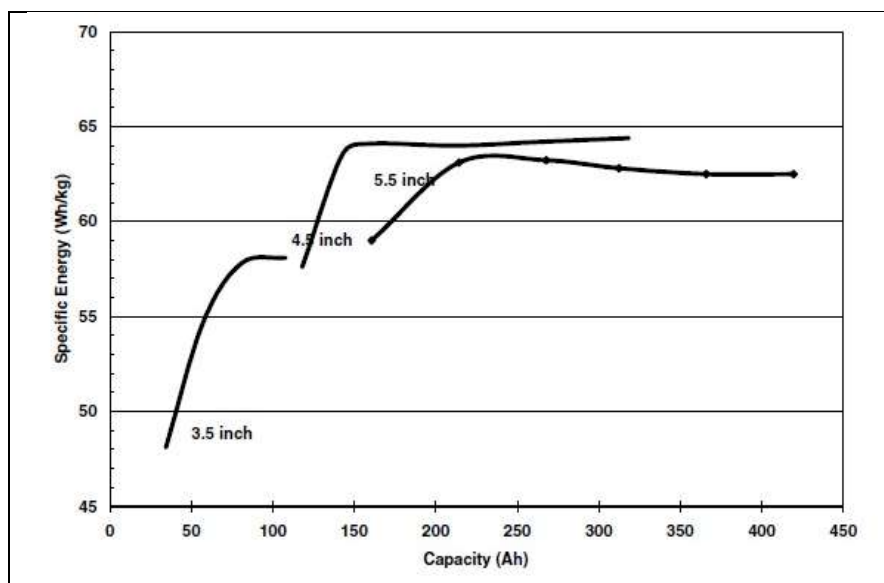
Τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτού του υβριδικού τύπου μπαταρίας Ni-H₂ είναι η μακρά διάρκεια του κύκλου ζωής που έχει και που ξεπερνά οποιαδήποτε άλλη μπαταρία Β' τάξης. Ακόμη ένα χαρακτηριστικό είναι η υψηλή ειδική ενέργεια και η σταθερή πυκνότητα ενέργειας σε σύγκριση με άλλες μπαταρίες με υδατικούς ηλεκτρολύτες. Τέλος, έχουν υψηλή πυκνότητα ισχύος (παλμός ή μέγιστη ικανότητα ισχύος) και έχουν μια ανοχή σε υπερφόρτιση ή αναστροφή. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι που κάνουν αυτό τον τύπο μπαταριών και το υποσύστημα αποθήκευσης ενέργειας να χρησιμοποιούνται σε πολλές απαιτητικές εφαρμογές και ιδιαίτερα στις διαστημικές εφαρμογές όπως αεροδιαστημική, εμπορικούς δορυφόρους επικοινωνιών ακόμη και στο σύγχρονο διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble. Πρόσφατα όμως προγράμματα έχουν ξεκινήσει και για επίγειες εφαρμογές όπως η μεγάλη διάρκεια ζωής για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none"> - Υψηλή ειδική ενέργεια (60 Wh/kg). - Μεγάλη διάρκεια κύκλων ζωής για διαστημικές εφαρμογές (40.000). - Μεγάλη διάρκεια ζωής (περισσότερα από 15 χρόνια). - Τα στοιχεία των μπαταριών μπορούν να ανεχτούν επιπλέον επιβάρυνση και αντιστροφή. - Η πίεση του υδρογόνου δίνει μια ένδειξη της κατάστασης της φόρτισης της μπαταρίας. 	<ul style="list-style-type: none"> - Υψηλό αρχικό κόστος. - Αυτοεκφόρτιση με ανάλογη πίεση του υδρογόνου. - Χαμηλή ογκομετρική πυκνότητα ενέργειας: 50-90 Wh/L (στοιχείων) 20-40 Wh/L (μπαταρία)

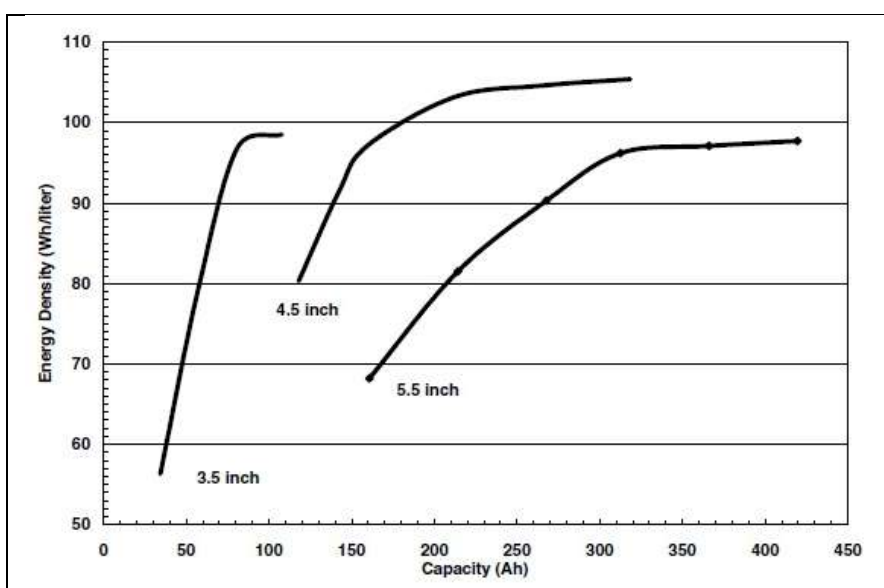
3.6.4.2 Ειδική ενέργεια και πυκνότητα ενέργειας

Οι δύο παρακάτω εικόνες 3-34 και 3-35 απεικονίζουν την πυκνότητα ενέργειας που θα μπορούσε να προβλεφθεί για διαφορετικές μπαταρίες στοιχείων νικελίου-υδρογόνου στο σχεδιασμό. Οι πραγματικές τιμές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το κατασκευαστή.

Σε γενικές γραμμές, η ειδική ενέργεια αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η χωρητικότητα. Η επιλογή και ο αριθμός των διαχωριστικών (μονωτές στη μπαταρία μεταξύ κάθε στοιχείου) επηρεάζουν το βάρος και ως εκ τούτου την ειδική ενέργεια των στοιχείων. Η πυκνότητα ενέργειας είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση του εύρους της πίεσης ή του ελεύθερου όγκου των στοιχείων. Τα στοιχεία που λειτουργούν σε υψηλότερες και μέγιστες πιέσεις λειτουργίας έχουν υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας. Η αύξηση αυτή είναι αποτέλεσμα της μείωσης του συνολικού βάρους του δοχείου πίεσης στις υψηλότερες πιέσεις.



Εικόνα 3-34: Ειδική ενέργεια σε συνάρτηση με την χωρητικότητα ανάλογα με το μέγεθος σχεδιασμού.



Εικόνα 3-35: Πυκνότητα ενέργειας σε συνάρτηση με την χωρητικότητα ανάλογα με το μέγεθος σχεδιασμού.

3.6.5 Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Lithium-Ion Batteries)



Εικόνα 3-36: Διάφοροι τύποι μπαταριών ιόντων λιθίου.

3.6.5.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Η μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-ion) αποτελείται από κυψέλες οι οποίες αποτελούν ενώσεις λιθίου. Καθώς η μπαταρία είναι σε ενεργή κατάσταση (είτε τροφοδοτεί, είτε φορτίζεται) τα ιόντα λιθίου ανταλλάσσονται μεταξύ των θετικών και αρνητικών ηλεκτροδίων. Το θετικό ηλεκτρόδιο είναι συνήθως δομημένο από πολλά στρώματα οξειδίου του μετάλλου (πολυεπίπεδη δομή), όπως το οξείδιο του καβαλτίου λιθίου (LiCoO_2). Το αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι συνήθως από υλικό γραφίτη, ένα είδος άνθρακα. Στην διαδικασία φόρτισης-εκφόρτισης τα ιόντα λιθίου εισάγονται ή εξάγονται διαμέσω του χώρου μεταξύ των ατομικών στρωμάτων στο πλαίσιο του ενεργού υλικού.

Οι πρώτες μπαταρίες τέτοιου τύπου που διατίθενται στην αγορά και η πλειοψηφία αυτών που είναι διαθέσιμες ακόμη και σήμερα χρησιμοποιούν ως θετικό ηλεκτρόδιο το οξείδιο του καβαλτίου λιθίου (LiCoO_2). Το οξείδιο του καβαλτίου λιθίου προσφέρει καλή ηλεκτρική απόδοση, είναι εύκολο στην προετοιμασία, έχει καλές ιδιότητες ασφαλείας και δεν προσβάλλεται εύκολα από την υγρασία. Πιο πρόσφατα με το χαμηλότερο κόστος ή την υψηλότερη απόδοση υλικών που έχουν θεσπιστεί επιτρέπουν την ανάπτυξη των στοιχείων και μπαταριών με βελτιωμένη απόδοση.

Αυτή η τεχνολογία λοιπόν Li-ion έχει γίνει το πρότυπο πηγής ενέργειας σε ένα ευρύ φάσμα των αγορών λόγω του ότι είναι μη τοξικές και δύσκολα παρουσιάζουν κάποια διαρροή, καθώς παράλληλα η βελτίωση απόδοσης της μπαταρίας συνεχίζεται. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου ανταποκρίνονται στη ζήτηση της αγοράς με ποικιλία σχεδίων (σπειροειδή, κυλίνδρους, επίπεδες πλάκες κλπ.) από 0,1 Ah μέχρι και 160 Ah. Διάφορες εφαρμογές που χρησιμοποιούν τέτοιες μπαταρίες είναι τα καταναλωτικά και ηλεκτρονικά προϊόντα όπως κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές κ.ά. καθώς και σε στρατιωτικές ηλεκτρονικές εφαρμογές συμπεριλαμβανομένων ραδιόφωνα, ανιχνευτές ναρκών, κυάλια ανίχνευσης θερμότητας. Σε αναμενόμενες εφαρμογές περιλαμβάνουν αεροσκάφη, διαστημόπλοια, δορυφόρους και ηλεκτρικά ή υβριδικά οχήματα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μπαταριών ιόντων λιθίου σε σχέση με άλλους συνοψίζονται στον πίνακα παρακάτω. Η υψηλή ειδική ενέργεια (~150 Wh/Kg) και η πυκνότητα ενέργειας (~400 Wh/L) των εμπορικών προϊόντων τις καθιστά ελκυστικές για το βάρος τους ή τον όγκο για ευαίσθητες εφαρμογές. Οι μπαταρίες Li-ion προσφέρουν χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης της τάξης των 2% έως 8% ανά μήνα, μπορούν

να προσφέρουν έναν υψηλό ρυθμό χωρητικότητας, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής μεγαλύτερη των 1000 κύκλων και ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασίας λειτουργίας (στην φόρτιση από -20°C έως 60°C και στην εκφόρτιση από -40°C έως 65°C) που επιτρέπει τη χρήση τους σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών με ένα ευρύ φάσμα μεγεθών και σχημάτων.

Τα μονά στοιχεία συνήθως λειτουργούν στη ζώνη των 2,5 – 4,2 Volt, περίπου τριπλάσιο μέγεθος από το στοιχείο του νικελίου-καδμίου (NiCd) και ως εκ τούτου απαιτούν λιγότερα στοιχεία για μια μπαταρία από μια συγκεκριμένη τάση.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
- Σφραγισμένα στοιχεία, δεν χρειάζονται συντήρηση.	- Μέτριο αρχικό κόστος.
- Μεγάλη διάρκεια κύκλων ζωής.	- Υποβιβασμός στοιχείων σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Ευρύ φάσμα θερμοκρασίας λειτουργίας.	- Ανάγκη για προστατευτικά κυκλώματα.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.	- Απώλεια χωρητικότητας ή παραγωγή θερμότητας σε υπερφορτίσεις.
- Ικανότητα ταχείας φόρτισης.	- Εξαερισμός και διαφυγή θερμότητας όταν καταρρέουν.
- Υψηλός ρυθμός και υψηλή ικανότητα εκκένωσης ρεύματος.	- Οι κυλινδρικοί σχεδιασμοί παρέχουν συνήθως μικρότερη πυκνότητα ισχύος από τις NiCd.
- Υψηλό φορτίο και απόδοση ενέργειας.	
- Υψηλή ειδική ενέργεια και πυκνότητα ενέργειας.	
- Κανένα φαινόμενο μνήμης.	

Ένα μειονέκτημα των μπαταριών Li-ion είναι ότι υποβαθμίζονται όταν εκφορτίζονται κάτω από 2 Volt και μπορεί να σκάσουν όταν υπερφορτίζονται διότι δεν έχουν κάποιο χημικό μηχανισμό που να διαχειρίζεται την υπερφόρτιση. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι χάνουν μόνιμα την χωρητικότητά τους σε υψηλές θερμοκρασίες (65°C) αν και σε χαμηλότερο ρυθμό από ότι αυτές των NiCd.

