

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΘΕΜΑ: «ΑΠΟΒΛΗΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ**  
**ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ (ΤΗΛΕΟΡΑΣΕΙΣ, MONITORS)»**



**Επιβλέπων καθηγητής : κ. Σινιόρος Παναγιώτης**  
**Συνεπιβλέπων καθηγητής : κ. Νικολής Βασίλης**  
**Σπουδαστής : Αραβαντινός-Ρουσέλος Παναγιώτης**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 4 -
1. CRT οθόνες τηλεοράσεων και ηλεκτρονικών υπολογιστών.....	- 10 -
2. Υλικά κατασκευής CRT οθόνης.....	- 13 -
3. Ανακύκλωση CRT οθόνης .....	- 17 -
3.1 Περισυλλογή οθονών.....	- 17 -
3.2 Επεξεργασία μεταλλικών και μη μεταλλικών υλικών .....	- 17 -
3.3 Διαχωρισμός και διαλογή υλικών .....	- 19 -
4. CRT panel, funnel and neck γυαλί .....	- 24 -
4.1 Διαχωρισμός των τμημάτων γυαλιού.....	- 24 -
5. Δημιουργία προϊόντων από CRT panel γυαλί και γυάλινες συσκευασίες .....	- 26 -
5.1 Χρήση CRT panel γυαλιού και ανακυκλωμένου γυαλιού συσκευασιών .....	- 26 -
5.2 Ανάπτυξη προγράμματος .....	- 28 -
5.3 Ανάπτυξη τεχνολογίας από το Staffordshire University.....	- 31 -
5.3.1 Προμήθεια εξοπλισμού στις πειραματικές εγκαταστάσεις .....	- 31 -
5.4 Προετοιμασία γυαλιού .....	- 35 -
5.4.1 Γυάλινες συσκευασίες .....	- 36 -
5.4.2 Γυαλί από ήλεκτρο .....	- 37 -
5.4.3 CRT γυαλί θρυμματισμένο.....	- 38 -
5.4.4 Εξέλιξη του θρυμματισμένου CRT γυαλιού .....	- 39 -
5.5 Συνέπειες του σχεδιασμού .....	- 40 -
5.6 Κατασκευή προϊόντων και η εισαγωγή τους στην αγορά.....	- 40 -
5.6.1 Επεξεργασία γυαλιού.....	- 41 -
5.6.2 Παραγωγή υλικών μειγμάτων .....	- 41 -
5.6.3 Παραγωγή προϊόντων.....	- 41 -
5.7 Έχοντας καταγράψει και παρατηρήσει τα ελαττώματα .....	- 45 -

5.7.1	Εκθέτοντας τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν.....	- 47 -
5.7.2	Προγραμματισμένα μέτρα διόρθωσης.....	- 47 -
5.7.3	Διαδικασία παραγωγής.....	- 48 -
5.8	Διαδικασία καύσης.....	- 48 -
5.8.1	Συμπεράσματα κατά τις αρχικές καύσεις.....	- 49 -
5.9	Απαιτήσεις για την καύση των τούβλων.....	- 51 -
5.10	Βελτιστοποίηση προϊόντων καύσης.....	- 52 -
5.11	Επίλογος.....	- 53 -
6.	Ανάλυση και επεξεργασία μολυβδύαλου (lead glass).....	- 54 -
6.1	Χαρακτηριστικά γυαλιού.....	- 54 -
6.2	Στοιχεία μολύβδου.....	- 55 -
6.3	Εφαρμογές μολυβδύαλου.....	- 57 -
6.4	Τεχνικά χαρακτηριστικά μολυβδύαλου.....	- 60 -
6.4.1	Διαφορετική χρήση του μολύβδου.....	- 63 -
7.1	Περιγραφή της κατασκευής.....	- 65 -
7.2	Σύστημα παλινδρόμησης.....	- 66 -
7.3	Κινητήρες συνεχούς ρεύματος.....	- 69 -
7.4	Αισθητήρας μέτρησης απόστασης.....	- 82 -
7.5	Σύστημα τοποθέτησης CRT οθόνης.....	- 83 -
7.6	Κέντρο ελέγχου της κατασκευής.....	- 86 -

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ταχύρρυθμη εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιφέρει αρκετές αλλαγές στην καθημερινή ζωή του σύγχρονου άνθρωπου. Αναλυτικότερα σε όλα τα σπίτια υπάρχει πληθώρα ηλεκτρικών συσκευών που συντελούν στη διευκόλυνσή μας. Μερικές από αυτές είναι : πλυντήριο ρούχων και πιάτων, ηλεκτρικός φούρνος, ψυγείο, κλιματιστικό, ηλεκτρονικός υπολογιστής, τηλεόραση και άλλες. Οι συσκευές αυτές κατά το πέρασμα του χρόνου είτε θεωρούνται αναχρονιστικές, όπως για παράδειγμα οι τηλεοράσεις που οι πρώτες ήταν ασπρόμαυρες αλλά με την εξέλιξη της τεχνολογίας έγιναν έγχρωμες και σήμερα έχουμε νέου τύπου τις λεγόμενες TFT, είτε χαλούν.

Τα στοιχεία στατιστικής αναφέρουν ενδεικτικά ότι για το 2009: 305 εκατομμύρια υπολογιστές πουλήθηκαν διεθνώς και 211 εκατομμύρια τηλεοράσεις, το ίδιο υψηλό είναι και το νούμερο πωλήσεων για το 2010 και πιθανότατα αυξημένο κατά 20% και στις δυο παραπάνω ηλεκτρικές συσκευές. Αυτές λοιπόν οι συσκευές που παύουν να χρησιμοποιούνται συσσωρεύονται και δημιουργούν μεγάλο πρόβλημα στο περιβάλλον καθώς είναι αδύνατη η αποσύνθεσή τους. Γι' αυτό το λόγο και ονομάζονται απόβλητος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός (Α.Η.Η.Ε.) (WEEE). Οι επιστήμονες προσπαθώντας να δώσουν λύση σε αυτό το μεγάλο πρόβλημα που προέκυψε ανακάλυψαν μερικούς τρόπους για να διοχετεύσουν τα απόβλητα αυτά.

Η πρώτη λύση ήταν η υγειονομική ταφή απορριμμάτων γνωστή και ως ταφή σε «χωματερή». Αυτή η λύση αν και είναι η πιο γνωστή στις μέρες μας αποδείχθηκε η πιο επιβλαβής για το περιβάλλον ενδείκνυται για ελάχιστες περιπτώσεις και γίνονται προσπάθειες ανά τον κόσμο για να πάψουν να υφίστανται. Το αρχικό πρόβλημα είναι ότι εκατομμύρια εκτάσεις καθημερινώς χάνονται διότι όπου θαφτούν ηλεκτρικά απόβλητα ή άλλου είδους σκουπίδια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το έδαφος για οποιοδήποτε άλλο λόγο (δεν θα είναι γόνιμο για να γίνει άσος). Το σημαντικότερο όμως είναι ότι αυτές οι συσκευές περιέχουν πλαστικό, γυαλί και άλλα πολύτιμα βαριά μέταλλα όπως μόλυβδος, υδράργυρος, κάδμιο, χρυσό (ελάχιστη ποσότητα) χαλκό, αλουμίνιο. Αυτά αν μείνουν στο έδαφος θα μολύνουν υπόγεια τη γη προκαλώντας ανυπολόγιστη καταστροφή. Επίσης θα ήταν πιο ωφέλιμο αν μπορούσαμε να αποκτήσουμε αυτά τα υλικά με σκοπό να χρησιμοποιηθούν σε άλλες κατασκευές. Μια άλλη λύση ήταν η καύση προϊόντων σε κλίβανο όμως οι εκπομπές αερίων από την καύση τέτοιου είδους αποβλήτων είναι επικίνδυνες για την ατμόσφαιρα προκαλώντας τεράστιο πρόβλημα διογκώνοντας την τρύπα του όζον και συνεισφέροντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι επιστήμονες προσπάθησαν έτσι να βρουν την καλύτερη δυνατή λύση η οποία θα μόλυνε ελάχιστα το περιβάλλον και θα έδινε τη δυνατότητα της επαναχρησιμοποίησης των περισσότερων υλικών από τα οποία κατασκευάστηκαν οι συσκευές.

Η λύση αυτή είναι η ανακύκλωση(ή ανακύκληση κατά την ακριβέστερη ετοιμολογία της λέξεως) η οποία σημαίνει την επαναφορά του υλικού που ήδη χρησιμοποιείται στην αρχική του μορφή για να επαναχρησιμοποιηθεί. Έτσι ξεκίνησε μια εκστρατεία ενημέρωσης του πληθυσμού σε όλο τον κόσμο ανεξαρτήτου ηλικίας για τα οφέλη της ανακύκλωσης. Η εκστρατεία αυτή περιελάμβανε πολλές διαφημίσεις, ενημερώσεις παιδιών σε σχολεία και αρκετές διαλέξεις σε ενήλικους. Επιπλέον σχεδιάστηκαν ειδικοί κάδοι για να χρησιμοποιηθούν και να είναι ευδιάκριτοι στο ευρύ κοινό, όλες οι χώρες προσπαθούν να την γνωστοποιήσουν στον κόσμο ότι είναι ένας εύκολος δρόμος για να «ανακουφιστεί» το περιβάλλον.

Με την λέξη ανακύκλωση εννοούμε την περισυλλογή των απόβλητων, την μεταφορά τους στο εργοστάσιο επεξεργασίας, τη διαλογή των υλικών και την παραγωγή προϊόντων εκ νέου.

Είναι πολύ βασικό να γίνει αντιληπτό ότι ανακύκλωση δεν είναι μόνο να διαχωριστούν τα υλικά (χαλκός αλουμίνιο πλαστικό) αλλά τελικά να υπάρξει νέο προϊόν που θα χρησιμοποιήσει τα ήδη υπάρχοντα υλικά που διαχωρίστηκαν.

Στην ανακύκλωση όμως έχουμε κάποιους περιορισμούς ώστε να γίνεται σε λογικά πλαίσια και η επαφή του ανθρώπου με τοξικές ουσίες να μην έχει δυσάρεστες συνέπειες. Η βάση για την ορθή και όχι «τυφλή» ανακύκλωση είναι το LCA (Life Cycle Assessment) και η νομοθεσία για τα WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) καθώς αυτά περιέχουν τοξικές ουσίες. Το LCA είναι ιδιαίτερος χρήσιμο γιατί με τη βοήθεια γραφικών παραστάσεων που προκύπτουν από Software αναλύεται πόση απόσταση και πόση ποσότητα αυτών των συσκευών έχουμε τη δυνατότητα να μεταφέρουμε.

Ένα φορτηγό χωρητικότητας 40 τόνων μπορεί να μεταφέρει ηλεκτρικές συσκευές όπως ψυγείο, τηλεόραση, υπολογιστή και πλυντήριο για περίπου 200 χιλιόμετρα από το εργοστάσιο στο σημείο περισυλλογής και να επιστρέψει στο εργοστάσιο. Αυτό συμβαίνει γιατί το φορτηγό που θα χρησιμοποιηθεί λειτουργεί με ορυκτά καύσιμα όπως πετρέλαιο και συνεπώς θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την κατανάλωση και το κόστος πετρελαίου για να πραγματοποιήσει αυτή την απόσταση. Επίσης είναι και οι εκπομπές αερίων που προκαλεί η καύση πετρελαίου στην μηχανή του οχήματος που είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί στην μελέτη για την απόσταση που μπορούν να «διανύσουν» τα προς ανακύκλωση προϊόντα.

Ενδεικτικά μπορώ να αναφέρω ότι χρησιμοποιώντας ένα φορτηγό 4 τόνων τότε η απόσταση που μπορεί να διανύσει ώστε να είναι ωφέλιμη η ανακύκλωση των προϊόντων είναι μόλις 80 χιλιόμετρα από το εργοστάσιο στο σημείο συλλογής και να επιστρέψει στο εργοστάσιο. Αυτό γιατί στα περισσότερα χιλιόμετρα οι επιπτώσεις από την λειτουργία του οχήματος είναι πολλαπλές και περιορίζει το όφελος είτε οικονομικό είτε περιβαλλοντικό που επρόκειτο να αποκομίσουμε από την ανακύκλωση. Το γενικό χαρακτηριστικό της ανακύκλωσης είναι ότι δεν αποσκοπεί στην συλλογή μικρής ποσότητας συσκευών (μερικούς τόνους δηλαδή) αλλά σε μεγάλες ποσότητες χιλιάδων τόνων οπότε η δημιουργία πολλών εργοστασίων σε διάφορες πόλεις για να αποφευχθεί η μεταφορά είναι λανθασμένη συνυπολογίζοντας το δαπανηρό κόστος εγκατάστασης. Άλλα μέσα που έχουν τεθεί υπό σκέψη είτε χρησιμοποιούνται σε μικρή χρήση είτε απορρίφθηκαν (αερομεταφορά, καράβια και τρένα). Το πιο βασικό στοιχείο κατά τη μεταφορά είναι οι συσκευές να μείνουν ανεπηρέαστες, να μην υποστούν οποιαδήποτε καταστροφή, καθώς έπειτα υπάρχει σοβαρό πρόβλημα με την επεξεργασία τους. Άρα η ανακύκλωση είναι ζημιογόνα. Οι παράμετροι αυτοί λοιπόν είναι ιδιαίτερα σημαντικοί και θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης ώστε να είναι πετυχημένη και να μην προκαλέσει περαιτέρω προβλήματα στο περιβάλλον.

Επίσης έχει συνταχθεί και νομοθεσία τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και από κάθε χώρα ξεχωριστά, συμπληρώνοντας η μια την άλλη και όχι αναιρώντας, που αποσκοπεί στη διευθέτηση των σημαντικών ζητημάτων της ανακύκλωσης. Ξεκαθαρίζοντας ποια υλικά θεωρούνται επικίνδυνα, ποια δεν πρέπει να ανακυκλωθούν γιατί είναι επιβλαβή και ποια μπορούν να ανακυκλωθούν. Τα υλικά τα οποία δεν πρέπει να ανακυκλωθούν γιατί είναι επικίνδυνα η επεξεργασία τους αποφασίστηκε να σχεδιαστεί ειδικός χώρος υγειονομικής ταφής όπου θα δέχεται αυτά τα υλικά αφού πρώτα συσκευαστούν κατάλληλα. Η νομοθεσία αυτή καθορίστηκε για

ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν με 1000 volt a.c.(εναλλασσόμενη τάση) και 1500 volt d.c.(συνεχή τάση). Αυτό που φροντίζουν οι ιθύνοντες είναι να προσαρμόζουν τη νομοθεσία για τη διευκόλυνση όλων. Ένα παράδειγμα είναι ότι παλαιότερα ίσχυε ο «ρυπαίνων πληρώνει» και με απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης που υιοθετήθηκε από όλες τις χώρες αυτό άλλαξε και πλέον είτε δωρεάν συλλέγονται οι συσκευές είτε με την μορφή bonus από κάποιο κατάστημα ηλεκτρικών ειδών. Έχει διατυπωθεί με σαφήνεια ο διαχωρισμός των απόβλητων ηλεκτρικών συσκευών σε κατηγορίες.

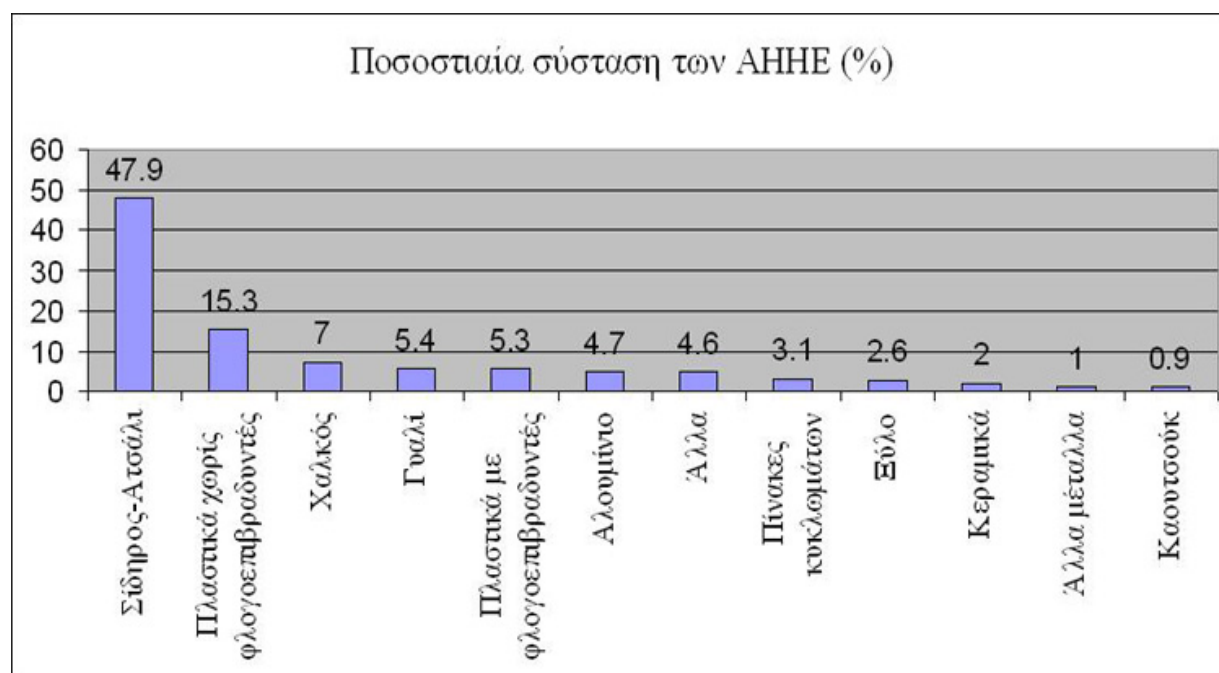
1. Μεγάλες οικιακές συσκευές	2.Μικρές οικιακές συσκευές	3.Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών	4. Καταναλωτικά είδη	5. Φωτιστικά είδη
<p>Μεγάλες συσκευές ψύξης</p> <p>Ψυγεία</p> <p>Λοιπές μεγάλες συσκευές που χρησιμοποιούνται για διατήρηση και αποθήκευση τροφίμων</p> <p>Πλυντήρια ρούχων</p>	<p>Ηλεκτρικές σκούπες</p> <p>Σκούπες χαλιών</p> <p>Άλλες συσκευές καθαριότητας</p>	<p>Συγκεντρωτική ή επεξεργασία δεδομένων :</p> <p>Μεγάλοι υπολογιστές (mainframes)</p> <p>Μεσαίοι υπολογιστές (mini computers)</p> <p>Μονάδες εκτύπωσης</p> <p>Συστήματα προσωπικών υπολογιστών</p>	<p>Ραδιόφωνα</p> <p>Τηλεοράσεις</p> <p>Κάμερες μαγνητοσκόπησης (βιντεοκάμερες)</p> <p>Μαγνητοσκόπια (συσκευές αναπαραγωγής εικόνας)</p> <p>Συσκευές ηχογράφησης υψηλής πιστότητας</p> <p>Ενισχυτές ήχου</p> <p>Μουσικά όργανα</p>	<p>Φωτιστικά για λαμπτήρες φθορισμού πλην των οικιακών φωτιστικών σωμάτων</p> <p>Ευθείς λαμπτήρες φθορισμού</p> <p>Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής έντασης, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης και των λαμπτήρων αλογονούχων μετάλλων</p> <p>Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης</p>

6. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων)	7. Παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού	8. Ιατροτεχνολογικά προϊόντα (εξαιρουμένων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων)	9. Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου	10. Συσκευές αυτόματης διανομής
<p>Τρυπάνια</p> <p>Πριόνια</p> <p>Ραπτομηχανές</p> <p>Εξοπλισμός για την τόννευση, τη λείανση, την επίστρωση, το τρόχισμα, το πριόνισμα, το κόψιμο, τον τεμαχισμό, τη</p> <p>Εργαλεία για συγκολλήσεις εν γένει και παρόμοιες χρήσεις</p>	<p>Ηλεκτρικά τραίνα ή αυτοκινητοδρόμια</p> <p>Φορητές κονσόλες βίντεο παιχνιδιών</p> <p>Βιντεοπαιχνίδια</p> <p>Υπολογιστές για ποδηλασία, καταδύσεις, τρέξιμο, κωπηλασία κ.λπ.</p> <p>Αθλητικός εξοπλισμός με ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κατασκευαστικά στοιχεία</p> <p>Κερματοδέκτες τυχερών παιχνιδιών</p>	<p>Ακτινοθεραπευτικός εξοπλισμός</p> <p>Καρδιολογικός εξοπλισμός</p> <p>Συσκευές αιμοκάθαρσης</p> <p>Συσκευές πνευμονικής οξυγόνωσης</p> <p>Εξοπλισμός πυρηνικής ιατρικής</p> <p>Ιατρικός εξοπλισμός για in-vitro διάγνωση</p> <p>Συσκευές ανάλυσης</p> <p>Καταψύκτες</p>	<p>Ανιχνευτές καπνού</p> <p>Συσκευές θερμορύθμισης</p> <p>Θερμοστάτες</p> <p>Συσκευές μέτρησης, ζύγισης ή προσαρμογής για οικιακή ή εργαστηριακή χρήση</p> <p>Άλλα όργανα παρακολούθησης και ελέγχου χρησιμοποιούμενα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (π.χ. σε ταμπλώ ελέγχου)</p>	<p>Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ή ψυχρών φιαλών ή μεταλλικών δοχείων</p> <p>Συσκευές αυτόματης διανομής στερεών προϊόντων</p> <p>Συσκευές αυτόματης διανομής χρημάτων</p> <p>Κάθε είδους συσκευές αυτόματης διανομής οποιουδήποτε προϊόντος</p>

Σύμφωνα με μελέτες παράγονται περίπου 12kg-20kg/κάτοικο/έτος ηλεκτρικών αποβλήτων και η συνολική ετήσια ποσότητα αποβλήτων της Ε.Ε. ανέρχεται σε 6,5-7,5 εκατομμύρια τόνους. Όσο αφορά την Ελλάδα έχουμε περίπου 170.000 τόνους απόβλητου ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Η σύσταση των Α.Η.Η.Ε. αλλάζει χρόνο με το χρόνο καθώς από 1 Ιουλίου του 2006 έχει απαγορευθεί η χρήση επικίνδυνων υλικών στις συσκευές όπως μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος, εξασθενείς χρώμιο, polybrominated biphenyls PBR και polybrominated diphenyl PBEE καθώς και από 1 Ιουλίου του 2007 καθορίστηκε

υποχρεωτική η ανακύκλωση ηλεκτρικών συσκευών. Παρακάτω υπάρχει αναλυτικά μια ποσοστιαία σύσταση των Α.Η.Η.Ε.



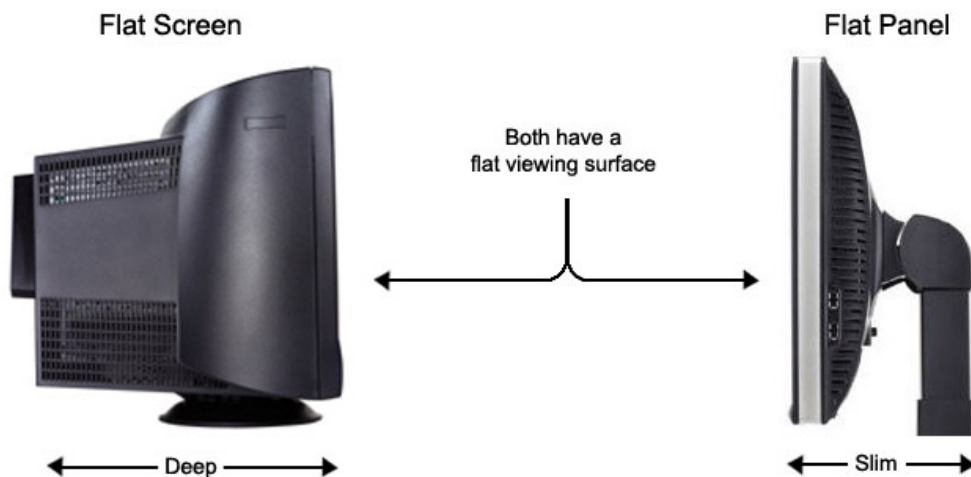
Τα επικίνδυνα υλικά που απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επεξεργασία τους και βρίσκονται στις ηλεκτρικές συσκευές παραθέτονται ύστερα από μελέτη του Ε.Κ.Α.

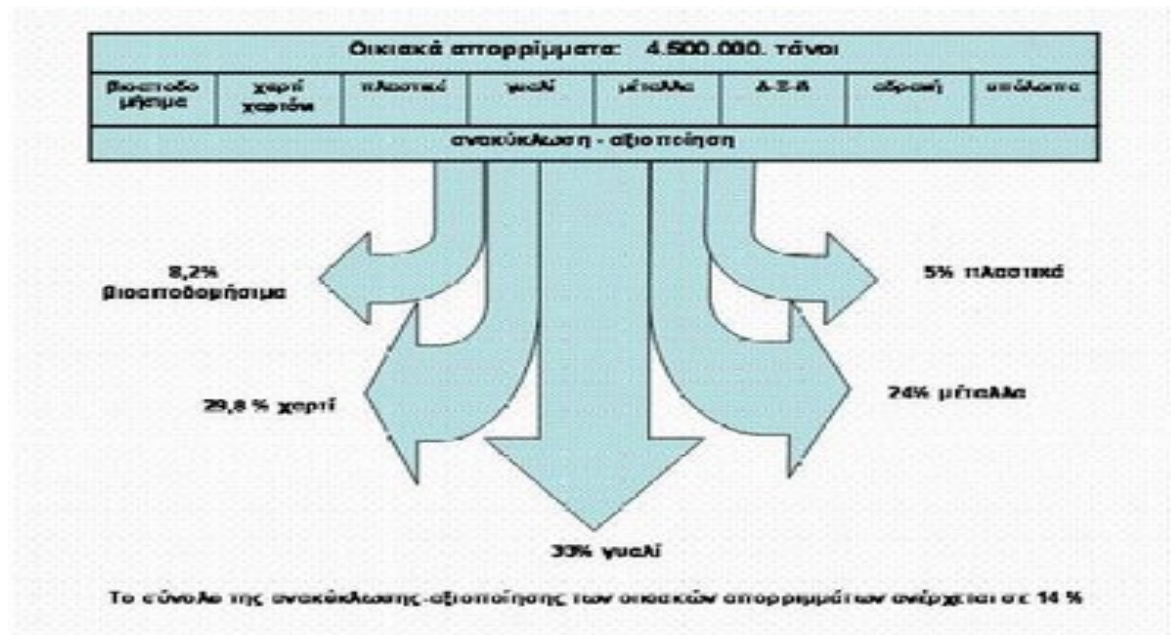
Μέρη του Παραρτήματος II	Επικίνδυνη Ουσία	Ταξινόμηση
Πυκνωτές που περιέχουν πολυχλωριωμένα διφαινύλια	PCB	16 02 09*
Κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν υδράργυρο, όπως διακόπτες και οπισθοφωτιστικές λυχνίες	Hg	16 01 08*
Μπαταρίες	Pb, Cd, Hg	16 06 01*
		16 06 02*
		16 06 03*
Πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων από κινητά τηλέφωνα εν γένει και από άλλες συσκευές > 10cm <sup>2</sup>	BFRs, Be	16 02 13*
Δοχεία υγρών ή κολλωδών μελανιών καθώς και έγχρωμων		16 02 15* ή
		16 02 16
Πλαστικά υλικά που περιέχουν βρωμιούχους φλογεπιβραδυντές	BFRs	16 02 15* ή



		16 02 16
Αμιαντούχα απόβλητα και κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν αμίαντο	Αμίαντος	16 02 12*
Καθοδικές λυχνίες	Pb, φώσφορος	16 02 15*
CFC,HCFC, HFC,HC	ODS	16 02 11* 20 01 23*
Λαμπτήρες εκκένωσης αερίων	Hg	20 01 21*
Οθόνες υγρών κρυστάλλων > 100cm <sup>2</sup> , οθόνες φωτιζόμενες από το πίσω μέρος τους με λαμπτήρες εκκένωσης αερίων	Hg, υγροί κρύσταλλοι	16 02 13*
Εξωτερικά ηλεκτρικά καλώδια	BFR	16 02 13*
Κατασκευαστικά στοιχεία με πυρίμαχες κεραμικές ίνες	RCF	16 02 13*
Κατασκευαστικά στοιχεία με ραδιενεργές ουσίες	Ραδιενεργά νουκλίδια	
Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες		16 02 15* ή 16 02 16

### Η εξέλιξη της τηλεόρασης Flat Screen vs Flat Panel





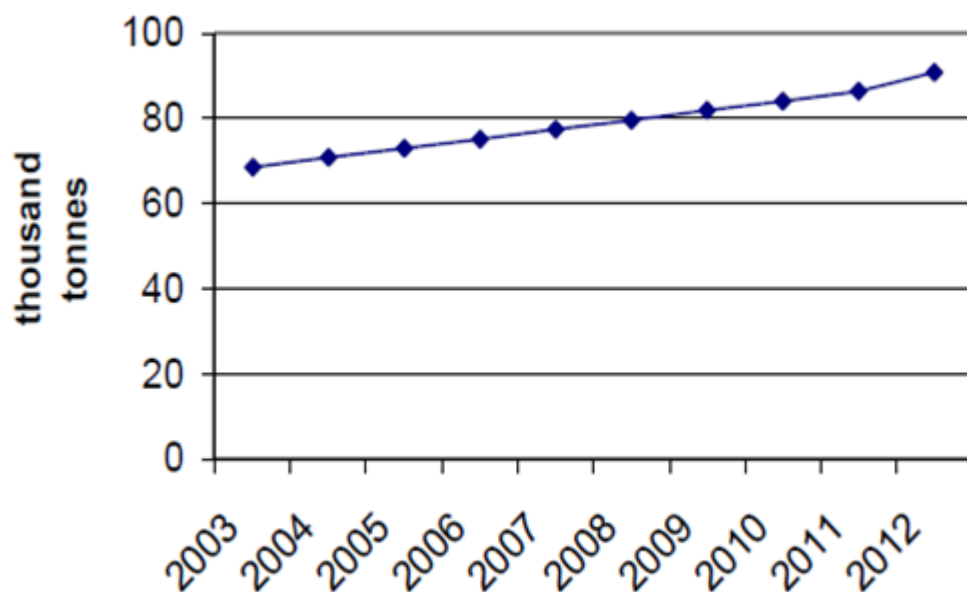
## 1. CRT οθόνες τηλεοράσεων και ηλεκτρονικών υπολογιστών

Οι μέχρι πρότινος οθόνες των τηλεοράσεων και των ηλεκτρονικών υπολογιστών ονομάζονται CRTs (cathode ray tube) καθοδικού σωλήνα όμως πλέον έχουν αντικατασταθεί από τις οθόνες υγρών κρυστάλλων LCD. Οι μελέτες που έγιναν απέδειξαν ότι υπάρχουν χιλιάδες τόνοι από οθόνες όπου εκμεταλλεύονταν αυτές με την ανακύκλωση μπορούμε να αποκοιμίσουμε πολλά οφέλη.

Πιο αναλυτικά από το 2003 μέχρι το 2012 θα υπάρξει πληθώρα τηλεοράσεων τύπου CRT και κατά συνεπεία πληθώρα και των υλικών που τις αποτελούν όπως γυαλί. Μέχρι 2002 μετρήθηκαν 69.000 τόνοι γυαλιού από τηλεοράσεις και το 2012 επίκειται να ξεπεράσουν τις 90.000. Αν και οι LCD έχουν κατακλείσει την αγορά και σε μεγάλο ποσοστό έχουν αντικαταστήσει τις CRT για τουλάχιστον ακόμα 10 χρόνια αυτές θα είναι σε χρήση και προς διάθεση όχι όμως σε μεγάλες ποσότητες. Αν λάβει κάποιος υπόψη του ότι στα περισσότερα σπίτια υπάρχουν 3-4 είναι δύσκολο αυτές να αντικατασταθούν σε γρήγορο χρονικό διάστημα. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουν κάποια πλεονεκτήματα όπως το χαμηλό κόστος αγοράς σε σύγκριση με τις LCD ,μια τηλεόραση 30'' LCD στοιχίζει 3φορές περισσότερο από αντίστοιχο CRT, ενώ και ο μέσος χρόνος λειτουργίας της CRT είναι τα 8-14 χρόνια βέβαια μερικές διαρκούν και για 15 ή 20χρόνια (σπάνιες περιπτώσεις).Η ανάλυση της εικόνας στην LCD είναι πλέον σαφώς καλύτερη από της CRT.

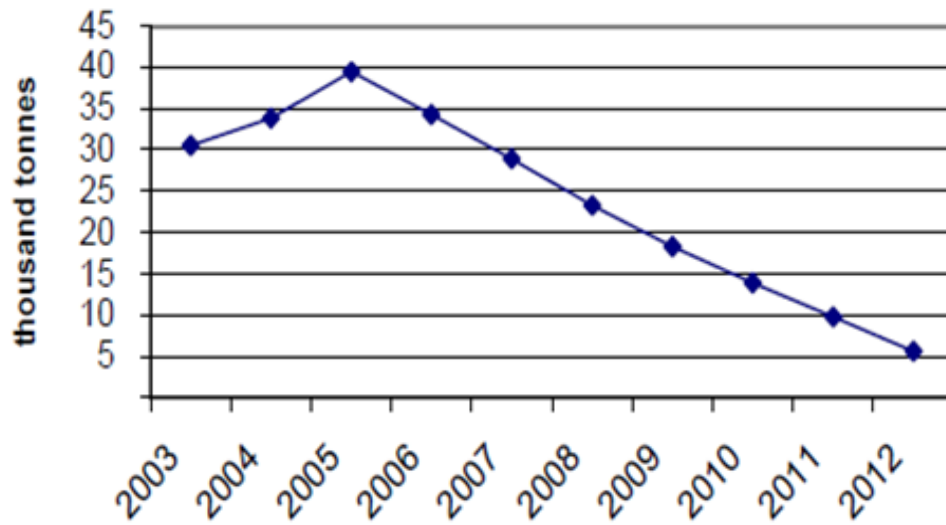
Το παρακάτω διάγραμμα παραθέτει την αύξηση των οθονών από τηλεοράσεις συναρτήσει του χρόνου.

### Waste CRT glass from televisions



Οι οθόνες των ηλεκτρικών υπολογιστών δεν υπάρχουν σε τόσο μεγάλη ποσότητα καθώς ο υπολογιστής έγινε πιο χρήσιμος στην καθημερινή μας ζωή τα τελευταία χρόνια. Οι περισσότεροι είναι με LCD τύπου οθόνης καθώς CRT είναι ελάχιστες ενώ πλέον έχουμε και την τεχνολογία των lap-top. Τα στοιχεία αναφέρουν ότι μέχρι το 2002 είχαμε 26.000 τόνους και από το 2003-2012 θα έχουν μειωθεί σε λιγότερα από 10.000 τόνους έχοντας αγγίξει τη χρονιά 2005 τους 40.000 τόνους. Αυτό είναι αποτέλεσμα της εξέλιξης της τεχνολογίας παρακάτω διάγραμμα το παραθέτει πιο αναλυτικά.

CRT glass arisings from PC monitors



Η συνολική ποσότητα γυαλιού μέχρι τη χρονιά 2002

Πηγές αποβλήτων	Τόνοι γυαλιού
TVs	68,620
Monitors — PCs	25,912
Monitors — specialist	5,000
Assembly waste	5,000
Total	104,532

Η συνολική ποσότητα γυαλιού για την περίοδο 2003-2012

Πηγές αποβλήτων	Τόνοι γυαλιού
TVs	90,000
Monitors — specialist	5,000
Assembly waste	2,000
Total	102,000

### 1. Υλικά κατασκευής CRT οθόνης

Οι τηλεοράσεις έχουν πλέον κυρίαρχο ρόλο στην ζωή του ανθρώπου και αυτό αποδεικνύεται από τον μεγάλο αριθμό που αγοράζετε κάθε χρόνο και ότι υπάρχουν πάνω από 2 στα περισσότερα σπίτια. Οι οθόνες αυτές ταξινομούνται σε δυο διαφορετικές κατηγορίες την κατηγορία 3 των υπολογιστών που αναφέρει IT(intelligent technology and telecommunications equipment) και την 4 των τηλεοράσεων (καταναλωτικό εξοπλισμός). Είναι επίσης στο Annex 2 ως συστατικό των απόβλητων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών που πρέπει να απομακρυνθούν πριν τη διαδικασία ανακύκλωσης.

Το κύριο υλικό της CRT είναι το γυαλί από το οποίο και κατασκευάζετε το εσωτερικό της. Το γυαλί αυτό αποτελείται από δύο τύπους : το γυαλί που περιέχει βάριο και στρόντιο και αυτό που περιέχει μόλυβδο. Αυτά τα δύο συγκολλούνται μεταξύ τους με τη βοήθεια του σφικτήρα (frit) από μόλυβδο. Υπάρχουν 3 διαφορετικά τμήματα στο CRT:

- το μπροστινό επίπεδο μέρος της οθόνης (panel) είναι κατασκευασμένο από γυαλί που περιέχει 14% οξείδιο του βαρίου και 12% οξείδιο του στρόντιου
- το παχύ τμήμα του «κώνου» (funnel) είναι και αυτό από γυαλί και περιέχει περίπου 25% οξείδιο του μολύβδου
- το τμήμα του λαιμού (neck) έχει περίπου 40% οξείδιο του μολύβδου.

Παρατηρούμαι ότι η ποσότητα του μολύβδου είναι σχεδόν διπλάσια από αυτήν του βαρίου ή του στρόντιου. Η ποσότητα του μολύβδου όμως εξαρτάται από το μέγεθος της οθόνης ,για οθόνη 12'' χρησιμοποιείται 0.5kg ενώ για 30'' 3kg. Η χρήση του μολύβδου είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς αυτή μας προφυλάσσει από την ακτινοβολία που δημιουργείται εκτός από αυτή. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρει τη χημική σύσταση της οθόνης η οποία έχει αποκλίσεις από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

%	Panel γυαλί			Funnel γυαλί			Γυαλί συσκευασίας
	Min	Max	Variation	Min	Max	Variation	
Oξείδιο							
SiO <sub>2</sub>	58.9	65.4	6.6	51.2	63.5	12.3	72.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.2	3.7	2.5	1.1	5.0	3.9	2.0
Na <sub>2</sub> O	6.2	9.8	3.7	5.3	8.1	2.8	13.0
K <sub>2</sub> O	6.0	9.0	3.0	7.2	10.3	3.2	1.0
Li <sub>2</sub> O	0.0	0.5	0.5	-	-	-	-
F	0.0	0.8	0.8	-	-	-	-
BaO	1.9	14.2	12.3	0.0	3.0	3.0	-
SrO	0.0	11.6	11.6	0.2	0.7	0.5	-
CaO	0.0	4.6	4.6	1.6	4.5	2.9	10.0
MgO	0.0	2.0	2.0	0.9	3.0	2.1	-
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.2	-
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.2	0.7	0.5	0.0	0.4	0.3	-
TiO <sub>2</sub>	0.0	0.6	0.6	-	-	-	--
CeO <sub>2</sub>	0.0	0.6	0.6	-	-	-	-
PbO	0.0	3.3	3.3	11.6	24.6	13.0	-
ZrO <sub>2</sub>	0.0	3.5	3.5	0.2	0.2	0.0	-
ZnO	0.0	0.7	0.7	-	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0	0.1	0.0	-	-	-	-

Υπάρχουν και άλλα υλικά που αποτελούν την οθόνη και μπορούμε να τα ανακυκλώσουμε. Οι πρώτες τηλεοράσεις είχαν σαν εξωτερικό περίβλημα από ξύλο και πλαστικό ενώ οι σημερινές έχουν μόνο πλαστικό. Οι ποσότητες που συσσωρεύονται από αυτό το πλαστικό είναι μεγάλες. Το καλώδιο που χρησιμοποιούμε για να συνδέσουμε την οθόνη με την πρίζα είναι χαλκός και μπορεί να επεξεργαστεί. Χρησιμοποιούνται όμως και υλικά κυρίως μέταλλα τα οποία δεν μπορούμε να τα επεξεργαστούμε καθώς είναι επιβλαβή όπως το κάδμιο (και ο μόλυβδος αλλά υπάρχει τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να επεξεργαστεί).

Στο εσωτερικό του επίπεδου panel υπάρχει ένα μεταλλικό πλέγμα και πάνω σε αυτό είναι η φθορίζουσα σκόνη που απαιτείται προσοχή κατά την επεξεργασία της τηλεόρασης καθώς αν την ακουμπήσουμε «σηκώνετε» σαν σκόνη στον αέρα προκαλώντας αναπνευστικά προβλήματα. Σε αυτή τη σκόνη προσπίπτουν και τα ηλεκτρόνια από το πυροβόλο και με αυτόν τον τρόπο μετατρέπεται η ακτινοβολία σε εικόνα. Το τμήμα του funnel έχει μια εξωτερική επίστρωση με γραφίτη και μια εσωτερική με οξείδιο του σιδήρου. Μεταξύ του funnel και του panel και γύρω από το σφικτήρα βρίσκετε μια ταινία από ατσάλι. Στο λαιμό (neck) είναι τοποθετημένο το πυροβόλο που στέλνει τα ηλεκτρόνια στο panel γι' αυτό το λόγο αυτό το τμήμα έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα μολύβδου. Σημαντικό ρόλο λαμβάνει ο απομαγνητιστής ο οποίος ενεργεί μόλις η τηλεόραση σταματήσει να λειτουργεί και προστατεύει το πλέγμα που βρίσκετε στην επίπεδη οθόνη.