3.6.5.2 Απόδοση

Τα γενικά χαρακτηριστικά της απόδοσης μπαταριών ιόντων λιθίου που περιγράφονται στο παρακάτω πίνακα, έχουν υψηλή τάση, συνήθως λειτουργούν στην περιοχή από 2,5 έως 4,2 Volt, τριπλάσιο περίπου από αυτή της νικελίου-καδμίου. Απαιτούνται επίσης λιγότερα στοιχεία για μια μπαταρία συγκεκριμένης τάσης σε σύγκριση με μια μπαταρία άλλου τύπου. Ακόμη, προσφέρουν υψηλή ειδική ενέργεια (πάνω από 150 Wh/kg) και πυκνότητα ενέργειας (πάνω από 400 Wh/L). Με πολλαπλές πλάκες στις μπαταρίες Li-ion προσφέρουν επίσης πενταπλάσια χωρητικότητας (5C) σε συνεχή λειτουργία ή εικοσιπενταπλάσια (25C) χωρητικότητα σε λειτουργία παλμού της μπαταρίας. Επίσης, προσφέρουν υψηλή πυκνότητα ισχύος και χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης, αρκετά χρόνια ζωής χωρίς φαινόμενο μνήμης και ένα ευρύ φάσμα λειτουργίας θερμοκρασιών. Μπορούν να φορτιστούν από -20 έως τους 60°C και να εκφορτιστούν από τους -40 έως 65 °C. [25]

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΥΡΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
- Τάση λειτουργίας κυψέλης.	2,5 έως 4,2 V
- Ειδική ενέργεια.	100 έως 158 Wh/kg
- Πυκνότητα ενέργειας.	245 έως 430 Wh/L
- Κύκλοι λειτουργίας στο 100%	Συνήθως 3000
- Κύκλοι λειτουργίας από 20-40%	Πάνω από 20.000
- Ποσοστό αυτοεκφόρτισης.	Από 2 έως 10% ανά μήνα.
- Θερμοκρασία λειτουργίας.	Από -40 έως 65 °C
- Φαινόμενο μνήμης.	Κανένα.
- Πυκνότητα ισχύος.	2.000 έως 3.000 W/L
- Ειδική δύναμη.	700 έως 1300 W/ kg

3.6.5.3 Αεροδιαστημικές εφαρμογές

Μέχρι το πρόσφατο παρελθόν, οι γεωστατικοί δορυφόροι επικοινωνίας χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία μπαταρίας νικελίου-υδρογόνου. Το μέγεθος αυτών των δορυφόρων και συνεπώς η ζήτηση της ισχύος κατά την διάρκεια εκλείψεων συνεχώς αυξάνεται από το 1980 και μετά. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, το μέσο βάρος είναι τουλάχιστον 5 τόνοι για 10 kW ζήτηση ενέργειας ή περισσότερο.

Οι κατασκευαστές δορυφόρων είχαν προγραμματίσει την κατασκευή δορυφόρων 15-30 kW για την περίοδο 2006-2007. Ένα παράδειγμα, είναι το Άλφαμπας (Alphabus), η επόμενη γενιά δορυφόρων που είναι υπό εξέλιξη στην Ευρώπη (μέχρι 25 kW).

Μια μπαταρία νικελίου-υδρογόνου για έναν δορυφόρο 20 kW ζυγίζει τουλάχιστον 700 κιλά που καθιστά το βάρος στρατηγικό και βασικό παράγοντα. Επιπλέον, η χρήση των μπαταριών νικελίου-υδρογόνου περιορίζεται στο εύρος 14-16 kW, λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας. Η μπαταρία ιόντων-λιθίου μπορεί να θεωρηθεί η καλύτερη τεχνολογία για αυτήν την εφαρμογή λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του σε σχέση με τις άλλες 2 τεχνολογίες μπαταριών νικελίου-καδμίου και νικελίου-υδρογόνου. Το κύριο πλεονέκτημα είναι η μείωση του βάρους της μπαταρίας και οφείλεται στην ειδική ενέργεια που είναι μεγαλύτερη από 125 Wh/kg, ενώ η μέγιστη που μπορεί να φτάσει η μπαταρία νικελίου-υδρογόνου είναι 60 Wh/kg. Στο επίπεδο της μπαταρίας η μείωση βάρους είναι πάνω από 40%, εκοικονόμηση βάρους δηλαδή περισσότερα από 350 κιλά για έναν δορυφόρο 20 kW. Το δεύτερο πλεονέκτημα είναι η περαιτέρω μείωση του βάρους που συνδέεται με την χαμηλότερη αγωγιμότητα θερμότητας και μεγαλύτερη αποδοτικότητα της μπαταρίας Li-ion σε σχέση με την νικελίου-υδρογόνου NiH₂. Επίσης, η αυτοεκφόρτιση της μπαταρίας Li-ion είναι πολύ χαμηλό σε σύγκριση με την NiH₂ 0,03% ανά ημέρα έναντι 10% ανά ημέρα αντίστοιχα.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μπαταρίας ιόντων λιθίου Li-ion σε σύγκριση με τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου NiCd και νικελίου-υδρογόνου NiH₂.

	NiCd	NiH ₂	Li-ion	Επιπτώσεις
Ειδική ενέργεια (Wh/kg)	30	60	125	Εξοικονόμηση βάρους
Αποδοτικότητα (%)	72	70	96	Μείωση της δύναμης φόρτισης: ηλιακά πάνελ
Θερμική ισχύς (κλίμακα : 1-10)	8	10	3	Μείωση καλοριφέρ και μεγέθη σωληνώσεων θερμότητας
Αυτοεκφόρτιση (% / μήνα)	10	80	1	Απλή διαχείριση στο μπλοκ τοποθέτησης του δορυφόρου
Εύρος θερμοκρασίας (° C)	0 - 40	-15 - 20	10 - 35	Ικανότητα διαχείρισης του περιβάλλοντος
Φαινόμενο μνήμης	Ναι	Ναι	Όχι	Χωρίς επισκευή
Μετρητής ενέργειας / Παρακολούθηση	Όχι	Πίεσης	Τάσης	Καλύτερη παρατηρησιμότητα
Επεκτασιμότητα	Όχι	Όχι	Ναι	Ο σχεδιασμός μιας κυψέλης μπαταρίας επιτρέπει την σύνδεση κυψελών παράλληλα

3.6.5.4 Εφαρμογές σε φορητούς ιατρικούς εξοπλισμούς

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν μια αυξανόμενη αποδοχή και στον κλάδο της ιατρικής. Λόγω της μεγάλης απόδοσης χρησιμοποιούνται σε πολλά ιατρικά μηχανήματα, σε βηματοδότες και γενικά στις περισσότερες ιατρικές συσκευές. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε μερικά από αυτά.

Φορητός απινιδωτής



Εικόνα 3-37: Φορητός απινιδωτής έκτακτης ανάγκης.

Αυτή η ιατρική συσκευή χρησιμοποιείται για τη θεραπεία κοιλιακής μαρμαρυγής (ΚΜ), μια πραγματικά επικίνδυνη δυσλειτουργία της καρδιάς. Σε αυτή την περίπτωση οι κοιλότητες της καρδιάς δεν είναι ικανές να αντλήσουν το αίμα σε όλο το σώμα. Οι απινιδωτές παρέχουν μια ισχυρή ηλεκτροπληξία στο στήθος του ασθενούς που διακόπτει την ΚΜ και επιτρέπει την ανάκτηση και φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς. Οι απινιδωτές μπορεί είτε να εμφυτεύονται στο ανθρώπινο σώμα είτε να είναι φορητοί όπως στην παραπάνω εικόνα. Η χρήση των φορητών απινιδωτών γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη και ως εκ τούτου, η ζήτηση

για ελαφριές πηγές ενέργειας έχει αυξηθεί. Τέτοιες συσκευές έχουν πλέον τα αυτοκίνητα της αστυνομίας, τα ασθενοφόρα καθώς και τα εμπορικά αεροσκάφη.

Ενδοκάρδιο σύστημα αντλίας

Πρόκειται για προσωρινή υποστήριξη που παρέχεται μερικές φορές για έκτακτες ανάγκες στην μετεγχειρητική κατάσταση. Οι μπαταρίες αυτών των αντλιών παρέχουν την δυνατότητα να μπορεί ο ασθενής να μετακινηθεί ενώ ο εξοπλισμός έχει αποσυνδεθεί από το δίκτυο και την τροφοδοσία κατά την διάρκεια μιας έκτακτης ανάγκης. Μεταξύ των δευτερευόντων μπαταριών οι Li-ion καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος.

Κοιλιακό σύστημα ενίσχυσης της αντλίας

Αυτές οι συσκευές έχουν τόσο εσωτερικές όσο και εξωτερικές αντλίες αίματος που βοηθάνε την καρδιά όταν απαιτείται. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μόνιμες ή μετεγχειρητικές καταστάσεις. Η ισχύς και εδώ παρέχεται από μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία Li-ion είτε ως κύρια πηγή είτε ως εφεδρική πηγή ανάλογα με τον τρόπο χρήσης.

Επείγουσα φορητή συσκευή θέρμανσης ρευστών

Αίμα έκτακτης ανάγκης και προμήθειες έγχυσης αποθηκεύονται σε χαμηλές θερμοκρασίες, ακόμα και κάτω από το μηδέν. Ωστόσο, για να μπορούν τα υγρά να χρησιμοποιηθούν για ενδοφλέβια έγχυση ή μετάγγιση πρέπει η θερμοκρασία τους να αυξηθεί έως τους 37 °C. Σε αυτές τις κρίσιμες για την ανθρώπινη ζωή αποστολές, ο αξιόπιστος έλεγχος της θερμοκρασίας των υγρών είναι απαραίτητος. Το βάρος της μπαταρίας είναι ένα πρόβλημα, αλλά οι μπαταρίες Li-ion ικανοποιούν και εδώ τις προδιαγραφές καθώς στην περίπτωση αυτή μπορούν να αγγίξουν και τα 200 gr περίπου.

Μηχανικοί αναπνευστήρες

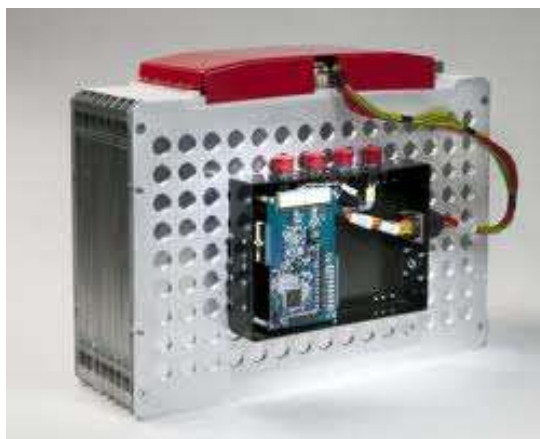
Οι εξοπλισμοί για να βοηθούν την αναπνοή σε άτομα που πάσχουν από χρόνια ή οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια χρησιμοποιούσαν για τροφοδοσία το ηλεκτρικό δίκτυο. Ωστόσο, πρόσφατα οι φορητές συσκευές αναπνοής-βοήθειας εξοπλισμού έχουν ξεκινήσει στην αγορά. Οι μπαταρίες Li-ion είναι η πρωταρχική πηγή ενέργειας για αυτές τις συσκευές αν και ορισμένοι τέτοιοι εξοπλισμοί χρησιμοποιούν NiCd. Ακόμη, έχουν πάνω από 11 ώρες αυτονομία και χάρη στην χρήση ενός μετρητή αερίου οι μπαταρίες Li-ion δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες αυτού του εξοπλισμού να βλέπουν πόση ισχύς απομένει.

Ειδικά ιατρικά εργαλεία

Ορισμένα χειρουργικά και εργαστηριακά εργαλεία τροφοδοτούνται από μπαταρίες εδώ και πολλά χρόνια. Εδώ χρησιμοποιούνται και πρωτογενείς και δευτερογενείς μπαταρίες. Για παράδειγμα, οι μικροπιπέτες (εργαστηριακό εργαλείο) τροφοδοτούνται από μπαταρία λιθίου-χλωριούχου θειονύλιου (Li-SOCl₂) για σχεδόν 20 χρόνια. Η υψηλή πυκνότητα ενέργειας αυτών των στοιχείων κάνουν δικαιολογημένη αυτή την επιλογή. Ένας λόγος για τη χρήση των πρωτογενών στοιχείων λιθίου σε ορισμένα χειρουργικά εργαλεία (π.χ. πλάνοι, δείκτες) είναι το γεγονός ότι μόνο αυτά τα στοιχεία μπαταρίας μπορούν να σταθούν με ασφάλεια προς την πολύ υψηλή θερμοκρασία (140 °C) των κλίβανων για να καθαριστούν αυτά τα εργαλεία.

Επίσης η ύπαρξη του χαμηλού μαγνητικού πεδίου της μπαταρίας σε ορισμένα ειδικά εργαλεία έχει επιτευχθεί, έτσι ώστε οι μπαταρίες αυτές να μην παρεμβαίνουν με το ηλεκτρομαγνητικό σήμα που παράγεται από ορισμένα άλλα είδη εξοπλισμού. Η απαίτηση αυτή υποχρέωσε τους κατασκευαστές μπαταριών να δεχθούν αυτή την τεχνική πρόκληση για να αφαιρέσουν όλα τα συστατικά των μπαταριών που περιείχαν το γνωστό και βλαβερό νικέλιο.[26]

3.7 Προηγμένες μπαταρίες για ηλεκτρικά και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (electric vehicles EVs, hybrid electric vehicles HEVs)



Εικόνα 3-38: Προηγμένη μπαταρία EV με 35% περισσότερη διάρκεια ζωής.

3.7.1 Απαιτήσεις απόδοσης

Οι τύποι και το πλήθος των εφαρμογών που απαιτούν βελτιωμένες ή προηγμένες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες επεκτείνονται συνεχώς. Οι νέες αναπτυσσόμενες εφαρμογές περιλαμβάνουν και τα ηλεκτρικά και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα. Επιπλέον, οι απαιτήσεις επιδόσεων και το κόστος ζωής για τις μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε πολλά από αυτές τις νέες εφαρμογές γίνεται όλο και πιο αυστηρές. Έτσι, υπάρχει η ανάγκη τόσο για την συμβατική τεχνολογία μπαταριών όσο και για τις προηγμένες τεχνολογίες μπαταριών για την βελτίωση των χαρακτηριστικών τους όπως της υψηλής ενέργειας και πυκνότητας ισχύος, μεγάλη διάρκεια ζωής, χαμηλό κόστος, ελάχιστη ή καθόλου συντήρηση καθώς και έναν υψηλό βαθμό ασφάλειας.

Οι απαιτήσεις απόδοσης της μπαταρίας εξαρτάται από την εφαρμογή. Στην περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος EV, οι μπαταρίες θα πρέπει να έχουν τα εξής:

- 1) Υψηλή ειδική ενέργεια και πυκνότητα ενέργειας για να παρέχουν την επαρκή εμβέλεια οδήγησης του οχήματος.
- 2) Υψηλή πυκνότητα ισχύος που εξασφαλίζει την επιτάχυνση.
- 3) Μεγάλη διάρκεια ζωής του κύκλου λειτουργίας της μπαταρίας με μικρή συντήρηση.
- 4) Χαμηλό κόστος.

Αλλά από την άλλη πλευρά, οι μπαταρίες για τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα HEVs απαιτούν:

- 1) Πολύ υψηλή ειδική ισχύ και πυκνότητα ισχύος για την παροχή επιτάχυνσης του οχήματος.
- 2) Δυνατότητα αποδοχής επαναλαμβανόμενων φορτίσεων υψηλής ισχύος από την αναγεννητική πέδηση (σύστημα φρένων).
- 3) Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής κύκλων λειτουργίας χωρίς συντήρηση.
- 4) Μέτριο κόστος.

Όταν οι μπαταρίες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για ηλεκτρικές και βοηθητικές εφαρμογές τότε πρέπει να έχουν:

- 1) Χαμηλό αρχικό κόστος.
- 2) Υψηλή αξιοπιστία κατά την λειτουργία σε MWh για συστήματα 2.000V ή περισσότερων.
- 3) Υψηλή ογκομετρική ενέργεια και πυκνότητα ισχύος.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων (EV) και τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEVs) είναι η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και περιβαλλοντικά οφέλη. Για τα ηλεκτρικά οχήματα, η ενέργεια από εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την φόρτιση της μπαταρίας. Τα υβριδικά οχήματα αναμένεται να απαιτούν λιγότερα καύσιμα ανά μίλι ταξιδιού σε σχέση με τα σημερινά οχήματα. Αυτό όχι μόνο οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, αλλά και σε χαμηλότερες εκπομπές ανεπιθύμητων ρύπων.

Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας με τα κριτήρια απόδοσης μπαταριών μιας βιομηχανίας για ενδιάμεσο και μακροπρόθεσμο χρόνο. Όλες οι τιμές προέρχονται από εκφόρτιση στο 1/3 της χωρητικότητας της μπαταρίας που έγιναν οι μετρήσεις.

	Ενδιάμεσα	Μακροχρόνια
Ειδική ενέργεια (Wh/kg)	80 (100 επιθυμητή)	200
Πυκνότητα ενέργειας (Wh/L)	137	300
Ειδική ισχύς (W/kg)	150 (200 επιθυμητή)	400
Πυκνότητα ισχύος (W/L)	250	600
Χρόνια ζωής	5	10
Κύκλοι λειτουργίας (80%)	600	1000
Απόλυτη τιμή (\$/kWh)	< \$150	< \$100
Περιβάλλον λειτουργίας (°C)	-30 – 65	-40 – 85
Χρόνος επαναφόρτισης (h)	< 6	3-6
Συνεχής εκφόρτιση σε 1 h (%)	75 (της ονομαστικής χωρητικότητας)	75
Ισχύς και υποβάθμιση χωρητικότητας (%)	20	20
Αποδοτικότητα	75	80
Αυτοεκφόρτιση	< 15% / 48 h	< 15% / μήνα
Συντήρηση	Χωρίς	
Θερμικές απώλειες στα 3,2 W/kWh	15% για κάθε 48 h	15% για κάθε 48 h
Αντοχή στη κατάχρηση	Ανεκτική	Ανεκτική

3.7.1.1 Ηλεκτρικές και βοηθητικές εφαρμογές

Η χρήση της μπαταρίας αποθήκευσης ενέργειας στις βοηθητικές εφαρμογές επιτρέπει την ανέξοδη ενέργεια βασικού φορτίου και παρέχει οφέλη για την εξομάλυνση των αιχμών ενέργειας και για πολλές άλλες εφαρμογές. Αυτό μειώνει το κόστος χρήσης και επιτρέπει την συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Οι αναλύσεις έχουν δείξει ότι η μπαταρία αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να ωφελήσουν όλους τους τομείς της σύγχρονης κοινής ωφέλειας: παραγωγή, μετάδοση, διανομή και τέλος στη χρήση. Οι ενεργειακές απαιτήσεις και η ισχύς των μπαταριών για ηλεκτρικές τυπικές και βοηθητικές εφαρμογές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

	Ενέργεια (MWh)	Μέσος όρος χρόνου εκφόρτισης (h)	Μέγιστο ποσοστό εκφόρτισης (MW)
Φορτία ανά επίπεδα	> 40	4 – 8	> 10
Στρεφόμενη εφεδρεία	< 30	0,5 – 1	< 60
Ρύθμιση συχνότητας	< 5	0,25 – 0,75	< 20
Ποιότητα ισχύος	< 1	0,05 – 0,25	< 20
Εφαρμογές υποσταθμών, μετασχηματιστές, τροφοδοσία στις αιχμές	< 10	1 – 3	< 10
Α.Π.Ε	< 1	4 – 6	< 0,25

3.7.1.2 Εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών

Οι μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας προσφέρουν σημαντικά οφέλη στον τομέα της ηλιακής, αιολικής και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η μπαταρία φορτίζεται όταν η πηγή είναι στην παραγωγική διαδικασία. Αυτή η ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να εκφορτίζεται όταν η πηγή δεν είναι διαθέσιμη.

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με την εφαρμογή. Για τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τυπικές εφαρμογές περιλαμβάνουν ισχύ για χωριά, τηλεμετρία, τηλεπικοινωνίες, απομακρυσμένα σπίτια και για φωτισμό. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά για τα φωτοβολταϊκά συστήματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Οι λεπτομερείς απαιτήσεις εξελίσσονται συνεχώς, καθώς και οι παράγοντες όπως η υψηλή ενεργειακή απόδοση, η χαμηλή αυτοεκφόρτιση, το χαμηλό κόστος, η μεγάλη διάρκεια ζωής και η μη συντήρηση είναι σημαντικά.

Χαρακτηριστικά	Τιμές	Σχόλια
Σύστημα: Χωρητικότητα αποθήκευσης	0,05 – 1000 kWh	-
Τάση	6 – 250V DC	-
Μπαταρία: Χωρητικότητα	30 – 2000+ Ah	-
Ποσοστό φόρτισης	C/15 – C/500	Φόρτιση μηχανισμών ρύθμισης: on-off, σταθερής τάσης.

Ποσοστό εκφόρτισης	C/5 – C/300	27% σε σύστημα εκφόρτισης στα C/50 46% σε σύστημα εκφόρτισης στα C/100 15% σε σύστημα εκφόρτισης στα C/200
Μ.Ο. βάθους εκφόρτισης ανά ημέρα	1 – 30%	Ανάλογα με την οικονομία και τη χημεία της μπαταρίας.
Εύρος θερμοκρασίας	-40 – 60°C	Εξαρτάται από τον γεωγραφικό τόπο.
Μέσος όρος ζωής	4 χρόνια 7 – 10 χρόνια	Για στοιχεία < 350 Ah Για στοιχεία > 350 Ah
Μέσος όρος κόστους	\$67/kWh \$97/kWh	Για μπαταρίες μολύβδου-οξέος υγρών/εξαεριζόμενων. Για μπαταρίες μολύβδου-οξέος με ρυθμιζόμενη βαλβίδα.

3.7.2 Μπαταρίες ψευδαργύρου-βρωμίου (Zinc-bromine batteries)



Εικόνα 3-39: Μπαταρία ψευδαργύρου-βρωμίου.

3.7.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Η μπαταρία ψευδαργύρου-βρωμίου είναι πολύ ελκυστική για την τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας και για τις εφαρμογές ηλεκτρικών οχημάτων. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αναφέρονται παρακάτω σε πίνακα. Αυτή η τεχνολογία μπαταρίας κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας εδώ και περισσότερα από 100 χρόνια αλλά η ανάπτυξη σε μια εμπορική μπαταρία έχει αποκλειστεί για δύο έμφυτες ιδιότητες. Η πρώτη είναι η τάση που παρουσιάζει ο ψευδάργυρος να σχηματίζει денδρίτες κατά την εναπόθεση. Η δεύτερη ιδιότητα είναι η υψηλή διαλυτότητα του βρωμίου σε υδατικό ηλεκτρολύτη βρωμιούχου ψευδαργύρου.

Οι денδριτικές εναποθέσεις του ψευδάργυρου θα μπορούσαν εύκολα να βραχυκυκλώσουν την κυψέλη της μπαταρίας και η υψηλή διαλυτότητα του βρωμίου επιτρέπει την άμεση αντίδραση με το ηλεκτρόδιο του ψευδάργυρου με αποτέλεσμα την αυτοεκφόρτιση του στοιχείου. Στα μέσα της δεκαετίας του 70' με την ανάπτυξη προγραμμάτων οδήγησαν σε

σχέδια, τα οποία ξεπέρασαν τα προβλήματα αυτά, καθώς επέτρεψε και την ανάπτυξη για να συνεχίσουν.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none"> - Ηλεκτρολύτες που κυκλοφορούν επιτρέπουν την εύκολη διαχείριση της θερμότητας και τον ομοιόμορφο ανεφοδιασμό κάθε ενεργής επιφάνειας στοιχείου. - Καλή ειδική ενέργεια. - Καλή ενεργειακή απόδοση. - Κατασκευάζονται με χαμηλό κόστος και με εύκολα και διαθέσιμα υλικά. - Έχουν χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα εξαρτήματά τους είναι ανακυκλώσιμα / επαναχρησιμοποιήσιμα. - Υπάρχει ευελιξία στο συνολικό σχεδιασμό του συστήματος μπαταρίας. - Μπορούν να λειτουργούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. - Επαρκής πυκνότητα ισχύος για τις περισσότερες εφαρμογές. - Δυνατότητα ταχείας φόρτισης. - Δυνατότητα 100% βάθους εκφόρτισης χωρίς καταστροφή της μπαταρίας αντιθέτως την βελτιώνει. 	<ul style="list-style-type: none"> - Τα βοηθητικά συστήματα που απαιτούνται για την κυκλοφορία και τον έλεγχο της θερμοκρασίας. - Ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να εξασφαλίζει την ασφάλεια για όλες τις μπαταρίες. - Αρχικά υψηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης την στιγμή που θα σταματήσει η λειτουργία του ενώ φορτίζεται.

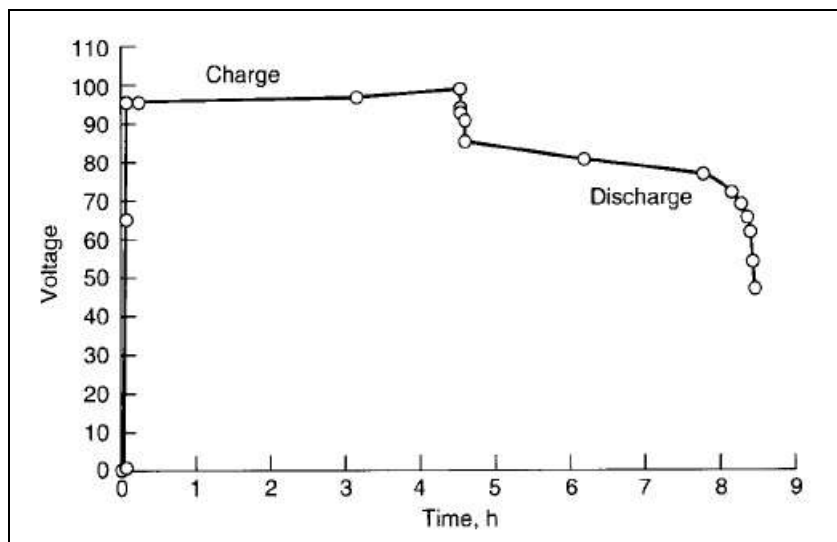
3.7.2.2 Απόδοση

Οι μπαταρίες zinc-bromine φορτίζονται και εκφορτίζονται με ένα ποσοστό της τάξης των 15 με 30 mA/cm². Το προφίλ φόρτισης-εκφόρτισης για μια στοιβία 50 στοιχείων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 3-40. Το ποσοστό της φόρτισης βασίζεται στην φόρτιση του ψευδάργυρου που ορίζεται στο 100% της φόρτισής του. Το ποσοστό αυτό είναι λιγότερο από τα συνολικά ιόντα ψευδαργύρου που είναι διαλυμένα στον ηλεκτρολύτη. Έτσι, το ποσοστό της φόρτισης, η διάρκεια της φόρτισης και η αποτελεσματικότητα της φόρτισης χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί το τέλος της φόρτισης.

Η τάση αυξάνεται στο τέλος της φόρτισης και με μια σοβαρή υπερφόρτιση μπορεί να έχουμε ηλεκτρόλυση του νερού. Η εκφόρτιση συνήθως σταματάει στο 1V περίπου ανά κύτταρο αφού η τάση πέφτει γρήγορα σε αυτό το σημείο.

Η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ποσότητα του ψευδάργυρου και μπορεί να κυμαίνεται από 60 – 150 mAh/cm². Επίσης, η κυκλοφορία του ηλεκτρολύτη μειώνει την εμφάνιση δενδριτικών αποθέσεων. Μελέτες έχουν δείξει ότι η πυκνότητα

ρεύματος, τα πρόσθετα των ηλεκτρολυτών και η θερμοκρασία λειτουργίας επηρεάζουν την ποιότητα του κοιτάσματος ψευδαργύρου. Με αυτές τις μελέτες και τις βελτιώσεις τα προβλήματα μπορούν να διαχειριστούν ή να εξαλειφθούν. Για βοηθητικές εφαρμογές η αποδοτικότητα είναι πρωταρχικό μέλημα και η χρησιμοποίηση φτάνει από 50 – 70%. Για τα ηλεκτρικά οχήματα το μέγεθος και το βάρος είναι πιο σημαντικά και το ποσοστό χρησιμοποίησης μπορεί να φτάσει το 80 – 90%.

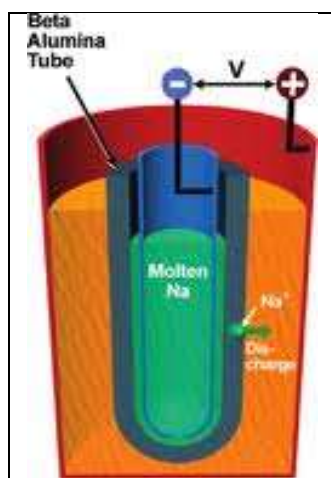


Εικόνα 3-40: Προφίλ φόρτισης-εκφόρτισης στοίβας 50 στοιχείων με 80% χρησιμοποίηση ηλεκτρολύτη στους 30 °C.