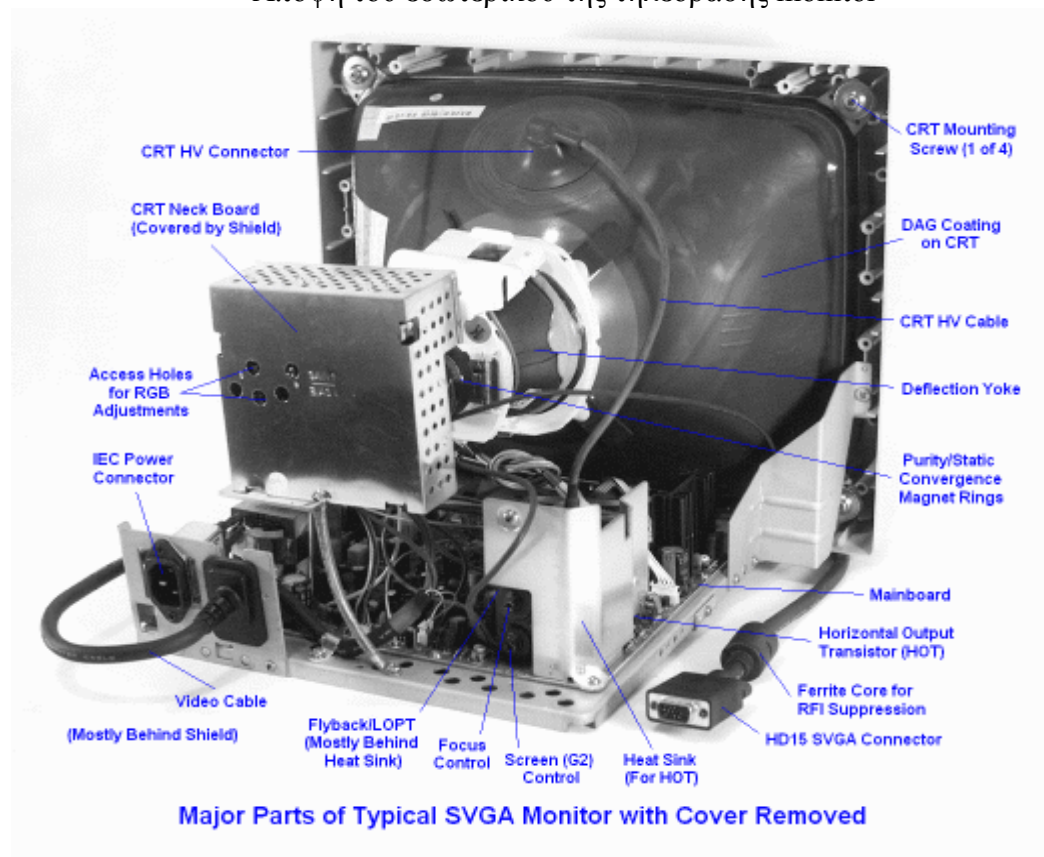
Το CRT είναι περίπου το 85% του βάρους της οθόνης είτε της τηλεόρασης είτε του υπολογιστή και αποτελείται κυρίως από γυαλί. Το δύσκολο λοιπόν κομμάτι της ανακύκλωσης ήταν να βρεθεί ο τρόπος ώστε να διαχωριστεί το γυαλί με μόλυβδο από το αντίστοιχο χωρίς μόλυβδο. Επίσης έπρεπε να βρεθεί τρόπος να χρησιμοποιηθεί



αυτό το γυαλί και είναι να απαραίτητο να λάβουμε υπόψη ότι και τα δυο τμήματα περιέχουν μέταλλα μόλυβδο και βάριο. Η επεξεργασία γυαλιού είναι επίπονη, επικίνδυνη και δαπανηρή παρακάτω θα αναπτύξουμε διάφορους τρόπους επεξεργασίας γυαλιού και προϊόντα που παράγονται από αυτά. Το πλαστικό και το καλώδιο δεν χρειάζονται ιδιαίτερη επεξεργασία για την επαναχρησιμοποίηση τους καθώς είναι «καθαρά» υλικά και δεν βρίσκονται σε συνδυασμό με άλλα. Αντίθετα η πλακέτα επειδή περιέχει διάφορα υλικά όπως αλουμίνιο, πλαστικό, χαλκό, σίδηρο και χρυσό τα οποία είναι συνδυασμένα μεταξύ τους θέλει ειδική επεξεργασία που βασίζεται στη μαγνητική και ηλεκτρομαγνητική συμπεριφορά των υλικών.

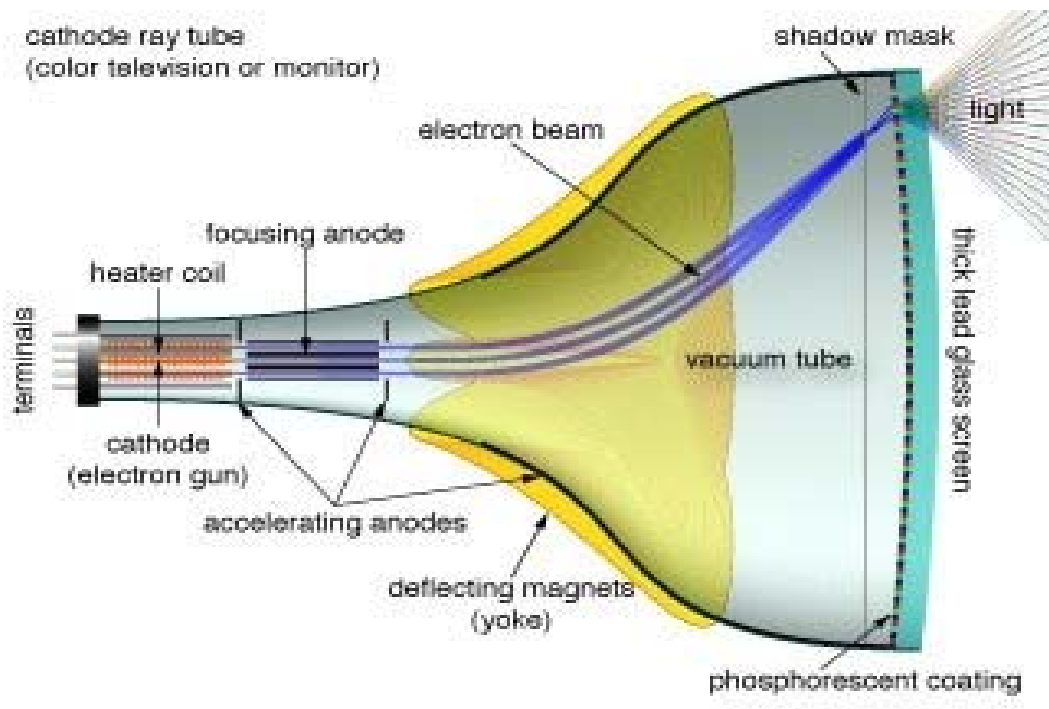
Ο πρώτος στόχος όταν ξεκίνησαν να ανακυκλώνουν CRT ήταν να φτάσουν το 65% και να ανέρθουν στο 75%. Το επιπλέον 10% θα το ανακτήσουν με την χρήση του αποτεφρωτήρα σε μορφή ενέργειας. Η Ελλάδα στην παρούσα φάση κατέχει την τελευταία θέση στην ανακύκλωση καθώς πραγματοποιεί «υγειονομική» ταφή απορριμμάτων και ηλεκτρικών συσκευών και σε κάποιες περιοχές χρησιμοποιείται αποτεφρωτήρας μόνο για αστικά στερεά απόβλητα. Οι πρωτοπόροι είναι οι αυστριακοί που ανακυκλώνουν μεγάλο ποσοστό όχι μόνο απόβλητου ηλεκτρικού εξοπλισμού αλλά και στερεών αποβλήτων.

#### Άποψη του εσωτερικού της τηλεόρασης monitor



Η παραπάνω εικόνα δείχνει τα πιο σημαντικά μέρη ενός συνηθισμένου μόνιτορ η οποία είναι αρκετά κατατοπιστική καθώς δείχνει με σαφήνεια όλα τα μέρη της οθόνης. Παρατηρώντας την εικόνα το τετράγωνο κουτί αποτελείται από αλουμίνιο και τίθεται για ανακύκλωση οι «τρύπες» είναι τα ποτενσιόμετρα που ρυθμίζουν τα ηλεκτρόνια. Επίσης αυτές είναι που δίνουν και το όνομα τους στην τηλεόραση καθώς το RGB σημαίνει red (κόκκινο), green (πράσινο) και blue (μπλε) τα οποία τροφοδοτούν το πυροβόλο που τα στέλνει στην οθόνη για να έχουμε εικόνα. Αυτό στη συνέχεια είναι ο λαιμός το (neck) που περιβάλλεται από τα γιοκ (πηνία) τα οποία και δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο, τα πηνία αποτελούνται από χαλκό περίπου 2-3kg ανάλογα την οθόνη. Το υπόλοιπο είναι το γυαλί της οθόνης που αποτελείται από μόλυβδο και σε αυτό στηρίζεται το καλώδιο που προέρχεται από την πλακέτα. Γίνεται αντιληπτό ότι όλα σχεδόν τα υλικά της οθόνης μπορούν να ανακυκλωθούν καθώς τα καλώδια αποτελούνται από χαλκό, τα πηνία από χαλκό, οι πλακέτες αποτελούνται από διάφορα υλικά όπως πλαστικό, χαλκό αλουμίνιο και φυσικά στην οθόνη κυριαρχεί το γυαλί. Χρησιμοποιώντας έτσι τις παρακάτω διάφορες μεθόδους για διαχωρισμό υλικών θα επωφεληθούμε με μεγάλη ποσότητα πρώτων υλών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

### Άποψη του CRT





Η παραπάνω αναλυτική φωτογραφία μας απεικονίζει το εσωτερικό του μόνιτορ από πλευρά δομής και φυσικής όχι μηχανολογικά.

Στόχος είναι να καταλάβουμε πως μέσα από τον καθοδικό σωλήνα CRT μας δύνεται η δυνατότητα της εικόνας στο panel. Αυτό που πραγματικά παρατηρούμε είναι ένας ηλεκτρονικός άδειος σωλήνας (electronic vacuum beam) κατασκευασμένος από γυαλί που χρησιμοποιεί δέσμη ηλεκτρονίων για να απεικονιστεί η εικόνα στο panel γυαλί. Αν παρατηρήσουμε την εικόνα από αριστερά προς τα δεξιά θα δούμε να απεικονίζεται το ηλεκτρονικό πυροβόλο (electron gun) δηλαδή η άνοδος (το αρνητικό) όπου θερμαίνονται σε αυτήν την ίνα τα αρνητικά ηλεκτρόνια και εκτοξεύονται σε μορφή ακτίνας από το πυροβόλο. Αυτά τα ηλεκτρόνια ελκούνται από την άνοδο (θετικό στοιχείο) σαν λεπτή ακτίνα και ύστερα επιταχύνονται από τον επιταχυντή που βρίσκεται στην άνοδο. Η επιτάχυνση πραγματοποιείται σε μια περιοχή όπου απομαγνητίζεται για να μην επηρεάζεται η δέσμη ηλεκτρονίων και εκτραπεί από την πορεία της το panel γυαλί. Πριν το panel γυαλί βρίσκεται η μάσκα σκιάς όπου και διαχωρίζει το γυαλί με μόλυβδο από αυτό χωρίς. Το panel γυαλί είναι επιστρωμένο με φθορίζουσα σκόνη από την εσωτερική πλευρά εκεί όπου προσπίπτουν οι ακτίνες. Αυτό γιατί ο φωσφόρος έχει την ιδιότητα όταν προσπίπτει πάνω του υπεριώδη ακτινοβολία ή ακτίνες γενικά να εκπέμπει ορατό φως επίσης είναι και η αιτία που θερμαίνεται το γυαλί της οθόνης. Ο φώσφορος υπάρχει σε δυο διαφορετικά είδη αυτόν που είναι μόνο άσπρος και τον χρησιμοποιούσαν στις ασπρόμαυρες οθόνες και αυτών με τις 3 «κουκίδες» κόκκινες, πράσινες και μπλε όπως τα αντίστοιχα ηλεκτρόνια και κάνει την εικόνα έγχρωμη.

## **2. Ανακύκλωση CRT οθόνης**

### **3.1 Περισυλλογή οθονών**

Η περισυλλογή είναι το πρωταρχικό στάδιο της ανακύκλωσης και το πιο βασικό καθώς περιλαμβάνει τον τρόπο με τον οποίο θα φτάσουν τα απόβλητα ηλεκτρικά στο εργοστάσιο. Τα οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθούν σύμφωνα με το LCA που περιγράφηκε στην εισαγωγή για να είναι αποτελεσματική η ανακύκλωση και να μην δημιουργεί επιπλέον καταστροφή στο περιβάλλον. Επίσης περιλαμβάνει την ευαισθητοποίηση των πολιτών ώστε να μην δημιουργούν παντού χωματερές αλλά να πηγαίνουν τις οθόνες τους στα σημεία ανακύκλωσης. Αυτό θα μειώσει δραστικά την μόλυνση του περιβάλλοντος και θα δημιουργήσει χώρους.

### **3.2 Επεξεργασία μεταλλικών και μη μεταλλικών υλικών**

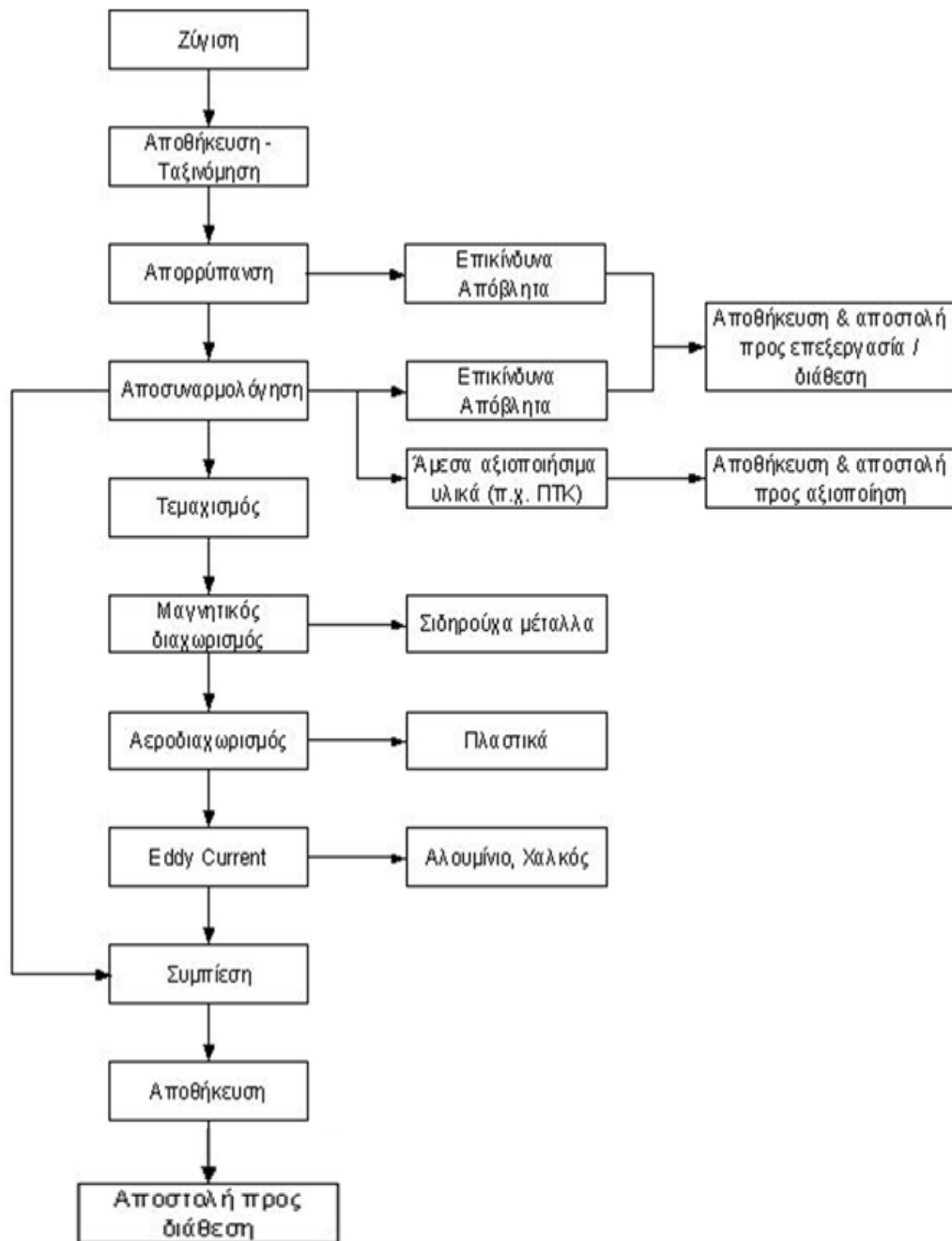
Οι οθόνες όπως ήδη αναλύθηκε αποτελούνται από μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά. Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας των συσκευών είναι ο τεμαχισμός ή κονιορτοποίηση όπου μειώνεται το μέγεθος τους με τη βοήθεια θραυστήρα. Το επιθυμητό μέγεθος είναι το 1mm ή και λίγο μεγαλύτερο αυτό όμως δεν είναι εφικτό από την πρώτη φορά γι' αυτό χρησιμοποιείται και δεύτερη φορά ο θραυστήρας. Μετά ελέγχονται είτε με την μέθοδο κοσκίνισματος (διάτρητη επιφάνεια με συγκεκριμένου διαμέτρου τρύπες και όποιο κομμάτι δεν επανατοποθετείται στο θραυστήρα) είτε με

χρήση κάμερας όπου με βάση το λογισμικό της ελέγχει από τα θραύσματα που περνούν ποιο είναι μεγαλύτερο και δίνει σήμα για να απομακρυνθεί. Αυτό που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή είναι να μην έρθει σε επαφή ο εργαζόμενος με κάποια αντικείμενα που είναι βλαβερά. Γι' αυτό μερικές εταιρείες έχουν δημιουργήσει ένα κλειστό σύστημα όπου το διοχετεύουν με οθόνες ή άλλες ανακυκλώσιμες συσκευές και εντός αυτού γίνεται θρυμματισμός τη συσκευής αεροκαθαρισμός και πλύσιμο των θραυσμάτων ώστε όταν έρθουν σε επαφή με τους εργαζόμενους να μην είναι ακατάλληλα.

#### θραύστης



Το διάγραμμα που ακολουθεί δείχνει σχηματικά την πορεία που θα ακολουθήσουν τα υλικά μέχρι να είναι απόλυτος έτοιμα για να επαναχρησιμοποιηθούν στη κατασκευή νέου προϊόντος. Η δημιουργία τέτοιων διαγραμμάτων είναι απαραίτητο να γίνεται από τις εταιρίες που πραγματοποιούν ανακύκλωση για να ιεραρχήσουν την πορεία των υλικών και να αποφευχθούν όσο γίνεται τα σφάλματα. Η διαδικασία είναι σύνθετη και χρειάζεται προσοχή ώστε να αποφευχθούν λάθη τα οποία είτε θα δημιουργήσουν πρόβλημα στους εργαζόμενους είτε στην εταιρεία. Αυτή η διαδικασία είναι κατάλληλη ύστερα από εκτενή μελέτη που πραγματοποιήθηκε και απέδειξε ότι αυτή η ροή βοηθά στην ανακύκλωση των προϊόντων.



### 3.3 Διαχωρισμός και διαλογή υλικών

Το επόμενο στάδιο στον ταινιόδρομο είναι ο διαχωρισμός των υλικών. Στάδιο το οποίο είναι καθοριστικό για την έκβαση της ανακύκλωσης καθώς από εκεί θα συλλέξουμε το πρωτογενές υλικό που θα χρησιμοποιήσουμε για την κατασκευή των προϊόντων. Ο τρόπος συλλογής δεν πρέπει να δημιουργεί φθορά στο περιβάλλον και επίσης δεν πρέπει να είναι ιδιαίτερα δαπανηρός. Σιδηρούχων μετάλλων από τα υπόλοιπα. Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν κάποιες μεθόδους που μπορούν να

διαχωριστούν τα υλικά χωρίς να είναι δαπανηρές και να προκαλούν δυσλειτουργία στο περιβάλλον. Ο πιο εύκολος διαχωρισμός είναι των μετάλλων καθώς με ένα μαγνήτη μπορούν να διαχωριστούν τα σιδηρούχα μέταλλα από τα μη σιδηρούχα μέταλλα. Το πρόβλημα εντοπίζεται όταν πρέπει να διαχωριστούν τα μεταλλικά στοιχεία μη σιδηρούχων υλικών από τα μη μεταλλικά υλικά. Η μέθοδος που δίνει άμεση και οικονομικά μη δαπανηρή λύση είναι με Eddy Current, επαγωγικό διαχωρισμό δηλαδή που αναλύεται λεπτομερώς παρακάτω. Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί είναι πολλές και έχουν πολύ μεγάλη επιτυχία για παράδειγμα με τον αεροδιαχωρισμό διαχωρίζεται το πλαστικό από το γυαλί ή με την μέθοδο του ειδικού βάρους.

<b>Υλικό</b>	<b>Μέθοδος</b>
Σιδηρούχα μέταλλα	Μαγνητικός διαχωρισμός
	Διαχωρισμός ειδικού βάρους
Μη σιδηρούχα μέταλλα	Eddy Current (επαγωγικός διαχωρισμός)
	Διαχωρισμός μέσω φυγοκεντρικού επιταχυντή (σύνθετα υλικά)
	Διαχωρισμός ειδικού βάρους
Μέταλλα (γενικά, από άλλα υλικά)	Κρυογενικές μέθοδοι
Μέταλλα με χαμηλό σημείο τήξης	Θερμικές μέθοδοι
Πλαστικό	Ηλεκτροστατικός διαχωρισμός
	Αεροδιαχωρισμός
	Διαχωρισμός ειδικού βάρους
	Διαχωρισμός μέσω φυγοκεντρικού επιταχυντή (σύνθετα υλικά)
Γυαλί (κυρίως για CRTs)	Διαχωρισμός υγρής κλίνης
	Διαχωρισμός ειδικού βάρους
Ευγενή - πολύτιμα μέταλλα	Ειδικές τεχνολογίες (κλίβανοι, διύλιση, χημικές αντιδράσεις, κλπ.)
	Διαχωρισμός υγρής κλίνης

<b>Μέθοδος</b>	<b>Αποτέλεσμα Μεθόδου</b>
Τεμαχισμός	Θραύση, ελάττωση μεγέθους ΑΗΗΕ στα επιθυμητά επίπεδα
Συμπύεση	Αύξηση πυκνότητας τελικών υλικών
Κοσκίνισμα	Διαχωρισμός κλασμάτων ΑΗΗΕ βάσει μεγέθους
Απορρύπανση	Χειρονακτική ή μηχανική αφαίρεση επικινδύνων τμημάτων ΑΗΗΕ
Αποσυναρμολόγηση	Αποσύνδεση τμημάτων των ΑΗΗΕ για

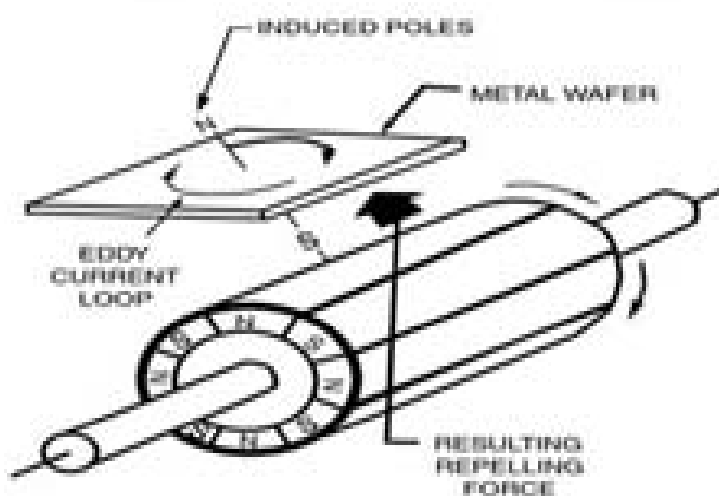
	περαιτέρω απορρύπανση ή ξεχωριστή επεξεργασία
Δόνηση	Δημιουργία συνθηκών ομοιογενούς ροής αποβλήτων στην είσοδο των διαφόρων διατάξεων επεξεργασίας/διαχωρισμού
Ζύγιση	Καταγραφή βάρους ΑΗΗΕ

Η διαλογή σιδήρου είναι το πρώτο υλικό που λαμβάνουμε με μεγάλη επιτυχία ξεκινώντας το ξεκαθάρισμα των υλικών.

Αυτό μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός μαγνήτη οποίος τοποθετείται σε τέτοιο σημείο πάνω από τον ταινιόδρομο ώστε να μπορεί να έλξει τα σιδηρούχα μέταλλα.

Εν συνεχεία πρέπει να διαχωριστούν τα μεταλλικά υλικά όπως χαλκός και αλουμίνιο από τα μη μεταλλικά όπως γυαλί και πλαστικό(δεν υπάρχει όμως στην CRT οθόνη). Ο διαχωρισμός αυτός μπορεί να επιτευχθεί με Eddy current (επαγωγικό ρεύμα) ,ένας τρόπος ο οποίος αν και εφευρέθηκε πριν από 100 χρόνια τέθηκε σε εφαρμογή μόλις μια δεκαετία πριν. Στις μέρες μας χρησιμοποιείται ευρέως κυρίως σε συστήματα ανακύκλωσης για διαχωρισμό του αλουμινίου από άλλα υλικά.

## EDDY CURRENT SEPARATOR



Η αρχή της λειτουργίας του βασίζεται σε ηλεκτρική τάση που προκαλείται από έναν αγωγό κατά την εναλλαγή της μαγνητικής ροής σε αυτόν. Τέτοιες αλλαγές στην μαγνητική ροή μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση περιστρεφόμενου μόνιμου μαγνήτη μετά από ηλεκτρικό αγωγό. Η επίδραση τέτοιων ρευμάτων προκαλεί δευτερογενές μαγνητικό πεδίο γύρω από τα μη μεταλλικά αντικείμενα. Αυτό το τμήμα αντιδρά με το μαγνητικό πεδίο του ρότορα ,ως αποτέλεσμα συνδυάζει την καθοδήγηση και τη δύναμη απομάκρυνσης τα οποία στην κυριολεξία απωθούν τα αγωγιμα μόρια από την ροή του μείγματος των υλικών. Η δύναμη απομάκρυνσης σε

συνδυασμό με την ταχύτητα των προϊόντων από τον ταινιόδρομο και την βελτιστοποίηση των θραυσμάτων των προϊόντων παρέχει αποτελεσματικό διαχωρισμό.

Σε έναν «Eddy current» διαχωριστή ένας ταχύτατα περιστρεφόμενος μαγνητικός ρότωρας είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα μη μεταλλικό τύμπανο το οποίο στρέφεται με σαφώς χαμηλότερη ταχύτητα από αυτή του ρότωρα. Αυτό δημιουργεί διαφορά στη ροή στην επιφάνεια του τυμπάνου και κυρίως στην τροχαλία κίνησης που μεταφέρει το μείγμα των υλικών. Καθώς τα αγωγίμα μεταλλικά αντικείμενα μεταφέρονται με τον ταινιόδρομο και φτάνουν πάνω από το τύμπανο, περνούν μέσα από το μαγνητικό πεδίο και προκαλείται ρεύμα στα μόρια τους. Επειδή τα απόβλητα είναι τυχαίου σχήματος το ρεύμα ρέει με άτακτο τρόπο μέσα από αυτά. Το ρεύμα τείνει να δημιουργήσει στρόβιλο και γι' αυτό ονομάζεται «ρεύμα στροβίλου». Σημαντική είναι επίσης και η ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται ο ρότωρας καθώς στις 3000 στροφές μπορεί να ξεχωρίσει περισσότερα υλικά και με μεγαλύτερη επιτυχία από ότι στις 2000 στροφές ή στις 1000 στροφές. Με την περιστροφή του ρότωρα μεταβάλλεται και το μαγνητικό πεδίο κάθε φορά αφού ο ρότωρας είναι κατασκευασμένος από μόνιμο μαγνήτη δυο πόλων.

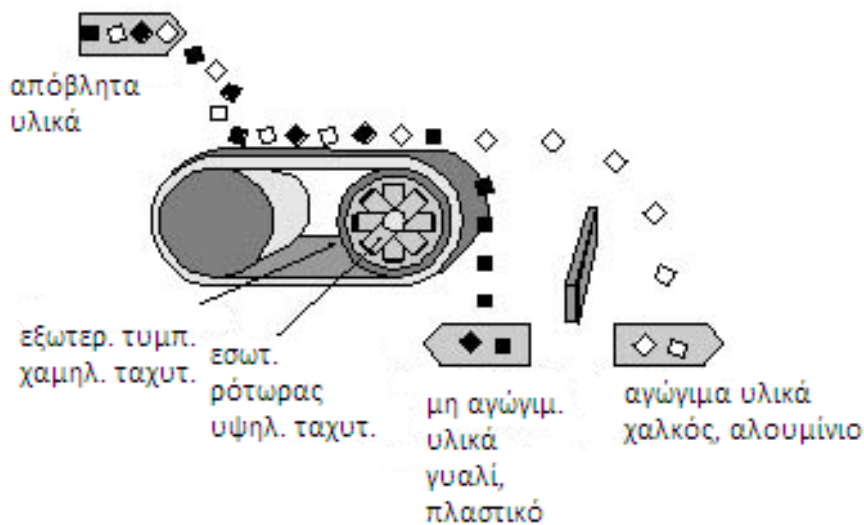
Η μαγνητική έλξη που προκαλείται στα σιδηρούχα μέταλλα στο μείγμα που βρίσκεται στον ταινιόδρομο είναι ισχυρότερη από την επίδραση του «ρεύματος στροβίλου». Όμως επειδή αυτό θα προκαλέσει δόνηση στη χρήση των ζωνών ο μαγνητικός διαχωρισμός είναι καλύτερα να γίνεται πριν φθάσει στο στάδιο του «Eddy current» διαχωρισμού.

Ο διαχωρισμός με «Eddy current» δεν περιορίζεται μόνο στη διαλογή αλουμινίου σε μείγματα και στα απόβλητα συσκευασίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαχωρίσει αλουμίνιο από γυαλί και χαλκό ή ορείχαλκο από πλαστικά υλικά.

Η διαλογή ενός πολύτιμου υλικού όπως το αλουμίνιο από μείγμα απόβλητων υλικών μικρής αξίας την οποία προσφέρει με μεγάλη επιτυχία (πάνω από 95%) συνεισφέρει τα μέγιστα στη αύξηση του βαθμού των προϊόντων που ανακυκλώνονται. Οι κατασκευαστές μηχανών υπολογίζουν ότι περισσότερα από 500 τέτοιου τύπου μηχανήματα έχουν εγκατασταθεί σε όλη την Ευρώπη τα περισσότερα από τα οποία τα τελευταία 6-7 χρόνια ανάπτυξη η οποία θα συνεχιστεί τα επόμενα χρόνια.

Τα υλικά αυτά τα συλλέγουμε σε διαφορετικά σημεία για να μπορεί να συνεχίζεται η επεξεργασία και να φτάσουμε στο μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα συλλογής υλικών

σχήμα που δείχνει πως γίνεται ο διαχωρισμός



σχήμα από την Eriez Magnetics

Εφαρμογές του συστήματος διαχωρισμού «Eddy current»:

- Χωρισμός των μη σιδηρούχων μετάλλων στο αυτόματο υπόλειμμα καταστροφών εγγράφων
- Χωρισμός των μη σιδηρούχων μετάλλων από την τέφρα αποτεφρωτήρων στερεών αποβλήτων
- Ταξινόμηση των δοχείων ποτών χάλυβα και αργιλίου
- Αφαίρεση της μόλυνσης από τα τεμαχισμένα θραύσματα γυαλιού
- Χωρισμός της μη σιδηρούχου σωρείας από την άμμο χυτηρίων
- Μη σιδηρούχος αφαίρεση μετάλλων στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης WEEE
- Αφαίρεση των τμημάτων αργιλίου στην ανακύκλωση παραθύρων UPVC
- Χωρισμός των μη σιδηρούχων μετάλλων από τα ξύλινα απόβλητα
- Χωρισμός των μη σιδηρούχων μετάλλων από το πλαστικό
- Χωρισμός των μη σιδηρούχων μετάλλων από το ηλεκτρονικά απόβλητα
- Χωρισμός των μη σιδηρούχων μετάλλων από την ανακύκλωση αυτοκινήτων

Το γυαλί και το πλαστικό και αλουμίνιο ή χαλκό μπορούμε να τα διαχωρίσουμε σε δυο φάσεις. Στην πρώτη με τη βοήθεια του Eddy current θα διαχωρίσουμε τα μεταλλικά από τα μη μεταλλικά υλικά με τον τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω για τη λειτουργία του. Στη συνέχεια θα έχουμε το γυαλί μαζί με το πλαστικό υλικά τα οποία μπορούν να διαχωριστούν με δυο τρόπους. Ένας τρόπος είναι το ειδικό βάρος τους τοποθετώντας αυτά σε μεγάλες δεξαμενές με νερό. Εκεί ρίχνουμε ένα ειδικό υγρό που διαφοροποιεί το ειδικό βάρος του νερού και γίνεται ίδιο με του πλαστικού. Τότε όλα τα κομμάτια με πλαστικό θα ανέρθουν στη επιφάνεια και θα τα συλλέξουμε ενώ τα αντίστοιχα γυαλιού θα πάνε στον πυθμένα και θα τα συλλέξουμε από εκεί. Ο άλλος τρόπος είναι η χρήση ενός δοχείου συμπίεσης καθώς στο συγκεκριμένο δοχείο ασκείται υψηλή πίεση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το πλαστικό που είναι πιο

ελαφρύ να βρίσκεται στο πάνω μέρος του δοχείου ή στα τοιχώματα γύρω από το στόμιο και το γυαλί το οποίο είναι βαρύτερο να βρίσκεται στον πυθμένα.

Energy Savings		CO <sub>2</sub> Savings*	
Aluminium	> 95%	Aluminium	> 92%
Copper	> 85%	Copper	> 65%
Plastic	> 80%	Ferrous	> 58%
Paper	> 65%	Paper	> 18%
Steel	> 74%	Nickel	> 90%
Zinc	> 60%	Zinc	> 76%
Lead	> 65%	Lead	> 99%
		Tin	> 99%

Το παραπάνω γράφημα μας δείχνει με ποσοστά πόσο ωφέλιμη είναι η ανακύκλωση καθώς μας παρέχει μια σειρά από πολύτιμα υλικά και ταυτόχρονα εξοικονομούμαι ενέργεια από την επαναχρησιμοποίηση τους. Είναι επίσης σημαντικό να παρατηρήσουμε την μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την ανακύκλωση καθώς αποφεύγουμε να επιβαρύνουμε το περιβάλλον. Το αλουμίνιο που είναι ένα κυρίαρχο προϊόν στην καθημερινή μας ζωή καθώς χρησιμοποιείται ή αποτελεί το βασικό υλικό στη δημιουργία πολλών προϊόντων. Ένα μεγάλο πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει σήμερα ο άνθρωπος είναι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα και προκαλούν κλιματικές αλλαγές. Αυτές μπορούν να περιοριστούν με την ανακύκλωση κατά κόρον παρακολουθώντας το δεξιό διάγραμμα του πίνακα. Είναι αξιοσημείωτο ότι με την ανακύκλωση μπορούμε να περιορίσουμε την θα περιορίσουμε το διοξείδιο του άνθρακα καθώς θα μειωθεί η παραγωγή των μετάλλων που χρησιμοποιούνται καθημερινά αλλά και δε θα βρίσκονται εκτεθειμένα στο περιβάλλον δημιουργώντας περαιτέρω προβλήματα.

### 3. CRT panel, funnel and neck γυαλί

#### 4.1 Διαχωρισμός των τμημάτων γυαλιού

Η CRT οθόνη αποτελείται όπως αναφέραμε και προηγουμένως από το panel (πάνελ) γυαλί δηλαδή αυτό που απεικονίζεται η εικόνα το μπροστινό μέρος ,το funnel glass το παχύ τμήμα το οποίο αποτελείται από γυαλί με υψηλή περιεκτικότητα



μολύβδου όπως και το τμήμα του λαιμού neck glass. Τα δυο τελευταία μέρη αποτελούν το «πυροβόλο» της τηλεόρασης αυτό που στέλνει τις δέσμες ηλεκτρονίων στην οθόνη( στο panel γυαλί). Σε αυτά τα τμήματα έγκειται κάποιες διαφορές καθώς το neck και το funnel από κατασκευής τους περιέχουν μόλυβδο και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή γυάλινων ειδών όπως μπουκάλια ή ποτήρια. Επίσης το panel γυαλί είναι επιστρωμένο με φθορίζουσα ουσία η οποία είναι πολύ βλαβερή αν βρεθεί στην ατμόσφαιρα και την εισπνεύσουν οι άνθρωποι. Οι μελέτες που έγιναν κατέληξαν στο ότι πρέπει να διαχωρίζονται τα γυαλιά που περιέχουν μόλυβδο από αυτό χωρίς .

Ο πρώτος τρόπος διαχωρισμού γυαλιού είναι με χρήση λέιζερ κοπής, όπου τοποθετείτε η οθόνη σε μια περιστρεφόμενη βάση με αισθητήρες για προσαρμόζεται το μέγεθός της και να τοποθετούνται οθόνες ανεξαρτήτου μεγέθους. Εκεί είναι τοποθετημένο το λέιζερ σε ένα βραχίονα και απέχει μια συγκεκριμένη απόσταση από το σημείο όπου πρέπει να στοχεύσει την τηλεόραση για να κοπεί. Το σημείο που σημαδεύει η ακτίνα του λέιζερ είναι μεταξύ του panel και neck γυαλιού ώστε να τα διαχωρίσει αφού εκεί είναι το σημείο που μπορεί να διαχωριστούν τα κομμάτια γυαλιού. Η οθόνη τοποθετείται με το panel γυαλί πάνω στην βάση και ένα έμβολο με στόμιο και με δυνατότητα περιστροφής εφαρμόζει στο funnel γυαλί .Η περιστροφή πραγματοποιείται σε συνάρτηση με το χρόνο που θέλει το λέιζερ για να κόψει την τηλεόραση.

Ο δεύτερος τρόπος κοπής είναι χρησιμοποιώντας 4 ή 2 δίσκους διαμαντένιους τοποθετημένοι σε βραχίονες και περιστρέφοντας την οθόνη την κόβουν πάλι σε αυτό το σημείο μεταξύ του panel και neck γυαλιού. Το πρόβλημα που έγκειται στη συγκεκριμένη μέθοδο είναι ότι υπάρχει πιθανότητα να βρεθούν τμήματα του γυαλιού του neck στο panel.

Ο τρίτος τρόπος περιλαμβάνει τη χρήση καλωδίου NiChrome. Όταν ένα καλώδιο NiChrome ή μια κορδέλα τυλίγεται γύρω από ένα CRT και θερμαίνεται ηλεκτρικά προκαλεί ένα θερμική διαφορά πέρα από το πάχος του γυαλιού. Το καλώδιο πρέπει να είναι σε επαφή με την επιφάνεια γυαλιού για περίπου 30 δευτερόλεπτα. Η περιοχή δροσίζεται έπειτα (π.χ. με ένα μουσκεμένο σφουγγάρι) για να δημιουργήσει τη θερμική πίεση που οδηγεί σε μια ρωγμή. Όταν αυτό τρυπιέται ελαφριά, η οθόνη χωρίζεται από το τμήμα χροανών

Ένα πιθανό πρόβλημα με την καυτή τεχνική καλωδίων είναι ο κίνδυνος αιχμηρών ακρών στα χωρισμένα μέρη. Ένα δεύτερο είναι η δυσκολία να πάρει τον καθαρό χωρισμό μεταξύ του γυαλιού επιτροπής και χροανών εάν το καλώδιο τοποθετείται ανακριβώς. Για να τοποθετήσει το καλώδιο, η συνηθισμένη προσέγγιση είναι να σημειωθεί το CRT με glasscutter διαμαντιών στο σημείο όπου το καλώδιο πρόκειται να πάει. Το CRT μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα κρεβάτι αναρρόφησης, να ισοπεδωθεί και να περιστραφεί γύρω από αυτό ενάντια σε μια λεπίδα χαρακτηριστικής διαμαντιών. Αυτό μπορεί, εντούτοις, να το καταστήσει δύσκολο να προσαρμόσει CRTs των διαφορετικών μεγεθών λόγω της ανάγκης να αλλαχτεί το ύψος της λεπίδας χαρακτηριστικής. Ένα τρίτο πρόβλημα με αυτήν την προσέγγιση είναι ότι το γυαλί όχι πάντα σπάζει σύμφωνα με τη γραμμή καλωδίων. Αυτό είναι ιδιαίτερα έτσι κατά την εξέταση CRTs των διαφορετικών μεγεθών από τις μεγαλύτερες TV έχει το παχύτερο γυαλί.

Ένας άλλος τρόπος είναι το θερμικό σοκ.( thermal shock). Ο CRT σωλήνας υποβάλλεται στην εντοπισμένη υψηλή θερμότητα που ακολουθείται αμέσως από κρύο. Αυτό δημιουργεί την πίεση στη γραμμή υαλοβερνικωμάτων όπου το μολυβδόχο γυαλί neck ενώνεται στο αμόλυβδο γυαλί panel και ο σωλήνας έρχεται

χώρια. Επειδή το υαλοβερνίκωμα που ενώνει τους δύο τύπους γυαλιών περιέχει τις υψηλές συγκεντρώσεις του μολύβδου, η προσοχή πρέπει να ληφθεί για να καθαρίσει όλο το μολύβδο από το panel γυαλί. Αυτή η προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς από την ΚοTech στο UK για να ανακτήσει το γυαλί αποβλήτων μετα-παραγωγής, και μπορεί να εφαρμοστεί με τον ίδιο τρόπο στον μετα-καταναλωτή CRTs.

Ο χωρισμός με διαμαντένια πριόνια μπορεί να είναι είτε υγρός είτε ξηρός. Ο υγρός χωρισμός πριονιών περιλαμβάνει την περιστροφή του CRT σε βάση ενώ μια ή περισσότερες λεπίδες πριονιών κόβουν ολόκληρο το CRT γύρω από την περιφέρειά του. Με ψυκτικό μέσο ψεκάζεται προς την επιφάνεια των λεπίδων καθώς κόβουν. Αυτό πρόκειται να ελέγξει τη θερμοκρασία και να αποτρέψει τη στρέβλωση. Η υγρή μέθοδος πριονιών μπορεί να παραγάγει τον καθαρό χωρισμό χωρίς έκθεση των χειριστών στον κίνδυνο, εφ' όσον ευθυγραμμίζεται σωστά το CRT με τις πριονωτές λεπίδες.

Ο χωρισμός μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση ψεκασμού νερού (Waterjet). Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται συνήθως στην κοπή πολλών διαφορετικών τύπων υλικών, ιδιαίτερα μετάλλων. Χρησιμοποιεί έναν υψηλό ψεκασμό του νερού που περιέχει το λειαντικό, κατευθύνοντάς το στην επιφάνεια που κόβεται. Το νερό στρέφεται μέσω μιας ενιαίας ή διπλής διαμόρφωσης ακροφύσιου-ψεκασμού που τίθεται σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Είναι αυτήν την περίοδο στις ΗΠΑ για την κοπή του CRT γυαλιού.

Με τη βοήθεια αυτών των τρόπων μπορούμε να έχουμε το panel διαχωρισμένο από τα άλλα 2 τμήματα γυαλιού. Το panel όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω έχει επιστρωθεί με φθορίζουσα σκόνη και πρέπει να καθαρισθεί με αποτελεσματικό τρόπο και χωρίς να έρθει σε επαφή με τον άνθρωπο. Ένα τρόπος είναι να σκουπίσουν το πάνω σε ειδικό χώρο και φορώντας κατάλληλο εξοπλισμό. Όμως το πρόβλημα που εμφανίστηκε εκεί είναι ότι βουλώνει η σκούπα από τη σκόνη. Ένα διαφορετικό τρόπο που χρησιμοποιούν είναι το πλύσιμο με νερό με την κατασκευή κλειστού συστήματος τροφοδότησης και ειδικών φίλτρων όπου συγκρατούν τη σκόνη και επαναχρησιμοποιείται το νερό για κάποιες συγκεκριμένες ώρες λειτουργίας. Αυτό που πρέπει να καθοριστεί είναι να βρεθεί εταιρεία που συλλέγει υγρά απόβλητα για δίνουν το νερό και το μέγεθος της δεξαμενής που θα χρησιμοποιηθεί πόσα γυαλιά μπορεί να καθαρίζει η ποσότητα νερού.

Το καθαρισμένο πλέον CRT panel γυαλί μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολύ λειτουργική εφαρμογή και το κατανοούμε καλύτερα με την ανάλυση ενός πειράματος που πραγματοποιήθηκε σε εργαστήριο πανεπιστημίου της Αγγλίας. Εκεί έγινε εκτενής και δημιουργήθηκε ένα νέο εμπορικά βιώσιμο προϊόν με τη χρήση γυαλιού από οθόνες και από καθημερινής χρήσης γυάλινων συσκευασιών.

#### **4. Δημιουργία προϊόντων από CRT panel γυαλί και γυάλινες συσκευασίες**

##### **5.1 Χρήση CRT panel γυαλιού και ανακυκλωμένου γυαλιού συσκευασιών**

Το Staffordshire πανεπιστήμιο έχει αναπτύξει και καταχωρήσει σαν ευρεσιτεχνία μια νέα τεχνολογία γνωστή ως «πέτρα από γυαλί» (Stoneglass) η οποία μπορεί ουσιαστικά να μετατρέψει κάθε τύπο απόβλητου γυαλιού σε ποιοτικά εμπορικά

προϊόντα λιθοδομής (τούβλα, πλακοστρώσεις(ravers) και κεραμίδια επένδυσης).Πιο συγκεκριμένα αυτή η διαδικασία έχει τη δυνατότητα να επεκτείνει γρήγορα μια νέα ευκαιρία στην αγορά CRT panel γυαλί σύμφωνα με την ανάγκη για πιο υπεύθυνη ανακύκλωση με την εφαρμογή της Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).Επιπλέον η νέα αυτή τεχνολογία επιτρέπει τη χρήση (και με αυτόν τον τρόπο επεκτείνονται οι ευκαιρίες ανακύκλωσης) και άλλων ευρέως διαθέσιμων απόβλητων γυαλιών τα οποία απαιτούν παρόμοια προσοχή στη διάθεση μερικά από αυτά είναι: γυαλιά αυτοκινήτων, γυαλιά σωλήνων φθορισμού ,πίατα και λαμπτήρες γυαλιού.

Επίσης μπορεί να ανακυκλώσει σημαντικές ποσότητες εμπορευματοκιβωτίων από γυαλί(container glass)και μπουκαλιών (πράσινα και ήλεκτρα μπουκάλια).

Η τεχνολογία Stoneglass επιτρέπει την παραγωγή μεγάλου εύρους προϊόντων λιθοδομής των οποίων τα στοιχεία περιλαμβάνουν :

- χρήση απόβλητου γυαλιού σαν αρχικό υλικό δίνοντας τελικά ένα προϊόν με περιεχόμενο γυαλιού 97% κατά βάρος
- χαμηλή σε ενέργεια ανάγκη επεξεργασίας σε σύγκριση ,με την παραδοσιακή παραγωγή τούβλου εξαιτίας αρχικά της χαμηλής θερμοκρασίας της φωτιάς
- μηδαμινές εκπομπές κατά τη διάρκεια παραγωγής
- μεταβλητότητα για να ξεδιπλώσει τη λειτουργία, την εμφάνιση και τις ιδιότητες των παραδοσιακών προϊόντων ασβέστη, σκυροδέματος και πυριτίου

Ως πιθανά προϊόντα περιλαμβάνονται στη διακοσμητική επένδυση, πλάκες επίστρωσης ,πέτρες κήπου, κεραμίδια και τούβλα. Το ελαφρύ χρώμα σώματος του αρχικού απόβλητου γυαλιού σημαίνει ότι μια εκτενής σειρά των χρωμάτων μέσω σωμάτων και της επιφάνειας διαμόρφωσης μπορεί εύκολα να εφαρμοστούν.

Το WRAP πλάνο ήταν μια συνεργασία συμπεριλαμβάνοντας το Staffordshire University, μια πανεπιστημιακή επιχείρηση υποπροϊόντος ,μια ερευνητική εταιρεία και μια γνωμοδότηση ειδικού για γυαλιού. Πληροφορίες και στοιχεία για εμπορική σκοπιμότητας μελέτη λήφθηκε από την παραγωγή τούβλων και κεραμιδιών επένδυσης χρησιμοποιώντας μείγματα CRT panel γυαλιού και γυαλί εμπορευματοκιβωτίων σε πρωτότυπες πειραματικές εγκαταστάσεις σε εργαστήριο στο Staffordshire University.

Το πρόγραμμα επιβεβαίωσε ότι η νέα διαδικασία είναι έτοιμη για εμπορική χρήση και επιδεικνύει τη δυνατότητα να επαναχρησιμοποιηθούν πολλοί τόννοι CRT panel γυαλιού και εμπορευματοκιβωτίων από γυαλί αλλιώς τα οποία θα ήταν σε χωματερές.

Η ενσωμάτωση CRT panel γυαλιού σε συνδυασμό με τα απόβλητα γυαλιά εμπορευματοκιβωτίων στα Stoneglass προϊόντα λιθοδομής αποδείχθηκε να μην είναι επιβλαβής.

Η δυνατότητα πραγματοποίησης μαζικής παραγωγής του Stoneglass προϊόντος σειράς επιβεβαιώθηκε από την εφαρμογή κοστολόγησης του μοντέλου σχεδίου για την παραγωγή τούβλων και κεραμιδιών. Το υψηλό κόστος ανεφοδιασμού του τρίτου μέρους με αλεσμένο γυαλί και η ανησυχία για την ασφάλεια του αρχικού εφοδιασμού παρακίνησε στην κατάρτιση μια λεπτομερούς προδιαγραφής για το κόστος ενός εργοστασίου επεξεργασίας γυαλιού front end.

Μια εκτενή έρευνα αγοράς που αφορά τους χονδρεμπόρους και λιανοπωλητές, την οικοδομική βιομηχανία τους αρχιτέκτονες και τους σχεδιαστές τις τοπικές αρχές παρήγαγε μια ευνοϊκή απάντηση από όλους τους τομείς. Η έρευνα έδωσε έμφαση στη πιθανή εφαρμογή του Stoneglass προϊόντος ως μονάδα επένδυσης στα προκατασκευασμένα προϊόντα οικοδόμησης και σε άλλες εφαρμογές. Η επιτυχής διείσδυση στην αγορά θα εξαρτηθεί από την ικανότητα να επιδειχθούν πολύτιμα τα

προστιθέμενα στοιχεία. Ένα καλό BREEAM αξιολόγησης θα βοηθούσε να παρέχει τη διαφοροποιήσει.

Η δοκιμή από ένα ανεξάρτητο UKAS αναγνώρισε το εργαστήριο και επιβεβαίωσε τα τούβλα και τα κεραμίδια επένδυσης παράχθηκαν με τη χρήση της Stoneglass τεχνολογίας σχετική με το BS: EN πρότυπα για υπάρχοντα clayware προϊόντα εκθέσεις περιβαλλοντικών μελετών οργανώθηκαν στην παν/πολη σε συνεργασία με το δημοτικό συμβούλιο του Trent στις επιτροπές δοκιμής Stoneglass που τοποθετήθηκαν για τις διαβάσεις πεζών.

Η εκτίμηση της περιβαλλοντικής επίδρασης απέδειξε ότι οι απαιτήσεις των πόρων και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια παραγωγής προϊόντων Stoneglass είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο παραγωγής τούβλων.

## 5.2 Ανάπτυξη προγράμματος

Το πρόγραμμα ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2005. Ο βασικός στόχος της ομάδας του Staffordshire University ήταν να συγκεντρώσει τον απαραίτητο εξοπλισμό που απαιτείται για τις πειραματικές εγκαταστάσεις και να παράγει δείγματα τούβλων και κεραμιδιών για να την έρευνα αγοράς που έγινε από το Arvada Strategic Marketing. Πριν την παράδοση του εξοπλισμού που απαιτήθηκε το εργαστήριο του πανεπιστημίου προετοίμασε κάποια δείγματα τούβλων και κεραμιδιών χρησιμοποιώντας μείγμα CRT panel γυαλί και συσκευασιών από γυαλί (container glass). Μια σειρά χρωμάτων σώματος με διαφορετικό χρώμα και λάμψη παρήχθησαν για να επιδείξουν την μεταβλητότητα και τις ευκαιρίες των νέων προϊόντων λιθοδομής.

Οι καθυστερήσεις που αντιμετωπίστηκαν στην τελική ανάθεση των πειραματικών εγκαταστάσεων που προκλήθηκαν από την καθυστερημένη παράδοση του εξοπλισμού και στην περίπτωση της παραγγελίας του θραυστήρα CRT panel γυαλιών λόγω της παύσης συναλλαγών μεταξύ της επιτροπής και των προμηθευτών. Άλλες καθυστερήσεις εξοπλισμού αφορούσαν την πρέσας και του κλιβάνου που επιλέχθηκαν στο πιλοτικό πρόγραμμα. Μόλις αυτές οι δυσκολίες ξεπεράστηκαν η επεξεργασία και η καύση ξεκίνησαν τον Ιούνιο του 2005.

Αλλά ολόκληρο και θραύσματα του CRT panel γυαλιού τροφοδοτήθηκε το εργαστήριο από το ERC Ltd from its York plant. Το Longport Mill (σε συνεργασία με την Glass Recycling Group Ltd) τροφοδότησε με μεγάλο αριθμό και σε διάφορα μεγέθη θραύσματα γυαλιού από γυάλινες συσκευασίες και μπουκάλια από τα αποθέματα γυαλιού που είχαν. Η έλλειψη θραυστήρα για τα CRT panel γυαλιά ανάγκασε τους υπεύθυνους του εργαστηρίου να αναπτύξουν μια εναλλακτική λύση ώστε να αποκτήσουν επαρκής ποσότητες επεξεργασμένου CRT panel γυαλιού για την προετοιμασία δειγμάτων (η σκληρότητα του CRT panel γυαλιού σήμαινε ότι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στη διαδικασία των συσκευασιών από γυαλί έπρεπε να προσαρμοστεί.).

Αυτή η διαδικασία αποτέλεσε τη βάση της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε από την εργαστηριακή ομάδα για σύνθλιψη και να αλέσει τις υπόλοιπες ποσότητες CRT panel γυαλιού.

Για να επιτρέψει από πιο νωρίς την κατανόηση των ζητημάτων της αγοράς γύρω από νέα προϊόντα λιθοδομής Arvada Strategic Marketing έφερε προς συζήτηση την έρευνα για τους μελλοντικούς χρήστες και τα ειδικά προϊόντα λιθοδομής. Αυτή η περιεκτική έρευνα περιείχε ερωτηματολόγιο και συνεντεύξεις πρόσωπο με πρόσωπο

χρησιμοποιώντας προσεκτικές επαφές με αρχιτέκτονες σχεδιαστές και κατασκευαστικές εταιρείες. Ο κύριος στόχος αυτής της έρευνας ήταν να αναγνωρίσουν τα προϊόντα και να είναι επιτυχή εμπορικά.

Η εργασία για να προχωρήσει το σχέδιο για την κοστολόγηση ενός εργοστασίου σε εμπορικό όμως επίπεδο εξαρτήθηκε από τις πληροφορίες που προκύπτουν από την πλήρη λειτουργία πειραματικών εγκαταστάσεων. Ενώ περιμένει για την πλήρη ανάθεση των πειραματικών εγκαταστάσεων αποφασίστηκαν οι γενικές προδιαγραφές των προϊόντων λιθοδομής Stoneglass με στόχο να καθορίσουν και να ενημερώσουν τις υποθέσεις και το πρότυπο δαπανών καθώς το πλάνο εξελίσσεται.

Μια ξεχωριστή έρευνα από την Glass Technology Services στον πιο οικονομικό δρόμο παρέχει ικανοποιητικό αρχικό CRT panel γυαλί από τις τηλεοράσεις τους υπολογιστές και τις οθόνες ξεκίνησε προβλέποντας ποσότητες CRT panel γυαλί κυρίως από πληθυσμιακά κέντρα γύρω από την Αγγλία.

Η εταιρεία Stoneglass επικεντρώθηκε αρχικά στο σχεδιασμό και στην κοστολόγηση της κατασκευής τούβλων, προσλαμβάνοντας μια εταιρεία με εμπειρία στο σχεδιασμό και στην ανάθεση τέτοιων υποθέσεων για να λάβουν μια κρίσιμη αξιολόγηση. Όμως προσοχή δόθηκε στην ανάπτυξη ενός λεπτομερούς σχεδιαγράμματος κόστους κεραμιδιών επένδυσης όταν η έρευνα αγοράς αναγνώρισε ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον στον τομέα κατασκευής και χρήσης των κεραμιδιών επένδυσης.

Μόλις η έρευνα αγοράς ολοκληρώθηκε η Arvada έστρεψε την προσοχή της στο σημερινό καθεστώς παραγωγής τούβλου και στις οικοδομικές βιομηχανίες. Η ομάδα επίσης εξέτασε τις πρόσφατες τάσεις της βιομηχανίας και προετοίμασε μια ηλεκτρονική βάση δεδομένων των υλικών στήριξης και να το διαδώσει σε όλους τους συνεργάτες. Ο αρχικός στόχος της έρευνας ήταν να αναγνωρίσει και τις ευκαιρίες της αγοράς για νέα προϊόντα λιθοδομής και τα πιθανά εμπόδια στη λήψη τους.

Κατά τη διάρκεια του Αυγούστου η Arvada πραγματοποίησε μια έρευνα και συμπεριέλαβε σε κάθε ομάδα 8 ανθρώπους από διαφορετικές ηλικίες. Η έρευνα δομήθηκε για να αποκτήσουν όσες περισσότερες πληροφορίες μπορούσαν για την αντίληψη που είχε το πλήθος για τα προϊόντα λιθοδομής τα οποία προέρχονταν από CRT panel γυαλί και για θέματα ανακύκλωσης.

Η ομάδα του Staffordshire University ξεκίνησε μια πλήρη επεξεργασία προϊόντων το καλοκαίρι του 2005 έχοντας αποκτήσει εμπειρία με τα κεραμίδια επένδυσης αλλά αντιμετώπιζε προβλήματα με την ελασματοποίηση στα πυρακτωμένα κεραμίδια. Επιπλέον μελέτη για πιθανές διορθωτικές κινήσεις είχαν σταματήσει για να επιτρέψει στην ομάδα να συγκεντρωθεί στην παραγωγή διάτρητων τούβλων ώστε να αποκτήσουν πληροφορίες για το εργοστασιακό κόστος. Διάφορα σχέδια μιγμάτων με τα αυξανόμενα ποσά CRT panel γυαλιού εξετάστηκαν κατά τη διάρκεια εκκίνησης της περιόδου και οι μέθοδοι αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας μικρούς ανθρακόπλινθους παρά διάτρητα τούβλα.

Το φθινόπωρο του 2005 η παραγωγή τούβλων ήταν σε πλήρη εξέλιξη στο Staffordshire University. Οι συζητήσεις που ακολούθησαν με τη WRAP ήταν για τις μελλοντικές διαθέσιμες ποσότητες του CRT panel γυαλιού, επαρκής ποσότητες τούβλων πραγματοποιήθηκαν με δυο συνταγές:

(50% CTRP + 50% CG, 35% CRTP + 65% CG) παρήχθησαν ώστε να πραγματοποιηθούν δοκιμές στις δομικές τους ιδιότητες (απορρόφηση νερού, συμπιεστική δύναμη, καύση) και να προχωρήσει στην πιστοποίηση και στη συνέχεια στην περιβαλλοντική χρήση. Η καύση των προϊόντων επιλέχθηκε να γίνει σε καυστήρα οποίος είχε εκτεταμένη λειτουργία προηγουμένως. Υπήρχαν και πάλι

προβλήματα με την κατασκευή κεραμιδιών οπότε οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν σε μικρότερα προϊόντα. Η παραγωγή panel επικεντρώθηκε σε δυο μίγματα (50% CTRP + 50% CG, 30% CRTP + 70% CG) με παρόμοιες δοκιμές στα δομικά χαρακτηριστικά.

Καλοστημένες διαδικασίες για έλεγχο της ανθεκτικότητας των προϊόντων λιθοδομής στον τομέα εφαρμόστηκαν στον υπάρχον περιβάλλον χώρο του πανεπιστημίου. Επιπλέον στο επίπεδο των δοκιμών δείγματα τοποθετήθηκαν σε διάβαση πεζών.

Δοκιμές σύμφωνα με το κατάλληλο πρότυπο στην έρευνα του CERAM Research (ένα ανεξάρτητο εργαστήριο). Τα διάτρητα τούβλα εξετάστηκαν στον τομέα της ανθεκτικότητας, της απορρόφησης νερού, περιεκτικότητας διαλυτών και αντίσταση παγώματος. Οι πλάκες πλακοστρώσεις ελέγχθηκαν για την αντοχή τους στη φωτιά, την αντοχή τους στο γδάρισμα, την αντίστασή τους στο ολίσθημα και στο πάγο. Τα κεραμίδια επένδυσης εξετάστηκαν στην κάμψη της δύναμης, στην απορρόφηση νερού και στην αντίσταση στον πάγο. Η φύση της σύνδεσης μόριο με μόριο και τα χαρακτηριστικά της συμπίεσης των προϊόντων λιθοδομής εξετάστηκαν σε μια βοηθητική μελέτη μικροσκόπησης περιλαμβάνοντας την ανίχνευση ηλεκτρονίων.

Η ποιοτική αξιολόγηση του επεξεργασμένου CRT panel γυαλιού εξετάστηκε από το GTS του οποίου το προσωπικό ανέλυσε τα δείγματα από το εργαστήριο του πανεπιστημίου για μόλυνση μέγεθος και την μορφή των μορίων. Καθόρισαν επίσης τη χημική σύσταση του γυαλιού. Μια τελική προδιαγραφή για το επεξεργασμένο CRT panel γυαλί χρησιμοποιήθηκε στην παραγωγή προϊόντων λιθοδομής εκδόθηκε από το GTS μαζί με στοιχεία για την ασφάλεια υλικών από επεξεργασμένο CRT panel γυαλί.

Η GTS επίσης αξιολόγησε σε σύγκριση με τα παραδοσιακά παραγόμενα τούβλα την επίδραση του περιβάλλοντος στα προϊόντα λιθοδομής κατά τη διάρκεια παραγωγής τους και χρήση τους από την άποψη της απαίτησης πόρων και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η περιβαλλοντική επίδραση των προϊόντων λιθοδομής κατά τη διάρκεια ζωής και στο τέλος τους εξετάζοντας και αναλύοντας την αλυσίδα που λήφθηκε σε ακραίες συνθήκες. Πιθανοί κίνδυνοι κατά τη διάρκεια χειρισμού και κοπής προϊόντων λιθοδομής στο τέλος της ζωής τους αξιολογήθηκε και πάλι σε σύγκριση με τα παραδοσιακά τούβλα.

Αρχικά υποτέθηκε ότι οι πρώτες ύλες γυαλιού που θα έφθαναν στις εγκαταστάσεις σε ήδη επεξεργασμένη κατάσταση. Όμως το υψηλό κόστος μια τέτοιας λειτουργίας πρότεινε ένα εργοστάσιο επεξεργασίας που συνεργάστηκε με το εργαστήριο και ήταν φυσικά πιο αποδοτικό. Υπήρχε επίσης ανησυχία για την ασφάλεια της ποσότητας γυαλιού. Η εταιρεία Stoneglass κατάρτισε λεπτομερείς προδιαγραφές και κοστολόγια για εργοστάσιο επεξεργασίας μπροστινού μέρους οθόνης.

Στην τελευταία φάση της εργασίας τους η ομάδα της Arvada ανέλαβε μια στρατηγική ανάλυση της αγοράς για τα νέα αυτά τούβλα και κεραμίδια. Αυτό περιελάμβανε μια αξιολόγηση της δυνατότητας των προϊόντων, των ζητημάτων τιμολόγησης, του πιθανού όγκου, της ελκυστικότητάς τους στην αγορά και της μελλοντικής επέκτασης της αγοράς. Ένας χάρτης αγοράς και ένας προκαταρκτικός πίνακας ετοιμάστηκαν για να δείξουν το δρόμο που θα ακολουθήσουν. Επίσης η Arvada ενημέρωσε για την ανάλυση της, την Αγγλική παραγωγή τούβλου και οικοδομική βιομηχανία ώστε να λάβουν υπόψη τους τα στοιχεία για το δεύτερο τρίμηνο του 2005 που δημοσίευσε το γραφείο με τις εθνικές στατιστικές και πρόσθεσε διάφορες πρόσφατες πρωτοβουλίες στη βάση γνώσεων και στις τάσεις της οικοδομικής βιομηχανίας.

Ο τελικός στόχος της ομάδας του Argvada ήταν να πραγματοποιηθούν σκέψεις για ένα εργοστάσιο με ρυθμό απόδοσης 60.000τόνων/έτος και για ένα μικρότερο 15.000τόνων/έτος. Αυτές οι σκέψεις προσδιόρισαν συγκεκριμένους φορείς, τις πιθανές πωλήσεις και διαύλους διανομής και πρότειναν κατάλληλη μορφή προώθησης ενάντια σε ένα σκηνικό αξιολόγησης της μελλοντικής ανάπτυξης της για τούβλα και κεραμίδια.

Προς το τέλος του προγράμματος η εταιρεία Stoneglass κάλεσε την BRE να αναλάβουν μια περιβαλλοντική αξιολόγηση καθώς η έρευνα αγοράς είχε δώσει έμφαση στη σημασία της BREEAM και να διευκολύνει την είσοδο της στην αγορά. Αυτή η εργασία δεν συμπεριλαμβάνετε στην παρούσα έκθεση δεδομένου ότι κρίθηκε εμπιστευτική.

### **5.3 Ανάπτυξη τεχνολογίας από το Staffordshire University**

Αυτό το τμήμα περιγράφει την εργασία που ανέλαβε η ομάδα του Staffordshire University για να αναπτύξει την ευρεσιτεχνία τεχνολογίας Stoneglass. Αυτή η εργασία περιλαμβάνει:

- προμήθεια ,εγκατάσταση και ανάθεση των πειραματικών εγκαταστάσεων
- πρόσβαση και προετοιμασία διαφορετικών τύπων υλικών γυαλιού
- άλεσμα γυαλιού σε ικανό για χρήση μέγεθος
- επεξεργασία και επίδειξη των προϊόντων για μελέτη της έρευνα αγοράς
- ξεκίνημα και έλεγχος του κλιβάνου μαζί με αξιολόγηση της απόδοσής του
- σχέδιο μιγμάτων και μεγάλης κλίμακας επεξεργασίας διάτρητων τούβλων και κεραμιδιών
- δομικός και περιβαλλοντικός έλεγχος των προϊόντων
- αξιολόγηση τομέων
- εξέταση μικροδομής προϊόντων

#### **5.3.1 Προμήθεια εξοπλισμού στις πειραματικές εγκαταστάσεις**

Το πρώτο βήμα ήταν να προμηθευτεί και να εγκατασταθεί ο εξοπλισμός που απαιτήθηκε για τις πειραματικές εγκαταστάσεις ώστε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή προϊόντων δοκιμαστικά στην αρχή(τούβλα κεραμίδια)

Ο παρακάτω εξοπλισμός παραγγέλθηκε :

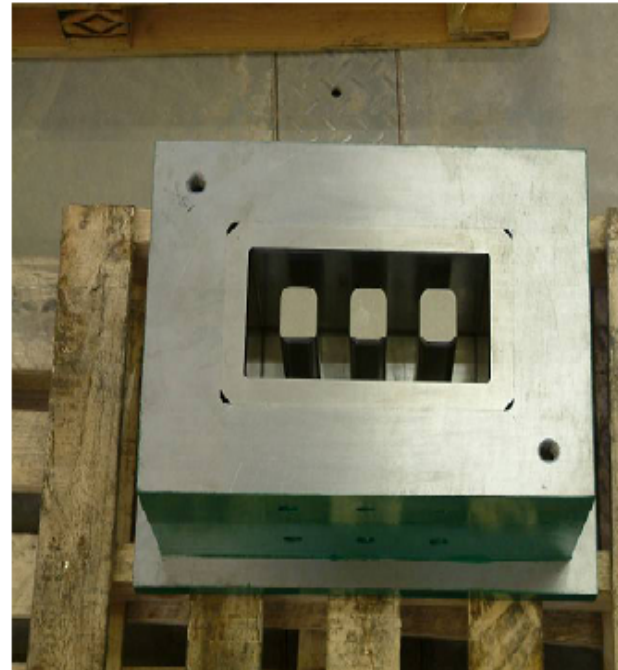
- αρχικός θραύστης CRT panel γυαλιού (παραγγελία που στη συνέχεια ακυρώθηκε λόγω της αδυναμίας του κατασκευαστή να εισέλθει στη διαδικασία εκκαθάρισης)
- μηχανή τύπου κόσκινου που παρέχει ανοίγματα 0.105,0.5,1 και 2mm(σχήμα 1)
- μείκτης προϊόντων-περιστροφικός μείκτης με δυνατότητα χωρητικότητας 56kg
- φόρμα για διάτρητο τούβλο (215 × 102.5 × 65/50mm)(σχήμα 3-4)
- φόρμα για κεραμίδι επένδυσης (300 × 300 × 25/50mm)(σχήμα 5-6)

- 300 τόνων πρέσα γραμμικού τύπου με πλαίσιο με σκοπό να προσαρμόζεται σε μια σειρά από φόρμες(σχ.7)
- κλίβανος ειδικά σχεδιασμένος για την καύση προϊόντων γυαλιού (σχ.8)

σχ.1 3 επιπέδων μηχανή κοσκινίσματος

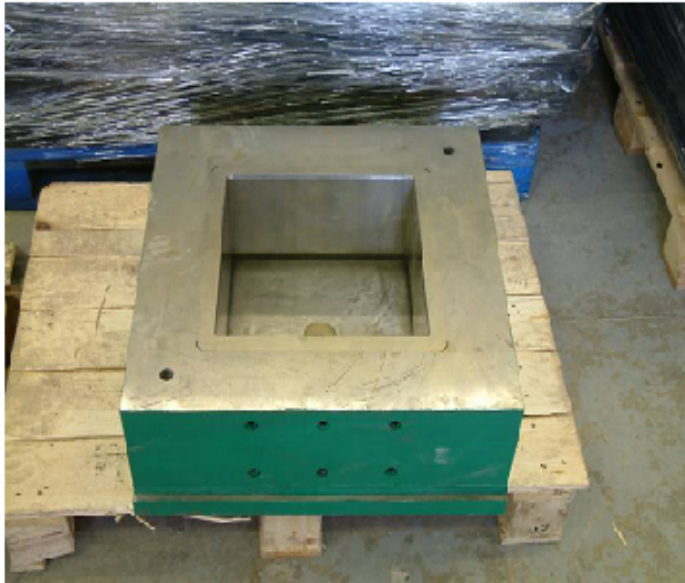


φόρμα για διάτρητο τούβλο  
215 × 102.5 × 65 σχ.3





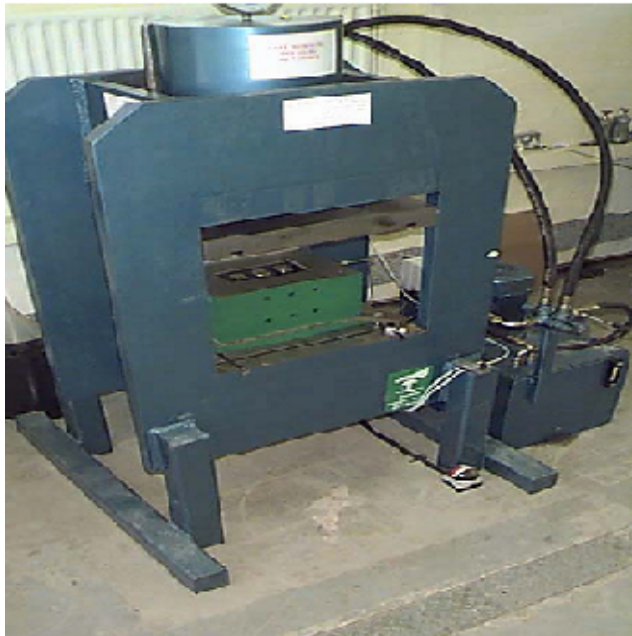
φόρμα για διάτρητο τούβλο  
215 × 102.5 × 65 σχ.4



φόρμα για κεραμίδι επένδυσης  
300 × 300 × 25 σχ.5



σχ.7 300 τόνων πρέσα γραμμικού τύπου



σχ.8 κλίβανος ειδικά σχεδιασμένος για την καύση



Πηγές γυαλιού

Σε αυτό το πρόγραμμα 3 τύπους πηγών γυαλιού έχουμε

- cathode ray tube panel (CRTP) glass

- αλεσμένο γυαλί από γυάλινες συσκευασίες καθημερινής χρήσης(container glass)
- γυάλινα μπουκάλια από ήλεκτρο(amber bottle)

### **CRTP cathode ray tube panel glass**

Περίπου 10 τόνοι CRTP γυαλί προμηθεύτηκαν από την εταιρεία ανακύκλωσης ηλεκτρικών συσκευών αφού πρώτα είχαν απομακρύνει τα σημεία φωσφόρου από την εσωτερική επιφάνεια του panel.

Το γυαλί που τροφοδοτήθηκε ήταν το ακόλουθο:

- 4 τόνοι σπασμένου panel που περιέχονταν σε 6 εύκαμπτα
- 6 τόνοι ολόκληρου panel περιέχονταν σε 9 εμπορευματοκιβώτια

Το γυαλί παραδόθηκε από το εργοστάσιο Castle Claysales Ltd, Burslem, Stoke – on - Trent. Η επιθεώρηση που έγινε μερικές μέρες μετά την παράδοση επιβεβαίωσε τις κατάλληλες συνθήκες του εργοστασίου που φυλασσόταν σε στεγνό και ασφαλή μέρος. Το κομματιασμένο και ολόκληρο panel δείχνετε στα σχήματα 9-10

σχ. 9



σχ.10



#### **Θρυμματισμένο πράσινου χρώματος γυαλί σε εμπορευματοκιβώτια**

10 FIBCs θρυμματισμένου πράσινου χρώματος γυαλιού (green amber bottle) σε εμπορευματοκιβώτια σχήμα 11 παραδόθηκε στο εργαστήριο του πανεπιστημίου από την ομάδα ανακυκλώσεις γυαλιού του Longport Mill, Stoke-on-Trent. Δεν ήταν δυνατόν να αποκτηθούν κομμάτια γυαλιού στο μέγεθος που ζητήθηκαν (<2mm και <1mm) για την παραγωγή προϊόντων λιθοδομής τα διαθέσιμα κομμάτια διαλέχθηκαν για γίνουν θραύσματα στο στάδιο προετοιμασίας.

Τα υλικά που παραδόθηκαν ήταν από το Longport Mill και ήταν φυσικά προϊόντα τα οποία περιείχαν μια σειρά από κομμάτια θρυμματισμένου πράσινου χρώματος γυαλιού σε εμπορευματοκιβώτια. Το μέγεθος ήταν:

- 1 τόνος 2.0 ως 1.0mm
- 3 τόνοι 1.0 ως 0.5mm
- 3 τόνοι 0.5 ως 0.125mm
- 3 τόνοι <0.125mm

#### **5.4 Προετοιμασία γυαλιού**

Το πράσινο γυαλί από εμπορευματοκιβώτια έπρεπε μόνα να θρυμματιστεί πάλι. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για να μετατρέψουν το CRTP γυαλί και τα μπουκάλια σε προϊόν για την μέθοδό τους ήταν :

- αρχική σύνθλιψη του γυαλιού του μπουκαλιού χρησιμοποιώντας κονιορτοποίηση μπουκαλιών και θραύστη με για να μειώσει το μέγεθος του υλικού σε <20mm
- αρχική θραύση των κομματιών CRTP γυαλί χρησιμοποιώντας θραύστη για να μειώσει το μήκος του υλικού σε <20 mm
- δεύτερη κρούση με χρήση ρολών θραύσης για περισσότερη μείωση από <20 mm σε <5 mm

- θραύση με χρήση ρολών θραύσης με μειωμένο κενό μεταξύ τους για να μειώσει το μέγεθος του υλικού από <5 mm σε πιο κατάλληλο μέγεθος <2mm και <1mm
- ταξινόμηση υλικού χρησιμοποιώντας μηχάνημα κοσκίνισματος για να απομακρύνει τα μεγαλύτερα κομμάτια. Τα μεγαλύτερα κομμάτια επιστρέφουν στο <10mm στάδιο

Όλες οι προετοιμασίες του γυαλιού έγιναν με την εξαγωγή σκόνης.

Για να διευκολύνει την ακριβή εξαγωγή γυαλιού, ο εργαστηριακός συλλέκτης σκόνης εκκενώθηκε προτού αρχίσει η επεξεργασία γυαλιού. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος η σκόνη που εξήγαγε ο συλλέκτης αποθηκεύτηκε σε FIBC για ασφαλή διάθεση στο τέλος του προγράμματος. Σε μια κατάσταση μαζικής παραγωγής η σκόνη θα μπορούσε να προστεθεί σαν προϊόν δομικού συστατικού ή να είναι

Το απόβλητο γυαλί είτε είναι προϊόν απορρίμματος είτε είναι προϊόν δοκιμής αποθηκεύεται σε FIBC για ασφαλή διάθεση στο τέλος του προγράμματος.

#### 5.4.1 Γυάλινες συσκευασίες

Τα διαφορετικά μεγέθη θραυσμάτων του πράσινου γυαλιού των κιβωτίων συνδυάστηκαν για να παράγουν θραύσματα γυαλιού σε όλα τα απαιτούμενα μεγέθη. Η διαδικασία ήταν η ακόλουθη:

- ζυγίζοντας 25kg συστατικού μεγέθους σε ένα τύμπανο
- ασφάλισε το τύμπανο σε ένα δακτυλίδι
- ανακάτεψε τα συστατικά κομμάτια να παράγεις ένα ομογενές αλεσμένο προϊόν
- μετέφερε το σωρό σε FIBC

Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε έως ότου παρήχθησαν οι απαιτούμενες ποσότητες. Η διανομή και η συνέπεια του αλεσμένου γυαλιού επιβεβαιώθηκε από την ανάλυση που έγινε.

Τα ατομικά κομμάτια παρήγαγαν 1τόννο <2mm και 7 τόνους <1mm του πράσινου αλεσμένου γυαλιού.σχ.14

σχ.14 σκόνη γυαλιού μικρότερη από <1mm



Όταν η προετοιμασία ολοκληρώθηκε τα εναπομείναντα κομμάτια του μεγέθους αυτού και τα προϊόντα πράσινου γυαλιού αποθηκεύτηκαν είτε στο εργαστήριο είτε επιστράφηκαν στην αποθήκη.

Μέγεθος	Εργαστήριο	Αποθήκη
1-2mm	-	<1 τόνο
<2mm	-	1 τόνο
<1mm	5 τόνους	2 τόνους
<0.125mm	0,25 τόνος	<1 τόνο

#### 5.4.2 Γυαλί από ήλεκτρο

Το γυαλί από ήλεκτρο τοποθετήθηκε στο θραύστη μπουκαλιών (σχ13a) και μετά στο θραύστη με τα «σαγόνια» (σχ.13b) για να το παράγουν σε χονδροειδή βαθμό. Το υλικό τοποθετήθηκε δυο φορές στο μηχάνημα με τους ρόλους την πρώτη για να μειωθεί το μέγεθος των μεγάλων γυαλιών. Οι μεμονωμένοι θραύστες του αλεσμένου γυαλιού συνδυάστηκαν έχοντας φορτώσει σε FIBC. Η διανομή του αλεσμένου γυαλιού από ήλεκτρο αξιολογήθηκε από την ανάλυση με κόσκινο.σχ.15

Μόλις το μηχάνημα για το κοσκίνισμα παραδόθηκε το θρυμματισμένο υλικό εξετάστηκε για το αν είναι στο απαιτούμενο μέγεθος. Η εξέταση αυτή επίσης απομάκρυνε την πλειοψηφία των συστατικών.(χαρτί ετικέτας)σχ.15



σχ.15



#### 5.4.3 CRT γυαλί θρυμματισμένο

6 FIBCs περιείχαν περίπου 4 τόνους θρυμματισμένου γυαλιού τα οποία και μεταφέρθηκαν από μια αποθήκη στο εργαστήριο του πανεπιστημίου και θρυμματίστηκαν στο θραύστη με τα σαγόνια(σχ.13b).Το θρυμματισμένο γυαλί (σχ.16)αποθηκεύτηκε σε FIBC και το βάρος του καταγράφηκε.

Σχ.16



Ολόκληρο panel

Αρχικά η προετοιμασία για ολόκληρο panel CRT γυαλί αναβλήθηκε μέχρι το μηχάνημα θραύσης του panel να παραδοθεί. Αλλά όταν η παραγγελία για το μηχάνημα αυτό ακυρώθηκε μια εναλλακτική λύση έπρεπε να βρεθεί ώστε να συνεχίσει το πρόγραμμα.

9 κιβώτια με ολόκληρο το CRTP γυαλί μεταφέρθηκαν από αποθήκη στο εργαστήριο του πανεπιστημίου και η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι: Κάθε ένα panel ξεχωριστά τοποθετήθηκε σε συγκεκριμένο μέρος στο εργαστήριο και καλύφθηκε με φύλλα νεοπρανίου. Τα μέλη της ομάδας φορούσαν ο καθένας κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό(μάσκες για τη σκόνη, προστατευτικά γυαλιά και ρούχα). Το τρυπούσαν ελαφρά με σφυρί στο σημείο που ήταν τυλιγμένο. Αυτό αποτέλεσε την πλήρη καταστροφή σε κομμάτια των <20mm. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνονταν και τους 6 τόνους. Μόλις αυτό το μέρος ολοκληρώθηκε η διαδικασία που περιγράφετε παραπάνω για αποκτήσει ένα χρήσιμο θρυμματισμένο υλικό για αρχική επεξεργασία του προγράμματος.

#### **5.4.4 Εξέλιξη του θρυμματισμένου CRT γυαλιού**

Η επιπλέον διαδικασία που έγινε για να θρυμματίσει τον όγκο του CRTP γυαλιού που τροφοδοτήθηκαν ώστε να παράγουν το κατάλληλο υλικό. Η ακύρωση της παραγγελίας του θραύστη έκανε απαραίτητο για το προσωπικό να θρυμματίσουν με τα χέρια ολόκληρο το panel σε κομμάτια(80-100mm). Αν και ήταν χωριστά το αρχικό γυαλί και το θρυμματισμένο panel σταδιακά μειώθηκε το μέγεθός τους από το προσωπικό που φορούσε τον κατάλληλο εξοπλισμό και ακολούθησε την παρακάτω σειρά(σχ.17):

θραυστήρας μείωσε τα κομμάτια σε μικρότερο μέγεθος <20mm

κυλινδρικός θραύστης μειώνει το μέγεθος των κομματιών μόλις περάσει ανάμεσα τους (και το επανατοποθετούμε αν χρειαστεί)

παλμικές οθόνες, εξετάζουν τον όγκο των υλικών που προέρχονται από τους κυλίνδρους και τα τοποθετούν σε κόσκινο με διατομή 1mm. Τα μεγαλύτερα μεγέθη επιστράφηκαν και πέρασαν ξανά για δεύτερη φορά από τους κυλίνδρους. Τα ιδανικά προϊόντα του 1mm τοποθετήθηκαν στην αποθήκη.

Για να αποκτήσουν τα προϊόντα το επιθυμητό μέγεθος για να πραγματοποιήσουν τα επιπλέον σχεδιασμένα μείγματα για τις περαιτέρω αλλαγές των συνδυασμών των πλεγμάτων των κόσκινων ώστε να τοποθετηθούν στην παλμική οθόνη. Κατά συνέπεια μερικά από τα πραγματικά υλικά τελικώς εισέρχονται σε πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή θραύση. Το παρακάτω διάγραμμα στο σχήμα 18 παρουσιάζει περιληπτικά τα αποτελέσματα της θραύσης και καταγράφει το μέγεθος και την τελική ποσότητα των προϊόντων που αποκτήθηκαν.