3.7.3 Μπαταρίες με βάση το Νάτριο (Sodium-beta batteries)

3.7.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας που χρησιμοποιούν το νάτριο προσφέρουν ελκυστικές λύσεις για πολλές και με μεγάλη κλίμακα ενέργειας-αποθήκευσης εφαρμογές. Χρησιμοποιούνται από εφαρμογές ηλεκτρικής ενέργειας παραγωγής και διανομής έως εφαρμογές που έχουν να κάνουν με την τροφοδοσία συσκευών κίνησης (ηλεκτρικά οχήματα EVs, υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα HEVs, λεωφορεία και φορτηγά) στα οποία παρουσιάζεται και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον.



Εικόνα 3-41: Το νάτριο(πράσινο χρώμα) βρίσκεται τοποθετημένο σε έναν κύλινδρο διοξειδίου του αλουμινίου και περιβάλλεται από ηλεκτρόδιο του θείου (πορτοκαλί χρώμα).

Ο αριθμός των συσσωρευτών με βάση το νάτριο και οι επιλογές τους έχουν προταθεί κατά την διάρκεια ετών. Αλλά υπάρχουν δύο παραλλαγές που έχουν αναπτυχθεί πλέον και αναφέρονται ως μπαταρίες νατρίου-βήτα (**sodium-beta batteries**). Ο χαρακτηρισμός αυτός χρησιμοποιείται λόγω των δύο κοινών και σημαντικών χαρακτηριστικών. Το υγρό νάτριο που είναι το ενεργό υλικό στο αρνητικό ηλεκτρόδιο και την κεραμική βήτα αλουμίνα (διοξείδιο του αλουμινίου γνωστό και ως $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$) που έχει το ρόλο του ηλεκτρολύτη.

Στα μέσα της δεκαετίας του 70' εισήχθη η τεχνολογία νατρίου-θείου και μια δεκαετία αργότερα αναπτύχθηκε η τεχνολογία μπαταρίας νατρίου-χλωριούχο μετάλλου (**sodium-metal chloride batteries**). Παρακάτω στην επόμενη παράγραφο συνοψίζονται σε δύο πίνακες οι ελκυστικές ιδιότητες και συγκρίνονται οι δύο τεχνολογίες μπαταρίας αντίστοιχα.

3.7.3.2 Σύγκριση χαρακτηριστικών μπαταριών νατρίου-θείου και νατρίου-χλωριδίου μετάλλου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1:πλεονεκτήματα και περιορισμοί μπαταρίας νατρίου-θείου.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΣΧΟΛΙΑ
<p>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> - Δυναμικά χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλες προηγμένες μπαταρίες. - Υψηλοί κύκλοι λειτουργίας. - Υψηλή ενέργεια και καλή πυκνότητα ισχύος. - Ευέλικτη λειτουργία. - Υψηλή ενεργειακή απόδοση. - Ευαισθησία ως προς τις συνθήκες περιβάλλοντος. - Αναγνώριση της κατάστασης φόρτισης. 	<p>Φθηνές πρώτες ύλες, στεγανότητα και σύνθεση χωρίς συντήρηση.</p> <p>Υγρά ηλεκτρόδια.</p> <p>Χαμηλής πυκνότητας ενεργά υλικά, υψηλή τάση κυττάρων.</p> <p>Λειτουργικές κυψέλες σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών.</p> <p>Περισσότερο από 80% απόδοση.</p> <p>Στεγανά, σφραγισμένα και υψηλής θερμοκρασίας συστήματα.</p> <p>Υψηλή αντίσταση στο τέλος της φόρτισης.</p>
<p>ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ</p> <ul style="list-style-type: none"> - Διαχείριση της θερμικής ενέργειας. - Ασφάλεια. - Ανθεκτική στεγανότητα. - Ανοχή ψύξης-απόψυξης. 	<p>Αποτελεσματικό περίβλημα που απαιτείται για τη διατήρηση της ενεργειακής απόδοσης.</p> <p>Αντίδραση με λιωμένο ενεργό υλικό και πρέπει να ελέγχεται.</p> <p>Στεγανότητα κυττάρων που απαιτούνται σε ένα διαβρωτικό περιβάλλον.</p> <p>Λόγω της χρήσης του κεραμικού ηλεκτρολύτη με περιορισμένη σκληρότητα που μπορεί να υποβληθεί σε υψηλά θερμικά επίπεδα οδηγείται σε μηχανική καταπόνηση.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: σύγκριση χαρακτηριστικών μπαταρίας νατρίου-θείου με σχέση της μπαταρίας νατρίου-χλωριούχου μετάλλου.

Υψηλότερη τάση ανοιχτού κυκλώματος κυψέλων.	2,59V ενώ 2,076 νατρίου-χλωριούχου μετάλλου.
Ευρύτερο φάσμα θερμοκρασιών λειτουργίας.	Η μπαταρία νατρίου-χλωριούχου μετάλλου μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες από 220°C έως 450°C, ενώ η νατρίου-θείου περιορίζεται σε ένα εύρος από 290°C έως 390 °C περίπου. Ωστόσο, το φάσμα για το οποίο πρακτικά τα επίπεδα ισχύος και η μεγάλη διάρκεια ζωής έχουν καθιερωθεί είναι μεταξύ 270-350°C σε σχέση με 270-350°C για την μπαταρία νατρίου-θείου.
Ασφαλέστερα προϊόντα αντίδρασης.	Η εξώθερμη ενέργεια της αντίδρασης είναι μικρότερη και η πίεση ατμών των αντιδράσεων είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση έως το επίπεδο των 900 °C.
Λιγότερο μεταλλικό εξάρτημα για διάβρωση.	Η χημεία με το θετικό ηλεκτρόδιο είναι μη επιθετική σε σχέση με του νατρίου-θείου.
Αξιόπιστη λειτουργία αποτυχίας.	Εάν αποτύχει ο ηλεκτρολύτης το νάτριο θα αντιδράσει με το δευτερεύον ηλεκτρολύτη βραχυκυκλώνοντας το στοιχείο της μπαταρίας.
Ευκολότερη ανάκτηση.	Κυρίως λόγω της τιμής του νικελίου σε χρησιμοποιημένες ηλεκτρικές στήλες (< 2 kg/kWh), η ανάκτηση αποτελεί οικονομική αναγκαιότητα. Λόγω της διαμόρφωσης των κυττάρων, η ανακύκλωση είναι μια απλή διαδικασία.
Ελαφρώς χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα.	

3.7.4 Φορητές κυψέλες καυσίμου (Portable Fuel Cells)



Εικόνα 3-42: Εδώ φαίνεται μια επαναστατική φορητή συσκευή κυψέλης καυσίμου που φορτίζει την μπαταρία ενός κινητού τηλεφώνου.

3.7.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Μια κυψέλη καυσίμου είναι μια γαλβανική συσκευή η οποία μετατρέπει συνεχώς τη χημική ενέργεια ενός καυσίμου (και οξειδωτικό) σε ηλεκτρική ενέργεια. Όπως οι μπαταρίες έτσι και οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν την ενέργεια αυτή ηλεκτροχημικά προσφέροντας έτσι

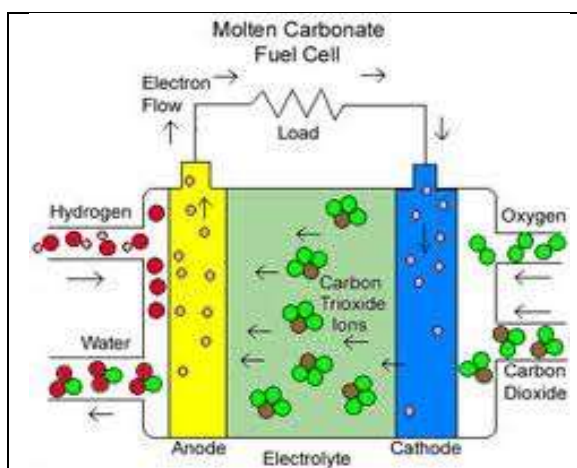
δυνατότητες για μετατροπή υψηλής απόδοσης. Η βασική διαφορά μεταξύ μιας κυψέλης καυσίμου και μιας μπαταρίας είναι ο τρόπος για την παροχή της πηγής ενέργειας.

Σε μια κυψέλη καυσίμου, το καύσιμο και το οξειδωτικό παρέχονται συνεχώς από μια εξωτερική πηγή ενέργειας όταν είναι επιθυμητή. Η κυψέλη καυσίμου μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια για όσο διάστημα τα ενεργά υλικά τροφοδοτούν τα ηλεκτρόδια. Σε μια μπαταρία, το καύσιμο και το οξειδωτικό (εξαιρούνται οι μπαταρίες μετάλλου-αέρα) αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της συσκευής. Η μπαταρία θα σταματήσει να παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν το περιοριστικό αντιδρών καταναλώνεται και τότε θα πρέπει να αντικατασταθεί ή να επαναφορτιστεί.

Το υλικό του ηλεκτροδίου της κυψέλης καυσίμου είναι αδρανές με την έννοια ότι δεν καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της αντίδρασης των κυψελών, αλλά έχει καταλυτικές ιδιότητες που ενισχύουν την ηλεκτροελάτωση ή ηλεκτρική οξείδωση των αντιδρώντων (ενεργά υλικά).

Τα ενεργά υλικά ανόδου που χρησιμοποιούν οι κυψέλες καυσίμων είναι γενικά αέρια ή υγρά καύσιμα (σε σύγκριση με το μέταλλο ανόδου που χρησιμοποιείται στις περισσότερες μπαταρίες), όπως το υδρογόνο, μεθανόλη, υδρογονάνθρακες, φυσικό αέριο, τα οποία καύσιμα τροφοδοτούν την πλευρά της ανόδου στην κυψέλη καυσίμου. Δεδομένου ότι πρόκειται για υλικά όπως τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε μηχανές θερμότητας, ο όρος «κυψέλη καυσίμου» έχει γίνει δημοφιλής για να περιγράψει αυτές τις συσκευές. Το οξυγόνο και πιο συχνά ο αέρας, είναι το κυρίαρχο οξειδωτικό και τροφοδοτείται στην κάθοδο.

Στην παρακάτω εικόνα 3-43 παρουσιάζεται η τυπική δομή σύμφωνα με τα προαναφερθέντα.



Εικόνα 3-43: Δομή κυψέλης καυσίμου υδρογόνου-οξυγόνου.

Η τεχνολογία της κυψέλης καυσίμου μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο κατηγορίες.

1. Άμεσα συστήματα, όπου τα καύσιμα όπως το υδρογόνο, μεθανόλη και υδραζίνης μπορούν να αντιδράσουν άμεσα στην κυψέλη καυσίμου.
2. Έμμεσα συστήματα, στα οποία το καύσιμο, όπως το φυσικό αέριο ή άλλα ορυκτά καύσιμα, μετασχηματίζεται πρώτα σε ένα πλούσιο σε υδρογόνο αέριο το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται στη κυψέλη καυσίμου.

Τα συστήματα κυψελών καυσίμου μπορούν να λάβουν μια σειρά από διάφορες διαμορφώσεις ανάλογα με τους συνδυασμούς των καυσίμων και οξειδωτικών, τον τύπο του ηλεκτρολύτη, την θερμοκρασία λειτουργίας, την εφαρμογή κλπ. Παρακάτω γίνεται μια περίληψη των διαφόρων τύπων κυψελών καυσίμου που διακρίνονται από τον ηλεκτρολύτη και την θερμοκρασία λειτουργίας. Η κυψέλη καυσίμου τύπου PEM είναι σήμερα η κυρίαρχη για φορητές και μικρές κυψέλες καυσίμων, καθώς είναι η μόνη που λειτουργεί κοντά στις συνθήκες περιβάλλοντος.

- **Στερεού οξειδίου (SOFC):** Αυτές οι κυψέλες χρησιμοποιούν στερεά οξυγόνου-ιόντων για τη διεξαγωγή ηλεκτρολύτη οξειδίου του μετάλλου. Λειτουργούν περίπου στους 1000°C με απόδοση έως και 60%. Είναι αργά στη διαδικασία ξεκινήματος, αλλά όταν είναι σε λειτουργία παρέχουν έναν υψηλό βαθμό θερμότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση κτιρίων. Μπορούν να βρουν εφαρμογή και σε βιομηχανικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας.

- **Λιωμένο ανθρακικό άλας (MCFC):** Αυτές οι κυψέλες χρησιμοποιούν μια μίξη αλκαλίων-λιωμένου ανθρακικού άλας ηλεκτρολύτες που λειτουργούν στους 600°C. Αναπτύσσονται συνεχώς για λειτουργικές εγκαταστάσεις και μπορούν να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρολύτες με βάση τον άνθρακα ή καύσιμα πλοίων ντίζελ.

- **Φωσφορικό οξύ (PAFC):** Αυτός είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος των κυψελών καυσίμου για σταθερές εμπορικές περιοχές, όπως νοσοκομεία, ξενοδοχεία και κτίρια γραφείων. Ο ηλεκτρολύτης είναι συμπυκνωμένος από φωσφορικό οξύ. Η κυψέλη καυσίμου λειτουργεί στους 200 °C περίπου. Είναι πολύ αποτελεσματική και μπορεί να παράγει ενέργεια μέχρι και 85% (ένα 40% της ηλεκτρικής ενέργειας και ένα άλλο 45% αν η θερμότητα που εκπέμπεται επίσης χρησιμοποιείται).

- **Αλκαλικοί(AFC):** Αυτού του τύπου οι κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούνται από την NASA για επανδρωμένες διαστημικές αποστολές και λειτουργούν καλά στους 200 °C περίπου. Χρησιμοποιούν αλκαλικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου ως ηλεκτρολύτες και μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέχρι 70% με αποτελεσματικότητα. Ένα μειονέκτημα του συστήματος είναι ότι περιορίζεται στα καύσιμα και οξειδωτικά τα οποία δεν περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα.

- **Πρωτονίου μεμβράνης ανταλλαγής (PEM):** Αυτά τα κύτταρα χρησιμοποιούν υπερφθοριωμένους ιονομερής ηλεκτρολύτες πολυμερικής μεμβράνης όπου πρωτόνια περνούν από την άνοδο στην κάθοδο. Μπορούν να λειτουργήσουν σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία 70-85°C και είναι ιδιαίτερα σημαντικό ο γρήγορος χρόνος που κάνουν για να ξεκινήσουν τη λειτουργία τους. Αυτά αναπτύσσονται για χρήση σε εφαρμογές μεταφοράς και για φορητές και μικρές κυψέλες καυσίμου.