σχ.17



### **5.5 Συνέπειες του σχεδιασμού**

Η εμπειρία που αποκτήθηκε παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στις επιπτώσεις της πολύ σκληρής φύσης του γυαλιού στα πλαίσια της μελλοντικής σχεδίασης προγράμματος θραύσης απόβλητου γυαλιού το οποίο μπορεί να ολοκληρωθεί από την εταιρεία Stoneglass.

Πιο πρακτική παρατήρηση επισήμανε ότι η αρχική μείωση χρησιμοποιώντας κυλίνδρους είναι εμπορικά ικανοποιητική. Όταν επιθεωρήθηκε η κατάσταση του εργαστηριακού κυλινδρικού θραύστη του δεν ήταν εμφανείς επηρεασμένοι από το πέρασμα περίπου 9 τόνων. Αναμένεται σύγκριση της απόδοσής του με έναν βιομηχανικό. Αυτές οι μονάδες έχουν απλό σχεδιασμό και κατασκευή και είναι εύκολο να διατηρηθούν καθώς είναι πολύ ανθεκτικές.

Παρόλο, το υπερβολικό επίπεδο φθοράς που αντιμετώπισαν οι κύλινδροι του εργαστηρίου συνέστησε ότι ο εξοπλισμός σχεδίασης δεν έχει την απόδοση για μεγάλη διάρκεια χρήσης σε πλήρη διάρκεια θραύσης απόβλητου γυαλιού. Συνήχθη ότι κάποιες άλλες τεχνικές θα χρησιμοποιηθούν για θραύση.

### **5.6 Κατασκευή προϊόντων και η εισαγωγή τους στην αγορά**

Το επόμενο στάδιο ήταν η κατασκευή panel για να επιδειχθούν και να χρησιμοποιηθούν σε δραστηριότητες marketing. Δίνοντας την δυνατότητα να εξελιχθούν αυτές οι δραστηριότητες, τα panel κατασκευάστηκαν πριν ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την ολοκληρωμένη εφαρμογή των τούβλων και κεραμιδιών παραδοθεί. Τα panel περιείχαν τούβλα και κεραμίδια που είχαν παραχθεί. Οι συνταγές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αυτών των panel δίνονται στο Appendix B, και επίσης περιέχονται φωτογραφίες των προϊόντων.



### 5.6.1 Επεξεργασία γυαλιού

4 τύποι γυαλιού απαιτήθηκαν για να παράγουν αυτά τα προϊόντα:

- παραγωγή <1mm CRT γυαλιού. Μικρή ποσότητα γυαλιού χρησιμοποιείται ειδικά για την κατασκευή και ανάδειξη προϊόντων από panel καθώς αναμενόταν να παραδοθεί το μηχάνημα θραύσης γυαλιών. Ένα δείγμα 75kg θρυμματισμένου CRT γυαλιού, από τους 10 τόνους που είχαν παραδοθεί, και πέρασαν μέσα από θραυστήρα και τους κυλίνδρους. Το θρυμματισμένο υλικό ελέγχθηκε για το μέγεθός του <1mm από οθόνη και τα μεγαλύτερα απομακρύνθηκαν. Τα ελεγμένα και μεγαλύτερα αποθηκεύτηκαν σε πλαστικά τύμπανα.
- παραγωγή <0.106mm CRT αρχικού γυαλιού. Περίπου 2kg <1mm αρχικού γυαλιού πέρασαν από σύστημα δόνησης.
- παραγωγή <1mm γυαλιού από εμπορευματοκιβώτια. Αυτό το υλικό ήταν θρυμματισμένο και συνδυάστηκε στο πανεπιστήμιο.
- παραγωγή <1mm γυαλιού από ήλεκτρο. Αυτό το υλικό επιλέχθηκε από τα γυαλιά που είναι από ήλεκτρο και θρυμματίστηκαν στο εργαστήριο. Το θρυμματισμένο γυαλί πέρασε από ένα σύστημα παλμού σε κόσκινο του <1mm για να παράγουν επαρκή ποσότητα για κεραμίδια.

### 5.6.2 Παραγωγή υλικών μειγμάτων

Τα υλικά και τα μείγματα παράγονται ως εξής :

- προετοιμασία υλικών .Ομάδες υλικών των 3kg συστάθηκαν σύμφωνα με τη συνταγή( 1kg σωρού για κεραμίδια).Οι σωροί θρυμματίζονταν προηγουμένως για ένα λεπτό πριν προστεθεί ανόργανο μείγμα και μετά αναμειγνύονταν για 5 λεπτά.
- προετοιμασία αγάλματος. Αυτό το υλικό προετοιμάζεται για παρόμοια χρήση όπως της παραγωγής υλικού. Τοποθετήθηκε στο καλούπι αφού γέμισε με όγκο
- προετοιμασία αναστολής λάμψης. Το χρωματικό υλικό(λεκές ή χρωστική ουσία) αναμείχτηκε με νερό και με ένα ανόργανο υλικό χρησιμοποιώντας μείκτη
- προετοιμασία κηλίδας του υλικού. Αυτά τα υλικά προετοιμάστηκαν για παρόμοια μέθοδο και ενώ ήταν ξηρά πριν τη χρήση. Τα υλικά αναμείχθηκαν και προετοίμασαν το υλικό σύμφωνα με τη συνταγή.

### 5.6.3 Παραγωγή προϊόντων

Το καλούπι για raver (σχ.19)και η 75 τόνων πρέσα (σχ.20) χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή.

Η χαμηλή θέση της διάτρητης μηχανής του καλουπιού raver ρυθμίστηκε για να παράγει είτε 10mm(τούβλου ή raver) ή 25 mm κεραμίδι. Το καλούπι γέμισε με υλικό και πρεσαρίστηκε. Μετά την εξαγωγή τα δείγματα είτε τοποθετήθηκαν αμέσως στο κλίβανο ή ψεκάστηκαν για αναστολή της λάμψης και μετά μπήκαν στο κλίβανο.

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν για καύση στον καυστήρα στην μέγιστη θερμοκρασία (πιν.2)

Τα τούβλα κόπηκαν στην απαιτούμενη διάσταση (μήκος και ύψος) με τη χρήση διαμαντοπρίονο.

σχ.19 καλούπι



σχ.20 πρέσα



Είδος υλικού	Περιγραφή	Μέγιστη θερμοκρασία
Τούβλα	Κόκκινο τούβλο με καφέ λάμψη	680°C
	Πολύτουβλο	650°C

	Πορτοκαλί τούβλο με καφέ λάμψη	650 °C
Paver	Καφέ	680 °C
		680 °C
	Ήλεκτρο	650 °C
Κεραμίδια	Πορτοκαλί κεραμίδι με μαύρη και άσπρη κηλίδα	650 °C
	Κίτρινο κεραμίδι με μαύρη και άσπρη κηλίδα	650 °C
	Γκρι κεραμίδι με άσπρο και καφέ κηλίδα	650 °C
	Άσπρο κεραμίδι με μαύρη και καφέ κηλίδα	650 °C

### **Τελικό στάδιο του πιλοτικού προγράμματος**

Επικύρωση της τεχνολογικής διαδικασίας καθυστέρησε λόγω της αργοπορημένης παράδοσης και των αρχικών προβλημάτων με την 300 τόνων υδραυλική πρέσα.

Δοκιμές ξεκίνησαν με τη την καθορισμένη φόρμα (215 × 102.5 × 65mm) διάτρητων τούβλων στα μέσα Ιουλίου και παράχθηκε επιτυχώς μικρή ποσότητα. Όμως δυσκολίες αντιμετωπίστηκαν από την αρχή με τη παραγωγή κύβων και περιστράφηκαν στον κατασκευαστή για επιπλέον ζαφίσει και αν αυξήσει έτσι την αντοχή μεταξύ των κύβων και των διατρήσεων.

### **Εμπειρία κατά την παραγωγή κεραμιδιού επένδυσης**

Στις αρχές Αυγούστου αποφασίστηκε να επιβεβαιωθεί το υψηλότερο σημείο φόρτωσης της πρέσας πριν εξοφλήσουν τον προμηθευτή. 300 × 300 × 50mm διαστάσεων για κεραμίδι είχε τοποθετηθεί. Με την προηγούμενη εμπειρία όπου αντιμετωπίστηκαν προβλήματα με την πολύ μικρή ανοχή τους στα τούβλα και στα κεραμίδια τα οποία επιστράφηκαν στον κατασκευαστή για να αυξήσει την αντοχή. Η παραγωγή ξεκίνησε (σχ.21,23)αλλά αμέσως ένα σοβαρό πρόβλημα εμφανίστηκε το οποίο επέμεινε παρόλη την ενέργεια διάσωσης. Το πρόβλημα συνοψίζετε παρακάτω.

### **Διαδικασία Μορφοποίησης**

Σαν ξεκίνημα αποφασίστηκε να προχωρήσει σχεδιάσει μείγματος R4 [50% CRTP + 50% CG (dry w/w)] και τα δυο συστατικά γυαλιού έγιναν θραύσματα με την ίδια λεπτομέρεια. Στον σωρό των 20 kg προστέθηκε μικρή ποσότητα χρωστικής ουσίας και κατάλληλη ποσότητα συνδέσμου. Το υλικό ομογενοποιήθηκε για λίγα λεπτά σε ένα περιστροφικό μείκτη.

Σχ.21



Σχ.22



Σχ.24



Ο σωρός που προετοιμάστηκε χρησιμοποιήθηκε για να παράγει κεραμίδια (50mm πάχος)πρεσαρίστηκε στα 30,8MPa. Το προϊόν που προέκυψε απομακρύνθηκε με ένα υδραυλικό σύστημα εξαγωγής και τοποθετήθηκε σε επίπεδο πάγκο μέχρις ότου οδηγηθεί στον κλίβανο.

Η καύση πραγματοποιήθηκε στον κλίβανο(σχ.8).(Η θερμοκρασία του κλίβανου επέτρεψε να συνεχιστεί η διαδικασία επιλέγοντας την κατάλληλη θερμοκρασία που συνδυάστηκε με μια μικρή ενυδάτωση πριν την ελεγχόμενη ψύξη.)

### 5.7 Έχοντας καταγράψει και παρατηρήσει τα ελαττώματα

(Το γέμισμα των καλουπιών αποδείχθηκε μη ικανοποιητικό εξαιτίας της περιορισμένης εκκαθάρισης μεταξύ της διάτρησης και του σώματος του καλουπιού.)

Συνεπώς ήταν αδύνατο να παρέχει ομοιομορφία το γέμισμα με το χέρι. Εν τούτοις αφού δοκιμάστηκαν μια σειρά από διαφορετικές τεχνικές, η καλύτερη διαδικασία βρέθηκε.

Καθώς γίνεται η εξαγωγή από την πρέσα, ένα ελάττωμα στο πρεσαρισμένο κεραμίδι με την μορφή εκτεταμένης ελαστικότητας παρατηρήθηκε στις δυο παρακείμενες κορυφές του προϊόντος.(σχ.24)Αφού πρεσαρίστηκαν μια σειρά από κεραμίδια με χρήση της καλύτερης διαθέσιμης διαδικασίας η θέση του προβλήματος εντοπιζόταν πάντα στην πίσω δεξιά πλευρά του προϊόντος(κοιτώντας την πρέσα από μπροστά).Το κάτω μέρος του κεραμιδιού επίσης έπασχε από το ίδιο πρόβλημα εξαιτίας της μετατόπισης από την θέση του και την ελαστικότητα.(σχ.25)

σχ.24ελάττωμα ελαστικότητας





σχ.25 πρόβλημα ελαστικότητας  
στο κάτω μέρος



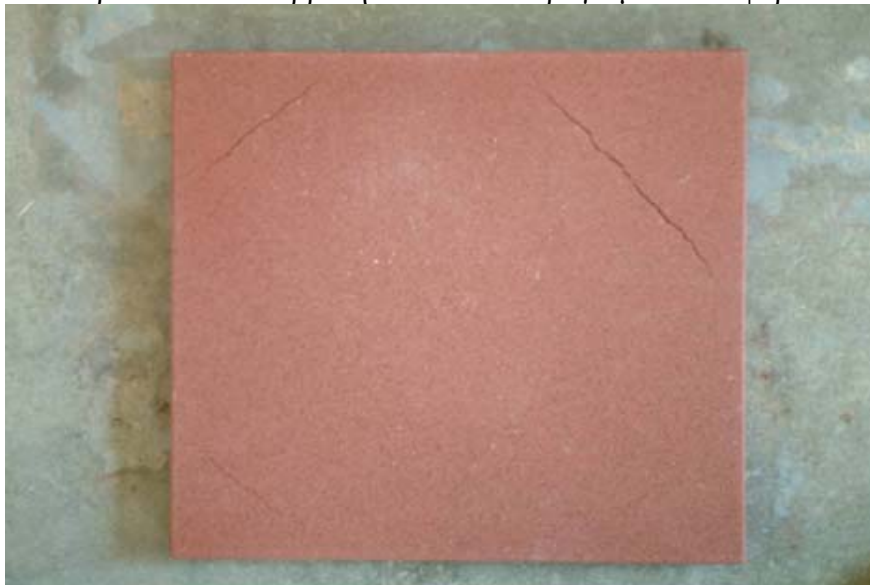
θραύση του τούβλου



Προσεκτικά και με το χέρι στο τούβλο που μόλις πρεσαρίστηκε παρατηρήθηκε ότι είναι εύκολο να διαχωριστεί στο σημείο που εμφανίζεται το πρόβλημα παρουσιάζοντας το χαρακτηριστικά παρακάτω.

Ακόμη περισσότερα κεραμίδια παρήχθησαν χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές γεμίματος και πρεσαρίματος, αλλά πιο αμετάβλητα εξέθεσαν το ίδιο ελάττωμα σε διαφορετικό βαθμό.

6 κεραμίδια που εμφανίστηκαν άθικτα από το πρεσάρισμα πήγαν για καύση σύμφωνα με το σχέδιο που προηγουμένως περιγράψαμε αλλά μόλις πάρθηκαν από τον κλίβανο κάθε ένα βρέθηκε να εκθέτει ράγισμα σε διαφορετικό σημείο.(σχ.27)



### 5.7.1 Εκθέτοντας τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν

Δυο πιθανότητες θεωρήθηκαν πιθανό να σχετίζονται με το πρόβλημα της ελασματοποίησης,

Η αρχική σκέψη ήταν ότι το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι το μη πλαστικό κοκκοποιημένο γυαλί που τοποθετείτε στο καλούπι υπόκειται σε πολύ υψηλή πίεση. Από αυτήν τη δύναμη απελευθερώνετε μια μικρή επέκταση (0,19%) η οποία εμφανίζεται λόγω της απελευθέρωσης της πίεσης (αποσυμπίεση). Υπό φυσιολογικές συνθήκες τα προϊόντα αργίλου που πρεσάρονται με αυτό τον τρόπο παραμορφώνονται και εκθέτουν ένα βαθμό ροής(εξαιτίας των πλαστικών ιδιοτήτων του αργίλου.)

Κατά συνέπεια ,αυτό αναπτύσσει επαρκή δύναμη εξαιτίας της πίεσης και έτσι προκύπτει προσκόλληση των κόκκων αργίλου. Αυτό παρέχει επαρκή σκληρότητα για να αποφευχθεί επιστροφή της πίεσης κατά την εξαγωγή του από το καλούπι. Η σκληρότητα (μη πλαστικών)κόκκων γυαλιού είναι υπερβολικά χαμηλή μετά το πρεσάρισμα και υπάρχει ανεπαρκής συνοχή για να αντισταθεί στη φυσική διάσπαση που επέρχεται μετά την εξαγωγή.

Μια εναλλακτική λύση(η οποία είναι υπεύθυνη για το πρόβλημα ή συνεισφέρει σε αυτό)αφορά τον εξαγωγέα του μηχανήματος (πρέσας) ο οποίος ωθεί προς τα έξω το κεραμίδι από το καλούπι Η μονάδα όπως είναι γνωστό δεν ικανοποιεί αφού δεν παρέχει ομαλή εξαγωγή. Τεχνικό προσωπικό που ασχολήθηκε με την κατασκευή του μηχανήματος κλήθηκε να επισκεφτεί το εργαστήριο του πανεπιστημίου για να δώσει λύση στο πρόβλημα. Όταν εξέτασαν το πρόβλημα του προϊόντος δήλωσαν ότι δεν είχαν ξανασυναντήσει τέτοιου είδους πρόβλημα στα τόσα χρόνια κατασκευής του μηχανήματος για κεραμίδια και στην πυρίμαχη βιομηχανία. Κατά την άποψή τους η μη ικανοποιητική απόδοση του εξαγωγέα και η απότομη παλμική κίνηση η οποία χαρακτηρίζει τη λειτουργία του είναι πιθανότατα η αιτία ελασματοποίησης κατά τη διάρκεια εξαγωγής του προϊόντος. Επομένως αποφασίστηκε να σταματήσει η περαιτέρω εξαγωγή κεραμιδιών μέχρι μια νέα μονάδα εξαγωγής να φθάσει.

Τελικά οι ρωγμές στα κεραμίδια που προέρχονταν από την καύση (σχ.27)αφορά επίσης το πρόβλημα που σχετίζετε παραπάνω. Εναλλακτικά, αυτό το πρόβλημα σχετίζεται είτε με την μη ικανοποιητική εξαγωγή είτε με το μη καλό γέμισμα του καλουπιού.

### 5.7.2 Προγραμματισμένα μέτρα διόρθωσης

Η περαιτέρω μελέτη (και πιθανή διαδικασία τροποποίησης) είχε απαιτηθεί για την επίλυση προβλημάτων.

Για να εξετάσουμε τη δυνατότητα της απελευθέρωσης πίεσης στους μη πλαστικούς κόκκους γυαλιού η οποία είναι η αιτία του προβλήματος που παρατηρήθηκε δυο επιλογές θεωρήθηκαν:

- πίστευαν ότι η ρύθμιση συνδέσμων είναι απαραίτητη πριν το απομακρύνουν από το καλούπι και για να προωθήσουν μια βελτίωση στη συνοχή μόριο-με-μόριο του μόλις πρεσαρισμένου προϊόντος
- δεδομένου της γενικής άποψης ότι ο τρέχων εξαγωγέας κεραμιδιού δεν είναι ικανοποιητικός (εξαιτίας του ανεπαρκούς σχεδίου)αποφασίστηκε να καθοδηγηθεί ο κατασκευαστής του μηχανήματος για να παράγει ιδανική εναλλακτική στο σχέδιό του.

Επεξεργασία διάτρητων προϊόντων: τούβλα

Το καλούπι για τούβλα σχεδιάστηκε για να παράγει ένα συγκεκριμένο διάτρητο προϊόν λιθοδομής διαστάσεων 215 × 102.5 × 65mm και βάρους 2.3kg

### 5.7.3 Διαδικασία παραγωγής

Αποφασίστηκε να επικεντρωθούν αρχικά στις σχεδιασμένες αναμείξεις του πίνακα 3

Κωδικός μείξης	Σχεδιασμός μείξης	Μέγεθος γυαλιού
R1	100% CRTP	100% < 1mm
R2	100% CG	100% < 1mm
R4	50% CRTP + 50% CG	100% < 1mm (both)

Μια κατάλληλη ποσότητα συνδετικού προστέθηκε σε κάθε μείγμα χωριστά και προετοιμάστηκε το μείγμα. Και τα 4 μείγματα ομογενοποιήθηκαν αφού τοποθετήθηκαν στον περιστροφικό αναδευτήρα. Τοποθετήθηκε ύστερα το μείγμα σε κιβώτιο όπου και με το χέρι γέμισαν τα καλούπια για τούβλα(σχ.28)και πιέστηκαν σε 32Μρα.Το τελικό προϊόν μετά εξήχθη υδραυλικά από το καλούπι(σχ.29)ζυγίστηκε μετρήθηκε και τοποθετήθηκε για να μεταβεί στον κλίβανο.

### Παρατηρήσεις κατά τη διαμόρφωση

Το γέμισμα των καλουπιών ήταν άμεσο σε σύγκριση με τα προβλήματα που εμφανίστηκαν στο προηγούμενο μεγάλο καλούπι των κεραμιδιών. Η εξαγωγή παρήγαγε ικανοποιητικά τούβλα αν και το εμφανώς επίπεδο δόνησης που συνοδεύει τη διαδικασία εξαγωγής αυτής της λειτουργίας προκάλεσε μικρή ζημιά στην άκρη του προϊόντος .Κατά την εξαγωγή κάθε ένα τούβλο ζυγίστηκε και αμέσως και οι διαστάσεις του καταγράφηκαν.

### 5.8 Διαδικασία καύσης

Κάθε σωρός τούβλου που προετοιμαζόταν για καύση τον τοποθετούσαν σε μεμονωμένο ανοξείδωτο bats(καλούπι) για να μειώσει τη διαφορά θερμοκρασίας του καυστήρα. Σε μερικές προκαταρτικές καύσεις επιπλέον bats ήταν επίσης τοποθετημένα στην κορυφή του συνόλου των τούβλων για να αξιολογήσουν πιθανά διαστρεβλωμένα χαρακτηριστικά που πιθανός εμφανίζονται.

Το πρόγραμμα καύσης ανακλά τη φύση του τύπου του προϊόντος τα οποία οδηγήθηκαν στην καύση και ήταν ευρέως προκαθορισμένα σε προηγούμενη καύση. Κατά τη διάρκεια της αρχικής καύσης τα τούβλα τοποθετήθηκαν στον κλίβανο έχοντας ρυθμίσει παράλληλα με τα προϊόντα γυαλιού ότι η θερμότητα παραμένει σταθερή.

Το επιλεγμένο πρόγραμμα καύσης ξεκίνησε με ένα γρήγορο στάδιο θέρμανσης το οποίο ανέρχεται στο πρώτο στάδιο ενυδάτωσης. Ο κλίβανος ήταν προγραμματισμένος να παραμείνει σε αυτήν την διαδικασία για ένα μικρό διάστημα μέχρι να εξισώσει τη θερμοκρασία σε όλο το χώρο του κλίβανου. Η θερμοκρασία προγραμματίστηκε να αυξάνετε σε προκαθορισμένες περιόδους σε διάφορες επιλεγμένες μέγιστες θερμοκρασίες μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία, ακολουθούμενη με μια κατάλληλη περίοδο ενυδάτωσης. Μετά από κάθε μέγιστη πειραματική θερμοκρασία καύσης που επιτύχανε, συμπεριλαμβανόταν ένας αρχικός έλεγχος που θα μείωνε τη θερμοκρασία μέχρι να πετύχει αυτή του περιβάλλοντος.



Η θερμοκρασία καύσης δείχνει την τελική τιμή θερμοκρασίας που έφθασε το προϊόν.

Η θερμοκρασία ενυδάτωσης δείχνει που παύει η ολική καύση για διαφορετικές χρονικές στιγμές πριν το αντικείμενο λάβει την κορυφαία θερμοκρασία.

Η σκληρότητα σε συναρτήσει με την απορρόφηση νερού για τις καύσεις 7,6,8(σχ.35-37 αντίστοιχα).Αυτό υποδηλώνει τη σχέση μεταξύ της σκληρότητας και του ποσοστού απορρόφησης νερού. Όσο περισσότερο θερμαίνεται το προϊόν ,τόσο λιγότερο νερό απορροφά και επιτυγχάνετε μεγαλύτερη σκληρότητα. Για τα αποτελέσματα στην περίπτωση της απορρόφησης νερού, υπάρχει ευρύς συσχετισμός εκεί όπου η αποκτηθείσα τιμή είναι χαμηλότερη, το υψηλότερο σημείο παραλλαγής. Στην περίπτωση της αύξησης της σκληρότητας κανένα γράφημα δεν εμφανίστηκε.

### 5.8.1 Συμπεράσματα κατά τις αρχικές καύσεις

Τα ακόλουθα δοκιμαστικά συμπεράσματα προέκυψαν κατά τη διάρκεια εκκίνησης της περιόδου επεξεργασίας.

- Το μείγμα σχεδίασης R1 (100% CRTP) εμφανίζετε δραματική μείωση στο ποσοστό απορρόφησης νερού καθώς η θερμοκρασία του καυστήρα αυξάνετε. Αυτό συνοδεύεται γενικά από ένα υψηλό επίπεδο συστολής καύσης (αν και μάλλον ακανόνιστο).Αυτό το αποτέλεσμα επιβεβαίωσε την προηγούμενη εργαστηριακή εργασία που προσδιόρισε :
  - την χαμηλότερη θερμοκρασία τήξης του CRTP γυαλιού σε σύγκριση με το γυαλί των κιβωτίων και
  - την ύπαρξη μιας σειράς από στενότερες καύσεις που υποστηρίζουν την ανάγκη για σχεδιασμό κλιβάνων με χαρακτηριστική διανομή θερμοκρασίας.
- Το μείγμα R2(100% CG) αποδεικνύεται σε αντίθεση ότι έχει την πιο σκληρή συμπεριφορά σε καύση σε τέτοιου είδους γυαλί(με σύνθεση σόδας)και συγκρίνοντάς το με το χαμηλό σημείο τήξης του CRTP περιέχει ρευστό βάριο και στρόντιο. Πέρα από αυτή τη σειρά καύσης το γυαλί(του ίδιου μεγέθους)έδειξε αύξηση της συστολής καύσης και μείωση της απορρόφησης νερού στο τέλος της καύσης.
- Το μείγμα R4 (50% CRTP + 50% CG) απέδειξε τροποποίηση στο σημείο τήξης σε σχέση με αυτό του CRTP αφού το μείγμα περιέχει την ίδια ποσότητα γυαλιού(και το ίδιο μέγεθος).Και οι τιμές συστολής και απορρόφησης νερού βρέθηκαν διαφορετικές σε σημαντικό βαθμό, αποδείχθηκε ότι έχουν μικρότερη ευαισθησία από όταν είναι μόνο CRTP γυαλί όπως στο μείγμα R1
- Το μείγμα R5 (70% CRTP,30% CG)ακολούθησε τη διαδικασία σχεδίασης μείγματος όπως παραπάνω και χρησιμοποιήθηκε για προκαταρκτική εξέταση της επίδρασης της μείωσης της ποσότητας και του μεγέθους γυαλιού από εμπορευματοκιβώτιο για να παρατηρήσουμε τη τροποποίηση της συμπεριφοράς του σε σχέση με αυτή που καταγράψαμε στο μείγμα R1. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η μείωση του μεγέθους του γυαλιού (από 100% με 1mm μέγεθος σε 100% με 0,125mm)αύξησε τη συστολή της καύσης και μείωσε τα επίπεδα απορρόφησης νερού όπως υποβάλατε από την αύξηση της συστολής καύσης σε σύγκριση με το μείγμα R4.Αυτό ήταν αναμενόμενο επειδή η μείωση του μεγέθους του γυαλιού από εμπορευματοκιβώτιο αύξησε σημαντικά την περιοχή της επιφάνειας των μορίων και συνεπώς αύξησε το σημείο τήξης τους κάνοντας αυτό το προϊόν πιο ευαίσθητο στη θερμότητα.

- Το μείγμα R4 (50% CRTP + 50% CG) πραγματοποιήθηκε στις καύσεις 6,7,8. Παρουσίασε ότι η ευαισθησία των προϊόντων ποικίλη στην απορρόφηση νερού και στη σκληρότητα σύμφωνα με τον κύκλο καύσης στα πλαίσια της ενυδάτωσης και της θερμοκρασίας είτε αναφέρεται στον πρώτο είτε στο δεύτερο κύκλο. Αυτή η ευαισθησία πρέπει να γίνει κατανοητή ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά στις ιδιότητες καύσεις.

Τα αποτελέσματα των αρχικών καύσεων μας παρέχουν μια πρώτη κατανόηση της σκληρής επίδρασης στις διάφορες συνθέσεις και στο μέγεθος των γυαλιών που τις αποτελούν κατά την καύση των πειραματικών τούβλων και των φυσικών συνεπειών του.

### **Επιλογή κλιβάνου**

Το αρχικό αποτέλεσμα καύσης έδειξε ότι τα προϊόντα λιθοδομής έγιναν ολοκληρωτικά από γυαλί(και ειδικά από CRTP γυαλί)είναι πολύ ευαίσθητα στην καύση. Επομένως είναι απαραίτητο ο κλιβανός που χρησιμοποιείται για τέτοια προϊόντα να είναι ικανός να έχει ακριβή και ισορροπημένη θερμοκρασία στο χώρο της καύσης

Για να καλύψει τέτοιες απαιτήσεις σε μια εργαστηριακή μονάδα με την ικανότητα να μιμηθεί μια βιομηχανική καύση ο σχεδιασμός πρέπει να ακολουθήσει τις παραμέτρους που χρειάζονται.

### **Ουσιαστικές απαιτήσεις κλιβάνων**

Αντίθετα με τα παραδοσιακά προϊόντα ,αυτά που είναι από κοκκοποιημένο γυαλί και συνθέτουν τη διαδικασία της Stonerglass είναι ήδη σε υαλοποιημένη κατάσταση και συνεπώς δεν χρειάζεται να υποβληθούν σε σύνθετο θερμοχημικό μετασχηματισμό που απαιτείται για να συνθέσουν ανθεκτικά προϊόντα.

Ουσιαστικά αυτό που χρειάζεται είναι ένα επαρκή επίπεδο θερμότητας για να αυξήσει τη θερμοκρασία του προϊόντος στο αρχικό σημείο χαλάρωσης στην εξωτερική επιφάνεια και τα κομμάτια γυαλιού να γίνουν συμπαγή. Αυτή η θερμοκρασία πρέπει να διατηρηθεί για ένα κατάλληλο χρονικό διάστημα ώστε να δώσει την ικανότητα σε αυτά τα ξεχωριστά μόρια να ενωθούν ένα προς ένα με αυτά που είναι γύρω τους.

Μια μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας σε αυτήν τη διαδικασία μπορεί να προωθήσει μια ανεξέλεγκτη τήξη οδηγώντας στην παραμόρφωση του προϊόντος.

Ισοδύναμα η ψύξη ενός τέτοιου λιωμένου προϊόντος επίσης απαιτεί πολύ στενό έλεγχο της θερμοκρασίας για να διατηρηθεί ένα ποσό μείωσης της θερμοκρασίας κατάλληλο να παρεμποδίσει την εσωτερική πίεση η οποία έχει εμφανιστεί από μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του προϊόντος και του εσωτερικού του, οδηγώντας σε ράγισμα.

### **Προδιαγραφές κλιβάνου**

Προκειμένου να συμμορφωθεί με αυτές τις προδιαγραφές ο κατασκευαστής υπέβαλλε ένα σχέδιο για ένα κλιβανό που να λειτουργεί με αέριο προπάνιο. Η μονάδα κατείχε χωρητικότητα 0,54m<sup>3</sup>. Ενσωμάτωσε δυο καυστήρες στους πλευρικούς τοίχους 15cm πάνω από το πάτωμα του χώρου της καύσης και είναι τοποθετημένοι διαγώνια στις αντίθετες γωνίες. Μια αυτοματοποιημένη διάταξη είναι τοποθετημένοι κεντρικά στον θάλαμο καύσης.

Όταν σε λειτουργία ο κλίβανος είναι σχεδιασμένος να χρησιμοποιήσει τις φλόγες για να προωθήσει τον ομοιόμορφο κύκλο του θερμού αέρα ρυθμίζοντας με αυτό τον τρόπο μια διαφορά θερμοκρασίας εντός του θαλάμου σε  $\pm 50^\circ$ . Το ποσό θέρμανσης ήταν ικανό να ξεπεράσει το  $1,800^\circ\text{C}/\text{ώρα}$  ώστε να φθάσει τη θερμοκρασία ενυδάτωσης σε  $700-800^\circ\text{C}$ . Η ελεγχόμενη ψύξη (για να προσαρμόσει την κρίσιμη απαίτηση του γυαλιού) ολοκληρώθηκε με αέρα από το περιβάλλον που εισέρχεται στον κλίβανο με τη βοήθεια των καυστήρων μέσα από μια βαλβίδα που ρυθμίζει και ελέγχει την ψύξη ενεργώντας σύμφωνα με τη διάταξη απόσβεσης.

### **Έλεγχος της απόδοσης του κλιβάνου**

Στην αποδοχή της πρότασης του σχεδιασμού και εγκατάστασης του επόμενου κλιβάνου, το πανεπιστήμιο πήρε μια θόνη(κάμερα) για επίβλεψη της απόδοσής του. Αυτή η λειτουργία διεξήχθη με τη χρήση του Comark EVGN3014.(σχ.38)

Τα 8 τύπου K θερμοηλεκτρικά ζεύγη τοποθετήθηκαν σε διάφορα σημεία στο πάνω μέρος και στον τοίχο στη ρυθμισμένη ζώνη(σχ.39) και έτσι παρέχουν ένα τρισδιάστατο σημείο καταγραφής της θερμοκρασίας που προκύπτει από τους προγραμματισμένες συνθήκες.

Μια σειρά από διαφορετικές καύσεις παρατηρήθηκαν από τη βάση σε διαφορετικούς χρόνους καταγραφής. Τα αποτελέσματα που συσσωρεύτηκαν έδειξαν ότι η απόδοση του κλιβάνου ήταν σε συμφωνία με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή στα πλαίσια της διανομής θερμοκρασίας κατά την καύση μαζί με το πρόγραμμα σταθερότητας και ευελιξίας.

## **5.9 Απαιτήσεις για την καύση των τούβλων**

Τα προϊόντα από Stoneglass αποτελούνται από εντελώς διαφορετική σύνθεση από τα συμβατικά και γι' αυτό απαιτούν εξαναγκασμένες συνθήκες καύσης από τα αντίστοιχα με άργιλο.

Σαν πρώτο βήμα επεξεργασίας, τα κομμάτια γυαλιού (το 97% αποτελούν) σταθεροποιούνται σε ένα συμπαγή handleable κατά τη διαδικασία πρεσαρίσματος. Αφού τοποθετηθούν στον κλίβανο, υπάρχει μια αντίστοιχη μείωση του ιξώδους των μορίων με κάθε βαθμό αύξησης θερμοκρασίας. Καθώς η θερμοκρασία συνεχίζει να αυξάνεται, φτάνουμε στην αρχή της νέας συμπεριφοράς εφόσον το κάθε ένα μόριο μαλακώνει την εξωτερική του επιφάνεια. Εκεί όπου η μια άκρη είναι σε επαφή με την άλλη, η τήξη αρχίζει να πραγματοποιείται. Την ίδια στιγμή οι δυνάμεις της επιφάνειας ξεκινούν και φέρνουν πιο κοντά το συμπαγή μείγμα και ξεκινά προοδευτική μείωση του όγκου.

Η μείωση και η τήξη μόριο με μόριο συνεχίζει καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, τελικά φτάνουμε στο σημείο όπου ακολουθεί η μεγάλης κλίμακας τήξη.

Αυτό πρώτα οδηγεί στην παραμόρφωση και στη συνέχεια στο κατρακύλισμα και στο μαζικό flowage καθώς μετασχηματίζεται σε υγρό.

Αλλά εάν η διαδικασία θέρμανσης σταματήσει στο κατάλληλο σημείο πριν το τελικό στάδιο και επιτρέψουμε στη σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας, το δίκτυο με τα ενωμένα μόρια που μόλις σχηματίστηκε φτάνουν σε μια κατάσταση όπου γίνονται πιο δύσκαμπτα για περαιτέρω αντίδραση παράγοντας ένα ολοκληρωμένο σκληρό και ανθεκτικό προϊόν.

Για τη διαδικασία καύσης είναι χρήσιμα ο χρόνος και η θερμοκρασία ευαισθησίας. Επίσης τα θρυμματισμένα γυαλιά αντιδρούν γρηγορότερα από αντίστοιχα μεγαλύτερου μεγέθους εξαιτίας της υψηλότερης επιφάνειας σε μαζική αναλογία. Καθώς η διαδικασία καύσης των προϊόντων Stoneglass συνεχίζει είναι σημαντικό να αυξήσουμε τη θερμοκρασία στο συμπαγές μείγμα όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα. Διαφορετικά το προϊόν στο τελικό στάδιο θέρμανσης δεν θα έχει τις επιθυμητές διαστάσεις και αντοχές σαν αποτέλεσμα της μη ικανοποιητικής ή υπερβολικής καύσης και η τελική σκληρότητα θα είναι επίσης διακινδυνευμένη.

Για οποιοδήποτε σχεδιασμένο μείγμα με μόρια γυαλιού(που κυμαίνονται από 100%CG σε100%CRTP γυαλί) ένα βέλτιστο πρόγραμμα καύσης καθιερώθηκε σταδιακά. Αυτό το πρόγραμμα είναι συνυφασμένο με τον ειδικό τύπο γυαλιού και με το ειδικό μέγεθος που χρησιμοποιείται.

Σε αυτό το σημείο της διαδικασίας το υψηλό επίπεδο των «ανοιχτών» εσωτερικών πόρων που προέκυψαν στα τούβλα από τη ρύθμιση της συσκευασίας τους βρέθηκαν να λειτουργούν σαν μονωτήρας ενάντια στη μεταφορά θερμότητας προς το εσωτερικό τους. Καθώς η θερμοκρασία στον κλίβανο αυξανόταν, τότε ξεκίνησαν κατά προτίμηση από το εξωτερικό προς το εσωτερικό να λιώνουν.

Αυτό το φαινόμενο επίσης εμφανίζεται στα clayware προϊόντα κάτω από παρόμοιες συνθήκες καύσης αλλά λόγω της μικρής αντοχής στη διαδικασία καύσης σε σύγκριση με τα προϊόντα αργίλου είναι σημαντικά εντονότερο. Για να ελαττωθεί αυτό είναι απαραίτητο να υπάρξει μια περίοδος στάσιμη σε σχετικό αρχικό σημείο στην διαδικασία της καύσης στην οποία θα επιτρέψει στην εσωτερικό του τούβλου να φθάσει την εξωτερική τιμή θερμοκρασίας Αυτή όμως δεν ήταν ιδανική λύση καθώς οποιαδήποτε θερμοκρασία επιλεγόταν ως θερμοκρασία εξισορρόπησης το εξωτερικό του τούβλου είναι άμεσα εκτεθειμένο σε αυτήν την θερμοκρασία που παράγεται από τους καυστήρες και αναπόφευκτα συνεχίζει να απορροφά θερμότητα κάτι το οποίο το προτιμούμε για το εσωτερικό του. Καθώς επιτρεπόταν στη θερμοκρασία να αυξηθεί σχεδιάστηκε πάλι μια περίοδο ενυδάτωσης ,μια επιπλέον στάσιμη περίοδος εισήχθη για να πετύχει την ισορροπία στο προϊόν.

Είναι επίσης απαραίτητο να ελεγχτεί η ψύξη αναλυτικά ώστε να αποτραπεί το ράγισμα που πιθανώς εμφανίζετε από διαφορετικό ποσοστό ψύξης στο εσωτερικό και στο εξωτερικό.(καθώς μειώνεται η θερμότητα δημιουργούνται εσωτερικές πιέσεις που οδηγούν σε ράγισμα).Αλλά παρόλη τη δυσκολία στη ρύθμιση των παραμέτρων της καύσης για να ελαχιστοποιήσουν την χρονική καθυστέρηση, καύση που πραγματοποιήθηκε στον κλίβανο ήταν ικανή να επιφέρει τα επιθυμητά επίπεδα σκληρότητας.

Το καλύτερο σχέδιο καύσης που εφαρμόστηκε στα μείγματα των δυο τούβλων διακρίνεται στον πίνακα 6.Τα τούβλα αρχικά τοποθετήθηκαν σε μια πολύ γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι το προκαθορισμένο σημείο που σταματά πριν την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας ενυδάτωσης. Αυτό ακολουθήθηκε από ένα κατώτατο ποσό αύξησης της θερμοκρασίας στο τελικό σημείο ενυδάτωσης για κατάλληλο χρόνο. Ο έλεγχος ψύξης πραγματοποιήθηκε σε ένα ασφαλές επίπεδο εξίσωσης θερμοκρασίας και ακολουθήθηκε από μια φυσική ψύξη που προερχόταν από το περιβάλλον.

## **5.10 Βελτιστοποίηση προϊόντων καύσης**

Μεταξύ Αυγούστου και Νοεμβρίου του 2005, 38 καύσεις πραγματοποιήθηκαν και περιελάμβαναν ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών μειγμάτων που σχεδιάστηκαν και

δοκιμάστηκαν σε μια σειρά από θερμοκρασίες. Με τη χρήση της εμπειρίας που αποκτήθηκε αποδείχθηκε πιθανό να εργαστούν με τις γνωστές ανεπάρκειες του κλίβανου και να λάβουν ικανοποιητική προϊόντα αντιμετωπίζοντας την μεταβλητότητα της θερμότητας με τους ακόλουθους τρόπους.

Τα τούβλα τοποθετήθηκαν σε μεμονωμένο ανοξείδωτο καλούπι των 3mm(για να το προστατέψουν από πιθανή διαστολή που εμφανίζετε στα διάτρητα καλούπια). Ένα λεπτότερο των (1,5mm)καλούπι τοποθετήθηκε στην κορυφή για αν αντιμετωπίσει τη διαφορά θερμοκρασίας και αν μην είναι τόσο λεπτό

Αναστρέφοντας το προσανατολισμό του τούβλου όταν ελευθερώνετε από την πρέσα πριν τοποθετηθεί μέσα στον κλίβανο επίσης μείωσε τη λεπτότητα που εμφανίζοταν. Αυτό επειδή τα τούβλα όταν πέζονται σταθεροποιούνται καλύτερα στην πάνω επιφάνεια που μόλις πρεσαρίστηκε (η εσωτερική τριβή μειώνει την πίεση που ασκείται στο προϊόν προς τα κάτω και περαιτέρω στο εφαρμοσμένο φορτίο).Σαν συνέπεια το μέρος του τούβλου που είναι καλύτερα σταθεροποιημένο φτάνει στην τήξη πιο γρήγορα κατά τη διάρκεια της καύσης αφού τα μόρια είναι πλέον πιο στενά δεμένα μεταξύ τους και πιο ικανά να λιώσουν, έχοντας ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη μείωση. Κατά τη κένωση των τούβλων στη διάρκεια της ρύθμισης το μέρος που είναι λιγότερο ευαίσθητο στην μείωση είναι προσανατολισμένο στη διάρκεια της καύσης σε θέση όπου λαμβάνει την επιθυμητή θερμότητα. Το αποτέλεσμα είναι προϊόν ανάπτυξης ομοιόμορφων διαστάσεων.

Εξ' αιτίας αυτής της τροποποίησης, τα διάτρητα σιδερένια καλούπια δοκιμάστηκαν εκεί όπου οι τρύπες κόπηκαν και στο πάνω και στο κάτω μέρος για να συμπιέσουν τους πυρήνες του τούβλου.

Αυτά τα τούβλα που χρησιμοποιούσαν τα διάτρητα καλούπια βρέθηκαν να έχουν υψηλότερο σημείο σκληρότητας και χαμηλό σημείο απορρόφησης νερού από τα τούβλα από εκείνα που τοποθετήθηκαν σε παρακείμενες θέσεις στην καύση.

## 5.11 Επίλογος

Το πείραμα αυτό ουσιαστικά και πρακτικά απέδειξε πως μπορούμε να παράγουμε ένα χρήσιμο προϊόν με την επεξεργασία απόβλητων προϊόντων όπως οι οθόνες. Οι τόνοι άδειων μπουκαλιών και γυάλινων συσκευασιών που χρησιμοποιήθηκαν δεν είχαν πλέον καμία εφαρμογή στην καθημερινή ζωή και ήταν απορρίμματα. Όπως επίσης και οι οθόνες που αποτελούν ένα τεράστιο πρόβλημα καθώς καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο και είναι αναγκαίο να βρεθεί τρόπος ώστε να απαλλαγούμε από αυτές. Η εύρεση τρόπου εκμετάλλευσης των παλαιών οθονών είναι κομβικό σημείο στην πορεία της ανακύκλωσης καθώς απαιτούν ειδική μεταχείριση λόγω των υλικών που είναι κατασκευασμένες. Μια τέτοια μελέτη δείχνει και στο ευρύ κοινό πως πρέπει να ενδιαφέρεται και να στηρίζει την ανακύκλωση αφού το όφελος από αυτή είναι τεράστιο. Είναι αξιοσημείωτο ότι έχουμε τα πρώτα ολοκληρωμένα προϊόντα (κεραμίδια και τούβλα) τα οποία έχουν περάσει όλους τους ελέγχους και έδειξαν ότι είναι ισότιμα αυτά που κατασκευάζονται με τον παραδοσιακό τρόπο. Αυτό ενθαρρύνει τόσο τους επιστήμονες όσο και τα κράτη να στηριχτούν στην ανακύκλωση και να τη διαφημίσουν για να πείσουν τον κόσμο ότι δίνει λύσεις. Μια τέτοια ολοκληρωμένη ανακύκλωση πρέπει να πραγματοποιήσουμε και στην Ελλάδα ώστε να μειώσουμε το χώρο που δαπανούμε για να δημιουργούμε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Το γυαλί μπορεί να ανακυκλώνεται ξανά και

ξανά χωρίς να μειώνεται η ποιότητα και η ανθεκτικότητα του. Η μόλυνση του αέρα μειώνεται κατά 20% και η ρύπανση του νερού κατά 50%. Η ενέργεια που εξοικονομείται από την ανακύκλωση ενός γυαλιού ισοδυναμεί με τη λειτουργία ενός λαμπτήρα 100W ενώ αυτός δουλεύει για ώρες. Αυτά τα αξιοσημείωτα πρέπει να λάβουμε υπόψη για να προωθήσουμε την ανακύκλωση.

## 5. Ανάλυση και επεξεργασία μολυβδύαλου (lead glass)

### 6.1 Χαρακτηριστικά γυαλιού

Η οθόνη αποτελείται κυρίως από γυαλί το οποίο έχει κάποιες διαφοροποιήσεις από το κανονικό και αυτό λόγω της σύνθετης λειτουργίας του. Το πιο σύνηθες γυαλί είναι σκληρό και εύθραυστο και κατασκευάζεται κυρίως από πυρίτιο και αλκάλιο τα οποία λιώνουν μαζί σε υψηλή θερμοκρασία και ψύχονται απότομα μη προλαβαίνοντας να αποκτήσουν κρυσταλλική δομή. Τα κύρια συστατικά του γυαλιού είναι :

- το πυρίτιο  $\text{SiO}_2$
- η σκόνη σόδας η οποία χρησιμοποιείται για να μειώσει το σημείο τήξης καθώς το σημείο τήξης του πυριτίου είναι οι  $2000^\circ\text{C}$  και με τη σόδα μειώνετε στους  $1000^\circ\text{C}$
- ασβεστόλιθος όπως το ανθρακικό κάλσιο  $\text{CaCO}_3$  η σόδα κάνει το γυαλί υδροδιαλυτό, μαλακό και πολύ ανθεκτικό. Ο ασβεστόλιθος που προστίθεται αυξάνει τη σκληρότητα και τη χημική ανθεκτικότητα ενώ δίνει και διαύγεια στο υλικό.

Το γυαλί είναι από τα πιο σημαντικά υλικά της καθημερινής μας ζωής καθώς το βρίσκουμε στα αυτοκίνητα στις οθόνες της τηλεόρασης και του υπολογιστή αλλά και σε πολλές συσκευασίες. Τα υλικά κατασκευής τους είναι μεταβατικά μέταλλα όπως σίδηρο, συνήθως χρησιμοποιείται άμμος πυριτίου που είναι φυσικό υλικό. Αν το γυαλί κατασκευαζόταν από καθαρό αντιδραστήρα το κόστος θα ήταν τόσο που το προϊόν δε θα ήταν τόσο εύκολα προσβάσιμο. Πολλές φορές κοιτώντας το γυαλί διακρίνεται πράσινη αντανάκλαση εξαιτίας της απορρόφησης της ακτινοβολίας του ήλιου και της περιεκτικότητας μετάλλου στο γυαλί. Διάφορα είδη μετάλλων χρησιμοποιούνται στο γυαλί ανάλογα τη χρήση που επιθυμούμε, στα ζωγραφισμένα γυαλιά χρησιμοποιείται χρυσό ενώ για διαφορετικού τύπου χρήση χρησιμοποιείται ο μολυβδος. Οι ιδιότητες του γυαλιού είναι : στερεό και σκληρό υλικό, έχει άμορφη κρυσταλλική δομή, είναι εύθραυστο και εύκολα μπορεί να διαλυθεί σε μικρά κομμάτια επίσης μπορεί πολύ εύκολα να ανακυκλωθεί. Τα εμπορικού τύπου γυαλιά έχουν γύρω στο 60-75% περιεκτικότητα πυριτίου, 12-18% περιεκτικότητα σε σκόνη σόδας και 5-12% ασβεστόλιθο. Το μειονέκτημα αυτού του γυαλιού είναι ότι δεν είναι ανθεκτικό στις μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας και επίσης αν ρίξουμε υγρό μεγάλης θερμοκρασίας σε αυτό τότε θα σπάσει. Το γυαλί από μόνο του δεν μπορεί να πραγματοποιήσει όλες τις εφαρμογές που απαιτείται. Και για αυτό χρησιμοποιούνται κατά τη σύνθεση του κάποια μέταλλα ανάλογα την εφαρμογή. Το εσωτερικό της οθόνης αποτελείται από γυαλί και πιο συγκεκριμένα από δυο τμήματα τον «κώνο ή funnel» οποίος περιέχει 20% μολυβδο και το «λαιμό ή neck» που περιέχει 40% μολυβδο. Ο λόγος που έχουμε χρήση μολυβδου είναι επειδή μπορεί να απορροφά την ακτινοβολία που εκπέμπεται από το πυροβόλο κατά τη διάρκεια λειτουργίας της οθόνης προφυλάσσοντας έτσι το χρήστη. Το γυαλί με μολυβδο :

- σε μέτρια ποσότητα αυξάνει την ανθεκτικότητα του γυαλιού
- σε υψηλές ποσότητες μειώνει το σημείο τήξης μειώνοντας τη σκληρότητα και δίνει μια μαλακή επιφάνεια
- επιπλέον έχει υψηλό δείκτη διάθλασης και αποκτά το γυαλί υψηλότερη λαμπρότητα

Το γυαλί με υψηλή περιεκτικότητα μολύβδου 65% μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προστατευτικό κάλυμμα ακτινοβολίας αφού έχει τη δυνατότητα να απορροφά τις ακτίνες γάμμα, και άλλες μορφές επιβλαβών ακτινοβολιών.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα συστατικά ανάλογα τον τύπο γυαλιού που επιθυμούμε.

Στοιχείο	Τύπος γυαλιού				
	<b>Fused silica</b>	<b>Soda-lime silica</b>	<b>Boro-silicate glass</b>	<b>Alumo silicate glass</b>	<b>lead borate glass</b>
SiO <sub>2</sub>	100%	60- 75%	70-81%	62%	54-65%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1%	2-7%	17%	2%
CaO		5-12%		8%	
MgO		4%		7%	
Na <sub>2</sub> O		12-18%	4-8%	1%	13-15%
K <sub>2</sub> O					
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			7-13%	5%	
PbO					18-38%

## 6.2 Στοιχεία μολύβδου

Ο μολύβδος είναι ένας γαλαζοάσπρο λαμπερό μέταλλο το οποίο είναι μαλακό όλκιμο και ιδιαίτερα ελατό ενώ είναι κακός αγωγός της ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι ανθεκτικός στη διάβρωση και αμαυρώνεται ελάχιστα όταν εκτίθεται στον αέρα. Τα ισότοπα μολύβδου είναι τα τελικά προϊόντα που προκύπτουν από την καθεμία από τις τρεις σειρές φυσικών ραδιενεργών στοιχείων. Οι εφαρμογές του είναι πολλές και χρησιμοποιείται επί σειρά ετών, στα ρωμαϊκά ανάκτορα συναντούμε αρχικά σωλήνες από μολύβδο για μεταφορά νερού. Ο τετραθυλαίνιος μολύβδος (PbEt<sub>4</sub>) χρησιμοποιείται σε απόσταγμα βενζίνης αλλά σταδιακά καταργείται γιατί μελέτες έδειξαν ότι δεν είναι φιλικός προς το περιβάλλον. Βρίσκουμε μολύβδο κατά κόρον στις μπαταρίες αυτοκινήτων ως lead-acid, αλλά και σε άλλου τύπου μπαταρίες τις καθημερινές. Η χρήση του δεν περιορίζεται εδώ τοποθετείται στα βλήματα, χρωματίζοντας στοιχείο σε κεραμικό και σε κεριά στο φυτίλι. Είναι το παραδοσιακό μέταλλο βάσεων για τους σωλήνες οργάνων και επίσης στα ηλεκτρόδια στο στάδιο της ηλεκτρόλυσης. Τέλος τοποθετείται στην κάλυψη, καλωδίων, υλών συγκολλησεως, σε ρουλεμάν και ως βαρίδιο σε αθλητικό εξοπλισμό.

Ο ευγενής μολύβδος είναι σπάνιας φύσης. Αυτήν την περίοδο ο μολύβδος βρίσκεται συνήθως σε μετάλλευμα με τον ψευδάργυρο το ασήμι το χαλκό και εξάγεται μαζί με αυτά τα μέταλλα. Το κύριο μετάλλευμα μολύβδου είναι το

Galena(PbS) το οποίο και εξάγεται στην Αυστραλία όπου και παράγεται το 19% του μολύβδου παγκοσμίως ακολουθούν οι : Η.Π.Α. , η Κίνα, το Περού και ο Καναδάς. Η παγκόσμια παραγωγή του μολύβδου ετησίως είναι 6 εκατομμύρια τόνοι και το συνολικό μέγεθος που απαιτείται είναι 85 εκατομμύρια τόνοι κάτι λιγότερο από την παραγωγή σε 15 χρόνια

Ο μολύβδος βρίσκεται φυσικά στο περιβάλλον, όμως οι περισσότερες συγκεντρώσεις μολύβδου βρίσκονται στο περιβάλλον από ανθρώπινη δραστηριότητα. Η ύπαρξη μολύβδου στη βενζίνη πραγματοποιεί ένα αφύσικο κύκλο του μολύβδου επιστρέφοντας στο περιβάλλον. Αυτό γιατί στις μηχανές αυτοκινήτων ο μολύβδος καίγεται και δημιουργούνται άλατα του μολύβδου (χλώρια και οξείδια). Τα άλατα του μολύβδου κατευθύνονται προς το περιβάλλον από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Τα μεγαλύτερα μόρια από αυτά θα κατευθυνθούν προς το έδαφος ή το επιφανειακό νερό μολύνοντας αυτό, τα μικρότερα θα παραμείνουν στον αέρα και ενδέχεται να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις μέσω αυτού. Μέρος αυτού θα επιστρέψει στο έδαφος και στο νερό με την βροχή.

Ο κύκλος αυτός είναι πιο εκτεταμένος και έχει δημιουργήσει τη ρύπανση του μολύβδου το οποίο είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα και χρειάζεται άμεσα λύση.

Ο μολύβδος είναι ένα μαλακό μέταλλο που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές κατά τη διάρκεια χρόνων. Τα πρώτα προϊόντα μολύβδου ανέρχονται στο 5.000 π.χ. Ο μολύβδος είναι ένα από τα 4 μέταλλα που έχουν καταστρεπτικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Μπορεί να εισαχθεί στο ανθρώπινο σώμα από τα τρόφιμα (65%), του νερού (20%) και του αέρα (15%). Τρόφιμα όπως τα φρούτα, τα λαχανικά, τα κρέατα, τα σιτάρια, τα θαλασσινά, τα μη αλκοολούχα ποτά και το κρασί περιέχουν σημαντικές ποσότητες μολύβδου. Ο καπνός των τσιγάρων περιέχει επίσης μολύβδο σε μικρή ποσότητα όμως. Οι σωλήνες του νερού είχαν ως κατασκευαστικό συστατικό μολύβδο και γι' αυτό γίνονται μετρήσεις pH ώστε να αλλαχθούν αν δείξουν οι μετρήσεις ότι επηρεάζουν το νερό. Ο μολύβδος δεν χρησιμεύει στον ανθρώπινο οργανισμό και δημιουργεί πολλά προβλήματα σε αυτόν. Επιπλέον δημιουργεί αρκετά προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό: όπως ζημιά των νεφρών, διάσπαση του νευρικού συστήματος, ζημιά στον εγκέφαλο, μειωμένη δυνατότητα εκμάθησης των παιδιών. Τα προβλήματα μπορούν να εμφανιστούν ακόμη και σε έμβρυο.

Οι μολυβδόυχες συγκεντρώσεις εξαιτίας της βενζίνης δεν είναι οι μόνες που επιβαρύνουν το περιβάλλον. Υπάρχουν και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν σε αυτό όπως οι βιομηχανικές διαδικασίες, η καύση στερών αποβλήτων και τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται. Ο μολύβδος δεν διαλύεται αλλά μετατρέπεται σε άλλη μορφή και γι' αυτό είναι επικίνδυνες οι διαβρωμένες σωληνώσεις.

Ακόμη και οι μικροοργανισμοί επηρεάζονται από τον μολύβδο που βρίσκεται στο έδαφος και πολλοί «πεθαίνουν» καταστρέφοντας την τροφική αλυσίδα. Εφόσον καταστροφικές είναι και οι συνέπειες του μόλις βρεθεί στη θάλασσα με σωρεία θαλασσινών να δηλητηριάζονται και ακόμη και φυτοπλαγκτόν να καταστρέφεται. Ιδιαίτερο πρόβλημα εμφανίζουν οι καλλιέργειες κοντά στις εθνικές οδούς εξαιτίας των ρύπων από τα αυτοκίνητα που έχουν αντίκτυπο στους εδαφολογικούς οργανισμούς και στις καλλιέργειες.

Τα χαρακτηριστικά του μολύβδου:

Ατομικός αριθμός	82
Ατομικό βάρος	207.2 g.mol <sup>-1</sup>
Ηλεκτρωνικός αριθμός κατά Pauling	1.8
Πυκνότητα	11.34 g.cm <sup>-3</sup> at 20°C



Σημείο τήξης	327 °C
Σημείο βρασμού	1755°C
Ακτινοβολία Vanderwaals	0.154 nm
Ionic radius	0.132 nm (+2) ; 0.084 nm (+4)
Ισότοπα	13
Ηλεκτρονικό κέλυφος	[ Xe ] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>
Ενέργεια πρώτου ιονισμού	715.4 kJ.mol <sup>-1</sup>
Ενέργεια δεύτερου ιονισμού	1450.0 kJ.mol <sup>-1</sup>
Εφευρέθηκε	Από αρχαίους

Η πιο δεδομένη χρήση του μόλυβδου ήταν σε γυάλινα σκεύη το οποίο όμως σταμάτησε αφού κρίθηκαν ακατάλληλες λόγω των δυσλειτουργιών που προκαλούσε στον άνθρωπο. Πλέον χρησιμοποιείται μόνο σε γυαλιά τα οποία έχουν διάφορα χρώματα τύπου βιτρό τα οποία δεν έρχονται σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα.

### 6.3 Εφαρμογές μολυβδύαλου

Ο μολυβδύαλος είναι το γυαλί το οποίο περιέχει μόλυβδο και συνήθως προέρχεται από οθόνη(τηλεόρασης, υπολογιστή) ή είναι κρύσταλλος ο οποίος χρησιμοποιείται για καλλιτεχνικούς λόγους. Οι περισσότεροι αν όχι οι κρύσταλλοι που χρησιμοποιούνται για ζωγραφική περιέχουν μέταλλα και κυρίως μόλυβδο.

Αυτά τα υλικά αν αποτεθούν σε χώρο υγειονομικής ταφής θα έρθουν σε επαφή με ο περιβάλλον προκαλώντας οικολογική καταστροφή καθώς αυτό με τη βροχή θα διαβρώνεται μολύνοντας έτσι τα υπόγεια ύδατα.

Η χρήση της αποτέφρωσης των υλικών για παραγωγή ενέργειας δεν ευδοκίμει στη δική μας περίπτωση καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι ένα μέταλλο το οποίο δεν κάνει να το εισπνεύσει ο ανθρώπινος οργανισμός. Επίσης είναι πολύ εύκολο να απλωθεί στην ατμόσφαιρα σε μορφή οσμής σε μεγάλη απόσταση δημιουργώντας οικολογικό πρόβλημα.

Ο τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαχωρίσουμε το μόλυβδο από το γυαλί είναι με ελεγχόμενη θέρμανση. Παρατηρώντας αναλυτικά τα σημεία τήξης των δυο αυτών υλικών διαπιστώνεται ότι η μεγάλη τους διαφορά (327 °C για μόλυβδο, 1000°Cγια γυαλί) βοηθά στο να διαχωριστούν. Ο διαχωρισμός αυτός όμως είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος καθώς υπάρχουν μια σειρά από δυσκολίες.

Η θερμοκρασία πρέπει να ελέγχεται με ιδιαίτερα εξελιγμένο τρόπο για να αποφευχθεί η υπέρβαση της και η δημιουργία εκπομπών αερίου του μολύβδου.

Επίσης ο μόλυβδος τοποθετείται στο γυαλί κατά την κατασκευή του στο πρωταρχικό στάδιο και έτσι μελέτες έδειξαν ότι δεν μπορούμε να έχουμε όλη τη χρησιμοποιημένη ποσότητα αλλά ένα μέρος αυτής. Επιπλέον θα δαπανήσουμε αρκετή ενέργεια για το εγχείρημα αυτό κάτι το οποίο είναι μειονέκτημα. Γι' αυτό έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος να χρησιμοποιείται ο μολυβδύαλος ως έχει για να αποφευχθούν οι κίνδυνοι και να είναι λειτουργικό προϊόν.

Μια μελέτη έδειξε ότι το γυαλί αυτό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για την κατασκευή οθονών σε περίπτωση όμως που κατά την αποσυναρμολόγηση της οθόνης δεν έχει θρυμματιστεί ή δεν έχει πάθει κάποια άλλη βλάβη. Αυτό όμως είναι ιδιαίτερα δύσκολο γιατί κατά την μεταφορά μπορεί να προκύψουν προβλήματα ή ακόμη και ο κόσμος που τα αντιμετωπίζει σαν απόβλητα δεν τα μεταχειρίζεται με προσοχή.

Η ιδιότητα του μολύβδου να απορροφά τις ακτίνες X, γάμα και υπεριώδης έστρεψε τις μελέτες σε άλλο σημείο έρευνας. Πλέον άρχισαν να αναρωτιούνται σε ποιες εφαρμογές θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ώστε να λειτουργεί ουσιαστικά σαν «απορροφητήρας». Να απορροφά την εκπεμπόμενη ακτινοβολία ώστε να προσφέρει προσιτό περιβάλλον σε εργαζόμενους και πελάτες.

Τα μέρη όπου χρησιμοποιούνται ακτινοβολίες είναι αρκετά :

- σε αεροδρόμια όπου ελέγχονται οι αποσκευές
- σε λιμάνια όπου επίσης ελέγχονται αποσκευές
- σε ακτινολογικά κέντρα όπου οι ακτινογραφίες είναι ακτίνες-X και είναι απαραίτητο το προσωπικό και οι άνθρωποι που συνοδεύουν ασθενείς να προστατεύονται
- σε χώρους υψηλής προστασίας όπως τα ξενοδοχεία, τα κοινοβούλια και τα εργαστήρια όπου διεξάγονται έρευνες.

Σε αυτούς τους χώρους το γυαλί θα ήταν πιο καλό να χρησιμοποιηθεί τόσο για αισθητικούς λόγους αλλά και για μεγαλύτερη ασφάλεια. Τα επιτρεπτά όρια όπως έχουν καταγραφεί είναι

- όριο ενεργού δόσεως επαγγελματικά εκτιθεμένων: 20 mSv/yr
- όριο ενεργού δόσεως κοινού πληθυσμού: 1 mSv/yr

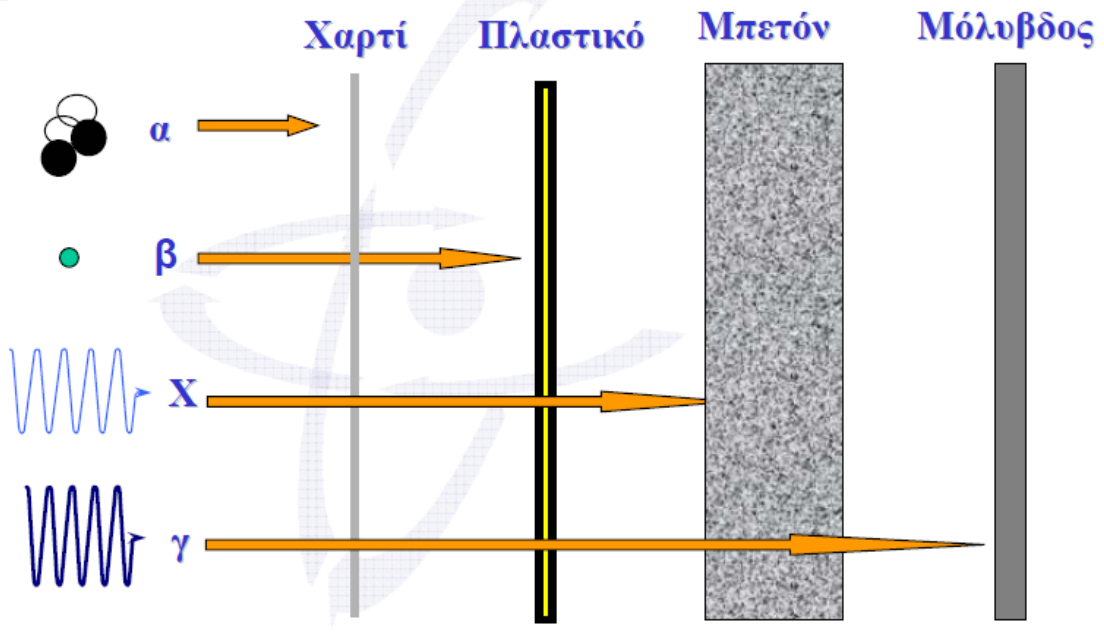
Στην σχηματική απεικόνιση που ακολουθεί φαίνεται χαρακτηριστικά πως μπορεί ο μολύβδος να περιορίσει τις ακτίνες καλύτερα από κάθε άλλο υλικό και να δημιουργήσει ένα ασφαλές περιβάλλον. Κατασκευάζοντας ένα «γυάλινο τοίχο» από μολύβδο είναι ασφαλέστερη επιλογή για να θωρακίσουμε ένα χώρο και να αποφύγουμε τα προβλήματα στον κόσμο που εργάζεται και επισκέπτεται.

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι ο μολύβδος είναι ένας τοίχος προστασίας στην ακτινοβολία διότι δεν μπορεί να το διαπεράσει δημιουργώντας έτσι ασφαλείς χώρους. Η ακτινοβολία που αναπτύσσεται στα διαγνωστικά κέντρα είναι υψηλή και εξαρτάται κυρίως από την θεραπεία που πραγματοποιείται.

- Διάγνωση 25-150 kV
- Χαμηλής τάσης θεραπεία 10-150 kV
- Μεσαίας τάσης θεραπεία 150 kV-1 MV
- Υψηλής τάσης θεραπεία 1 MeV και περισσότερο



## Θωράκιση από πηγή ακτινοβολίας



Για να είναι επιτυχημένη η χρήση του μολυβδύαλου πρέπει να περιέχει 65% μόλυβδο ώστε να απορροφά όλη την εκπεμπόμενη ακτινοβολία. Αναλυτικότερα πρέπει να αναφερθεί ότι το πάχος του γυαλιού που χρησιμοποιείται και η περιεκτικότητά του σε μόλυβδο είναι τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά την τοποθέτηση του μολυβδύαλου σε οποιαδήποτε εφαρμογή.

μολυβδύαλος σαν παράθυρο παρατήρησης



παρόμοια εφαρμογή σε διαγνωστικό κέντρο

## Παραδείγματα Μέτρων Ακτινοπροστασίας

### Προστασία προσωπικού - Θωρακίσεις χειριστηρίου



Αξονικός τομογράφος

Μολυβδύαλος

Τηλεχειριζόμενο σύστημα  
(A/γ - A/σ)

Ο μολυβδύαλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προστατευτικό κάλυμμα σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές όπου υπάρχουν ακτίνες-X ή οποιαδήποτε άλλη μορφή ακτινοβολίας.

Σε ιατρική χρήση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εξοπλισμός για την παρακολούθηση των ασθενών στη διάρκεια της εξέτασης αλλά και ως προστασία για τους γιατρούς. Το γυαλί μένει ανέπαφο κατά τη χρήση καθώς δεν παρατηρείται αποχρωματισμός ή επιδείνωση με αυτόν τον τρόπο αναπτύχθηκε και ο τηλεχειρισμός των ακτινών αφού μπορούν να τις χειρίζονται από διαφορετικό χώρο. Το γυαλί αυτό έχει βιομηχανική χρήση σε αεροδρόμια και λιμάνια όπως ανέφερα και προηγουμένως αλλά και σε εργοστάσια που ελέγχουν αν τα προϊόντα είναι ανθεκτικά στην ακτινοβολία.

Μια άλλη εφαρμογή είναι σε πυρηνικό σταθμό όπου χρησιμοποιείται σαν παράθυρο παρατήρησης κατά την διαδικασία ανάπτυξης πυρηνικών καυσίμων.

#### 6.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά μολυβδύαλου

Πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από δοκιμές μέχρι να βρεθεί η κατάλληλη περιεκτικότητα μολύβδου σε συνάρτηση με το πάχος του γυαλιού αλλά και με την ακτινοβολία που δέχεται. Έτσι κατέληξαν ότι όσο αυξάνεται η ακτινοβολία πρέπει να αυξάνεται το πάχος του γυαλιού και κατ' αντιστοιχία η περιεκτικότητα σε μολύβδο. Τα μεγέθη του συγκεκριμένου τύπου γυαλιού που χρησιμοποιούνται αναφέρονται παρακάτω και υπάρχουν διότι οι εφαρμογές που απαιτείται είναι γνωστές και περίπου το ίδιο μέγεθος χρησιμοποιείται.

Ο μολυβδύαλος εισέρχεται σε κάποιες δοκιμές ώστε να συγκριθεί με το ακρυλικό πλαστικό και να διαπιστωθεί πιο είναι καλύτερο. Σε όλα τις δοκιμές που έγιναν (αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω) διαπιστώνεται ότι ο μολυβδύαλος είναι

καλύτερος και αποδοτικότερος. Γι' αυτό πλέον γίνεται μια προσπάθεια αντικατάστασης του πλαστικού με το ειδικό γυαλί. Το κόστος μπορεί να είναι μεγαλύτερο για την τοποθέτηση του γυαλιού παρόλα αυτά δεν λαμβάνεται υπόψη καθώς οι ευκολίες και η ασφάλεια που προσφέρει το υπερκαλύπτουν.  
Τα μεγέθη του μολυβδύαλου υπάρχουν σε τυποποιημένες τιμές που ακολουθούν.

<b>LX-57B ΜΟΛΥΒΔΥΑΛΟΣ</b>			
<b>Τυποποιημένες τιμές πάχους</b>			
Ισοδυναμία σε μόλυβδο (mm)	1.8-2.0 (mm)	2.5-2.7 (mm)	3.0-3.2
Ισοδυναμία σε μόλυβδο(in)	1/16 (in)	3/32 (in)	1/8 (in)
Πάχος	7.5-8.5 (mm)	10.5-11.5 (mm)	13.5-14.5
Μέγιστη τιμή ακτίνας-X	150 kV	150 kV	200 kV

<b>LX-57B ΜΟΛΥΒΔΥΑΛΟΣ</b>	
<b>Τυποποιημένες τιμές σε in</b>	
8 x10	24x36
10x10	24x48
10x12	30x30
12x12	30x36
12x16	32x40
12x18	36x36
12x20	36x48
12x24	36x60
14x18	36x72
16x20	36x84
16x24	36x96
18x24	48x48
18x26	48x60
20x24	48x72
24x24	48x84
24x30	48x96

Ο επόμενος πίνακας αναγράφει για το πάχος του γυαλιού (1 αριστερή στήλη) την περιεκτικότητα σε μόλυβδο (2 γραμμή δεύτερη στήλη και μετά) και την πρώτη γραμμή την ανθεκτικότητα όταν εκτίθεται σε υπεριώδη ακτινοβολία. Μπορούμε ασφαλέστερα να κατανοήσουμε πότε είναι ιδανικότερο και πιο γυαλί αν ξέρουμε την ακτινοβολία που πρόκειται να το τοποθετήσουμε

Εύρος πάχους (mm)	100 kV	110 kV	150 kV	200 kV	250 kV	300 kV
5.0—7.0	1.3	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7
7.0—8.5	1.8	1.8	1.8	2.1	2.3	2.3
8.5—10.0	2.2	2.2	2.2	2.5	2.8	2.8
11.0—13.0	2.7	2.8	2.8	3.3	3.6	3.6

Ο μολυβδύαλος συναγωνίζεται το ακρυλικό πλαστικό που χρησιμοποιούσαν μέχρι πρότινος και όπως αποδείχθηκε το γυαλί είναι καλύτερο για πολλούς λόγους.

- Για την ίδια ποσότητα μολυβδύαλου το ακρυλικό πλαστικό πρέπει να είναι 5 φορές παχύτερο από το γυαλί μειώνοντας σημαντικά τις παρατηρητικές ικανότητες. Για παράδειγμα στα 1.8-2.0 mm μολύβδου το πάχος του γυαλιού αγγίζει τα 5/16'' ενώ το ακρυλικό πλαστικό 1-1/2'' για να προσφέρει την ίδια προστασία. Το πρόσθετο πάχος του πλαστικού απαιτεί ειδική μεταχείριση στην προσαρμογή.
- Ο μολυβδύαλος είναι πιο ανθεκτικός από το πλαστικό. Το πλαστικό στην καθημερινή του χρήση αποχρωματίζεται όταν σε υπεριώδη ακτινοβολία και κατά συνέπεια στην καθημερινή του χρήση είναι ευαίσθητο ακόμη και ο καπνός το επηρεάζει. Αντίθετα το γυαλί δεν υφίσταται κανένα αποχρωματισμό από την ακτινοβολία επειδή έχει υψηλή χημική αντίσταση. Η ανθεκτικότητα του γυαλιού το κάνει πιο ελκυστικό στο ανθρώπινο μάτι.
- Για την ίδια περιεκτικότητα μολύβδου σε γυαλί και πλαστικό το γυαλί είναι πιο διαυγές και επιτρέπει την μεταφορά του φως δημιουργώντας ένα ευχάριστο περιβάλλον και φωτεινό.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς το πλαστικό είναι ένα εύφλεκτο υλικό το οποίο καθώς καίγεται εκπέμπει τοξικά αέρια τα οποία δημιουργούν αναπνευστικά προβλήματα. Σε αντίθεση το γυαλί δεν καίγεται οπότε η πιθανότητα ανάφλεξης είναι σπάνια. Επίσης το πλαστικό ακόμη και αν κοπή ή σπάσει σε ένα σημείο πάλι αναδύονται βλαβερές οσμές στο περιβάλλον σε σύγκριση με το γυαλί που είναι πολύ δύσκολο να θρυμματιστεί.
- Οι δυο επιφάνειες του γυαλιού καθρεφτίζουν και γυαλίζουν. Χρησιμοποιώντας την κλίμακα σκληρότητας του Mohs το γυαλί αγγίζει το επίπεδο 6 (επίπεδο γρανίτη). Ενώ το πλαστικό αγγίζει το επίπεδο 3 της ίδιας κλίμακας (σαν την κιμωλία).
- Το γυαλί λόγω της σκληρής επιφάνειας του προδίδει ανθεκτικότητα στο καθάρισμα έναντι της ευαισθησίας του πλαστικού που γρατζουνίζεται εύκολα.
- Το γυαλί μολύβδου βαρέως τύπου με υψηλή ικανότητα οπτικής αποτελείται από περίπου 60% οξείδιο από βαρύ μέταλλο και το λιγότερο 55% μολύβδου

Για παράδειγμα ένα γυαλί με μολύβδο 8mm πάχους έχει της εξής ιδιότητες:

Ελάχιστη πυκνότητα	4.36
Δείκτης διάθλασης	1.71
Συντελεστής θερμότητας	80 X 107/0C (30~380 deg C)
Σκληρότητα κατά Mohs	6

Πάχος και ισοδύναμο του μολύβδου			
Πάχος (mm)	8 mm	11 mm	14 mm

Ισοδύναμος μόλυβδος mm	1.8-2.0	2.5-2.7	3.0-3.2
Μέγιστη X-ray ακτίνα	150kV	150kV	200kV
Ισοδυναμία σε μόλυβδο lb/sq.ft	4.2-4.6	5.8-6.2	6.9-7.4
Ελάχιστη πυκνότητα (g/cm <sup>3</sup> )	4.36	4.36	4.36
Βάρος	7.1	9.8	12.5

Για να υπολογιστούν οι τιμές της σειράς «Ισοδυναμία σε μόλυβδο lb/sq.ft» μετατρέπουμε τις τιμές της σειράς «Ισοδυναμία μόλυβδος mm» με τη χρήση των αναφερθέντων αριθμών στρογγυλοποιημένα σε δυο δεκαδικά. 1 πόδι 30.48 εκατ. 1λίβρα=453.59γ πυκνότητα μολύβδου=11.3γ/κυβ μέτρα

Ιδιότητες	Μολυβδύαλου	Πλαστικού
Ανάφλεξη	όχι	ναι
Επίδραση από την απορρόφηση νερού	καμία	Επηρεάζει το μήκος και το πάχος
Τοποθέτηση	Τυποποιημένη τιμή	Ειδική μεταχείριση
Ανάκλαση φωτός	87.3%	59.5%
Βάρος	7 lb	14lb
Επίδραση του ήλιου	Καμία	Προκαλεί θραύση
Χημική σύσταση		
οξύτητα	Μεγάλη	Μικρή
alkali	Μεγάλη	Μικρή

Η κύρια εφαρμογή του μολύβδου είναι η συγκεκριμένη με την τοποθέτηση του σε γυαλί τα τελευταία όμως χρόνια έχει αρχίσει και τοποθετείται και σε ειδικά ρούχα όπου χρησιμοποιείται σαν εξοπλισμός σε διαγνωστικά εργαστήρια. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά πως χρησιμοποιείται.

#### 6.4.1 Διαφορετική χρήση του μολύβδου

Η ποδιά που απεικονίζεται είναι φτιαγμένη από μόλυβδο για να χρησιμοποιείται σε πυρηνικά εργαστήρια και σε διαγνωστικά κέντρα. Προστατεύει τον εργαζόμενο όπου εκτίθεται σε ακτινοβολία, καθώς αυτή είναι η ιδιότητα του μολύβδου, κρατώντας έτσι το σώμα και γενικότερο τον οργανισμό του ανέπαφο από την επίδραση της ακτινοβολίας. Είναι ένα μέτρο προστασίας το οποίο βοηθά αποτελεσματικά στην διατήρηση της υγείας των ανθρώπων.



Η παρακάτω απεικόνιση είναι από ένα διαγνωστικό κέντρο και παρατηρούμαι ότι όλος σχεδόν ο εξοπλισμός αποτελείται από μόλυβδο. Αυτό σημαίνει ότι ο μόλυβδος



έχει μεγάλη σημασία για την καθημερινή μας ζωή και αποκτά όλο και μεγαλύτερη αφού γίνεται ολοένα και πιο σημαντικός.



## Παραδείγματα Μέτρων Ακτινοπροστασίας

### Ακτινοδιάγνωση



Ακτινοπροστατευτική  
ποδιά



Κολάρο  
θυρεοειδούς

Μολυβδούχο  
πέτασμα

Ο μόλυβδος πλέον τοποθετείται και σε λαμπτήρες όπως αυτούς που ακολουθούν  
Lead Lamp 60W/110V with Plug Sealey ML60/11



Λαμπτήρας με μόλυβδο

## Lead Lamp 60W/230V with 5mtr Cable & Plug Sealey ML601



### 7 Κατασκευή συστήματος επεξεργασίας οθόνης

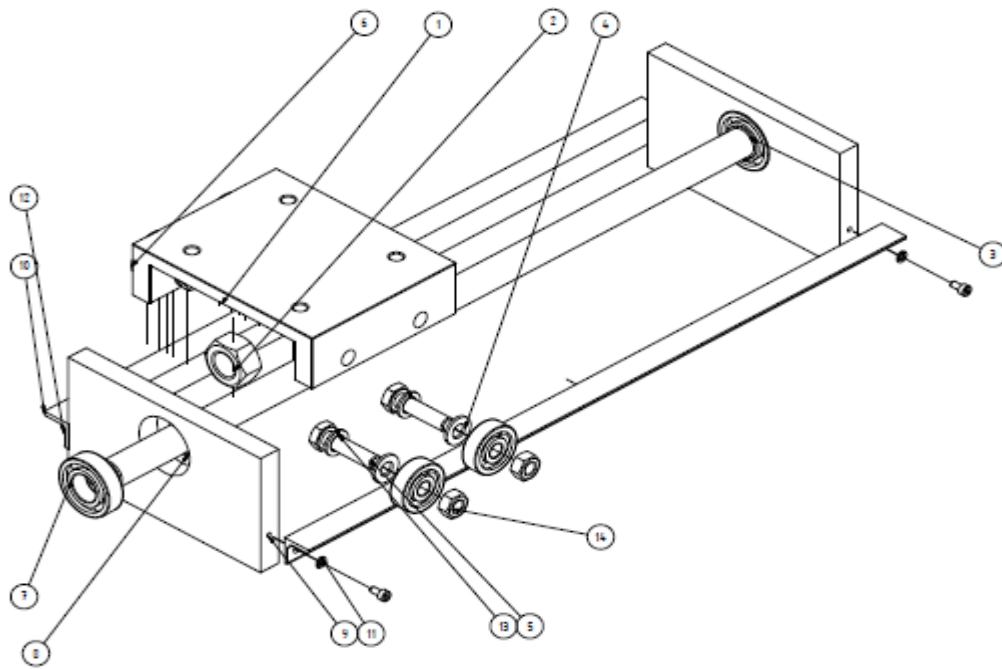
#### 7.1 Περιγραφή της κατασκευής

Σε εργαστηριακό επίπεδο έγινε μια προσπάθεια εξομοίωσης της διαδικασίας επεξεργασίας οθονών το οποίο σημαίνει ότι προσπάθησα να επιτύχω το διαχωρισμό μεταξύ των τμημάτων γυαλιού που περιέχουν μόλυβδο (funnel, neck) και του panel που δεν περιέχει. Αυτή η κοπή μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους που έχουν αναφερθεί εκτενώς όμως είναι ιδιαίτερα δαπανηρές για να γίνουν σε επίπεδο πτυχιακής. Αυτό γιατί αν χρησιμοποιούσαμε το λέιζερ κοπής θα χρειαζόμασταν αρκετά χρήματα για την αγορά του αλλά και ολόκληρη κατασκευή για υποστηρίξουμε τη λειτουργία του καθώς θέλει υψηλή τάση για να δουλέψει. Θα έπρεπε να κατασκευάσουμε μια πρόσθετη εφαρμογή για να το τροφοδοτεί και να αποδίδει τα απαιτούμενα Watt. Αντίστοιχα δαπανηρή είναι και η χρήση του δίσκου κοπής καθώς και αυτή λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο. Η κοπή μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα και γρήγορα είτε με θερμικό σοκ απότομη θέρμανση και ψύξη (διαστολή συστολή) είτε με το καλώδιο που θερμαίνεται και καθώς τυλίγεται γύρω από την οθόνη την κόβει. Η διαδικασία κοπής θα γίνει με άλλο τρόπο τον οποίο

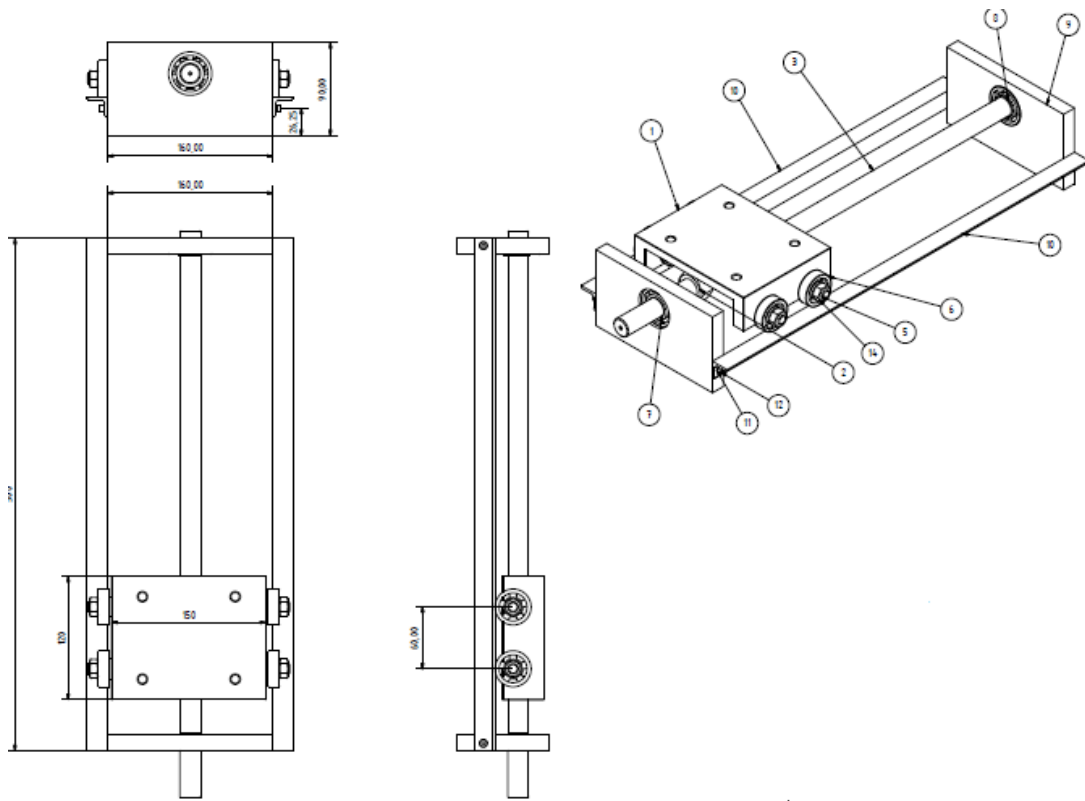
θα παρουσιάσουμε αφού εμείς θα έχουμε μια οθόνη σε δυο τμήματα αλλά την ώρα της παρουσίασης η κοπή θα γίνει υποθετικά. Το δύσκολο μέρος της εφαρμογής είναι η μηχανολογική κατασκευή διότι πρέπει να βρεθεί τρόπος η οθόνη και το λείζερ που υποθετικά θα υπάρχει πρέπει να βρίσκονται σε ορισμένη απόσταση μεταξύ τους με ακρίβεια χιλιοστού καθώς οι αποκλίσεις δημιουργούν προβλήματα. Για παράδειγμα αν το λείζερ τοποθετηθεί 2 εκατοστά πιο μακριά από την απόσταση που πρέπει θα χρειαστεί περισσότερη ώρα για αν κοπή η οθόνη (καθυστέρηση) και περισσότερη ενέργεια (αύξηση του κόστους). Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η κατασκευή ενός συστήματος παλινδρόμησης για να κρατά σε ισορροπία την απόσταση οθόνης κοπής, μια στρεφόμενης επιφάνεια όπου θα περιστρέφει την οθόνη με ταχύτητα τέτοια ώστε να γίνεται η κοπή, η χρήση ενός συστήματος ελέγχου όπου αν διαφοροποιείται η απόσταση να δίνει εντολή στο μοτέρ (κινητήρας συνεχούς ρεύματος) να μετακινεί το λείζερ. Οι κινητήρες θα είναι συνεχούς ρεύματος 12Volt με μειωτήρα για να έχουν λίγες στροφές στην έξοδο.