- **Άμεση Μεθανόλη (DMFC):** Οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν απευθείας υγρό μεθανόλης (μεθυλική αλκοόλη) σε υδατικό διάλυμα το οποίο οξειδώνεται στην άνοδο. Όπως οι PEMs, έτσι και αυτοί επίσης χρησιμοποιούν έναν ηλεκτρολύτη μεμβράνης, και λειτουργούν σε παρόμοιες θερμοκρασίες.

- **Αναγεννητικοί (RFC):** Αυτές οι κυψέλες είναι κλειστού βρόχου γεννήτριες. Με χρήση κινητήρα διαχωρισμού του ηλεκτρολύτη χωρίζει το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από την κυψέλη καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αερίων (νερό). Αυτό το νερό στη συνέχεια μπορεί να ανακυκλωθεί στον κινητήρα διαχωρισμού και να τροφοδοτήσει την κυψέλη για έναν άλλο κύκλο.

3.7.4.2 Λειτουργία της κυψέλης καυσίμου και μηχανισμοί

Σε μια απλή κυψέλη καυσίμου όπως φαίνεται στην εικόνα 3-44, βυθίζονται δύο ηλεκτρόδια σε έναν ηλεκτρολύτη (οξύ στην εικόνα αυτή) και χωρίζονται από ένα φράγμα φυσικού αερίου. Το καύσιμο, στην περίπτωση αυτή υδρογόνο, διοχετεύεται σε όλη την επιφάνεια ενός ηλεκτροδίου, ενώ η οξειδωτική ουσία (στην περίπτωση αυτή οξυγόνο από τον ατμοσφαιρικό αέρα) διοχετεύεται σε όλη την άλλη επιφάνεια του ηλεκτροδίου. Όταν τα ηλεκτρόδια αυτά είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα με ένα εξωτερικό φορτίο συμβαίνουν τα ακόλουθα γεγονότα:

1) Το υδρογόνο διασπάται στην καταλυτική επιφάνεια του ηλεκτροδίου καυσίμου σχηματίζοντας ιόντα υδρογόνου και ηλεκτρόνια.

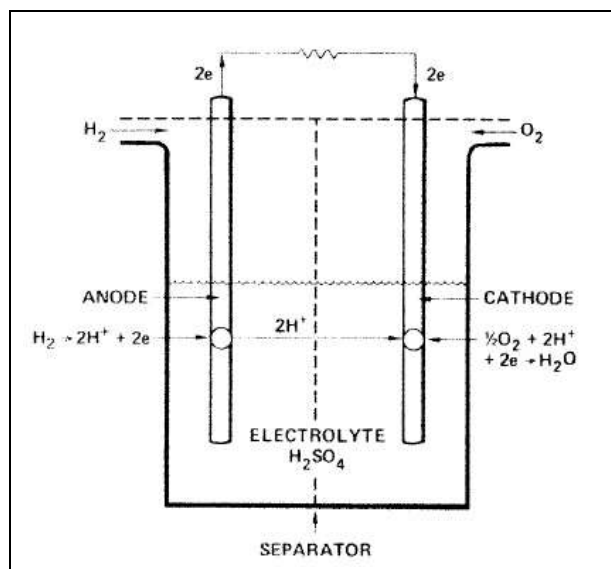
2) Τα ιόντα υδρογόνου περνούν μέσω του ηλεκτρολύτη στην άλλη καταλυτική επιφάνεια του ηλεκτροδίου οξυγόνου.

3) Ταυτόχρονα τα ηλεκτρόνια κινούνται μέσω του εξωτερικού κυκλώματος, επιτελεί χρήσιμο έργο, στην ίδια καταλυτική επιφάνεια.

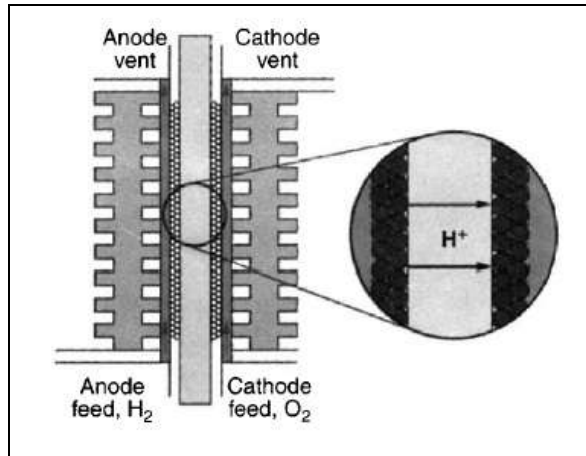
4) Το οξυγόνο με τα ιόντα υδρογόνου και τα ηλεκτρόνια συνενώνονται στην καταλυτική επιφάνεια του οξυγόνου για να σχηματίσουν το νερό.

Το μόνο υποπροϊόν της κυψέλης καυσίμου υδρογόνου-οξυγόνου είναι το νερό. Το νερό στους ηλεκτρολύτες με οξύ παράγεται στην κάθοδο ενώ με αλκαλικούς ηλεκτρολύτες παράγεται στην άνοδο. Η καθαρή αντίδραση είναι ότι το υδρογόνο και το οξυγόνο παράγουν νερό και ηλεκτρική ενέργεια.

Όπως και στην περίπτωση των μπαταριών, η αντίδραση ενός ισοδύναμου ηλεκτροχημικού καυσίμου θεωρητικά παράγει 26,8 Ah συνεχούς ρεύματος σε μια τάση η οποία είναι σε συνάρτηση με την αντίδραση καυσίμων-οξειδωτικών σε μια κυψέλη, που σε κανονικές συνθήκες η ιδανική είναι 1,23V DC για μια κυψέλη καυσίμου υδρογόνου-οξυγόνου.



Εικόνα 3-44: Κυψέλη καυσίμου υδρογόνου-οξυγόνου με διαχωριστή.



Εικόνα 3-45: Κυψέλη καυσίμου με βάση μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων.

Στην εικόνα 3-45, φαίνεται ένα σχηματικό της ανταλλαγής πρωτονίων μιας κυψέλης καυσίμου μεμβράνης (PEMFC), που είναι προς το παρόν ο καλύτερος υποψήφιος για χρήση σε μικρές φορητές κυψέλες καυσίμου. Περνώντας μέσα από ένα φυσικό αέριο, το υδρογόνο αντιδρά σε καταλύτη στην άνοδο στέλνοντας πρωτόνια και ηλεκτρόνια στην κάθοδο. Τα πρωτόνια περνούν μέσω της μεμβράνης και τα ηλεκτρόνια μέσω του εξωτερικού κυκλώματος. Τα πρωτόνια αντιδρούν με το οξυγόνο, που παρέχεται στην κάθοδο και δημιουργείται το νερό. Τα προϊόντα και μη αντιδραστήρια βγαίνουν μέσα από τους αεραγωγούς του φυσικού αερίου.[27]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

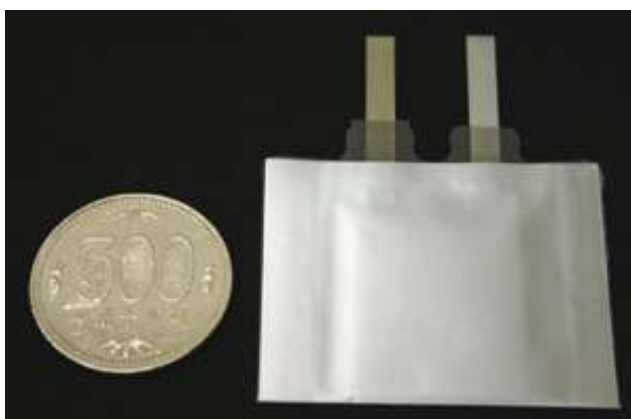
ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

4.1 Εισαγωγή

Με την συνεχή εξέλιξη και ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας οι μπαταρίες δεν μένουν σε στάσιμο επίπεδο. Υπάρχει συνεχής βελτίωση της μπαταρίας και οι προοπτικές της προδιαθέτουν ένα αισιόδοξο μέλλον για την ελαχιστοποίηση του κόστους και το μεγιστοποίηση της απόδοσης. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν οι μελλοντικές τάσεις και καινοτόμες εφευρέσεις που βρίσκονται στο στάδιο της εξέλιξης ή ακόμα και της κατασκευής. Ακόμη, θα γίνει αναφορά στην ανακύκλωση των μπαταριών και στις επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον.

4.2 Εύκαμπτες οργανικές επαναστατικές μπαταρίες (flexible Organic Radical Battery, ORB)

Αυτά τα πρωτότυπα ORB διατηρούν σχεδόν πλήρη παραγωγική ικανότητα, ακόμα και μετά από επανειλημμένες φορτίσεις-εκφορτίσεις, λόγω της ανόδου που διαθέτουν το ίδιο υλικό άνθρακα και οι μπαταρίες ιόντων λιθίου. Η νέα ORB παράγει επίσης 1,4 φορές μεγαλύτερη παραγωγή από τις υπάρχουσες μονάδες, λόγω της ανάπτυξης των νέων εξαιρετικά αγώγιμων καθόδων. Επιπλέον, έχουν το μέγεθος ενός κέρματος και έχουν πάχος 0,7 mm.



Εικόνα 4-1: Εύκαμπτη ORB μπαταρία.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας αυτής είναι:

A) Άνοδοι με άνθρακα-υψηλή αξιοπιστία

Οι άνοδοι της ORB διαθέτουν το ίδιο υλικό που χρησιμοποιείται στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων-λιθίου, παρά τη μεταλλική ταινία λιθίου, που χρησιμοποιούνται με τα συμβατικά ORB. Ως αποτέλεσμα, η νέα ORB έχει περίπου το 1/10 του κόστους των υφιστάμενων μονάδων και παρουσιάζουν συγκρίσιμη αξιοπιστία με τις εμπορικά διαθέσιμες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων λιθίου σε επαναλαμβανόμενες δοκιμές κύκλων λειτουργίας (φόρτιση-εκφόρτιση). Διατηρούν το 80% της αρχικής χωρητικότητας όταν οι κύκλοι λειτουργίας αγγίξουν τις 800 φορές σε θερμοκρασία δωματίου και τις 500 φορές στους 40 βαθμούς Κελσίου. Δεν αλλοιώνονται μετά από περισσότερες 100.000 συνεχείς εκφορτίσεις σε παλμό 100 mA.

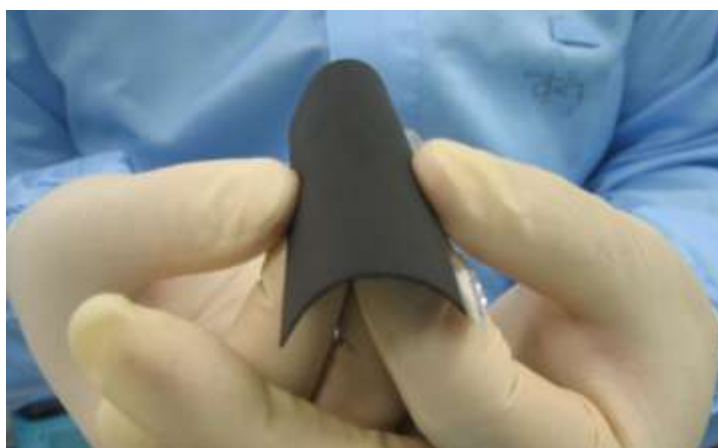
B) Έχουν 1,4 φορές υψηλότερη απόδοση όταν ενεργοποιηθούν μέσω νέων σύνθετων καθόδων.

Μια εξαιρετικά αγώγιμη νανοσύνθετη κάθοδος αναπτύχθηκε από την μετατροπή των επαναστατικών οργανικών στερεών υλικών σε ένα τζέλ με ομοιόμορφο «πάντρεμα» με υλικό του άνθρακα. Ως αποτέλεσμα, η απόδοση ανά μπαταρία με χωρητικότητα 5 mAh αυξήθηκε σε 7 kW/L. [28]

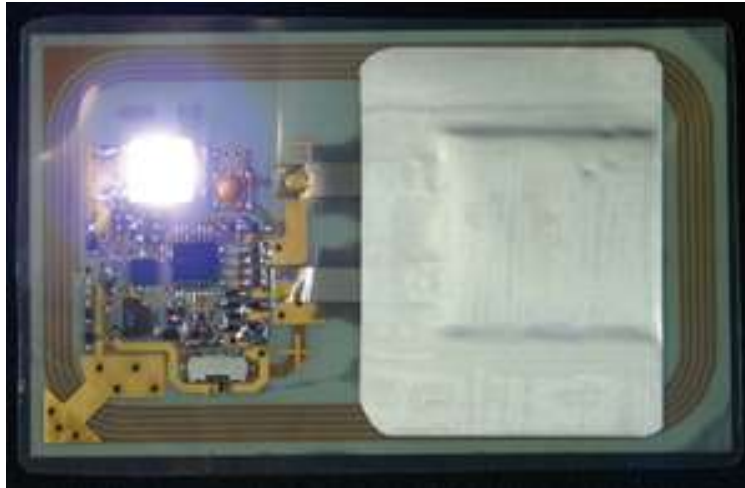
Ακόμη, η τεχνολογία αυτή είναι ο λόγος που κάνει την μπαταρία αυτή να είναι επαναφορτιζόμενη σε ένα τόσο εξαιρετικά ευέλικτο και εύκαμπτο επίπεδο. Επιπλέον, το πολυμερές οργανικό ηλεκτρόδιο είναι εξαιρετικά γρήγορο και τα υποστηριζόμενα άλατα που περιέχει μεταναστεύουν μέσω του πολυμερούς τζέλ πολύ ομαλά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μικρή αντίσταση στην αντίδραση φόρτισης και να έχει απίστευτα γρήγορο χρόνο φόρτισης λιγότερο από 30 δευτερόλεπτα. Εκτός από το να είναι αυτή η νέα μπαταρία λεπτή, εύκαμπτη και επαναφορτιζόμενη, είναι επίσης και φιλική προς το περιβάλλον σε αντίθεση με τις συμβατικές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Δεν περιέχει επιβλαβή μέταλλα, όπως υδρογόνο, μόλυβδο ή κάδμιο.