## 7.2 Σύστημα παλινδρόμησης

Το παρακάτω αποτελεί το σύστημα παλινδρόμησης που μεταφέρει το λείζερ κοπής ώστε να διαχωρίσει το γυαλί της οθόνης. Η παρακάτω κατασκευή είναι φτιαγμένη από αλουμίνιο εκτός από την κεντρική βίδα η οποία είναι μπρούτζινη. Το σύστημα αυτό έχει συνολικό μήκος 44cm ενώ η απόσταση που διανύει το φορείο είναι 40cm και το πλάτος είναι 21cm. Το φορείο έχει μήκος 12cm και το πλάτος του είναι 16cm. Επιπλέον έχει 6 ρουλεμάν ιαπωνικής προέλευσης τα οποία είναι τοποθετημένα 2 στην ράβδο και 4 στο φορείο για να το διευκολύνουν στην κίνηση. Η διάμετρος της μπρούτζινης βίδας είναι 20mm ενώ με την βίδα είναι συνδεδεμένος ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος τάσης 12V. Ο κινητήρας προέρχεται από το σύστημα που ανεβάζει και κατεβάζει τα παράθυρα των αυτοκινήτων, είναι σε κατακόρυφη στήριξη με την βίδα να είναι κομπλαρισμένη στον άξονα του κινητήρα για να μεταδίδεται απ' ευθείας η κίνηση στο φορείο. Στον κινητήρα υπάρχει ένας γενικός διακόπτης On/Off/On καθώς και ένα σύστημα ελέγχου της κίνησης του κινητήρα. Ο ρόλος του διακόπτη είναι για να χειριζόμαστε χειροκίνητα το σύστημα αφού με τα δυο On μπορούμε να πάμε πότε προς πότε πίσω το φορείο ώστε να έχει την κατάλληλη θέση το λείζερ για «κόψει» το γυαλί στο σημείο που πρέπει. Επίσης σε περίπτωση εμπλοκής του αυτόματου συστήματος μπορούμε να δώσουμε ή να σταματήσουμε την κίνηση με αυτόν τον διακόπτη. Ο κινητήρας είναι με μειωτήρα καθώς δεν χρειαζόμαστε πολλές στροφές ούτε μεγάλη ταχύτητα. Για να είναι απόλυτα ακριβές η ταχύτητα του συστήματος παλινδρόμησης και να αποφευχθούν δυσλειτουργίες όπως ότι το φορείο πρέπει να σταματάει λίγο πριν φτάσει στο τέλος της διαδρομής. Διαφορετικά το φορείο θα βρίσκεται στο τέλος της διαδρομής και ο κινητήρας θα συνεχίζει να το ωθεί και αυτό θα επιφέρει τόσο καταστροφή του συστήματος παλινδρόμησης όσο και στον κινητήρα ο οποίος θα υπερθερμανθεί από τη συνεχή λειτουργία. Επίσης επειδή είναι απαραίτητο να διατηρείται σταθερή η απόσταση του λείζερ αλλά στην παρούσα εφαρμογή του αισθητήρα που έχει τοποθετηθεί στο φορείο κατασκευάσα ηλεκτρονικό σύστημα το οποίο συνδέεται με το μοτέρ και κινεί, σταματά την κίνηση ή αλλάζει τη φορά της κίνησης του φορείου.



1. το φορείο με 160mm πλάτος και 120mm μήκος
1. παξιμάδι
2. το άλλο ρουλεμάν διαμέτρου 32mm
3. η ροδέλα ασφαλείας πίσω από το ρουλεμάν
4. η ροδέλα
5. ρουλεμάν
6. ρουλεμάν
7. δακτυλίδι για τον άξονα
8. υποδοχή για τη βίδα (τρύπα)
9. ράγα αλουμινίου
10. ροδέλα
11. εξάγωνη βίδα
12. ροδέλα ασφαλείας
13. εξάγωνο παξιμάδι



Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει την πραγματική μηχανολογική κατασκευή του συστήματος παλινδρόμησης. Αριστερά βρίσκεται κομπλαρισμένος ο κινητήρας συνεχούς ρεύματος με μειωτήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την μπρούτζινη βίδα για να μεταδίδει την κίνηση στο φορείο ώστε να κρατά το λέιζερ στη σωστή απόσταση. Ο κινητήρας είναι συνδεδεμένος με ένα μεταγωγικό διακόπτη για να μπορεί να λειτουργεί χειροκίνητα αν το αυτόματο σύστημα υποστεί κάποια βλάβη.

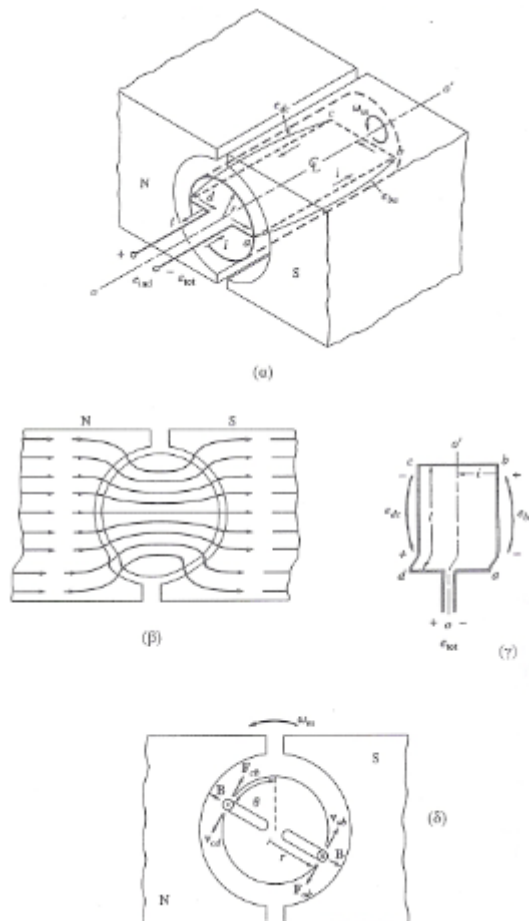
Το σύστημα παλινδρόμησης είναι σε επικοινωνία με τη στρογγυλή επιφάνεια στην οποία θα τοποθετείται η CRT οθόνη που πρόκειται να επεξεργαστεί. Στην παρούσα εικόνα λείπει το ηλεκτρονικό μέρος το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω διότι είναι πολύ σημαντική η λειτουργία του στην κατασκευή.



### 7.3 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος μετατρέπουν την συνεχή ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ή κινητική ανάλογα πως χρησιμοποιούνται. Οι περισσότερες μηχανές συνεχούς ρεύματος μοιάζουν με τις μηχανές εναλλασσομένου ρεύματος αφού και στις δυο κατηγορίες τα ρεύματα και οι τάσεις στο εσωτερικό των μηχανών είναι εναλλασσόμενα. Αυτό που διαφέρει είναι ότι οι μηχανές συνεχούς ρεύματος έχουν συνεχή έξοδο μόνο επειδή υπάρχει ένας μηχανισμός που μετατρέπει την εσωτερική εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται συλλέκτης (commutator) και οι μηχανές συνεχούς ρεύματος ονομάζονται μηχανές με συλλέκτη (commutating machinery). Παρακάτω αναλυτικότερα θα δούμε τον τρόπο λειτουργίας των κινητήρων συνεχούς ρεύματος. Το βασικότερο πλεονέκτημα είναι

ότι έχουν χαμηλότερο κόστος αγοράς από αντίστοιχους εναλλασσομένου ρεύματος αλλά και είναι ιδανικοί για χρήση σε εφαρμογές όπως η παρούσα που δεν απαιτεί να κινηθεί μεγάλο φορτίο.



- (α) όψεις του απλού περιστρεφόμενου πλαισίου προοπτική όψη
- (β) δυναμικές γραμμές του πεδίου του
- (γ) κάτοψη
- (δ) πρόσοψη

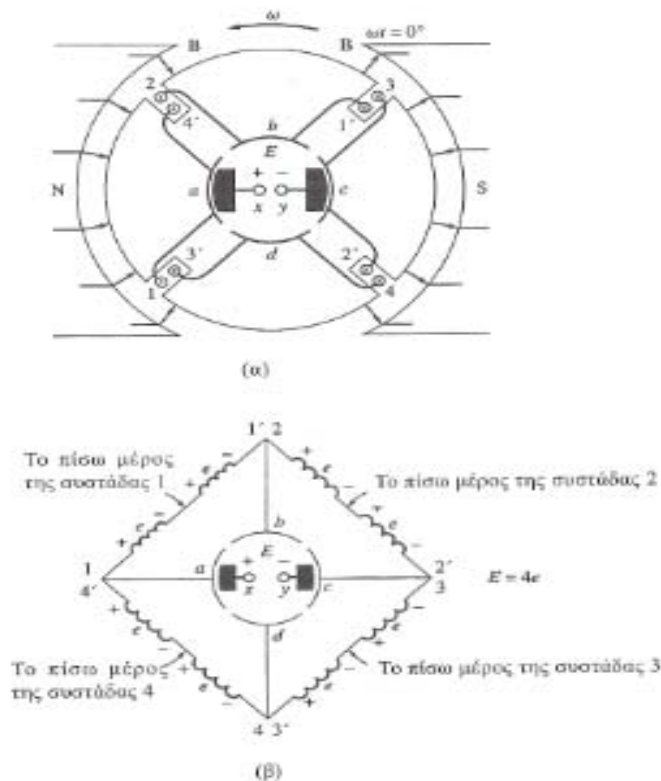
Αναλυτικότερα η διαδικασία με την οποία οι εναλλασσόμενες τάσεις και ρεύματα που υφίστανται στο εσωτερικό μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος μετατρέπονται σε συνεχείς ονομάζεται μεταγωγή. Μια λεπτομερής μελέτη του μηχανισμού μετατροπής θα έλυνε αρκετές πληροφορίες που δημιουργούνται. Μια απλή μηχανή συνεχούς ρεύματος με τέσσερα πλαίσια και δυο πόλους, τα πλαίσια είναι τοποθετημένα σε αυλάκια χαραγμένα πάνω στο δρομέα ο οποίος έχει κατασκευαστεί από χαλύβδινα δυναμοελάσματα. Η επιφάνεια των πόλων της μηχανής από την πλευρά του δρομέα είναι κυλινδρική, ώστε η απόσταση δρομέα στάτη να είναι παντού η ίδια και παντού στο διάκενο να υφίσταται η ίδια μαγνητική επαγωγή. Στο εσωτερικό της μηχανής



υπάρχουν δυο παράλληλες διαδρομές για το ρεύμα κάτι το οποίο είναι βασικό χαρακτηριστικό των μηχανών που χρησιμοποιούν συλλέκτη. Μόλις αρχίσει η περιστροφή έτσι ώστε τα δυο απέναντι πλαίσια να βρίσκονται έξω από τα άκρα των πόλων τότε και η τάση τους είναι μηδενική. Αυτή ακριβώς τη στιγμή και οι ψήκτρες βραχυκυκλώνουν τους διπλανούς τομείς του συλλέκτη. Αυτό συμβαίνει όταν τα πλαίσια που βρίσκονται μεταξύ των παραπάνω τομέων έχουν μηδενικές τάσεις στα άκρα τους οπότε δεν παρουσιάζεται κανένα πρόβλημα.

Αν περιστρέψουμε το δρομέα για ακόμη  $45^\circ$  τότε έχουμε μια νέα κατάσταση. Τα μισά άκρα βρίσκονται κάτω από το βόρειο πόλο και τα άλλα μισά κάτω από το νότιο όλα τα άκρα βρίσκονται υπό τάση. Συγκρίνοντας τις δυο καταστάσεις (πριν την περιστροφή) παρατηρούμε ότι οι τάσεις των πλαισίων έχει αλλάξει πολικότητα και η σύνδεση με τις ψήκτρες έχει και αυτή αντιστραφεί. Η πολικότητα της συνολικής τάσης της μηχανής παραμένει σταθερή. Αυτό είναι το βασικό σημείο της μεταγωγής. Όταν η τάση του ενός πλαισίου αντιστρέφεται η σύνδεση του πλαισίου στις ψήκτρες αντιστρέφεται και αυτή ώστε η τάση της μηχανής να έχει πάντα την ίδια πολικότητα.

Συνοψίζοντας μεταγωγή ονομάζεται η διαδικασία μεταβολής των συνδέσεων των πλαισίων στις ψήκτρες της μηχανής συνεχούς ρεύματος ταυτόχρονα με την αλλαγή της πολικότητας της τάσης των πλαισίων, ώστε η τάση εξόδου της μηχανής να προσεγγίζει όσο είναι δυνατό περισσότερο τη dc τάση. Όπως στην περίπτωση του απλού περιστρεφόμενου πλαισίου τα περιστρεφόμενα τμήματα πάνω στα οποία συνδέονται τα άκρα των βρόχων ονομάζονται τομείς του συλλέκτη (commutator segments), ενώ τα σταθερά τμήματα που εφάπτονται στο συλλέκτη ονομάζονται (brushes). Οι τομείς του συλλέκτη κατασκευάζονται σχεδόν πάντα από χάλκινες ράβδους και οι ψήκτρες παράγονται από κάποιο κράμα που περιέχει γραφίτη ώστε να προκαλείται μικρή τριβή καθώς οι τομείς του συλλέκτη κατά την περιστροφή τους τρίβονται σε αυτή.



- (α) μια μηχανή συνεχούς ρεύματος δυο πόλων τεσσάρων πλαισίων τη χρονική στιγμή  $\omega t = 0^\circ$   
 (β) οι τάσεις στους αγωγούς του δρομέα αυτή τη χρονική στιγμή

Στις πραγματικές μηχανές συνεχούς ρεύματος απαντώνται αρκετοί διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης των πλαισίων του δρομέα ο οποίος ονομάζεται και οπλισμός (armature) ή και τύμπανο της μηχανής με τους τομείς του συλλέκτη. Αυτοί οι διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης προσδιορίζουν τον αριθμό των παράλληλων κλάδων ρεύματος στο δρομέα, την τάση εξόδου, τον αριθμό και τη θέση των ψηκτρών.

Για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή σύνδεση των τυλιγμάτων του δρομέα στους τομείς του συλλέκτη, αυτά τα τυλίγματα (windings) αποτελούνται από συστάδες αγωγών (coils), που έχουν σχήμα διαμαντιού και η καθεμιά τους εισάγεται στο αντίστοιχο αυλάκι οπλισμού. Η κάθε συστάδα αποτελείται από έναν αριθμό αγωγίων πλαισίων. Αυτά τα πλαίσια είναι όλα μαζί τοποθετημένα στη συστάδα μονωμένα μεταξύ τους και μονωμένα επίσης από το αντίστοιχο αυλάκι του δρομέα. Η κάθε πλευρά του πλαισίου ονομάζεται αγωγός. Ο συνολικός αριθμός των αγωγών στον οπλισμό μιας μηχανής δίνεται:

$$Z = 2CN_C$$

$Z$  = ο αριθμός των αγωγών του δρομέα

$C$  = ο αριθμός των συστάδων του δρομέα

$N_C$  = ο αριθμός των πλαισίων σε μια συστάδα

Κανονικά μια συστάδα καλύπτει (έχει άνοιγμα)  $180^\circ$  (ηλεκτρικές μοίρες). Αυτό σημαίνει ότι τη στιγμή που η μια πλευρά που βρίσκεται κάτω από το κέντρο ενός δεδομένου πόλου, η άλλη πλευρά της βρίσκεται κάτω από το κέντρο ενός πόλου με αντίθετη πολικότητα από τον προηγούμενο.

Οι φυσικοί πόλοι του στάτη μπορεί να μην είναι τοποθετημένοι σε απόσταση  $180^\circ$  (μηχανικών μοιρών) ο ένας από τον άλλο, όμως το μαγνητικό πεδίο αλλάζει πολικότητα κατά τη διαδρομή από τον ένα πόλο της μηχανής στον επόμενο. Στους αγωγούς μια συστάδας, που έχει άνοιγμα  $180^\circ$  (ηλεκτρικές), οι τάσεις έχουν συνέχεια το ίδιο πλάτος, αλλά αντίθετη πολικότητα. Συχνά όμως, μια συστάδα αγωγών έχει άνοιγμα μικρότερο των  $180^\circ$ . Μια τέτοια συστάδα ονομάζεται κλασματικού βήματος ενώ το τύλιγμα που αποτελείται από συστάδες κλασματικού βήματος ονομάζεται τύλιγμα χορδής, εκφράζεται από το συντελεστή βήματος. Τα περισσότερα τυλίγματα δρομέων είναι δυο στρώσεων, πράγμα που σημαίνει ότι δυο πλευρές δυο διαφορετικών συστάδων εισάγονται στο ίδιο αυλάκι του οπλισμού. Η μια πλευρά της κάθε συστάδας τοποθετείται στο βάθος του αυλακιού της, ενώ η άλλη στο έξω μέρος του. Συνήθως αρχικά τοποθετείται η μια πλευρά όλων των συστάδων στο βάθος των αντίστοιχων αυλακιών και κατόπιν τοποθετούνται οι πλευρές που θα βρίσκονται στο εξωτερικό μέρος του οπλισμού. Έτσι βελτιώνεται η μηχανική αντοχή τους και η ομοιογένεια τους. Μόλις οι συστάδες του τυλίγματος της μηχανής τοποθετηθούν πάνω στον οπλισμό θα πρέπει να συνδεθούν με τους τομείς του συλλέκτη. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για να γίνουν αυτές οι συνδέσεις και οι διάφοροι τύποι οπλισμού που προκύπτουν παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

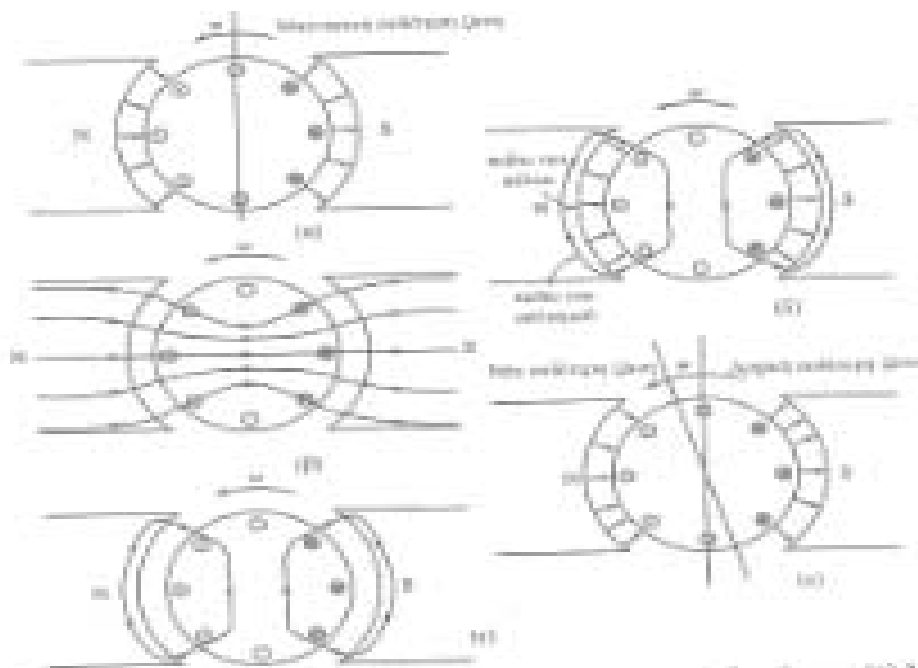
Στις πραγματικές μηχανές συνεχούς ρεύματος η μεταγωγή εμφανίζει προβλήματα τα πιο σοβαρά από αυτά είναι δυο :

- η αντίδραση του οπλισμού
- οι υπερτάσεις

Αντίδραση οπλισμού ονομάζεται η παραμόρφωση της μαγνητικής ροής κατά την αύξηση του φορτίου της μηχανής. Με τη σύνδεση του φορτίου στα άκρα της μηχανής εμφανίζεται στο τύλιγμα του οπλισμού κάποιο ρεύμα. Αυτό το ρεύμα δημιουργεί με τη σειρά του ένα άλλο μαγνητικό πεδίο το οποίο παραμορφώνει το αρχικό πεδίο των πόλων της μηχανής. Συνεπάγεται ότι δημιουργείται αντίδραση οπλισμού η οποία με τη σειρά της είναι η αιτία εμφάνισης σοβαρών προβλημάτων στις μηχανές συνεχούς ρεύματος.

Το πρώτο πρόβλημα είναι η μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης της μηχανής. Η ουδέτερη ζώνη μιας μηχανής είναι το επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί του δρομέα των οποίων η ταχύτητα είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου της μηχανής. Η τάση στα άκρα της ουδέτερης ζώνης είναι μηδέν. Γενικά η ουδέτερη ζώνη μετακινείται αντίθετα από τη φορά περιστροφής στους κινητήρες, το μέγεθος της μετακίνησης εξαρτάται από την τιμή του ρεύματος του δρομέα και κατ' επέκταση από το μέγεθος του φορτίου.

Κατά τη διαδικασία της μεταγωγής οι ψήκτρες βραχυκυκλώνουν τομείς του συλλέκτη τη στιγμή ακριβώς που η διαφορά δυναμικού μεταξύ αυτών των τομέων είναι μηδενική. Αν οι ψήκτρες είναι τοποθετημένες ώστε να βραχυκυκλώνουν αγωγούς που βρίσκονται που βρίσκονται στον κατακόρυφο επίπεδο δεν εμφανίζεται κανένα πρόβλημα για την μηχανή μέχρι να συνδεθεί σε αυτή φορτίο. Μετά τη σύνδεση του φορτίου η ουδέτερη ζώνη μετακινείται και έτσι οι ψήκτρες βραχυκυκλώνουν τομείς του συλλέκτη που εμφανίζουν κάποια διαφορά δυναμικού. Η μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης της μηχανής δημιουργεί εκκενώσεις και σπινθήρες στις ψήκτρες. Αυτό είναι το πιο σημαντικό πρόβλημα αφού μπορεί να προκαλέσει δραστική μείωση της ζωής των ψηκτρών, φθορά των τομέων του συλλέκτη και τεράστια αύξηση στο κόστος συντήρησης των μηχανών. Σε ακραίες περιπτώσεις η μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης της μηχανής μπορεί να οδηγήσει σε διάσπαση του διακένου μεταξύ των τομέων του συλλέκτη που βρίσκονται κοντά στις ψήκτρες. Η διάσπαση πραγματοποιείται όταν η τιμή της τάσης ανάμεσα στα στους γειτονικούς τομείς είναι αρκετά μεγάλη. Μια τέτοια διάσπαση μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της επιφάνειας του συλλέκτη.



- (α) αρχικά η μαγνητική ροή είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη και η μαγνητική ουδέτερη ζώνη είναι κατακόρυφη
- (β) η επίδραση του διακένου στον τρόπο διανομής της ροής
- (γ) το πεδίο του οπλισμού ως αποτέλεσμα της σύνδεσης ενός φορτίου στα άκρα της μηχανής
- (δ) τα δυο πεδία μαζί εδώ μπορούν να προσδιοριστούν τα σημεία από όπου τα πεδία προστίθενται ή αφαιρούνται μεταξύ τους
- (ε) η τελική μορφή της ροής κάτω από τους πόλους, η ουδέτερη ζώνη έχει μετακινηθεί προς την κατεύθυνση της κίνησης

Το δεύτερο σοβαρό πρόβλημα που προκαλεί η αντίδραση του οπλισμού ονομάζεται εξασθένηση της μαγνητικής ροής. Οι πιο πολλές μηχανές λειτουργούν με μαγνητική επαγωγή που βρίσκεται κοντά στο σημείο κορεσμού. Έτσι στα σημεία κάτω από τις επιφάνειες των πόλων, όπου η μαγνητεργετική δύναμη του δρομέα προστίθεται στην αντίστοιχη των πόλων εμφανίζεται μικρή αύξηση της ροής. Αντίθετα κάτω από τους πόλους και στα σημεία όπου η μαγνητεργετική δύναμη του δρομέα αφαιρείται από αυτή των πόλων εμφανίζεται αρκετά μεγάλη μείωση της ροής. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι κάτω από τα άκρα της επιφάνειας των πόλων η συνολική ροή μειώνεται. Η εξασθένηση της μαγνητικής ροής δημιουργεί προβλήματα τόσο στις γεννήτριες όσο και στους κινητήρες.

Το δεύτερο πιο σημαντικό πρόβλημα που προκαλείται όταν οι ψήκτρες βραχυκυκλώνουν τομείς του συλλέκτη είναι η υπέρταση που ονομάζεται και επαγωγική κρουστική τάση. Υποτίθεται ότι το ρεύμα μέσω της ψήκτρας έχει τιμή 400A οπότε το ρεύμα στον κάθε αγωγό είναι 200A. Φαίνεται επίσης πως όταν ένας τομέας του συλλέκτη έχει πια βραχυκυκλωθεί το ρεύμα του αποκτά αντίθετη φορά. Αν υποθέσουμε ότι η μηχανή περιστρέφεται με ταχύτητα 800r/min και ότι ο συλλέκτης διαθέτει 50 τομείς τότε ο κάθε τομέας περνά από την ψήκτρα για χρόνο  $t=60/(800*50)s=0,0015s$ .

Οι λύσεις που προτάθηκαν για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα της μεταγωγής είναι:

- μετακίνηση των ψηκτρών
- εισαγωγή βοηθητικών ή εσωτερικών πόλων
- εισαγωγή τυλιγμάτων αντιστάθμισης

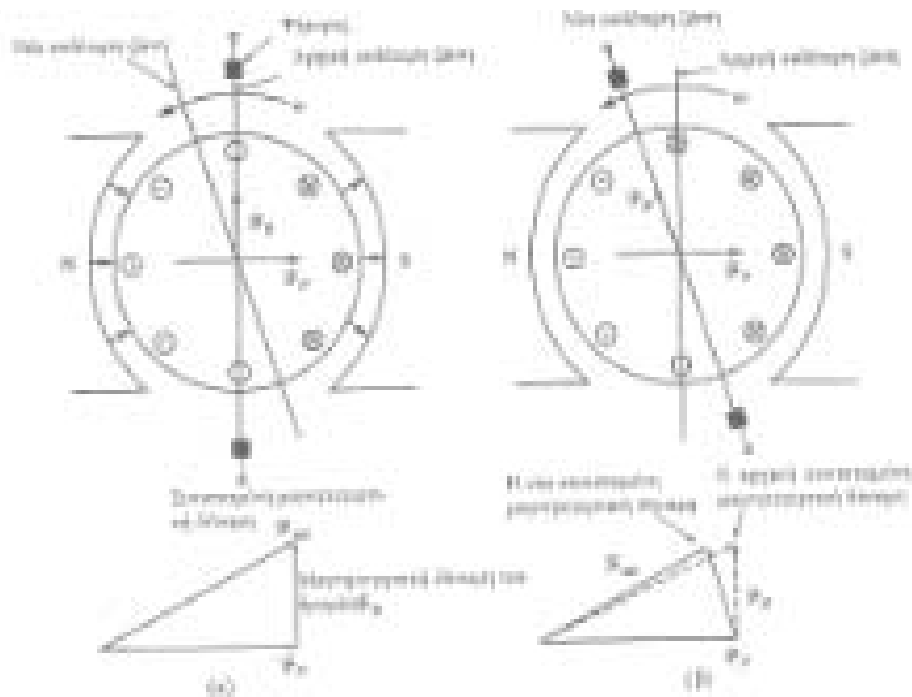
Η πρώτη προσέγγιση του προβλήματος αναφερόταν στην ουδέτερη ζώνη της μηχανής καθώς με την μετακίνηση της θα μπορούσαν να μετακινηθούν και οι ψήκτρες για να σταματήσουν οι σπινθηρισμοί. Σαν ιδέα ήταν καλή όταν όμως προσπάθησαν να την εφαρμόσουν αναδείχτηκαν πολλά προβλήματα.

Αν λυθεί το θέμα των σπινθηρισμών με την μετακίνηση των ψηκτρών το πρόβλημα της εξασθένησης της μαγνητικής ροής που προκαλεί η αντίδραση του οπλισμού επιδεινώνεται.

1. Η μαγνητεργετική δύναμη του δρομέα αποκτά τώρα μια συνιστώσα που αντιτίθεται στην μαγνητεργετική δύναμη των πόλων
2. Η μεταβολή της κατανομής ρεύματος στο δρομέα προκαλεί εντονότερη συγκέντρωση της μαγνητικής ροής στα κορεσμένα μέρη της επιφάνειας των πόλων.

Μια άλλη διαφορετική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η τοποθέτηση ψηκτρών στη βέλτιστη θέση. Σε τέτοια κατάσταση ο κινητήρας θα παρουσίαζε αρκετούς σπινθηρισμούς στη λειτουργία χωρίς φορτίο, ελάχιστους στη λειτουργία με πλήρες

φορτίο και αν λειτουργούσε συνέχεια φορτισμένος κατά τα δυο τρίτα το πρόβλημα θα ελαχιστοποιούνταν αισθητά. Βέβαια δε θα μπορούσε να λειτουργήσει ως γεννήτρια γιατί τα αποτελέσματα των σπινθηρισμών θα ήταν καταστροφικά.



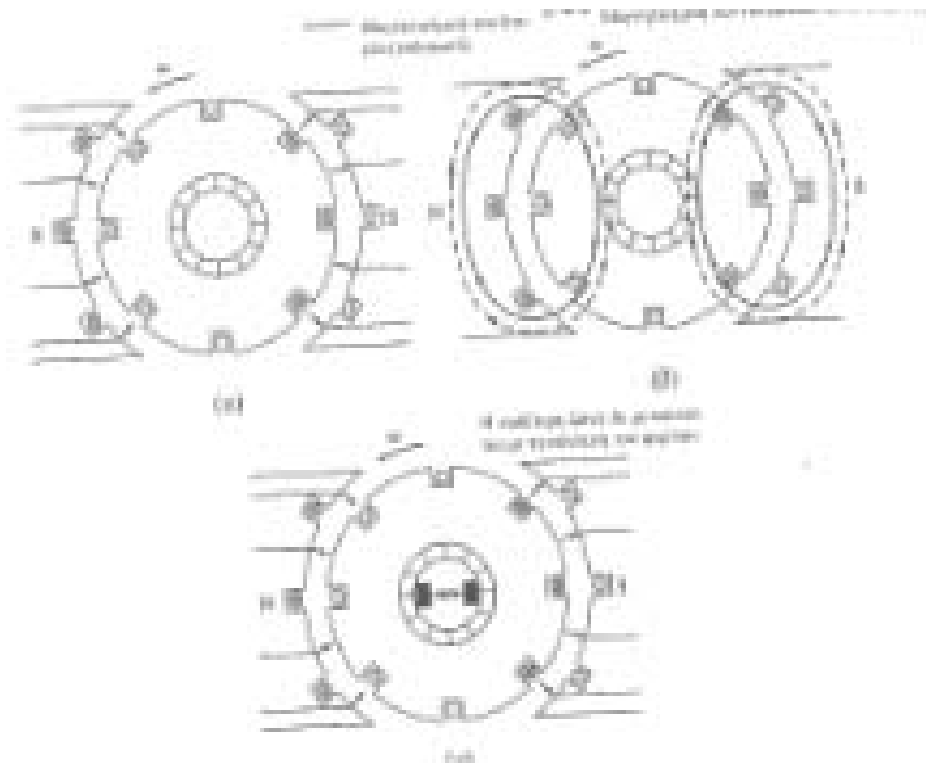
- (α) η συνισταμένη μαγνητεργετική δύναμη σε μια μηχανή συνεχούς ρεύματος που διαθέτει ψήκτρες στο κατακόρυφο επίπεδο  
 (β) η συνισταμένη μαγνητεργετική δύναμη σε μια μηχανή συνεχούς ρεύματος όπου οι ψήκτρες έχουν μετακινηθεί σε ουδέτερη ζώνη

Η χρήση βοηθητικών –εσωτερικών πόλων αναπτύχθηκε για την αποφυγή σπινθηρισμών στις ψήκτρες και την συνεχή μετακίνηση των ψηκτρών ανάλογα το φορτίο. Αν η διαφορά δυναμικού μεταξύ των αγωγών που υφίστανται μεταγωγή μπορεί να γίνει μηδενική το πρόβλημα των σπινθηρισμών εξαλείφεται. Για να επιτευχθεί αυτό στα μεσοδιαστήματα των πόλων παρεμβάλλονται μικροί πόλοι που ονομάζονται βοηθητικοί ή εσωτερικοί πόλοι. Αυτοί τοποθετούνται ακριβώς πάνω από τους αγωγούς που υφίστανται μεταγωγή προσδίδοντας κάποια μαγνητική ροή στο πεδίο της μηχανής. Η τάση μεταξύ αυτών των αγωγών μπορεί να γίνει μηδενική εξάλειψη δηλαδή των σπινθηρισμών στις ψήκτρες. Οι βοηθητικοί πόλοι δεν επηρεάζουν τη λειτουργία της μηχανής επειδή είναι τόσο μικροί που επιδρούν μόνο στους λίγους αγωγούς που υφίστανται μεταγωγή. Η αντίδραση του σπλισμού δεν επηρεάζεται από τους βοηθητικούς πόλους αφού οι τελευταίοι δεν μπορούν να επεκτείνουν την επιρροή τους ως εκεί. Ο μηδενισμός της τάσης των τομέων του συλλέκτη πραγματοποιείται με τη σύνδεση των τυλιγμάτων των βοηθητικών πόλων σε σειρά. Όσο αυξάνεται το φορτίο της μηχανής και το ρεύμα του δρομέα τόσο αυξάνονται το μέγεθος μετακίνησης της ουδέτερης ζώνης και τα φαινόμενα υπέρτασης. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι οι επιπτώσεις από την μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης και οι επιπτώσεις των φαινομένων υπέρτασης εξαλείφονται για μεγάλο εύρος φορτίων. Οι βοηθητικοί πόλοι είναι δυνατό να εφαρμοστούν είτε σε

κινητήρες είτε σε γεννήτριες αφού κατά την μεταβολή της λειτουργίας της μηχανής από κινητήρα σε γεννήτρια τόσο το ρεύμα του δρομέα όσο και το ρεύμα των βοηθητικών πόλων αλλάζουν κατεύθυνση. Η τάση που προκαλούν οι βοηθητικοί πόλοι στους αγωγούς που υφίστανται μεταγωγή θα πρέπει να είναι αντίθετη από αυτή που παράγεται με την μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης και από τα φαινόμενα υπέρτασης.

Στους κινητήρες μεγάλης ισχύος και αυστηρών προδιαγραφών το πρόβλημα της εξασθένησης της μαγνητικής ροής στο εσωτερικό τους είναι πολύ σοβαρό. Γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκε μια διαφορετική τεχνική που εξαλείφει το πρόβλημα της αντιμετώπισης του οπλισμού ελαχιστοποιώντας την μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης και την εξασθένηση της ροής. Στην τεχνική αυτή τοποθετούνται τα τυλίγματα αντιστάθμισης σε αυλάκια που βρίσκονται στις επιφάνειες των πόλων και απέναντι από τους αγωγούς του δρομέα ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα αποτελέσματα αντιστάθμισης οπλισμού. Αυτά τα τυλίγματα συνδέονται στη σειρά με τα τυλίγματα του δρομέα με σκοπό οποιαδήποτε μεταβολή του ρεύματος του δρομέα να προκαλεί αντίστοιχη μεταβολή στο ρεύμα τυλιγμάτων αντιστάθμισης.

Παρατηρείται ότι η μαγνητεργετική δύναμη λόγω των τυλιγμάτων αντιστάθμισης είναι ίση και αντίθετη με την μαγνητεργετική δύναμη του δρομέα σε κάθε σημείο κάτω από τις επιφάνειες του πόλου. Η συνολική μαγνητεργετική δύναμη που προκύπτει οφείλεται στους πόλους έτσι και η μαγνητική ροή στην μηχανή παραμένει αμετάβλητη ανεξάρτητα από το φορτίο της μηχανής. Το μειονέκτημα των τυλιγμάτων αντιστάθμισης είναι το υψηλό κόστος τους καθώς είναι απαραίτητο να εισχωρήσουν στις επιφάνειες των πόλων. Σε κάθε μηχανή που διαθέτει τυλίγματα αντιστάθμισης θα πρέπει να υπάρχουν και βοηθητικοί πόλοι αφού από μόνοι τους δεν μπορούν να καταστείλουν τα φαινόμενα. Όμως αφού οι βοηθητικοί πόλοι εδώ δεν έχουν σαν αποστολή τους τη διόρθωση της μετακίνησης της ουδέτερης ζώνης είναι δυνατό να μην είναι τόσο ισχυροί, αν δεν υπήρχαν τα τυλίγματα αντιστάθμισης. Εξαιτίας της μεγάλης δαπάνης που απαιτεί η εισαγωγή τυλιγματος αντιστάθμισης και βοηθητικών πόλων σε μια μηχανή αυτό το τύλιγμα χρησιμοποιείται μόνο όταν το απαιτούν εξαιρετικά αυστηρές προδιαγραφές για τον κινητήρα.