Τα πλεονεκτήματα λοιπόν που έχει η ORB είναι:

- (1) Μια εξαιρετικά λεπτή δομή, η οποία της επιτρέπει να ενσωματώνεται σε αντικείμενα όπως έξυπνες κάρτες και έξυπνο χαρτί.
- (2) Μια λεπτή και εύκαμπτη δομή όπως εύκαμπτο πλαστικό χρησιμοποιείται ως υλικό καθόδου.
- (3) Μια ταχεία φόρτιση, < 30 δευτερολέπτων.
- (4) Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα περίπου 1 mWh/cm².
- (5) Φιλική προς το περιβάλλον, δεν περιέχει βλαβερά μέταλλα. [29]

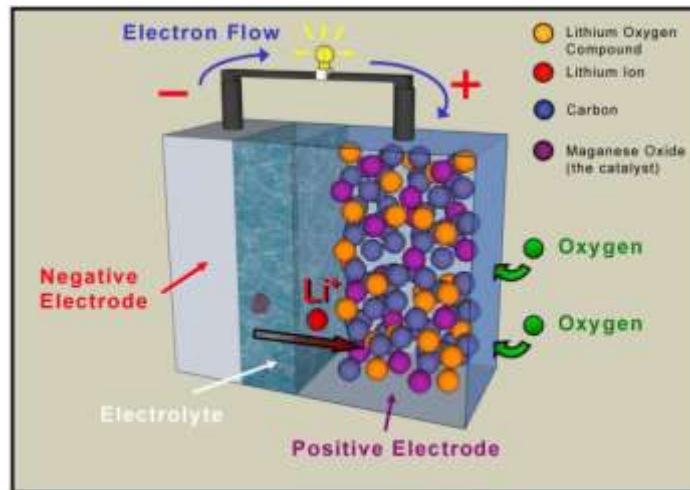


Εικόνα 4-2: Ευέλικτο-εύκαμπτο υλικό για ηλεκτρόδιο.



Εικόνα 4-3: Έξυπνη κάρτα-εφαρμογή LED που χρησιμοποιεί την ORB.

4.3 Μπαταρία αέρα-καυσίμου (air-fueled battery)



Εικόνα 4-4: Δομή μπαταρίας αέρα-καυσίμου.

Ερευνητές έχουν δημιουργήσει μια καινοτόμο μπαταρία αέρα-καυσίμου που έχει την δεκαπλάσια ενέργεια από τις συμβατικές μπαταρίες. Αυτή η αύξηση της απόδοσης θα μπορούσε να ανοίξει το δρόμο για την πράσινη ενέργεια για να εφαρμοστεί στα ηλεκτρικά οχήματα, κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές κ.ά. Η ανάπτυξη αυτή λέγεται ότι είναι φθηνότερη από τις τρέχουσες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και από τους συσσωρευτές λιθίου οξειδίου του καβαλτίου δεδομένου ότι αποτελείται από πορώδη άνθρακα.

Η αυξημένη ισχύς που προσφέρεται οφείλεται από τη χρήση ενός στοιχείου που βασίζεται στο οξυγόνο από τον αέρα κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης. Τα υποκατάστατα του οξυγόνου είναι ένα από τα χημικά στοιχεία που απασχολούνται στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες σήμερα και συμβάλουν στη μείωση του βάρους και του μεγέθους, αυξάνοντας την απόδοση ισχύος της μπαταρίας.

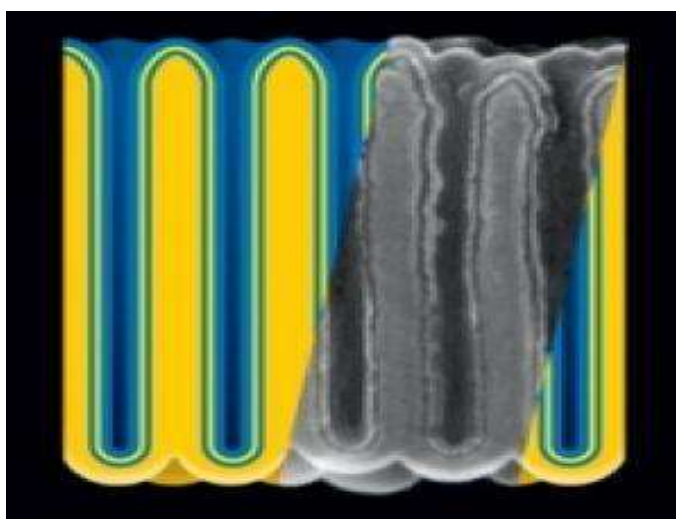
Η μπαταρία αυτή έχει κατασκευαστεί με ένα τμήμα του να εκτίθεται στον αέρα. Το οξυγόνο εισρέει μέσω της μπαταρίας και στους πόρους του άνθρακα ταυτόχρονα με την εκφόρτιση της μπαταρίας. Αυτή η διαδικασία είναι τόσο ανανεώσιμη και δωρεάν, όπως το οξυγόνο που ενεργεί ως αναγεννητικός παράγοντας και δεν υπάρχει έτσι η ανάγκη για χημικά προϊόντα στην μπαταρία.

Οι συμβατικές, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου κατέχουν τρία κύρια στοιχεία: ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο γραφίτη, ένα οργανικό ηλεκτρολύτη και οξείδιο του κοβαλτίου λιθίου ως θετικό ηλεκτρόδιο. Τα υποκατάστατα της μπαταρίας αέρα-καυσίμου είναι οξείδιο του κοβαλτίου λιθίου για το ηλεκτρόδιο με ένα πορώδες ηλεκτρόδιο άνθρακα. Στην εκφόρτιση, το λίθιο του ηλεκτρολύτη και τα ηλεκτρόνια του εξωτερικού κυκλώματος ενώνονται με το οξυγόνο από τον αέρα.[30]

4.4 Μπαταρίες με νανοτεχνολογία

Η νανοτεχνολογία είναι μια νέα επιστήμη που στον κλάδο της μπαταρίας έχει σκοπό να βελτιώσει τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας και το κόστος ή ακόμη να επιτύχει συνδυασμό υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, υψηλής ισχύος και γρήγορης επαναφόρτισης που είναι απαραίτητα για το ενεργειακό μας μέλλον.

Ερευνητές έχουν καταφέρει να βελτιώσουν σημαντικά την απόδοση των ηλεκτρικών συσκευών αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιώντας την νέα αυτή μέθοδο της νανοτεχνολογίας. Δημιουργούν νανοδομές εκατομμυρίων πανομοιότυπων σχημάτων προσαρμοσμένα κατάλληλα για τη μεταφορά της ενέργειας, όπως τα ηλεκτρόνια, από και προς πολύ μεγάλες επιφάνειες όπου είναι αποθηκευμένα. Τα υλικά συμπεριφέρονται σύμφωνα με τους φυσικούς νόμους της φύσης.



Εικόνα 4-5: Ηλεκτροστατικοί νανοπυκνωτές σχεδιασμένοι με νανοπορώδεις ανοδικό οξείδιο του αλουμινίου (πιο σκούρο κίτρινο) ταινία με διαδοχική ατομική απόθεση στρώματος του μετάλλου (μπλε), μονωτής (κίτρινο), και μέταλλο.

Οι ερευνητές εκμεταλλεύτηκαν ασυνήθιστους συνδυασμούς αυτών των συμπεριφορών (που ονομάζονται αυτο-οργάνωση, αυτοπεριοριζόμενη αντίδραση και αυτο-ευθυγράμμιση) και κατασκεύασαν νανοδομές από εκατομμύρια και τελικά δισεκατομμύρια μικροσκοπικά σχήματα για την παραλαβή, αποθήκευση και παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι συνδυασμοί αυτοί βελτιστοποιούν τόσο την ενέργεια όσο και την πυκνότητα ισχύος (έχει εξαιρετική εφαρμογή για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα) και συνδυασμοί επίσης που στο σύνολό τους αφήνουν πολλά υποσχόμενα για την κατασκευή μπαταριών επόμενης γενιάς.

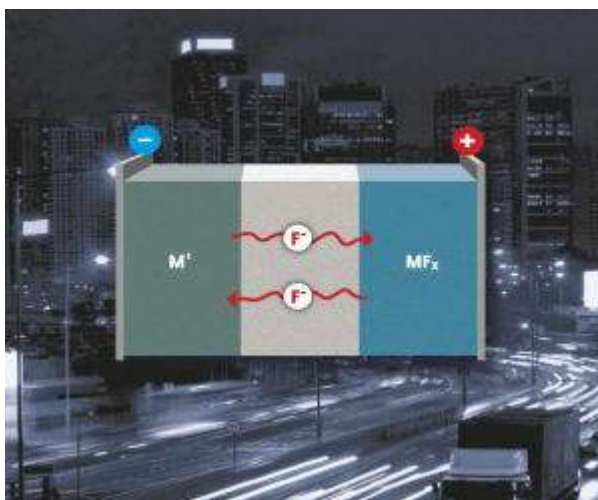
Οι ηλεκτροστατικοί πυκνωτές αυξάνουν δραματικά την ενεργειακή πυκνότητα χωρίς να θυσιάζουν την υψηλή ικανότητα ισχύος που προσφέρουν.[31]

4.5 Το φθόριο αυξάνει την χωρητικότητα αποθήκευσης των μπαταριών.

Ερευνητές έχουν αναπτύξει μια νέα αντίληψη για τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Βασιζόμενοι στην παλινδρομική κίνηση του φθορίου, η μεταφορά των ανιόντων φθορίου μεταξύ των ηλεκτροδίων υπόσχεται να ενισχύσει την ικανότητα αποθήκευσης που επιτεύχθηκε από μπαταρίες ιόντων λιθίου από διάφορους παράγοντες. Η λειτουργική ασφάλεια έχει επίσης αυξηθεί, δεδομένου ότι μπορεί να γίνει χωρίς το λίθιο.

Φθοριούχες ενώσεις μετάλλων μπορούν να εφαρμοστούν ως υλικά μετατροπής σε μπαταρίες ιόντων-λιθίου. Οι μπαταρίες χωρίς λίθιο με φθόριο που περιέχεται στους ηλεκτρολύτες, με μια άνοδο μετάλλου και μια κάθοδο φθορίου του μετάλλου μπορούν να φτάσουν σε μια πολύ καλύτερη ικανότητα αποθήκευσης της ενέργειας και έχουν βελτιωμένες ιδιότητες ασφαλείας. Αντί του κατιόντος λιθίου το φθοριούχο ανιόν αναλαμβάνει τη μεταφορά φορτίου.

Επιπλέον, οι ερευνητές εργάζονται για την περαιτέρω ανάπτυξη του σχεδιασμού υλικού και της αρχιτεκτονικής της μπαταρίας, ώστε να βελτιωθεί η αρχική χωρητικότητα και η σταθερότητα των κύκλων λειτουργίας της μπαταρίας ιόντων φθορίου. Μια άλλη πρόκληση έγκειται στην περαιτέρω ανάπτυξη του ηλεκτρολύτη. Ο στερεός ηλεκτρολύτης που εφαρμόζεται μέχρι τώρα είναι κατάλληλος για εφαρμογές σε υψηλές θερμοκρασίες μόνο. Ως εκ τούτου, με στόχο την εξεύρεση υγρού ηλεκτρολύτη που θα είναι κατάλληλος για χρήση σε θερμοκρασία δωματίου.[32]



Εικόνα 4-6: Ηλεκτρολύτες που περιέχουν φθόριο χωρίζουν την άνοδο μετάλλου και την κάθοδο φθορίου-μετάλλου.

4.6 Έξυπνες μπαταρίες

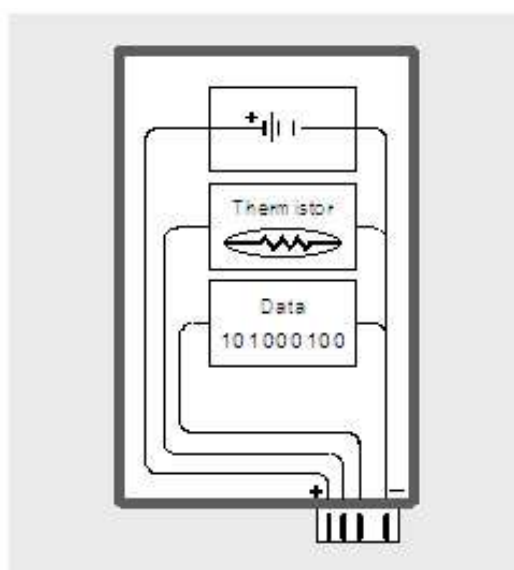
Οι κοινές και συνηθισμένες μπαταρίες έχουν ένα μη επικοινωνιακό τρόπο. Το βάρος, το χρώμα και το μέγεθος δεν αποκαλύπτουν την κατάσταση της φόρτισης (State of charge, SoD) και την κατάσταση της υγείας τους (State of health, SoH). Ο χρήστης είναι στο έλεος της μπαταρίας και απλά η φόρτιση μιας μπαταρίας δεν εγγυάται την αναμενόμενη αυτονομία.

Οι περισσότερες μπαταρίες για φορητούς υπολογιστές, κινητά και παρόμοιες συσκευές είναι «έξυπνες» που σημαίνει ότι κάποια επικοινωνία πραγματοποιείται μεταξύ της μπαταρίας, του εξοπλισμού και του χρήστη. Ο ορισμός «έξυπνος» σημαίνει ότι οι μπαταρίες περιλαμβάνουν κάποιο επίπεδο της νοημοσύνης. Εξοπλισμένες με ένα μικροτσίπ, αυτές οι μπαταρίες μιλάνε στον φορτιστή και ενημερώνουν τον χρήστη για την κατάσταση της φόρτισης. Έχει επικρατήσει ότι μια μπαταρία πρέπει να έχει τουλάχιστον μια ένδειξη κατάστασης της

φόρτισης SoC, για να ονομάζεται έξυπνη μπαταρία. Σήμερα, πολλοί κατασκευαστές προσφέρουν ολοκληρωμένο κύκλωμα σε ένα τσιπ με σύστημα μονού καλωδίου και διπλού καλωδίου γνωστό και ως δίαυλος διαχείρισης συστήματος (System Management Bus, SMBus).

Δίαυλος μονού καλωδίου

Αυτό το σύστημα παρέχει επικοινωνίες μέσω ενός καλωδίου. Μια πιο προσεκτική ματιά αποκαλύπτει, ωστόσο, ότι η μπαταρία εξακολουθεί να χρησιμοποιεί τρία καλώδια. Αποτελούνται από τη γραμμή των δεδομένων που παρέχει επίσης τις πληροφορίες ρολογιού και πόλους της μπαταρίας (θετικός και αρνητικός). Για λόγους ασφαλείας, οι περισσότεροι κατασκευαστές μπαταριών τοποθετούν επίσης ένα ξεχωριστό καλώδιο για την ανίχνευση της θερμοκρασίας. Το παρακάτω σχήμα δείχνει το σχεδιάγραμμα ενός συστήματος μονού καλωδίου.

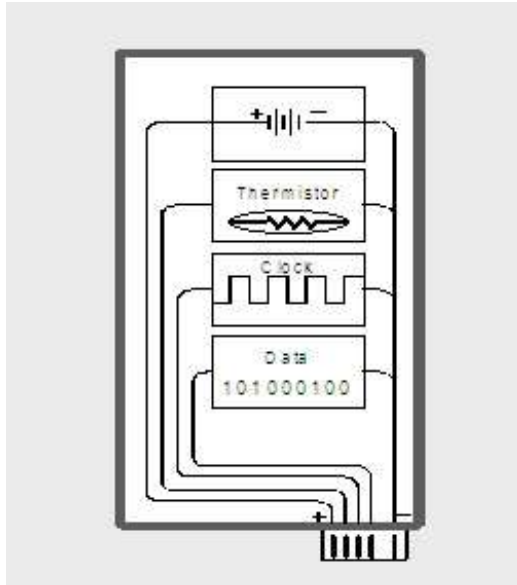


Εικόνα 4-7: Σύστημα μονού καλωδίου «έξυπνης» μπαταρίας.

Το σύστημα μονού καλωδίου αποθηκεύει τον κωδικό της μπαταρίας και παρακολουθεί δεδομένα της μπαταρίας που περιλαμβάνουν πληροφορίες τάσης, ρεύματος, θερμοκρασίας και κατάσταση φόρτισης. Λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους του υλικού, αυτός ο τύπος συστήματος χρησιμοποιείται για λιγότερο πολύπλοκες συσκευές.

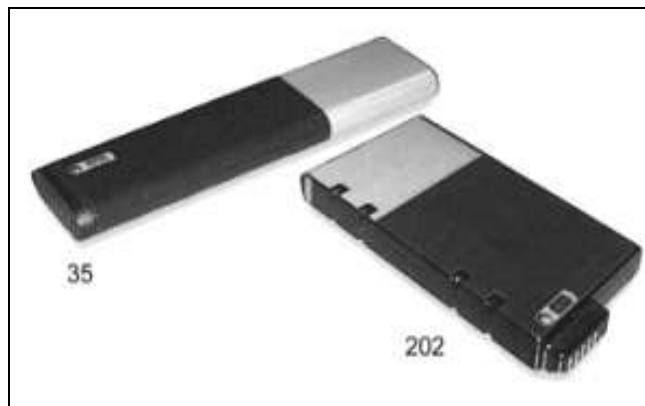
Δίαυλος διαχείρισης συστήματος SMBus (Δίαυλος διπλού καλωδίου)

Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελεί μια συντονισμένη προσπάθεια τυποποίησης σε ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας και σε ένα σύνολο δεδομένων. Αυτό επιτεύχθηκε το 1993 από τις εταιρίες Duracell και Intel και αποτελείται από δύο χωριστές γραμμές για τα δεδομένα και το ρολόι αντίστοιχα. Η εικόνα 4-8 παρακάτω δείχνει την διάταξη του SMBus διπλού καλωδίου.



Εικόνα 4-8: Η SMBus λειτουργεί σε ένα σύστημα δύο καλωδίων χρησιμοποιώντας ένα τυποποιημένο πρωτόκολλο επικοινωνίας. Το σύστημα αυτό προσφέρεται σε τυποποιημένα SoC και SoH.

Η αρχική σχεδιαστική φιλοσοφία πίσω από την μπαταρία SMBus ήταν να αφαιρεθεί ο έλεγχος φόρτισης από το φορτιστή και να εκχωρηθεί στην μπαταρία. Με ένα πραγματικό σύστημα SMBus, η μπαταρία γίνεται κυρίαρχη και ο φορτιστής λειτουργεί ως σκλάβος που ακολουθεί τις προσταγές της μπαταρίας. Αυτό έγινε λόγω των ανησυχιών για τη ποιότητα και σταθερότητα του φορτιστή με τις νέες χημείες των μπαταριών για σωστότερη διαχείριση και φόρτιση των μπαταριών.[33]



Εικόνα 4-9: SMBus μπαταρίες με βάση το νικέλιο και λίθιο για χρήση σε φορητούς υπολογιστές, ιατρικά όργανα και εξοπλισμό έρευνας.

<p>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Παρέχει κατάσταση της φόρτισης. -Διατήρηση ιστορικού όπως μέτρηση των κύκλων, απαιτήσεις συντήρησης κλπ. -Προστασία μπαταρίας από μη εξουσιοδοτημένη χρήση.
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.7 Ανακύκλωση και περισυλλογή μπαταριών

4.7.1 Εισαγωγή

Το έτος 2000 είχαν παραχθεί περίπου 40 δισεκατομμύρια μπαταρίες παγκοσμίως. Ο αριθμός αυτός αυξάνεται κατά περίπου 5% ετησίως. Είναι ένας μεγάλος αριθμός αυτών των ηλεκτρικών στηλών που περιέχουν επικίνδυνα υλικά όπως ο μόλυβδος, το κάδμιο, ο υδράργυρος, νικέλιο, κοβάλτιο, χρώμιο, βανάδιο, λίθιο, μαγγάνιο και ψευδάργυρος, καθώς και όξινα ή αλκαλικά είδη ηλεκτρολυτών και περιέχουν επίσης και σημαντικές ποσότητες σημαντικών υλικών. Κατά συνέπεια, η ανεξέλεγκτη διάθεση των μπαταριών παρουσιάζει τόσο μεγάλο κίνδυνο για την υγεία και το περιβάλλον όσο και τη σημαντική σπατάλη των πολύτιμων πόρων των υλικών. Για τους λόγους αυτούς, κυβερνήσεις και βιομηχανίες αναγνωρίζοντας τους κινδύνους έχουν συμβάλει στην προσπάθεια της συλλογής και ανακύκλωσης τέτοιων ειδών αποβλήτων.

Ένας γενικός κανόνας για τις επιπτώσεις του περιβάλλοντος είναι για τις μπαταρίες μιας χρήσης (Α΄ τάξης) να χρησιμοποιούνται υλικά που είναι βιοδιασπώμενα στον περιβάλλον και για τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες (Β΄ τάξης) να γίνεται χρήση υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε νέες μπαταρίες.

4.7.2 Συλλογή πρωτοβάθμιων μπαταριών

Ιστορικά, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος, οξειδίου του αργύρου και βιομηχανικές νικελίου-καδμίου συλλέγονταν στο τέλος της διάρκειας ζωής τους από τους επιχειρηματίες λόγω της οικονομικής αξίας των υλικών που αποτελούνταν. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 η προσοχή στράφηκε περισσότερο στο περιβάλλον όπου οι μπαταρίες που περιείχαν υδράργυρο αποτεφρώνονταν μαζί με τα οικιακά απορρίμματα. Πιστευόταν ότι ο υδράργυρος από τα απόβλητα των μπαταριών που διασκορπιζόταν στο περιβάλλον οδηγούσε σε επικίνδυνο αντίκτυπο με το έδαφος, τις καλλιέργειες και τα ψάρια του γλυκού νερού. Αν και αρκετές μελέτες που διεξάγονται σε Ευρώπη, Ιαπωνία και Αμερική κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο υδράργυρος από τις μπαταρίες στα απορρίμματα δεν αποτελεί απειλή για το περιβάλλον. Παρόλα αυτά, αναγνωρίζοντας την ανάγκη για να προστατευθεί το περιβάλλον εισήχθη σχετική νομοθεσία για τον έλεγχο της διασποράς υδραργύρου, καδμίου και μολύβδου στο περιβάλλον και τη συλλογή τους ξεχωριστά.

Κατά συνέπεια, η βιομηχανία μπαταριών ήρθε σε επαφή με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή με μια προσέγγιση επί του θέματος της συλλογής και ανακύκλωσης των πρωτογενών μπαταριών. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ενέκρινε την πρόταση και μέσω μιας τεχνικής προσαρμογής της νομοθεσίας 98/101/EEC (Οδηγία περί Μπαταριών) τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2000. Από τότε έχουν γίνει κάποιες αναθεωρήσεις με νέες βασικές προτάσεις όπως:

- Την απαγόρευση της εμπορίας μπαταριών νικελίου-καδμίου από την 1η Ιανουαρίου 2008.
- Όλες οι μπαταρίες κανονικού μεγέθους να μαρκαριστούν στην ετικέτα τους με ένα σύμβολο δοχείου απορριμμάτων. Αυτό περιλαμβάνει τις μπαταρίες μεγέθους D, C, AA, AAA και τις μπαταρίες των 9V.
- Όλοι οι τύποι μπαταριών πρέπει να συλλέγονται χωριστά από τα άλλα απόβλητα. Προτείνεται ένας στόχος συλλογής μπαταριών το 75%.
- Μέχρι το τέλος του 2004, όλες οι μπαταρίες που συλλέγονται πρέπει να ανακυκλώνονται με ποσοστό ανακύκλωσης 55% των υλικών που περιέχονται σε αυτά.

- Τα κράτη μέλη είναι ελεύθερα να καθορίζουν τις ευθύνες στο πλαίσιο της παρούσας οδηγίας. Αυτά είναι επίσης ελεύθερα να χρησιμοποιούν οικονομικά μέσα ή καταθέσεις, εφόσον το επιθυμούν.

4.7.3 Ανακύκλωση μπαταριών

Για την ανακύκλωση χρησιμοποιείται μια διαδικασία που ονομάζεται υδρομεταλλουργία. Είναι μια τεχνική στο τομέα της εξορυκτικής μεταλλουργίας που αφορά τη χρήση της υδατικής χημείας για την ανάκτηση των μετάλλων από μεταλλεύματα, συμπυκνωμένα και ανακυκλωμένα ή υπολειμματικά υλικά. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν η τεχνολογία της πυρομεταλλουργίας όπου πύρωναν τα μέταλλα, τα έψηναν στους 400-700°C και τα επεξεργάζονταν για να βγει το τελικό υλικό για επαναχρησιμοποίηση στις μπαταρίες. Η μέθοδος της υδρομεταλλουργίας χωρίζεται συνήθως σε τρεις γενικούς τομείς.

1-Την διύλιση

Η διύλιση περιλαμβάνει την χρήση των υδατικών διαλυμάτων όπως το υγρό Lixiviant που βοηθά στην ταχεία και πλήρη διύλιση. Κατά την διαδικασία της διύλισης η οξείδωση, το δυναμικό, η θερμοκρασία και το pH του διαλύματος είναι πολύ σημαντικές παράμετροι και συχνά χειραγωγείται για να βελτιστοποιήσουν τη διάλυση του επιθυμητού μεταλλικού τμήματος στην υδατική φάση.

2-Την συγκέντρωση λύσης και καθαρισμός

Μετά από την διύλιση, το υγρό διαχωρισμού των μεταλλικών ενώσεων πρέπει κανονικά να υποβληθεί στη συγκέντρωση των ιόντων μετάλλων που πρόκειται να ανακτηθούν. Επιπλέον, ανεπιθύμητα μεταλλικά ιόντα απαιτούν μερικές φορές την αφαίρεσή τους.

3-Την αποκατάσταση/ανάκτηση μετάλλων

Η ανάκτηση μετάλλων είναι το τελικό βήμα σε μια υδρομεταλλουργική διαδικασία. Τα μέταλλα είναι κατάλληλα για πώληση ως πρώτες ύλες που συχνά παράγονται απευθείας στο βήμα ανάκτησης μετάλλων. Μερικές φορές, ωστόσο, περαιτέρω καθαρισμός απαιτείται αν πρόκειται να παραχθούν μέταλλα υπερ-υψηλής καθαρότητας. [34]

4.7.3.1 Διαδικασία ανακύκλωσης του μολύβδου

Συνολικά τέσσερις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης συσσωρευτών μολύβδου - οξέος δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα στον τομέα αυτό. Συνολικά το έτος 2002 επεξεργάστηκαν περί τους 17.000 τόνους, με μια απόδοση 50% περίπου, σε μεταλλικό μολύβδο και κράματα μολύβδου. Η απόδοση του ανακτώμενου μολύβδου σχετικά με τον μολύβδο που περιέχεται στους συσσωρευτές είναι της τάξεως του 99%.

Από τον παραγόμενο μολύβδο περίπου το 70% χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή νέων συσσωρευτών, κλείνοντας έτσι τον κύκλο της διεργασίας ανακύκλωσης μολύβδου, ενώ το υπόλοιπο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή πηγμάτων, σκαγιών, επενδύσεων για ηλεκτρικά καλώδια, φύλλα μολύβδου κλπ.

Η ανακύκλωση συσσωρευτών και η ανάκτηση του μολύβδου βασίζεται στην πυρομεταλλουργική διεργασία.

Η εγκατάσταση σχηματικά ορίζεται σε τρεις τομείς, οι οποίοι είναι :

1. Τεμαχισμός, με διαλογή, διαχωρισμό και αποθήκευση, των διαφόρων συστατικών μερών της μπαταρίας.
2. Διαχωρισμός και «λιώσιμο» με παραγωγή του λεγόμενου «δευτερογενούς μολύβδου».
3. Καθαρισμός και μορφοποίηση.