Επίδραση των τυλιγμάτων αντιστάθμισης σε μια μηχανή συνεχούς ρεύματος

(α) η ροή των πόλων

(β) οι μαγνητικές ροές του οπλισμού και των τυλιγμάτων αντιστάθμισης φαίνεται καθαρά ότι αυτές είναι ίσες και αντίθετες μεταξύ τους

(γ) η συνολική ροή της μηχανής είναι ίδια με την αρχική της ροή

### **Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των μηχανών συνεχούς ρεύματος**

Οι μηχανές αποτελούνται από δυο μέρη: το στάτη που είναι το ακίνητο μέρος της μηχανής και το δρομέα που είναι το κινητό μέρος της μηχανής, το περιστρεφόμενο τμήμα. Το ακίνητο μέρος περιλαμβάνει το πλαίσιο-σασί πάνω στο οποίο στηρίζεται η μηχανή και τους πόλους που τοποθετούνται στο εσωτερικό του πλαισίου και παράγουν το μαγνητικό πεδίο της μηχανής. Τα άκρα των πόλων προς το μέρος του δρομέα εκτείνονται πάνω από την επιφάνεια και διανέμουν ομοιόμορφα την μαγνητική ροή σ' όλο το πλάτος της επιφάνειας. Τα άκρα των πόλων ονομάζονται πέλματα των πόλων. Η επιφάνεια του πέλματος ονομάζεται επιφάνεια του πόλου και η απόσταση μεταξύ του πέλματος και δρομέα ονομάζεται διάκενο. Κάθε μηχανή συνεχούς ρεύματος διαθέτει δυο κύρια τυλίγματα: το τύλιγμα του οπλισμού και το τύλιγμα διέγερσης. Το τύλιγμα του οπλισμού ορίζεται ως το στο οποίο επάγεται μια τάση, ενώ το τύλιγμα διέγερσης ορίζεται ως το τύλιγμα που παράγει το κύριο μαγνητικό πεδίο της μηχανής. Σε μια συνηθισμένη μηχανή συνεχούς ρεύματος το τύλιγμα οπλισμού τοποθετείται στο δρομέα και το τύλιγμα πεδίου στο στάτη. Αυτό γιατί το τύλιγμα οπλισμού τοποθετείται στο δρομέα αυτός συνηθίζεται να ονομάζεται οπλισμός της μηχανής.





### **Κατασκευή του δρομέα**

Ο δρομέας ή οπλισμός μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος αποτελείται από έναν χαλύβδινο άξονα πάνω στον οποίο τοποθετείται ο πυρήνας. Ο πυρήνας αυτός κατασκευάζεται από πολλά χαλύβδινα ελάσματα ενωμένα μεταξύ τους και πάνω τους είναι χαραγμένα τα αυλάκια στα οποία τοποθετείται το τυλίγμα του δρομέα. Στο ένα άκρο του πυρήνα και πάνω στον άξονα προσαρμόζεται ο συλλέκτης στους τομείς του οποίου καταλήγουν τα άκρα συστάδων στου τυλίγματος.

### **Συλλέκτης και ψήκτρες**

Στις μηχανές συνεχούς ρεύματος ο συλλέκτης κατασκευάζεται συνήθως από χάλκινες ράβδους που μονώνονται μεταξύ τους με κάποιο υλικό τύπου μίκας. Οι ράβδοι είναι αρκετά χοντρές ώστε να αντέχουν στη φθορά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής. Από την άλλη μεριά η μονωτική μίκα θα πρέπει να είναι πιο σκληρή και να σπάζει ευκολότερα από το υλικό του συλλέκτη, επειδή συχνά η μόνωση θα πρέπει να ξύνεται αφού με την πάροδο του χρόνου υπάρχει περίπτωση να προεξέχει από την επιφάνεια του συλλέκτη. Οι ψήκτρες κατασκευάζονται από άνθρακα, από απλό ή μεταλλικό γραφίτη ή από μίγμα άνθρακα και γραφίτη. Διαθέτουν μεγάλη αγωγιμότητα για να αποφεύγεται η αύξηση των θερμικών απωλειών και μικρό συντελεστή τριβής για την μείωση της υπερβολικής φθοράς που υφίστανται. Είναι σκόπιμα πολύ πιο μαλακές από τους τομείς του συλλέκτη ώστε αυτός να φθείρεται ελάχιστα. Τελικά η επιλογή του υλικού των ψηκτρών είναι συμβιβασμού. Για να μετατραπεί η εσωτερική εναλλασσόμενη τάση της μηχανής σε συνεχή τάση στα άκρα της οι ψήκτρες θα πρέπει συνεχώς να τρίβονται πάνω στο συλλέκτη. Αυτό έχει σαν άμεσο αποτέλεσμα τις φορές στην επιφάνεια του που αναφέρθηκαν πιο. Αν η πίεση που ασκούν οι ψήκτρες στους τομείς του συλλέκτη είναι πολύ μεγάλη τα δυο μέρη φθείρονται υπερβολικά. Στην αντίθετη περίπτωση που η πίεση μεταξύ τους είναι πολύ μικρή οι ψήκτρες κάνουν ελαφρά πηδήματα πράγμα που προκαλεί σπινθήρες στην επιφάνεια της ψήκτρας και στον τομέα του συλλέκτη. Το συμπέρασμα είναι ότι το μέγεθος της πίεσης μεταξύ δυο επιφανειών θα πρέπει να επιλέγεται πολύ προσεκτικά με στόχο την μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής τους.

Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει το μέγεθος της φθοράς στις ψήκτρες και στο συλλέκτη μιας μηχανής είναι η τιμή του ρεύματος της μηχανής. Στην κανονική λειτουργία των επιφανειών των ψηκτρών και των τομέων του συλλέκτη εμφανίζεται ένα πολύ λεπτό στρώμα οξειδίων το οποίο διευκολύνει την κίνηση. Το στρώμα αυτό εξαφανίζεται όταν το ρεύμα είναι πολύ μικρό και η τριβή μεταξύ των επιφανειών αυξάνεται.

### **Μονώσεις τυλιγμάτων**

Το επόμενο σημαντικό μέρος της σχεδίασης μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος μετά το συλλέκτη είναι οι μονώσεις των τυλιγμάτων της. Όταν καταστραφεί η μόνωση των τυλιγμάτων μιας μηχανής αυτή βραχυκυκλώνεται. Η επισκευή της μηχανής μετά από ένα τέτοιο βραχυκύκλωμα αν είναι εφικτή είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Για να προστατευθεί μια μηχανή από καταστροφή της μόνωσης των τυλιγμάτων λόγω υπερθέρμανσης είναι απαραίτητος ο περιορισμός της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή κυκλώματος ψυχρού αέρα στην μηχανή. Η μέγιστη θερμοκρασία των τυλιγμάτων είναι αυτή που περιορίζει την μέγιστη ισχύ που είναι ικανή να προσφέρει η μηχανή σε συνεχή λειτουργία. Η μόνωση σπάνια καταστρέφεται αυτόματα μόλις ξεπεραστεί μια συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Αντίθετα μπορεί να καταστραφεί με ένα δυνατό χτύπημα λόγω των ταλαντώσεων ή κάποιου άλλου ηλεκτρικού προβλήματος. Υπάρχει ένας παλιός εμπειρικός κανόνας σύμφωνα με τον οποίο η διάρκεια ζωής μια μηχανής με δεδομένη μόνωση μειώνεται κάθε φορά στο μισό που η θερμοκρασία των τυλιγμάτων αυξάνεται κατά 10%.

Οι απώλειες που εμφανίζονται στις μηχανές συνεχούς ρεύματος χωρίζονται σε 5 βασικές κατηγορίες :

1. Απώλειες χαλκού
2. Απώλειες ψηκτρών
3. Απώλειες πυρήνα
4. Μηχανικές απώλειες
5. Κατανεμημένες απώλειες

Οι απώλειες χαλκού εμφανίζονται στα τυλίγματα του οπλισμού και του πεδίου, οι παρακάτω εξισώσεις περιγράφουν τις απώλειες αυτές

$$P_A = I_A^2 R_A \quad \text{απώλειες τυλίγματος οπλισμού}$$
$$P_F = I_F^2 R_F \quad \text{απώλειες τυλίγματος πεδίου}$$

$P_A$  = απώλειες οπλισμού

$P_F$  = απώλειες πεδίου

$I_F$  = το ρεύμα στα τυλίγματα τυμπάνου

$I_A$  = το ρεύμα οπλισμού

$R_A$  = αντίσταση των τυλιγμάτων οπλισμού

$R_F$  = αντίσταση στα τυλίγματα πεδίου

Οι απώλειες ψηκτρών οφείλονται στη τάση επαφής των ψηκτρών της μηχανής υπολογίζονται με τον παρακάτω τρόπο επειδή ακριβώς η πτώση τάσης στην επαφή τους είναι σχετικά σταθερή για μεγάλο εύρος τιμών του ρεύματος οπλισμού και ισχύει :

$$P_{BD} = V_{BD} I_A$$

$P_{BD}$  = απώλειες ψηκτρών

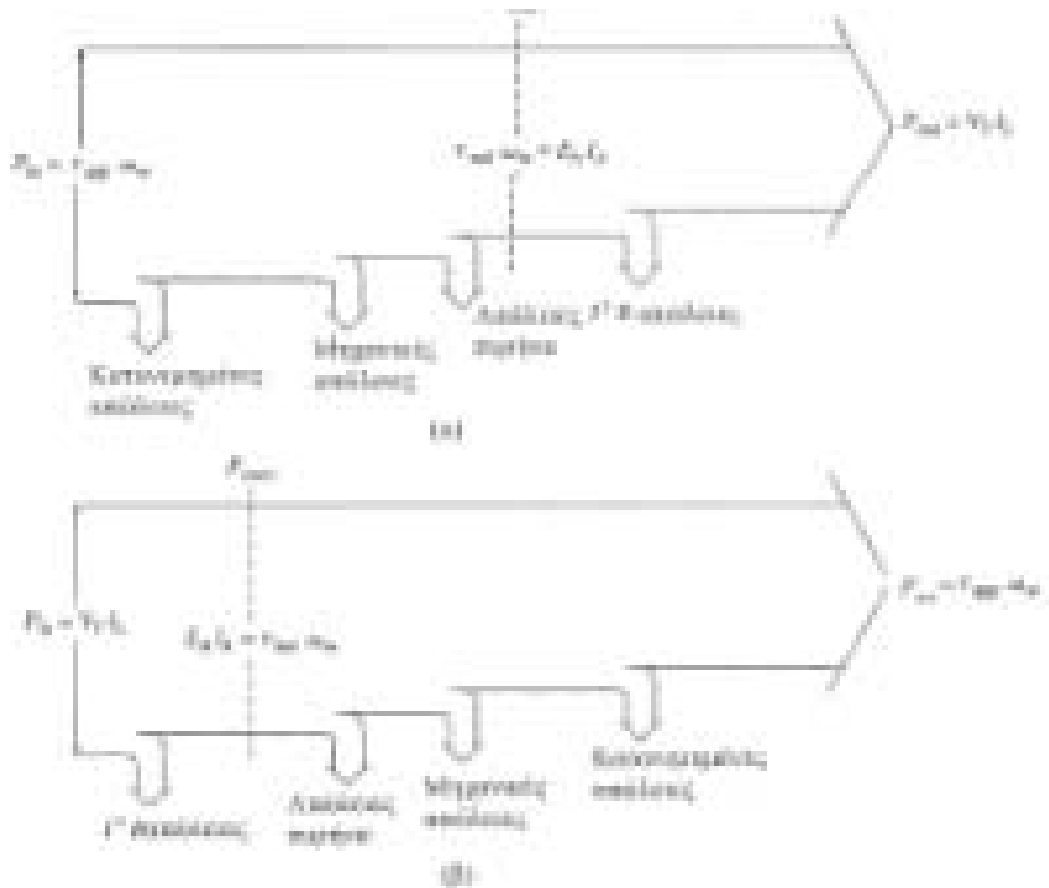
$V_{BD}$  = η πτώση τάσης στις ψήκτρες

$I_A$  = ρεύμα οπλισμού

Οι απώλειες πυρήνα περιγράφουν τις απώλειες υστέρησης και δινορρευμάτων του μετάλλου της μηχανής.

Οι μηχανικές απώλειες είναι αυτές που σχετίζονται με τα μηχανικά φαινόμενα. Οι δυο βασικοί τύποι απωλειών είναι : απώλειες τριβών που οφείλονται στα ρουλεμάν και απώλειες εξαερισμού που οφείλονται στην τριβή των κινητών μερών της μηχανής.

Οι κατανεμημένες απώλειες περιλαμβάνουν απώλειες που δεν είναι δυνατόν να κατανεμηθούν σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες.



Το (α) περιγράφει τις απώλειες σε γεννήτρια συνεχούς ρεύματος  
Και το (β) σε κινητήρα συνεχούς ρεύματος.

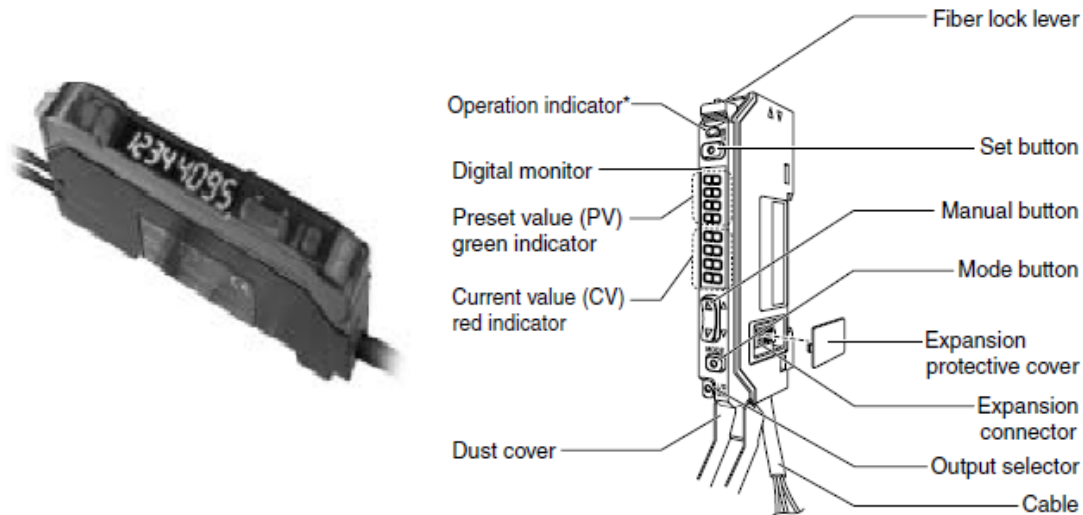
Οι μηχανές χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με τα τυλίγματα διέγερσης :

1. Κινητήρες παράλληλης διέγερσης
2. Κινητήρες διέγερσης σειράς
3. Κινητήρες σύνθετης διέγερσης
4. Κινητήρες ξένης διέγερσης

Οι δυο κινητήρες που χρησιμοποιούμε είναι με μειωτήρα στροφών και αυτό γιατί οι πολλές στροφές δεν εξυπηρετούν την εφαρμογή μας. Αυτό που κάνει ο μειωτήρας είναι να μειώνει τις στροφές στην έξοδο του κινητήρα.

#### 7.4 Αισθητήρας μέτρησης απόστασης

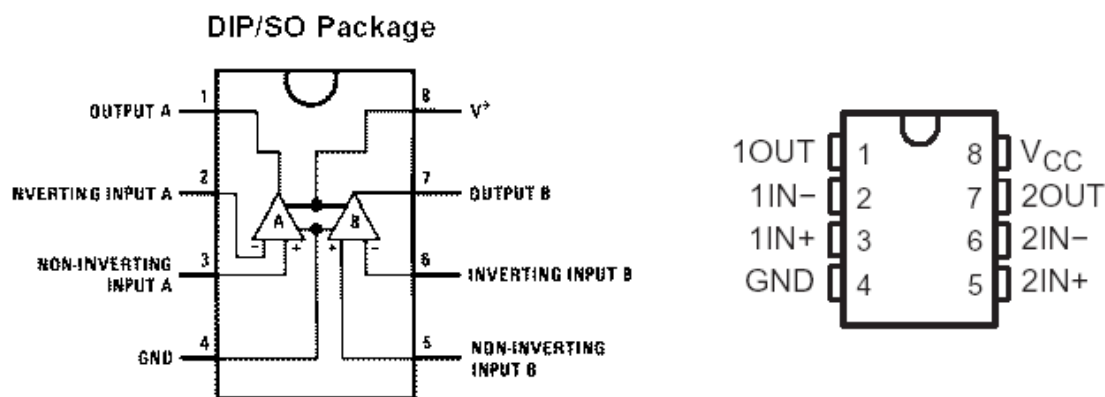
Όπως ανέφερα και παραπάνω χρησιμοποιούμε έναν αισθητήρα μέτρησης απόστασης ώστε να έχουμε μια συγκεκριμένη απόσταση κατά τη διάρκεια της κοπής της οθόνης.



Ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι της Keyence ψηφιακός διπλός αισθητήρας ιών που μετρά την απόσταση με τη βοήθεια υπέρυθρων ακτινών. Ο αισθητήρας αυτός ενεργοποιείται όταν σε μια απόσταση κάποιων εκατοστών έχουν εντοπίσει οι υπέρυθρες (έχει γίνει set) ένα αντικείμενο. Για να γίνει το set πρέπει να βρεθεί σε μια ορισμένη απόσταση το αντικείμενο και τότε να πατηθεί το κουμπί που γράφει set για μερικά δευτερόλεπτα. Τότε ανάβει και το κόκκινο led και ο αισθητήρας βρίσκεται σε λειτουργία. Συνδέοντας ένα βολτόμετρο τη στιγμή του set καθώς αλλάζει η απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου εμφανίζεται μια μικρή πτώση τάσης. Ο αισθητήρας έχει 3 καλώδια συνδεδεμένα εκ των οποίων το ένα είναι η είσοδος στην οποία πάντα συνδέεται συνεχή τάση μεταξύ 12-24Volt σε εναλλασσόμενη τάση δεν λειτουργεί ενώ αν αυτή ξεπεράσει τα 100 Volt υπάρχει περίπτωση να διαλυθεί. Το δεύτερο καλώδιο είναι η γείωση και το τρίτο είναι η έξοδος στην οποία μπορούμε να πάρουμε μέχρι 100mA και 30 Volt ανάλογα με πόσα θα τροφοδοτήσουμε την είσοδο. Η ψηφιακή οθόνη που έχει μας δείχνει με ακρίβεια δυο τιμές μια με πράσινο και μια με κόκκινο χρώμα. Η πρώτη με το πράσινο είναι αυτή του καθορίστηκε στο set και η άλλη με το κόκκινο που δείχνει την τρέχον τιμή του αισθητήρα. Το εσωτερικό κύκλωμα του αισθητήρα δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο καθώς το κυρίως κύκλωμα είναι γύρω από ένα φωτοηλεκτρικό αισθητήρα. Το άλλο άκρο του κυκλώματος συνδέεται με την γείωση. Μεταξύ του φωτοηλεκτρικού αισθητήρα και του σύρματος εισόδου είναι συνδεδεμένη μια διόδος για προστασία. Το συγκεκριμένο κύκλωμα συνδέεται με ένα άλλο κύκλωμα το οποίο προστατεύει γενικά τον αισθητήρα από την υπέρταση. Η είσοδος συνδέεται με το κύκλωμα προστασίας μέσω ενός τρανζίστορ NPN το άλλο άκρο του οποίου είναι συνδεδεμένο στην έξοδο του αισθητήρα. Επίσης χρησιμοποιείται μια διόδος Zener μεταξύ της εισόδου και της εξόδου.

Ο αισθητήρας στη δική μας εφαρμογή θα συνδεθεί με το σύστημα παλινδρόμησης και θα είναι υπεύθυνος για την κίνηση του φορείου και την τήρηση της σωστής απόστασης. Αυτό θα πραγματοποιηθεί καθώς θα συνδέσουμε την έξοδο του αισθητήρα με ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

Η πτώση τάσης που ήδη επισήμανα θα ελέγχεται από το σύστημα ελέγχου μέσω ενισχυτών. Η πλακέτα που θα κάνει τον έλεγχο της κίνησης βασίζεται στο LM358 το οποίο περιέχει εσωτερικά δυο ενισχυτές.



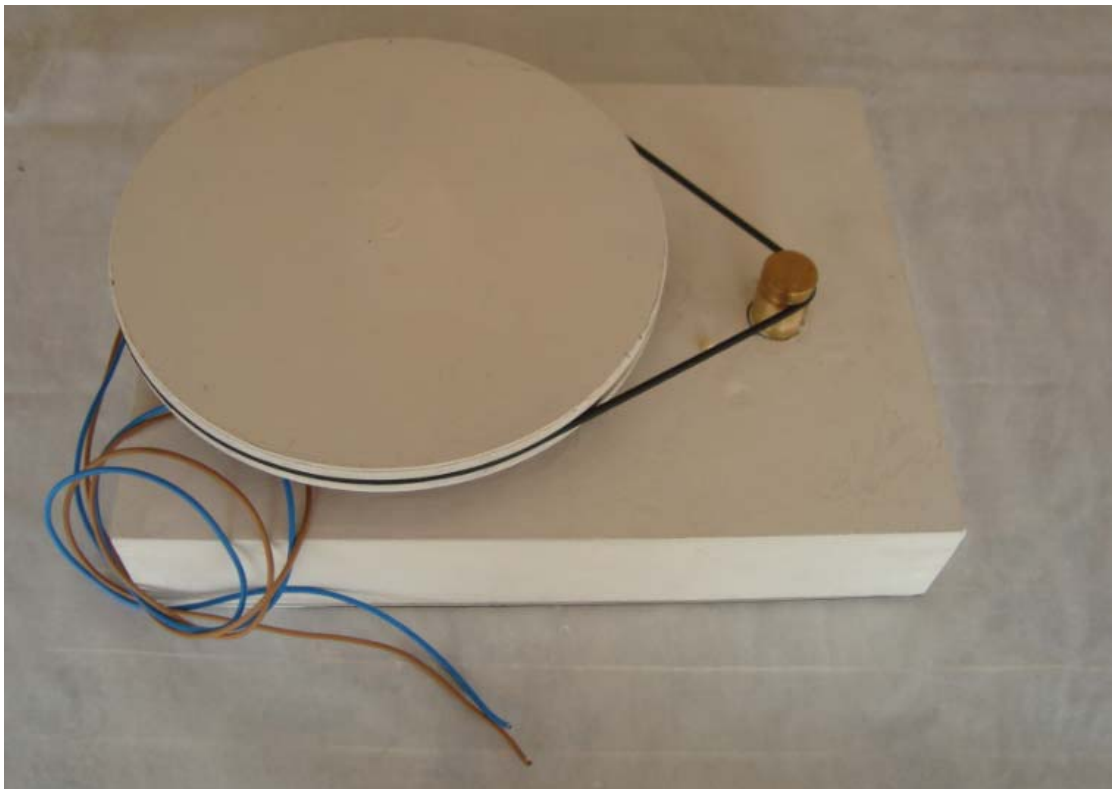
Η δομή του συγκεκριμένου ολοκληρωμένου είναι η παραπάνω και αυτό που κάνει είναι να ενισχύει το σήμα που δέχεται και στην παρούσα φάση την μικρή πτώση τάσης να την ενισχύει για να οδηγήσει σε κίνηση το σύστημα παλινδρόμησης.

### 7.5 Σύστημα τοποθέτησης CRT οθόνης

Η παρακάτω εικόνα μας δείχνει πως είναι η περιστροφική επιφάνεια η οποία αποτελείται από ξύλο και είναι διαμέτρου 30cm. Ο κινητήρας είναι συνδεδεμένος με άξονα από τον οποίο μεταδίδεται η κίνηση στην περιστροφική επιφάνεια με τη χρήση ενός ιμάντα. Στην περιστροφική επιφάνεια έχει δημιουργηθεί κατάλληλη «αυλάκωση» ώστε να εφαρμόζεται με ακρίβεια ο ιμάντας. Κάτω από την περιστρεφόμενη επιφάνεια υπάρχει άλλη μια στρογγυλή ξύλινη επιφάνεια η οποία όμως είναι σταθερή δεν κινείται και ουσιαστικά αποτελεί τη βάση για το περιστρεφόμενο αυτό σύστημα και ενώνονται με ένα γρανάτζι. Η λειτουργία του συστήματος περιστροφής είναι πολλή σημαντική και πολύ δύσκολο να επιτευχθεί ορθά καθώς η ταχύτητα με την οποία θα περιστρέφεται είναι απαραίτητο να είναι συνυφασμένη με τον αισθητήρα (κανονικά με το λέιζερ) ώστε να επιτυγχάνεται η διαδικασία της κοπής με επιτυχία. Επομένως η ακριβής ρύθμιση των στροφών γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού συστήματος που θα αναλυθεί παρακάτω η λειτουργία. Ακολουθούν πλαϊνή εικόνα του συστήματος περιστροφής όπου φαίνεται αναλυτικά ο τρόπος κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος περιστροφής.

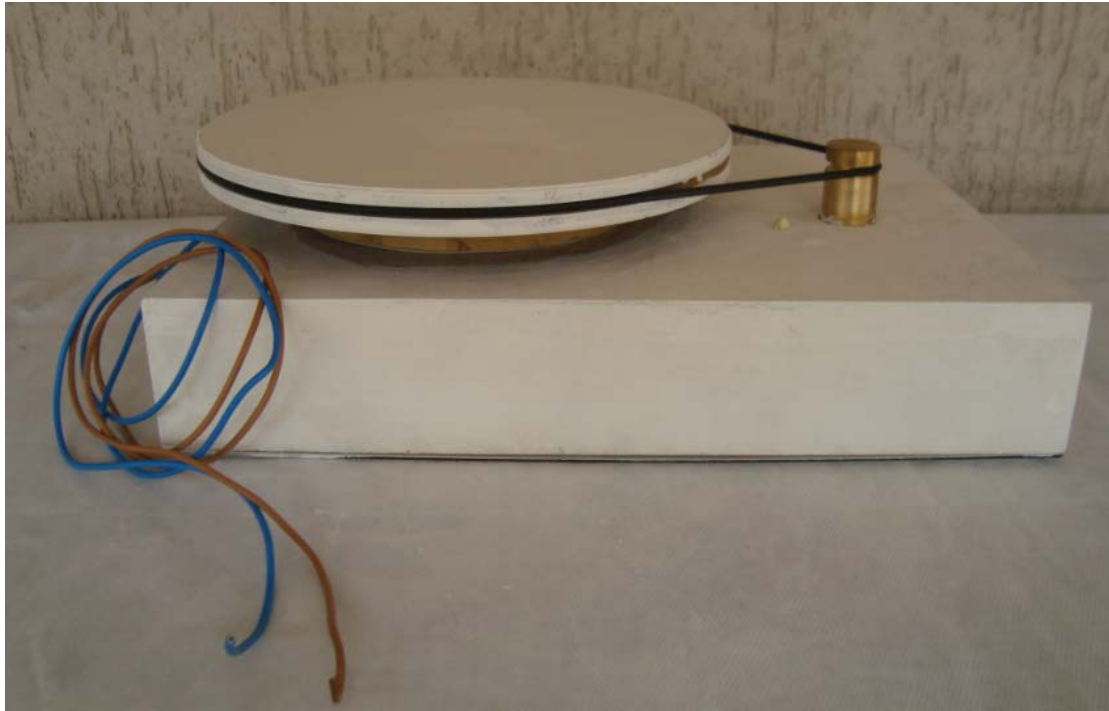


η θέση του κινητήρα είναι σε σημείο όπου δεν φαίνεται το μόνο που γίνεται αντιληπτό είναι ο άξονας οποίος και κινεί το όλο σύστημα

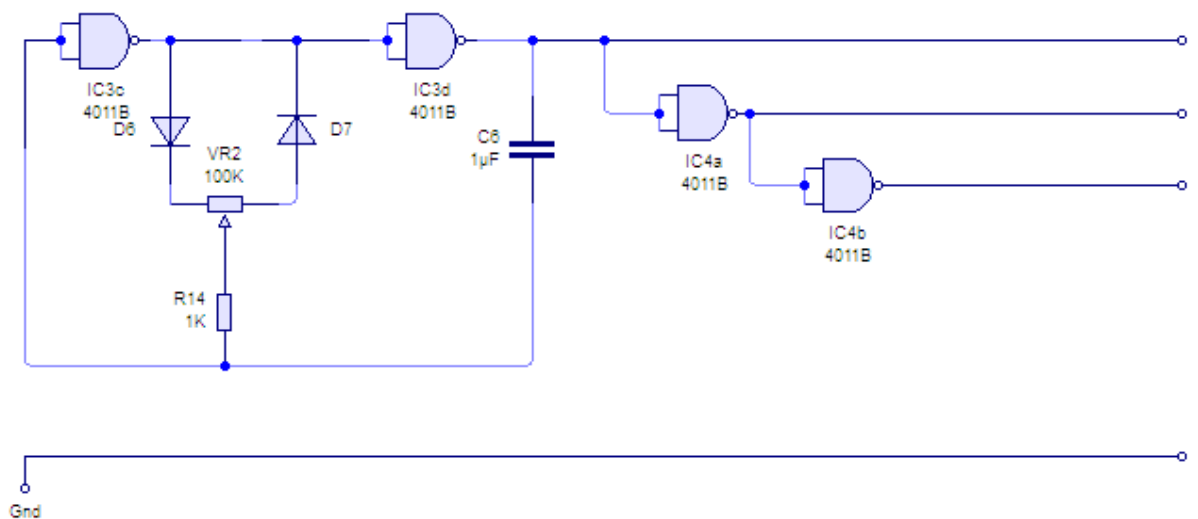




τα δυο συστήματα σε συνεργασία καθώς πρέπει να εναρμονιστεί η κίνηση μεταξύ τους ώστε να συνεργάζονται για να μπορούν να «κόψουν το γυαλί της τηλεόρασης



Η ταχύτητα περιστροφής της οθόνης είναι το σημείο το οποίο πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα καθώς πρέπει να περιστρέφεται με ταχύτητα τέτοια ώστε να προλαβαίνει να πραγματοποιείται η κοπή του γυαλιού.



Το παραπάνω σχέδιο είναι το ηλεκτρονικό κύκλωμα που έχει κατασκευασθεί για να ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής του συστήματος. Το παραπάνω κύκλωμα είναι ένας ασταθής ταλαντωτής κατασκευασμένος με πύλες NAND το οποίο μπορεί να κατασκευασθεί και με πύλες NOR. Αυτός δεν έχει σταθερή κατάσταση εξόδου, ούτε εισόδου αλλά μόνο μια έξοδο που παράγει περίπου τετραγωνική μορφή ταλάντωσης και γι' αυτό ονομάζεται κύκλωμα παραγωγής clock. Το πιο χρήσιμο μέγεθος που χαρακτηρίζει την μορφή εξόδου είναι ο λόγος παλμού παύσης (duty cycle). Σε αυτόν τον τύπο βασιστήκαμε και εμείς ώστε να κάνουμε ρύθμιση στροφών. Αυτό το οποίο πρέπει να διευκρινιστεί είναι ότι για να επιτύχουμε τις στροφές αρκεί να ρυθμίσουμε την τάση εξόδου του κυκλώματος οδήγησης.

duty cycle:  $d = \frac{t_{ON}}{T}$   $T = t_{on} + t_{off}$  και προκύπτει ότι duty cycle είναι 50%.

Το clock που θέλουμε να κατασκευάσουμε ισχύει  $f = 1\text{KHz}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 \cdot 10^3} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ s} \text{ ή } T = 1 \text{ ms}$$

$$T = 2R \cdot C$$

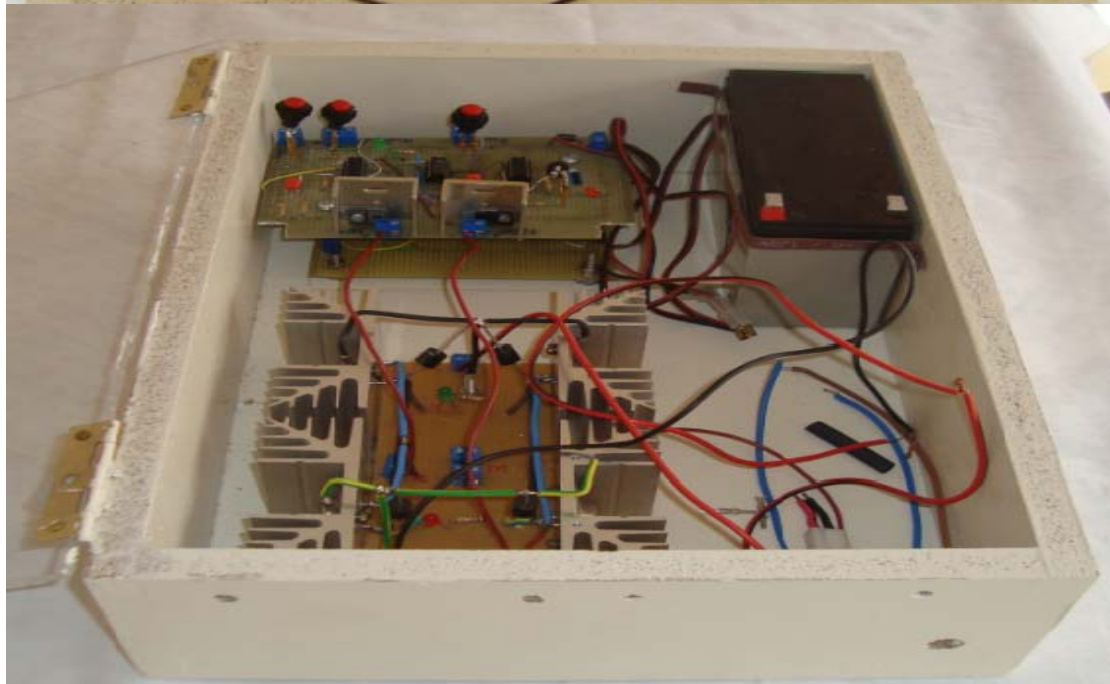
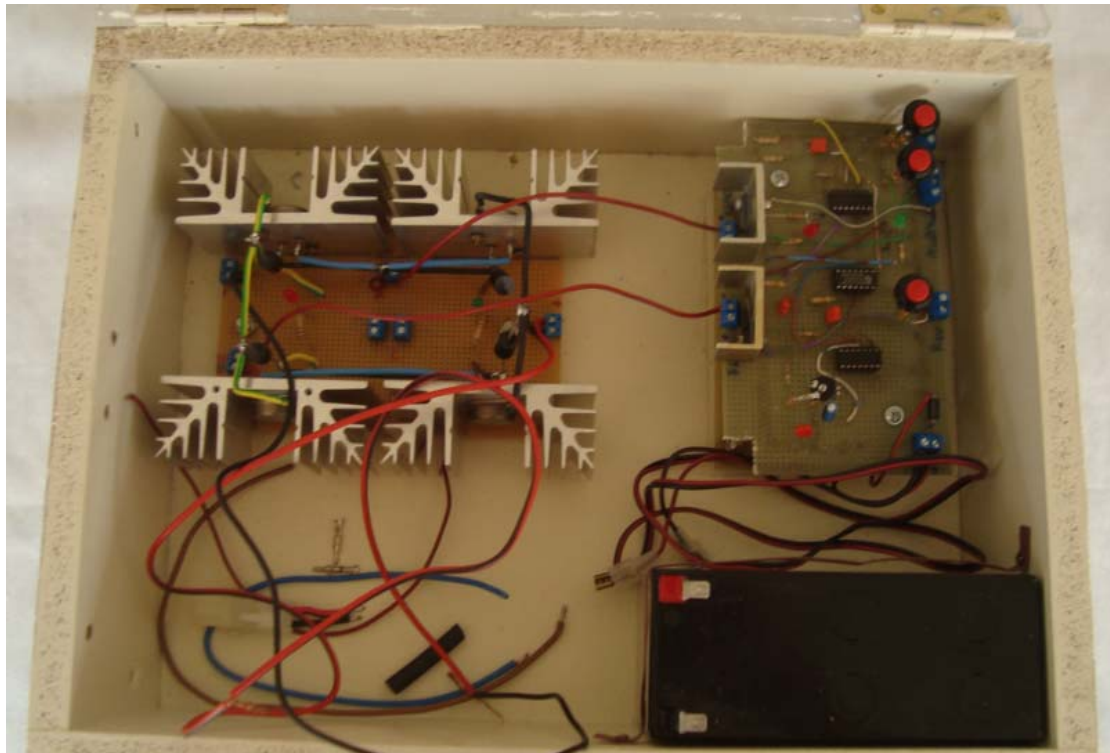
$$C = 1 \text{ nF}$$

$$1 \cdot 10^{-3} = 2R \cdot 1 \cdot 10^{-9} \Rightarrow R = 500 \text{ K}\Omega$$

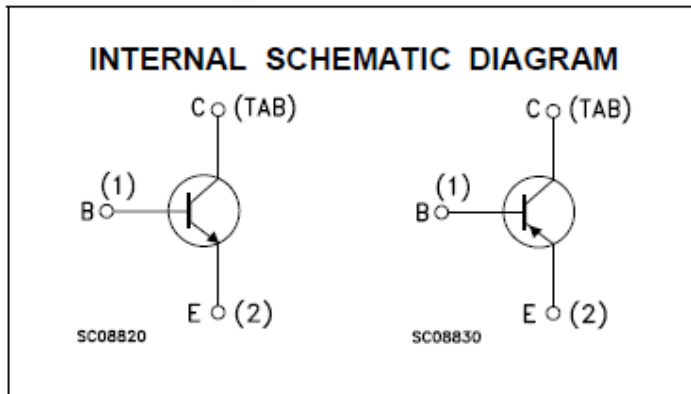
Με βάση αυτόν τον τύπο υπολογίστηκε η τιμή της αντίστασης που απαιτείται για να λειτουργήσει σωστά το κύκλωμα ελέγχου στροφών του κινητήρα. Και να επιτύχουμε το επιθυμητό duty cycle.

## 7.6 Κέντρο ελέγχου της κατασκευής

Οι παρακάτω εικόνες μας δείχνουν το κέντρο ελέγχου της όλης κατασκευής καθώς εκεί είναι τοποθετημένες η πηγή τροφοδοσίας και οι πλακέτες που συνδέονται είτε με το σύστημα παλινδρόμησης είτε με το σύστημα περιστροφής. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της «διπλής πλακέτας», 2 αποστάτες τοποθετήθηκαν για να συνδεθούν μαζί 2 πλακέτες που είναι και οι πιο σημαντικές της κατασκευής. Παρακάτω θα αναπτυχθεί η λειτουργία του κάθε κυκλώματος (που συνδέθηκε στην κάθε πλακέτα) και θα παρατηρήσουμε το ηλεκτρονικό κύκλωμα.



Το επόμενο κύκλωμα που θα αναλυθεί η λειτουργία του είναι η «γέφυρα Η». Ονομάζεται έτσι γιατί καθώς παρατηρείται και παρακάτω το ηλεκτρονικό του κύκλωμα «μοιάζει με το Η» και είναι μονάδα ισχύος. Τα στοιχεία που αποτελούν την «γέφυρα Η» είναι 2 τρανζίστορ 2N3055 τύπου NPN και τα αντίστοιχα MJ2955 τύπου PNP και έχουν πεταλοειδή μορφή όπως φαίνεται παρακάτω. Παρουσιάζεται και το εσωτερικό σχηματικό διάγραμμα των τρανζίστορ για να γίνει κατανοητό ότι είναι NPN και PNP ανάλογα τη φορά που άγει το καθένα.

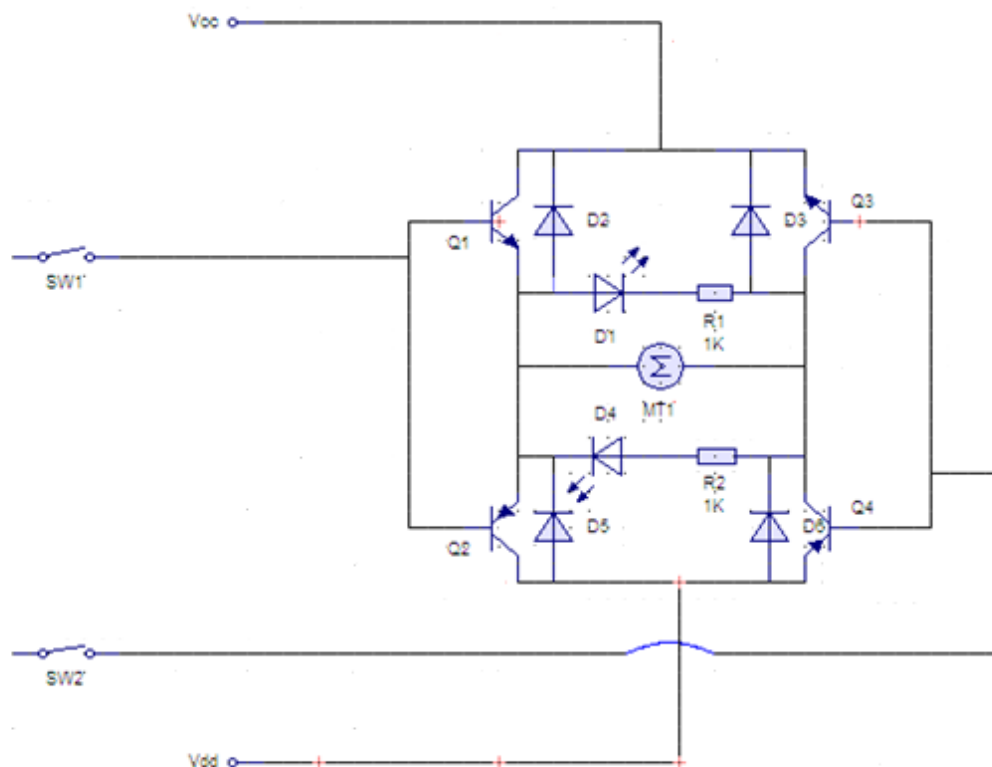


Το τρανζίστορ επαφής που αναφέρεται επέφερε σημαντικές στην τεχνολογία των κρυσταλλικών στοιχείων. Με τη βοήθεια του τρανζίστορ μπορεί να επιτευχθεί ενίσχυση ρεύματος ή τάσης η πραγματοποίηση του ρεύματος στο εσωτερικό του τρανζίστορ γίνεται από δυο είδη φορέων τους φορείς μειονότητας και πλειονότητας. Το τρανζίστορ που κατασκευάζεται από πυρίτιο διαχωρίζεται σε 3 διαδοχικές περιοχές n,p,n και p,n,p . Η ακραία περιοχή έχει μεγάλη δόση πρόσμιξης και αποτελεί τον εκπομπό (Emitter) η μεσαία περιοχή χαρακτηρίζεται σα βάση (Base) έχει πολύ μικρή δόση πρόσμιξης σε σχέση με του εκπομπού. Η άλλη ακραία περιοχή αποτελεί το συλλέκτη (Collector) με μικρότερη δόση πρόσμιξης από τη βάση.