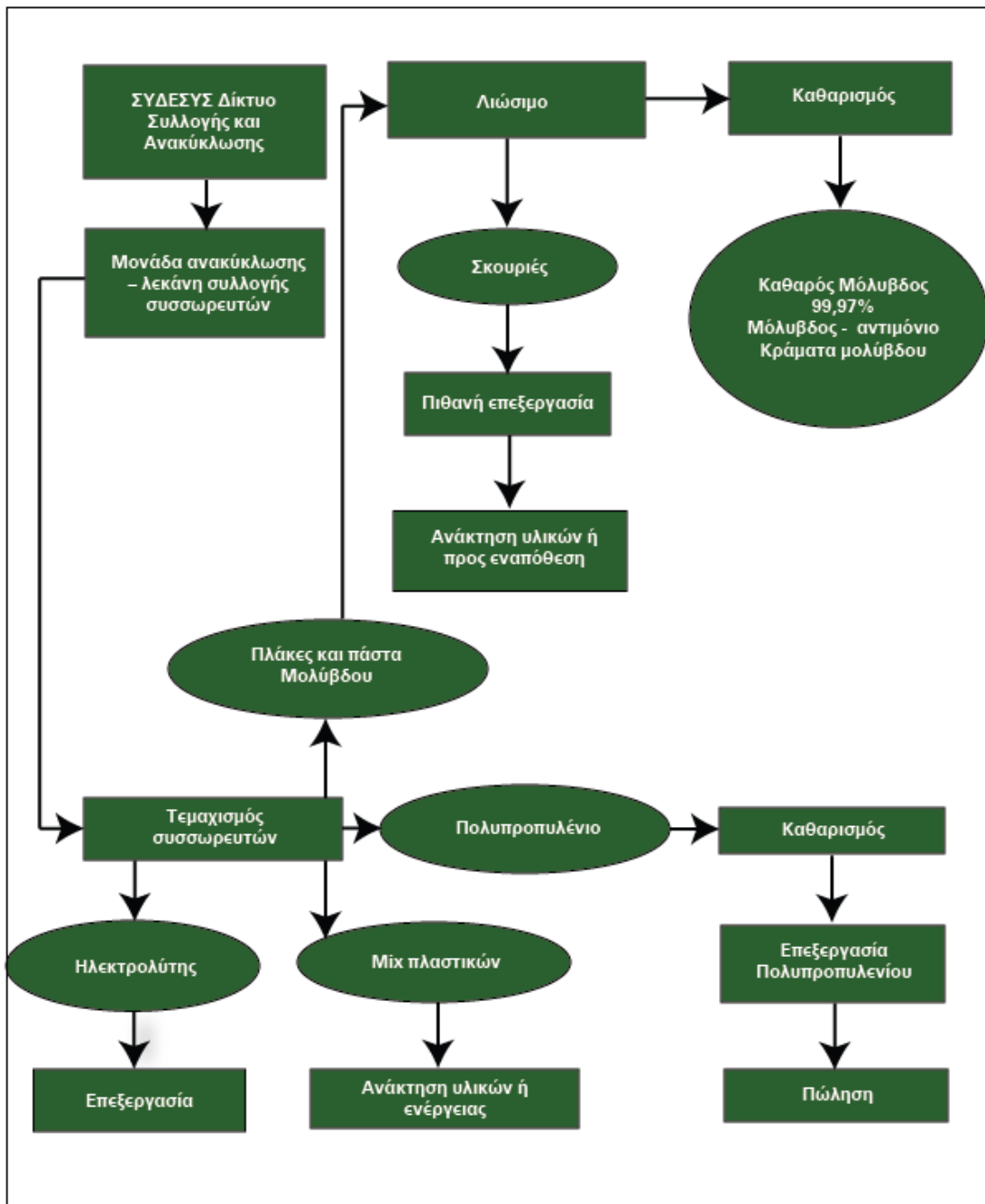
Η ανακύκλωση των συσσωρευτών προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας κατά 70% της παραγωγής ισοδύναμου πρωτογενούς μολύβδου. Αντίστοιχο είναι και το όφελος από την ανακύκλωση των πλαστικών υλικών συσκευασίας των συσσωρευτών. Το παρακάτω σχήμα ροής αποτυπώνει τις βασικές φάσεις επεξεργασίας, των χρησιμοποιημένων συσσωρευτών, σε δευτερογενή μολύβδο της μη κερδοσκοπικής ανώνυμης εταιρίας ΣΥ.ΔΕ.ΣΥΣ (σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης συσσωρευτών).

1. Διαλογή – θραύση – διαχωρισμός των συσσωρευτών

Οι χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές συλλέγονται στις μονάδες ανακύκλωσης σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους για μια πρώτη διαλογή και έλεγχο του φορτίου. Αυτή η φάση της διαλογής είναι αναγκαία για την απομάκρυνση πιθανών μη συμβατών υλικών (συσσωρευτές νικελίου - καδμίου, σιδηρούχα εξαρτήματα, διάφορα απορρίμματα). Οι συσσωρευτές φορτώνονται σε μεταφορικές ταινίες και μέσω χοάνης, αποστέλλονται σε χώρους θραύσης και τεμαχισμού τους. Κατόπιν, απομακρύνεται ο ηλεκτρολύτης και γίνεται διαχωρισμός και έκπλυση των πλαστικών και των μολυβδόχων μερών των συσσωρευτών.

Στο τέλος της φάσης αυτής, έχουμε την πάστα μολύβδου, πλέγματα διαχωριστικού, τους πόλους του συσσωρευτή, μίγμα πολυπροπυλενίου και πλαστικού. Η πάστα μολύβδου, σε μορφή λάσπης, ανακτάται στη μονάδα φιλτροπρεσών.

Η συνήθης συγκέντρωση σε μολύβδο είναι περίπου 99% σε μεταλλική μορφή και ανακτάται μέσω οξειδοαναγωγής σε κυλινδρικούς φούρνους τήξης. Το διαχωριστικό πλέγμα και οι πόλοι οδηγούνται στο φούρνο τήξης. Το πολυπροπυλένιο στην έξοδο από τον διαχωριστή ανακτάται μέσω αεροδιαχωρισμού και επίπλευσης και αποστέλλεται για θρυμματισμό. Από το μίγμα του πλαστικού ένα μέρος, κατόπιν έκπλυσης, καθαρό και χωρίς υπολείμματα υλικών πωλείται ως προϊόν στους κατασκευαστές πλαστικών. Ενώ το υπόλοιπο, στο μέγιστο μέρος πολυαιθυλένιο, ανακτάται ή αποστέλλεται για εναπόθεση.



2. Τήξη και αναγωγή των μεταλλικών ενώσεων

Από τον φούρνο τήξης και αναγωγής εξάγουμε σε συνεχή ροή τον μολύβδο και τις σκουριές. Οι διεργασίες που λαμβάνουν μέρος σε αυτή την φάση, συνθετικά μπορούν να περιγραφούν :

- αναγωγή των οξειδίων και του θεικού μολύβδου με άνθρακα.
- ελευθέρωση του μολύβδου, ο οποίος βρίσκεται ως θεικός μολύβδος, με χρήση ανθρακικού νατρίου και σιδήρου.

Η θερμοκρασία λειτουργίας σε αυτή την φάση είναι μεγαλύτερη των 1.100 °C και επιτυγχάνεται με προσθήκη υγρού οξυγόνου, φυσικού αερίου ή diesel.

3.Καθαρισμός

Η επεξεργασία του ηλεκτρολύτη των συσσωρευτών ακολουθεί την εξής σχηματική διεργασία:

- συλλογή ηλεκτρολύτη συσσωρευτών και όξινων διαλυμάτων παραγωγής.
- εξουδετέρωση διαλυμάτων.
- επεξεργασία.
- διαχωρισμός (οι λάσπες προωθούνται στους φούρνους ανάκτησης μολύβδου) κατακρήνηση σε φίλτρα άμμου.
- κλάσμα ως απόβλητο και οι υπόλοιπες ποσότητες οδεύουν προς επαναχρησιμοποίηση στην εγκατάσταση.

Οι εγκαταστάσεις των μονάδων ανακύκλωσης λειτουργούν με αντίστοιχες φάσεις εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες και την οργάνωση εργασίας παραγωγής που απαιτείται για την ανακύκλωση των συσσωρευτών και την προστασία από την αέρια και υγρά ρύπανση.

4.8 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – οφέλη

Η περιβαλλοντική ρύπανση που προκαλούν οι συσσωρευτές, αρχίζει από την στιγμή που αφήνονται από τους κατόχους τους σε σημεία όπως κατά μήκος των οδών, στα χωράφια, στις ακρογιαλιές κ.ά. Κατά συνέπεια, η περιβαλλοντικά ασφαλής συλλογή και η επεξεργασία των χρησιμοποιημένων συσσωρευτών θα επιτρέψουν μια μείωση κατά 75% των επικίνδυνων αποβλήτων, από την εγκατάλειψή τους στο περιβάλλον. Επίσης, η ανακύκλωση των συσσωρευτών προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας, σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ισοδύναμου πρωτογενούς μολύβδου, κατά 70%. Κατά την ανακύκλωση των χρησιμοποιημένων συσσωρευτών ένα ποσοστό 70 - 75% ανακυκλώνεται ενώ μια ποσότητα 20 - 25% αποτελεί τα επικίνδυνα και μη απόβλητα της επεξεργασίας των συσσωρευτών μολύβδου - οξέος.

4.8.1 Μόλυβδος

Ο μόλυβδος, πάνω από μια ορισμένη συγκέντρωση, είναι τοξικός για τον άνθρωπο. Η συνεχής ή οξεία υπερβολική έκθεση στον μόλυβδο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας. Ο μόλυβδος επηρεάζει τα βασικά όργανα καθώς επίσης και το κεντρικό νευρικό και κυκλοφοριακό σύστημα. Η έκθεση στον μόλυβδο είναι πολύ σοβαρή για τα μικρά παιδιά επειδή τα τελευταία απορροφούν τον μόλυβδο ευκολότερα από τους ενήλικες και είναι πιο ευαίσθητα στις επιβλαβείς συνέπειές του. Κατά τη διάρκεια της κύησης, ιδιαίτερα το τελευταίο τρίμηνο, ο μόλυβδος μπορεί να διαπεράσει τον πλακούντα και να επηρεάσει το έμβρυο. Ο μόλυβδος, λόγω ακριβώς της μη ορθής διαχείρισής του, έχει αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Για παράδειγμα, επεμβαίνει στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα της θαλάσσιας ζωής και προκαλεί την τοξικότητα των ιχθύων.

Το θειικό οξύ που περιέχεται σε έναν συσσωρευτή μολύβδου προκαλεί αλλοίωση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων. Η επίδρασή του στην αμφίβια ζωή είναι άμεση και προκαλεί τον θάνατο στα ψάρια και σε κάθε άλλου είδους ζωή. Ο βαθμός επίδρασης εξαρτάται από την συγκέντρωση σε θειικό οξύ που σημειώνεται στο υδάτινο περιβάλλον.

4.8.2 Κάδμιο

Το Κάδμιο (Cd) είναι τοξική και καρκινογόνος ουσία. Ο διεθνής οργανισμός για την έρευνα του καρκίνου το θεωρεί γνωστή καρκινογόνο ουσία για τον άνθρωπο.

Επιδημιολογικές μελέτες για τους εργαζόμενους που εκτίθενται στο Cd δείχνουν μεγάλο αριθμό καρκίνου των πνευμόνων. Το κυριότερο μη καρκινικό τελικό σημείο ανησυχίας είναι βλάβη στους νεφρούς. Επίσης, σε υψηλό επίπεδο έκθεσης παρατηρήθηκαν διαταραχές στα οστά και αιματολογικές διαταραχές. Ευρύτερο φάσμα τοξικότητας των οργάνων αποδείχτηκε στα ζώα.

Τα οφέλη από την ανακύκλωση μπαταριών είναι κοινά για όλους. Δημιουργούμε ένα καλύτερο περιβάλλον για εμάς και τα παιδιά μας. Σε όλες τις χώρες της Ευρώπης, η ανακύκλωση μπαταριών γίνεται για:

- Την προστασία του περιβάλλοντος και την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των πολιτών.
- Την μείωση του όγκου των απορριμμάτων, τα οποία καταλήγουν στα ΧΥΤΑ (Χώροι Υγειονομικής Ταφής απορριμμάτων).
- Την εξοικονόμηση πρώτων υλών.
- Την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.
- Την συνεισφορά στον πολιτισμό, εφόσον η εναλλακτική διαχείριση των απορριμμάτων αποτελεί δείκτη πολιτισμού. [35]

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2804257.stm>
- [2] <http://www.faqs.org/health/bios/41/Luigi-Galvani.html>
- [3] <http://www.bookrags.com/biography/alessandro-volta/>
[4],[6],[9],[13],[16]
- http://batteryuniversity.com/learn/article/when_was_the_battery_invented
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/William_Gilbert_%28astronomer%29
- [7] http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Andre-Marie_Ampere
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday
- [10] <http://corrosion-doctors.org/Biographies/GroveBio.htm>
- [11] <http://corrosion-doctors.org/Biographies/PlantelBio.htm>
- [12] <http://corrosion-doctors.org/Biographies/LeclancheBio.htm>
- [14] <http://corrosion-doctors.org/PrimBatt/urry.htm>
- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93metal_hydride_battery
- [17] http://kiou-kirbiologia.blogspot.com/2011/03/blog-post_20.html
- [18] <http://www.hyperionee.gr/batteries/>
- [19] A Battery Management Unit-HEIDI FISK , JOHAN LEIJGÅRD-Chalmers University of Technology.
- [20] http://kiou-kirbiologia.blogspot.com/2011/03/blog-post_20.html
[21],[23],[25],[27]
- Handbook of batteries / David Linden, Thomas B. Reddy Third Edition
ISBN: 0-07-135978-8
- [22]http://batteryuniversity.com/learn/article/how_to_restore_and_prolong_lead_acid_batteries
s
- [24],[26]
- Industrial Applications of Batteries ISBN-13: 978-0-444-52160-6
- [28] <http://www.nec.co.jp/press/en/1011/0503.html>
- [29] <http://www.nec.co.jp/press/en/0512/0701.html#note3>
- [30] <http://thefutureofthings.com/pod/7188/air-fueled-battery.html>
- [31] <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/03/090320173859.htm>
- [32] <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/10/111021125521.htm>
- [33] http://batteryuniversity.com/learn/article/inner_workings_of_a_smart_battery
- [34] Used battery collection and recycling ISBN: 0-444-50562-8
- [35] <http://www.sydesys.gr/gp/catid01.aspx>