Ο λόγος που χρησιμοποιείται τέτοιου τύπου τρανζίστορ είναι το υψηλό ρεύμα που απαιτεί για να λειτουργήσει το σύστημα παλινδρόμησης. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που χρησιμοποιούνται τόσο μεγάλες ψήκτρες ώστε να πετύχουμε την καλύτερη δυνατή απαγωγή θερμότητας. Το υψηλό ρεύμα λειτουργίας σημαίνει και υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας. Το κύκλωμα αυτό είναι που οδηγεί το motor του συστήματος παλινδρόμησης και γι' αυτό τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί (δίοδοι και αντιστάσεις είναι ισχύος ) και έχουν τοποθετηθεί 5mm απόσταση από την πλακέτα αλλά και η πλακέτα είναι σε 10mm απόσταση από το κουτί. Σε κάθε ένα τρανζίστορ είναι τοποθετημένοι και μια δίοδος για λόγους ασφάλειας ώστε να ανακόψει τυχόν ανάστροφη φορά του ρεύματος και μην έχουμε φθορά του τρανζίστορ. Επίσης έχουν τοποθετηθεί δυο led διαφορετικού χρώματος ώστε το καθένα να δείχνει ότι το κύκλωμα λειτουργεί και το φορείο του λέιζερ βρίσκεται σε κίνηση είτε μπροστά είτε πίσω. Έχουν τοποθετηθεί δυο αντιστάσεις ισχύος μια σε κάθε led για λόγους προστασίας και σε αυτή την περίπτωση.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί για το ρεύμα που υπάρχει έχουμε χρησιμοποιήσει κλέμες για τη σύνδεση των καλωδίων.

Η κεντρική είναι εκείνη που συνδέεται με το motor και τροφοδοτεί το όλο σύστημα, χρησιμοποιούνται 2 κλέμες για να τροφοδοτήσουν την πλακέτα απ' ευθείας από την πηγή τροφοδοσίας (μπαταρία) και τέλος έχουμε άλλες δυο κλέμες που συνδέουν τη συγκεκριμένη πλακέτα με άλλη και από αυτή χαρακτηρίζεται η φορά κίνησης αν θα είναι (μπροστά ή πίσω).



Παρουσιάζεται παρακάτω ένα αρκετά πολύπλοκο ηλεκτρονικό κύκλωμα και μάλιστα είναι αυτό στο οποίο τοποθετήθηκαν και αποστάτες ώστε να συνδέσουμε τις 2 πλακέτες όσο το δυνατό γίνεται καλύτερα μεταξύ τους. Αν παρατηρήσουμε με προσοχή το σύστημα παλινδρόμησης υπάρχουν 3 τερματικοί διακόπτες οι οποίοι πρέπει να συνδεθούν σε αυτή την πλακέτα. Οι διακόπτες αυτοί είναι ένας STOP και δυο REVERSE και αυτό γιατί κατά τη διάρκεια των πειραμάτων διαπιστώθηκε ότι το φορείο που βρίσκεται ο αισθητήρας πρέπει να διανύει μικρότερη απόσταση και την κατάλληλη στιγμή να δέχεται την εντολή REVERSE. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται αντί λέιζερ έχει τη δυνατότητα να «στοχεύει» ένα αντικείμενο στην περίπτωση μας την οθόνη σε μια ορισμένη απόσταση. Όταν βρίσκεται στο σημείο δράσης την πληροφορία αυτή τη στέλνει με την μορφή τάσης και έχει την τιμή 12V. Μόλις το σημείο απομακρυνθεί τότε αυτό στέλνει την πληροφορία με την μορφή τάσης η οποία έχει τιμή 3V. Για να καταφέρουμε να επιλύσουμε αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιήθηκαν ένα FLIP-FLOP CD 4013 όπου σε αυτό έχει συνδεθεί ένας διακόπτης START και STOP για χειροκίνητο έλεγχο αν προκύψει μια βλάβη και δε

λειτουργήσει ο αυτόματος έλεγχος. START δίνει το παλμό που απαιτεί το FLIP-FLOP για να τεθεί σε λειτουργία το φορείο αφού όπως γράφτηκε προηγουμένως συνδέονται μεταξύ τους.

Στο κύκλωμα όμως το trigger που απαιτείται το στέλνει ο αισθητήρας οποίος και συνδέεται με το διακόπτη START έτσι σε περίπτωση δυσλειτουργίας του αισθητήρα το trigger δίνεται manual. Ο STOP έχει τοποθετηθεί στο σύστημα παλινδρόμησης για διακόψει την μπροστά κίνηση του φορείου καθώς αν φτάσει σε εκείνο το σημείο σημαίνει ότι τερματίζει η ράγα που κινείται για να είμαστε όμως σίγουροι ότι θα διακοπεί η κίνησή του στην πλακέτα τοποθετήσαμε ένα button STOP (normal open) ώστε σε περίπτωση βλάβης να διακοπεί η λειτουργία. Ο πλέον σημαντικός διακόπτης είναι ο STOP καθώς σε περίπτωση που συνεχίσει να κινείται το motor ενώ έχει φτάσει στο τέλος της ράγας υπάρχει ο κίνδυνος να καταστραφεί το motor εξ' αιτίας της δύναμης που θα ασκείται. Επίσης με την ενεργοποίηση του STOP αλλάζει και η φορά κίνησης του φορείου προς την άλλη κατεύθυνση.

Ο διακόπτης REVERSE στην πλακέτα είναι button (normal open ώστε να ενεργοποιείται μόλις το πατήσουμε) είναι συνδεδεμένος με τους 2 άλλους που είναι τοποθετημένοι στο σύστημα παλινδρόμησης και βρίσκεται για να δοθεί η εντολή χειροκίνητα σε περίπτωση που εμφανιστεί σφάλμα και δε διακόψει το motor την κίνηση που εκτελεί ο διακόπτης αυτός συνδέεται στην πύλη XOR (gate XOR). Επιπλέον χρησιμοποιείται άλλη μια πύλη για ψηφιακό έλεγχο η GATE NAND. Ένα ακόμη πρόβλημα που κλιθήκαμε να αντιμετωπίσουμε ήταν το ιδιαίτερα χαμηλό ρεύμα τόσο ώστε δεν επαρκούσε να τροφοδοτήσει τον αισθητήρα λόγω των διαφόρων καταναλώσεων που υπήρχαν. Γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκαν BD 434 και BD680 για να επιτευχθεί η ενίσχυση ρεύματος. Βέβαια αυτό απαιτεί και τη τοποθέτηση ψηκτρών για απαγωγή ρεύματος.

Το κύκλωμα αυτό που πραγματοποιεί είναι μια χρονική καθυστέρηση που απαιτείται μέχρι ο αισθητήρα να επανακτήσει τη θέση που χρειάζεται ώστε να «στοχεύει» την οθόνη καθώς αυτή περιστρέφεται. Αναλυτικότερα η οθόνη δεν έχει τόσο βολικό σχήμα ώστε να μένει ανεπηρέαστος ο αισθητήρας κατά την περιστροφή της. Αυτό σημαίνει ότι ο αισθητήρας είναι αναγκαίο να μετακινείται είτε πιο μπροστά ώστε να είναι στο πεδίο που «στοχεύει» είτε πιο πίσω για τον ίδιο λόγο. Για να επιτευχθεί ήταν ιδιαίτερα δύσκολο και επίπονο καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί ο αισθητήρας όταν είναι σε κοντινή απόσταση δίνει τάση 12V όταν είναι σε μακρινή 3V αλλά και όταν είναι πάρα πολύ κοντά στην οθόνη (λίγο πριν ενεργοποιήσει το διακόπτη STOP) η τάση εξόδου του αισθητήρα είναι 3V. Επομένως πρέπει να γίνει διαχωρισμός για τη θέση του φορείου αν είναι πολύ μπροστά ή πολύ πίσω. Αυτό αποτελούσε το τελευταίο δύσκολο πρόβλημα που έπρεπε να λυθεί ώστε να επιτευχθεί η σωστή λειτουργία της κατασκευής. Χρειάστηκε να σχεδιαστεί και να δημιουργηθεί ένα νέο κύκλωμα το οποίο συνδέεται με το πρώτο και ουσιαστικά θα πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός στις τιμές τάσεων που στέλνονται. Χρησιμοποιήθηκε άλλο ένα FLIP-FLOP τύπου D, ένα ρελλέ, μια ψηφιακή πύλη NOT και ένα τρανζίστορ. Η δεύτερη αυτή πλακέτα που είναι τοποθετημένη με αποστάτες ενεργοποιείται μόλις πατηθεί ο τερματικός REVERSE από το φορείο και τότε υπάρχει ένα delay μέχρι να γίνει επανεκκίνηση του φορείου. Τότε ενεργοποιείται η δεύτερη πλακέτα καθώς είναι συνδεδεμένη με τον τερματικό REVERSE δια μέσου μιας πύλης NOT ώστε η πληροφορία 0(μηδέν) που στέλνεται να γίνει 1(άσος) και ενός πυκνωτή να ενεργοποιηθεί το FLIP-FLOP και τότε η επαφή του ρελλέ να αλλάξει. Αυτό σημαίνει ότι έχει διαχωριστεί η τάση καθώς το ρελλέ συνδέεται με τον αισθητήρα.

Η μεταγωγική επαφή του ρελλέ που ήταν συνδεδεμένη με το FLIP-FLOP πλέον είναι με μια άλλη ψηφιακή πύλη NOT του ίδιου ολοκληρωμένου και εν συνεχεία με το διακόπτη STOP τόσο τον χειροκίνητο όσο και τον τερματικό (αυτοί είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους). Ο αισθητήρας κινείται προοδευτικά μέχρι να βρεθεί σε στόχο με την οθόνη ή αλλιώς η τάση εξόδου να έχει τιμή 12V. Μόλις γίνει αυτό η πληροφορία που στέλνεται στον STOP είναι 1(άσος) ενεργοποιείται η διαδικασία του STOP πριν φτάσει τόσο κοντά στον τερματικό το φορείο αυτό το χρονικό διάστημα που στοχεύει ο αισθητήρας την οθόνη δεν κινείται. Ο λόγος χρήσης του τρανζίστορ είναι προστασία του πηνίου του ρελλέ καθώς αυτό τροφοδοτείται με 12V.

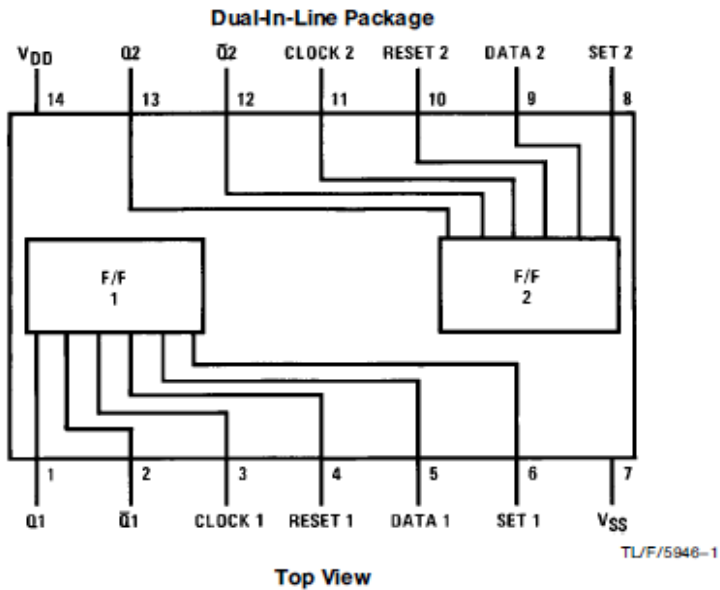
Για να κατανοηθεί η λειτουργία του κυκλώματος αρκεί να σημειώσουμε τις διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας οι οποίες οφείλονται στη NAND. Στην κατάσταση ηρεμίας στην έξοδο έχουμε λογικό άσσο (1) και στα δυο σημεία εξόδου του. Τη διάρκεια που κινείται προς πίσω η μια έξοδος δίνει λογικό (1) και η άλλη λογικό (0) κατά τη στιγμή καθυστέρησης όπου έχει ενεργοποιηθεί ο διακόπτης REVERSE έχουμε λογικό (0) και στις δυο εξόδους. Με την ενεργοποίηση του ρελλέ και την αλλαγή κατάστασης κίνηση μπροστά η άλλη έξοδος δίνει (1) και η πρώην ενεργοποιημένη είναι ανενεργή δίνοντας λογικό (0). Τελειώνοντας φτάνοντας στην αρχική κατάσταση ή αλλιώς κατάσταση STOP όπου ο αισθητήρας ξαναβρίσκει το στόχο του και έχουμε λογικό (1) και από τις δυο εξόδους.

Στα παρακάτω κυκλώματα μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικότερα όμως:

Υπάρχουν 2 FLIP-FLOP (μανδαλωτής ή στοιχείο μνήμης)τύπου D τα οποία το καθένα έχει 14 επαφές και το serial number CD 4013. Ο μανδαλωτής τύπου D ονομάζεται έτσι λόγω της δυνατότητάς του να συγκρατεί δεδομένα (Data) στην εσωτερική του μνήμη. Είναι πολύ χρήσιμος για χρήση ως προσωρινή μνήμη δυαδικής πληροφορίας ενός μπιτ. Η δυαδική πληροφορία η οποία είναι παρούσα στην είσοδο δεδομένων του μανδαλωτή τύπου D μεταφέρεται στην έξοδο Q όταν ενεργοποιηθεί η είσοδος ελέγχου. Η κατάσταση αυτή ενός μανδαλωτή ή ενός FLIP-FLOP μεταβάλλεται μέσω της αλλαγής στην είσοδο ελέγχου. Αυτή η στιγμιαία αλλαγή λέγεται πυροδότηση (trigger) συνήθως λέμε ότι η αλλαγή στο σήμα ελέγχου πυροδοτεί το FLIP-FLOP. Το ολοκληρωμένο που χρησιμοποιείται στο δικό μας κύκλωμα περιέχει 2 στοιχεία μνήμης στο εσωτερικό του (παρακάτω θα δούμε αναλυτικά το εσωτερικό του διάγραμμα). Η επαφή S χρησιμοποιείται σαν είσοδος και είναι εκείνη ουσιαστικά που υποδέχεται τον παλμό που στέλνεται από τον αισθητήρα. Η επαφή R συνδέεται με το διακόπτη STOP και εκεί στέλνεται η πληροφορία λογικό 0 και αλλάζει η κατάσταση μνήμης αλλά και ο τρόπος λειτουργίας της όλης κατασκευής. Η επαφή D αλλά και η επαφή CLK είναι γειωμένες και δε χρησιμοποιούνται από εμάς. Οι εξοδοί που χρησιμοποιούνται είναι οι Q και Q' που είναι και εκείνες που μας δείχνουν την κατάσταση που βρίσκεται ολόκληρο το κύκλωμα. Αυτό που πρέπει να διευκρινιστεί είναι ότι οι εξοδοί που αναφέρθηκαν πρωτύτερα δεν είναι στο ίδιο FLIP-FLOP αλλά η έξοδος Q από το ένα και η έξοδος Q' από το δεύτερο. Την έξοδο Q' από το πρώτο τη στέλνουμε σαν πληροφορία στο αντίστοιχο FLIP-FLOP της δεύτερης βοηθητικής πλακέτας έτσι πετυχαίνουμε και το διαχωρισμό των παλμών (τάσεων) του αισθητήρα. Ακολουθεί το εσωτερικό διάγραμμα του ολοκληρωμένου που χρησιμοποιήθηκε και ο πίνακας αληθείας ο οποίος μελετήθηκε πριν αποφασίσουμε πιο FLIP-FLOP εκτελεί τη διαδικασία που θέλαμε καθώς υπάρχουν διάφοροι τύποι.



## Connection Diagram



Order Number CD4013B

## Truth Table

CL <sup>†</sup>	D	R	S	Q	$\overline{Q}$
	0	0	0	0	1
	1	0	0	1	0
	x	0	0	Q	$\overline{Q}$
x	x	1	0	0	1
x	x	0	1	1	0
x	x	1	1	1	1

No change  
<sup>†</sup> - Level change  
 x - Don't care case

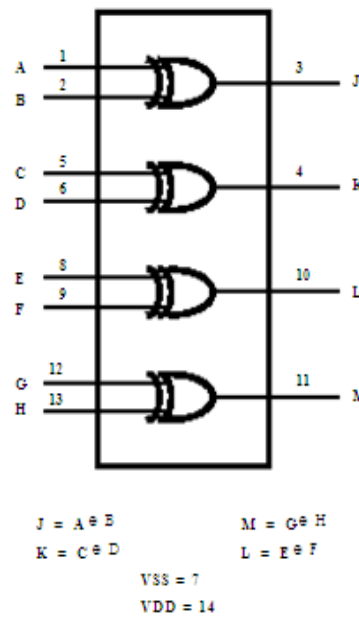
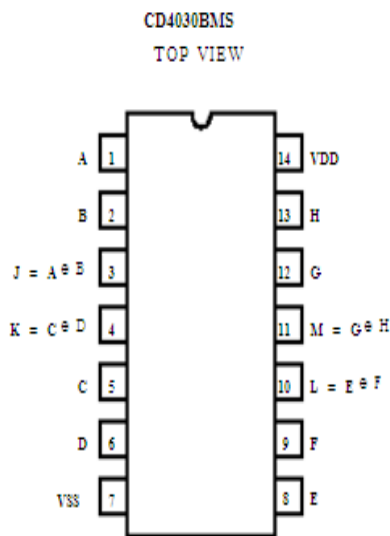
Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ή στα αγγλικά Integrated Circuit είναι ένας κρύσταλλος ημιαγωγού πυριτίου που ονομάζεται chip και περιέχει τα ηλεκτρονικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την κατασκευή των ψηφιακών πυλών. Οι διάφορες πύλες είναι συνδεδεμένες μέσα στο chip έτσι ώστε να σχηματίσουν το επιθυμητό κύκλωμα. Το chip περικλείεται από μια κεραμική ή πλαστική συσκευασία και τα σημεία εισόδου εξόδου συνδέονται με εξωτερικούς ακροδέκτες οπότε προκύπτει το ολοκληρωμένο κύκλωμα. Ο αριθμός των ακροδεκτών σε όλα τα ολοκληρωμένα που χρησιμοποιούμε είναι 14. Τα παρακάτω ολοκληρωμένο είναι της λογικής πύλης Αποκλειστικό -H (gate XOR) αν προσέξουμε τα σχέδια θα αντιληφθούμε ότι οι ακροδέκτες :1-2, 5-6, 8-9, 12-13 είναι εισοδοί της πύλης και οι ακροδέκτες :3, 4, 10, 11 είναι οι έξοδοι του ολοκληρωμένου αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι οι ακροδέκτες 7 και 14 δεν χρησιμοποιούνται ποτέ σαν εισοδοί ή έξοδοι καθώς ο 7 συνδέεται με την γείωση του κυκλώματος και ο 14 είναι η τροφοδοσία του ολοκληρωμένου. Ο πίνακας αληθείας της πύλης XOR είναι

x	y	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Και η συνάρτηση που προκύπτει από την άλγεβρα Boole είναι  
 $F=xy' + x'y=x \oplus y$

## CMOS Quad Exclusive-OR Gate

### Functional Diagram

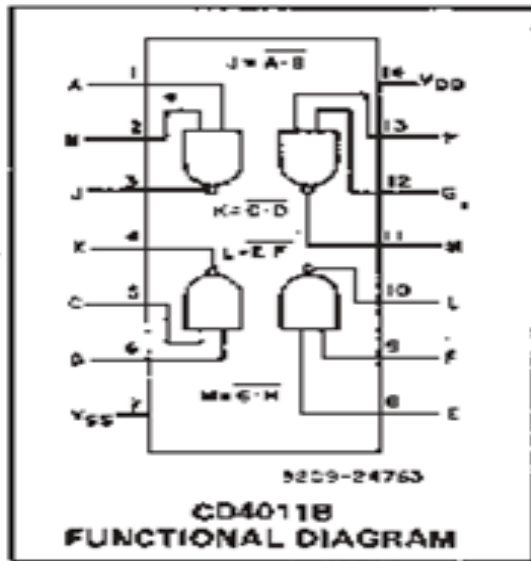


Ένα ολοκληρωμένο αντίστοιχο με το προηγούμενο χρησιμοποιείται για την λογική πύλη NAND (ή ΟΧΙ-ΚΑΙ) να σημειώσουμε ότι τα ολοκληρωμένα φέρουν επάνω τους έναν αριθμό ο οποίος ονομάζεται serial number και με αυτόν ουσιαστικά αναγνωρίζονται τα ολοκληρωμένα. Η πύλη NAND είναι η συμπλήρωση της πύλης AND και η διαφορά τους είναι ότι το σχηματικό σύμβολο της NAND έχει ένα κυκλάκι στο τελειώμά του. Η πύλη NAND είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και σε συνεργασία με την πύλη XOR χρησιμοποιούνται ευρέως για τη σχεδίαση ψηφιακών κυκλωμάτων επειδή μπορούν να συνδυαστούν εύκολα με τρανζίστορ αλλά βοηθά ο πίνακας αληθείας τους.

x	y	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Με τη χρήση της άλγεβρας Boole προκύπτει η συνάρτηση  
 $F=(xy)'$

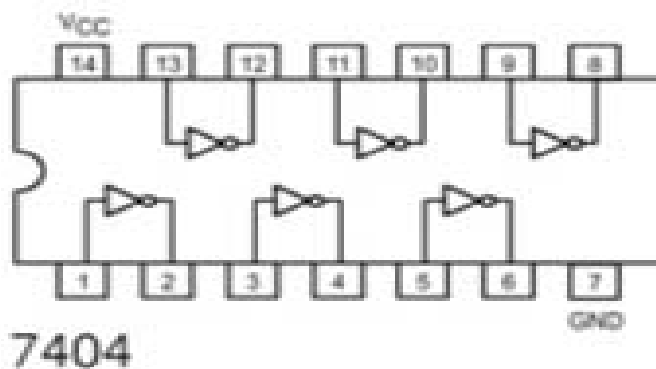
Ακολουθεί το σχηματικό διάγραμμα του εσωτερικού της πύλης οι εισοδοι είναι οι ακροδέκτες : 1-2, 4-5, 8-9, 12-13 και οι ακροδέκτες: 3, 6, 10, 11 έξοδοι 7 συνδέεται με γείωση και 14 τάση τροφοδοσίας.



Το παρακάτω ολοκληρωμένο ονομάζεται αντιστροφέας (NOT) και όπως καταλαβαίνουμε από την ονομασία αντιστρέφει την τιμή της εισόδου κατά την έξοδο. Πιο απλά κάθε λογικό 1 της εισόδου μετατρέπεται σε λογικό 0 ή τιμή τάσης γίνεται 0 και μηδενική τιμή 12. Το ολοκληρωμένο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με τα προηγούμενα και ως διαφορά ότι κάθε εισόδος αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη έξοδο με εξαίρεση τους ακροδέκτες 7 (γείωση) και 14 (τάση τροφοδοσίας). Ο πίνακας αληθείας είναι εύκολα κατανοητός σε όλους.

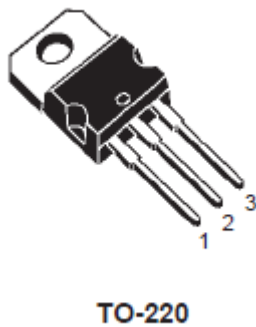
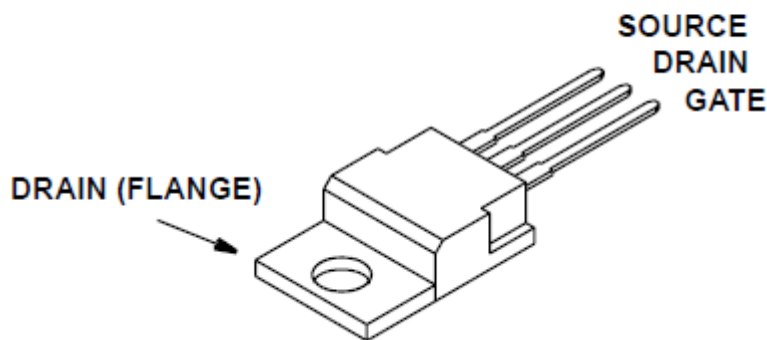
x	F
0	1
1	0

$F=x'$

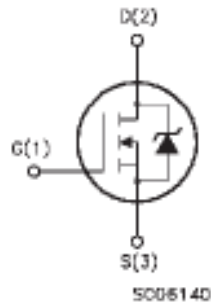


Το BUZ 11 είναι ένα ακόμη ηλεκτρονικό στοιχείο τύπου (MOSFET) μπορεί να λειτουργήσει με τάση μέχρι 30V το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην πλακέτα ρύθμισης στροφών της περιστρεφόμενης επιφάνειας. Ονομάζεται N-Channel αποτελεί μια πύλη ενίσχυσης στο πεδίο λειτουργίας των τρανζίστορ και είναι κατασκευασμένο από πυρίτιο. Έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπως switching regulators (μεταγωγικοί ρυθμιστές τάσης), switching converters (μεταγωγικοί μετατροπείς τάσης ή ρεύματος), motor drivers (οδήγηση κινητήρων), relay drivers (οδήγηση ρελλέ) και drivers for high power bipolar switching transistors (οδήγηση υψηλής ισχύος διπολικών μεταγωγικών transistors). Στην κατασκευή το χρησιμοποιούμε για οδήγηση του κινητήρα που περιστρέφει τη βάση που είναι τοποθετημένη η οθόνη.

### JEDEC TO-220AB



### INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



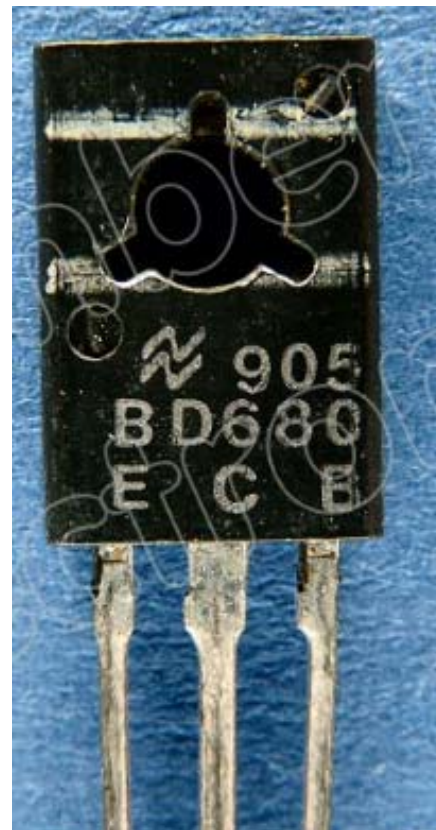
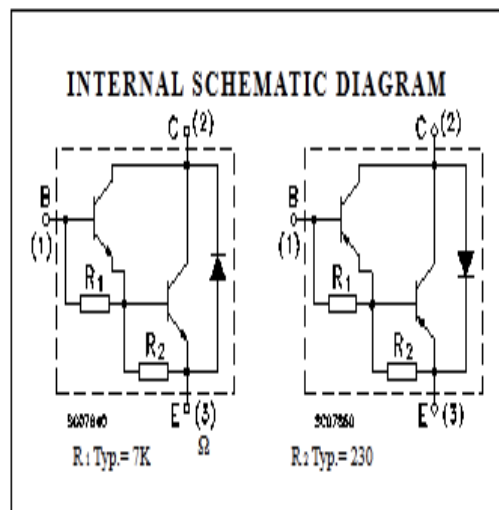
TYPE	V <sub>DSS</sub>	R <sub>DS(on)</sub>	I <sub>D</sub>
BUZ11	50 V	< 0.04 Ω	33 A

- TYPICAL R<sub>DS(on)</sub> = 0.03 Ω
- AVALANCHE RUGGED TECHNOLOGY
- 100% AVALANCHE TESTED
- HIGH CURRENT CAPABILITY
- 175°C OPERATING TEMPERATURE

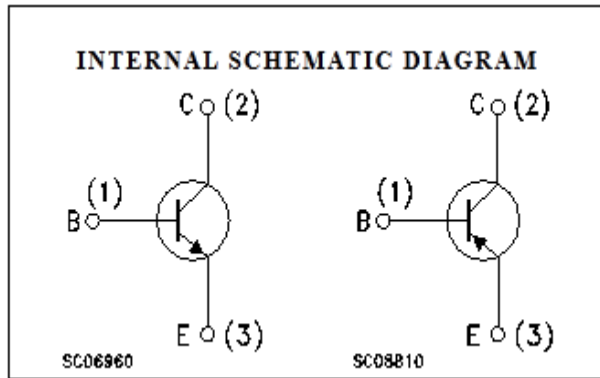
#### APPLICATIONS

- HIGH CURRENT, HIGH SPEED SWITCHING
- SOLENOID AND RELAY DRIVERS
- REGULATORS
- DC-DC & DC-AC CONVERTERS
- MOTOR CONTROL, AUDIO AMPLIFIERS
- AUTOMOTIVE ENVIRONMENT (INJECTION, ABS, AIR-BAG, LAMPDRIVERS, Etc.)

Το BD 680 που χρησιμοποιείται είναι NPN Silicon Darlington Transistors και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτούν ιδιαίτερα υψηλό ρεύμα λειτουργίας. Παρακάτω διαπιστώνουμε το εσωτερικό του διάγραμμα και στην εικόνα φένεται η μορφή του. Στην κατασκευή αυτό που επιτυγχάνει είναι η οδήγηση του κινητήρα δίνοντας του τη φορά περιστροφής. Η οδήγηση πραγματοποιείται με τέτοιου τύπου στοιχεία καθώς είναι πολύ υψηλό το ρεύμα που αναπτύσσεται από τη λειτουργία του κινητήρα.

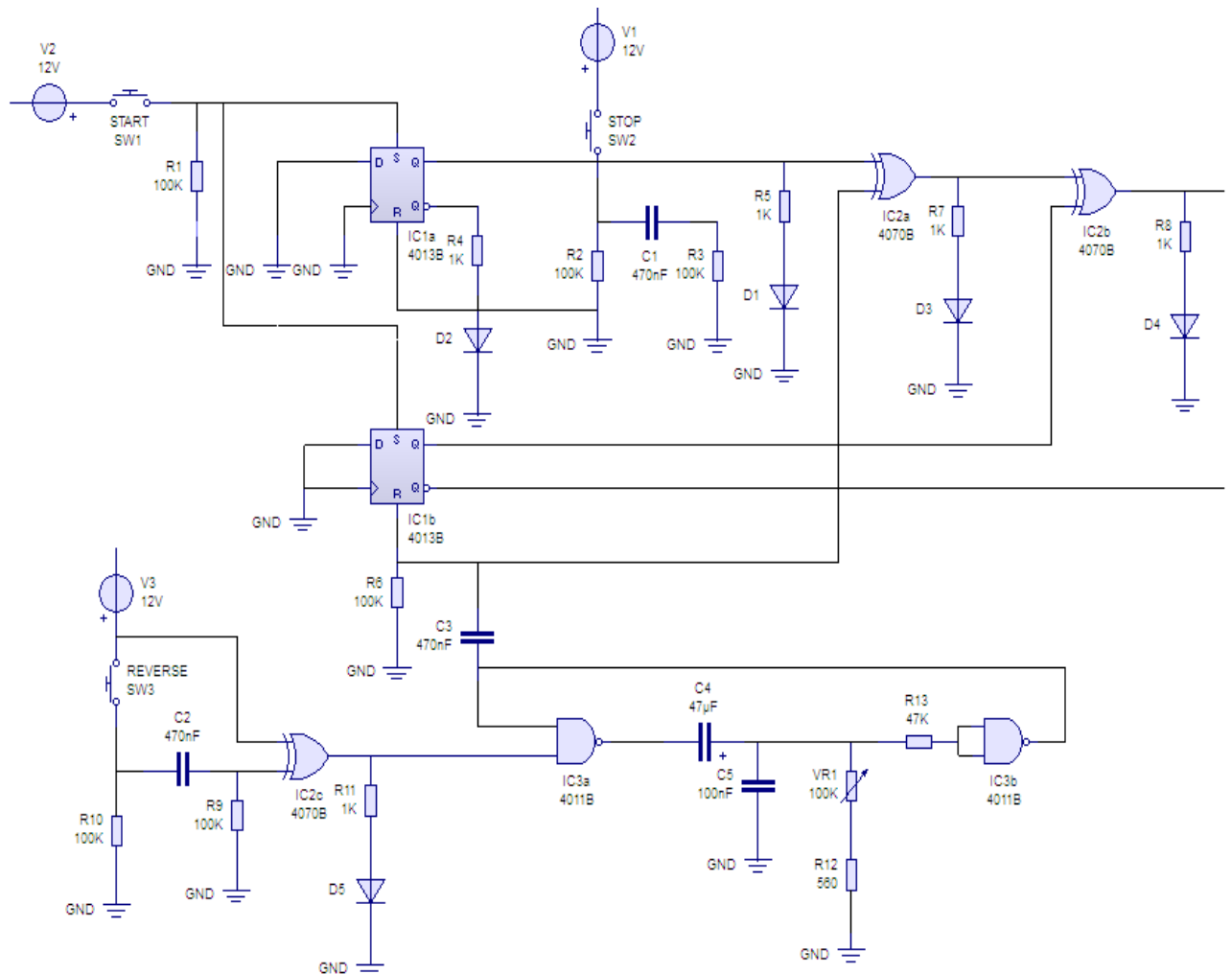


Το BD 434 είναι το αντίστοιχο με το παραπάνω η διαφορά τους είναι ότι το 434 είναι PNP Silicon Power Transistor. Συνδέονται αυτά τα δύο τρανζίστορ μεταξύ τους γιατί την αδήγηση δεν μπορεί να την πραγματοποιήσει το καθένα από μόνο του αλλά συνδυασμός των 2.



SOT-32

Αυτό είναι το κύκλωμα οδήγηση του όλου συστήματος παλινδρόμησης καθώς με αυτό συνδέονται : ο αισθητήρας, οι τερματικοί διακόπτες, η γέφυρα ισχύος αλλά και το κύκλωμα που διαχωρίζει την κίνηση του κινητήρα αν θα είναι μπροστά ή πίσω.







να ανακτηθούν καθώς και ποια μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς να υποστούν κάποια επεξεργασία. Ιδιαίτερα χρήσιμη ήταν η εργασία που πραγματοποιήθηκε σε πανεπιστήμιο στις Αγγλίες όπου μια ομάδα φοιτητών αλλά και καθηγητών που συνεργάστηκαν σε αυτό το project και χρησιμοποίησαν γυάλινα μπουκάλια καθώς και γυαλί από οθόνη και επεχείρησαν να κατασκευάσουν γυαλότουβλα. Το κατάφεραν ύστερα από πολλές δοκιμές και πολλά πειράματα καθώς χρειάστηκαν πρέσα κλίβανος αλλά και το σημαντικότερο να προμηθευτούν ικανοποιητική ποσότητα γυαλιών. Με βάση αυτήν την ιδέα πήρα την απόφαση να ασχοληθώ με το υπόλοιπο τμήμα γυαλιού που αποτελεί την οθόνη. Όπως ανέφερα και πρωτύτερα αφού μελέτησα τον τρόπο κατασκευής της οθόνης ξεκίνα να θέτω τα μέρη της έρευνας. Η οθόνη στο εσωτερικό της αποτελείται από δυο διαφορετικά είδη γυαλιού, το μπροστινό που είναι και αυτό που βλέπουν διότι εκεί εμφανίζονται οι εικόνες και ονομάζεται panel glass είναι το κομμάτι που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των άλλων. Επίσης αποτελείται και από άλλα δυο είδη γυαλιών που έχουν ένα κοινό στοιχείο το funnel and neck glass τα οποία είναι τα μέρη που δε φαίνονται είναι στο πλαστικό. Το κοινό που έχουν είναι ότι αποτελούνται από ποσότητα μολύβδου και αυτό για να προστατεύουν από την υπεριώδη ακτινοβολία. Σε παραπάνω γράφημα παρατηρείται ο τρόπος προστασίας από την ακτινοβολία η οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για τον άνθρωπο. Ξεκινώντας την μελέτη και με συζήτηση με Χημικό Μηχανικό σκέφτηκα να γίνει διαχωρισμός του μολύβδου από το γυαλί βασιζόμενοι στο διαφορετικό σημείο τήξης αυτών των δυο καθώς θερμαίνοντάς τα αν λιώσουν ίσως τα καταφέραμε. Αυτό όμως τελικά δεν ήταν εφικτό αφού κατά τη δημιουργίας έχουν κατασκευαστεί τέτοιο τρόπο ώστε να μην γίνεται αυτός ο διαχωρισμός. Συνεχίζοντας λοιπόν να μελετώ και σκεπτόμενος τρόπους επαναχρησιμοποίησης διαπίστωνα ότι είναι προτιμότερο να μη διαχωριστούν τα δυο αυτά υλικά. Καθώς πλέον υπάρχουν αρκετά μέρη που απαιτείται προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία. Γι αυτό πλέον εστίασαμε την προσοχή μας στο διαχωρισμό του απλού γυαλιού από αυτό με το μολύβδο. Εκεί διαπίστωνα ότι αρκετές χώρες έχουν ανακαλύψει από έναν όμως υπάρχουν και αρκετά μειονεκτήματα έτσι πειραματίστηκα μέχρι να καταλάβω ποιος είναι ο καλύτερος. Τελικά διαπίστωνα ότι ο καλύτερος είναι η διαδικασία κοπής της οθόνης με ειδικό λέιζερ κοπής. Αναλυτικότερα οι οθόνες παρουσιάζουν ένα ευαίσθητο σημείο όπως ονομάζεται και στο συγκεκριμένο με τη χρήση ενός λέιζερ δυνατής ισχύος μπορεί να επιτευχθεί ο διαχωρισμός. Αυτό πραγματοποιείτε κρατώντας σταθερό το λέιζερ και περιστρέφοντας την οθόνη σε δύο άξονες ώστε να κρατά σταθερή την απόσταση από το λέιζερ αλλά και να περιστρέφεται ώστε κοπή περιμετρικά. Ίσως να απαιτείται η κατανάλωση υψηλής ενέργειας για να πραγματοποιηθεί όμως υπολογίζεται και ο αυξημένος αριθμός οθονών που θα επεξεργαστούν.

Τη συγκεκριμένη διαδικασία πήρα την απόφαση να την υλοποιήσω κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα δύσκολο καθώς χρειαζόταν καλή μηχανολογική, ηλεκτρολογική και ηλεκτρονική σχεδίαση. Ένας μηχανολόγος με βοήθησε να βγουν τα σχέδια ώστε να κατασκευαστεί σωστά το σύστημα παλινδρόμησης και εκεί θα τοποθετήσουμε έναν αισθητήρα επειδή η αγορά λέιζερ κοστίζει αρκετά χρήματα. Ο αισθητήρας αυτός έχει τη δυνατότητα να διαβάσει την απόσταση και να την στέλνει σαν πληροφορία τάσης. Επίσης χρειάζεται και μια περιστρεφόμενη επιφάνεια όπου θα περιστρέφει την οθόνη με πολλή χαμηλά ταχύτητα. Αυτό απαιτούσε πολλή μελέτη διότι έπρεπε να βρεθεί ο τρόπος μετάδοσης κίνησης από τον κινητήρα στη στρογγυλή επιφάνεια.

Επειδή και ο κινητήρας που χρησιμοποιήθηκε για το σύστημα παλινδρόμησης και αυτό της περιστρεφόμενης επιφάνειας απαιτούσαν υψηλό ρεύμα κατά την εκκίνηση αλλά και κατά τη λειτουργία προέκυψαν πολλά προβλήματα. Έπρεπε να χρησιμοποιηθούν δυο μονάδες ισχύος αποτελούμε από ηλεκτρονικά στοιχεία ισχύος για να ανταπεξέλθουν στα υψηλά ρεύματα. Επίσης χρειάστηκαν μεγάλες ψήκτρες καθώς είχαμε πολλά υψηλές θερμοκρασίες και η απαγωγή θερμότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ένα ακόμη σπουδαίο πρόβλημα είναι να διαχωρίσουμε και να αναγνωρίσουμε τη θέση που πρέπει να έχει ο αισθητήρας κάθε χρονική στιγμή. Επιπλέον και η τροφοδοσία ήταν πολύπλοκη αφού χρειαζόμαστε μια μπαταρία συνεχούς ρεύματος των 12V 7AH και μια άλλη 24V 74AH. Η μεγαλύτερη μπαταρία είναι για να τροφοδοτεί τους κινητήρες και η άλλη για να τροφοδοτεί τα κυκλώματα που έχουν μικρότερη κατανάλωση.

## **Βιβλιογραφία**

Καρύμπακας «Γενική Ηλεκτρονική Τόμος Α΄ & Β΄»

Morris Mano «Ψηφιακή Σχεδίαση»

Μανιάς Στέφανος «Ηλεκτρονικά Ισχύος»

Chapman Stephen «Ηλεκτρικές Μηχανές»

Edminister «Ηλεκτρικά Κυκλώματα»

[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Europa.eu legislation for recycling European Commission-WEEE Directive

[www.wrap.org.uk](http://www.wrap.org.uk)

[www.ceram.com](http://www.ceram.com)

Commercial viability of masonry products from CRT panel glass project from Staffordshire university

[www.remanufacturing.org.uk](http://www.remanufacturing.org.uk)

Environmental Protection Agency

<http://en.wikipedia.gr/lead/phosphor>

[www.google.gr/eddy current](http://www.google.gr/eddy%20current)

<http://www.prismaglass.gr/gr/proionda/parousiasi.asp?state=2&product=20>

<http://www.vamvacasltd.gr/categories.asp?catid=44>

<http://www.safedoor.gr/pir-aktin.htm>

[www.simsrecycling.com](http://www.simsrecycling.com)

[www.elsevier.com/locate/rcim](http://www.elsevier.com/locate/rcim)

[www.eeae.gr](http://www.eeae.gr)

MANUAL ON RADIATION PROTECTION IN HOSPITALS AND GENERAL PRACTICE

[http://en.wikipedia.org/wiki/Radiation\\_shielding](http://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_shielding)

[www.rae.gr](http://www.rae.gr)

[www.desmie.gr](http://www.desmie.gr)