ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Πρέσα αέρος για χρήση στην επισκευή των εναλλακτών θερμότητας των αυτοκινήτων»



Φοιτητής: **Γεωργόπουλος Αλέξανδρος Α.Μ. 5135**

Επιβλέπων Καθηγητής: **Τζιράκης Ευάγγελος**

Μέλος Ε.ΔΙ.Π.

ΗΡΑΚΛΕΙΟ – 2025

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία σηματοδοτεί το τέλος μιας μακράς πορείας προς την απόκτηση του τίτλου σπουδών μου. Ευχαριστώ από καρδιάς τον Επιβλέποντα μου, τον κ. Τζιράκη Ευάγγελο για τις πολύτιμες υποδείξεις και την συμπαράσταση του. Ακόμη, ευχαριστώ την οικογένεια μου για τη συνεχή στήριξη της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή μιας μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού αυτοκινήτων τεχνολογίας πλαστικού–αλουμινίου. Σκοπός της κατασκευής είναι η βελτιστοποίηση της διαδικασίας επισκευής αυτών των ψυγείων, τα οποία απαιτούν ακρίβεια και ομοιόμορφη εφαρμογή κατά τη συναρμολόγηση για τη διασφάλιση στεγανότητας. Η εργασία περιλαμβάνει ανάλυση των χαρακτηριστικών των ψυγείων, των τεχνικών δυσκολιών που προκύπτουν κατά την επισκευή τους και τη μεθοδολογία σχεδιασμού μιας χαμηλού κόστους πρέσας με έμβολα αέρος. Η κατασκευή αξιοποιεί ακριβή γεωμετρία και ελεγχόμενη πίεση ώστε να εξασφαλίζει τη σωστή εφαρμογή των υδροθαλάμων στις κυψέλες του ψυγείου. Το τελικό αποτέλεσμα αποδεικνύει τη σκοπιμότητα και οικονομική βιωσιμότητα μιας τέτοιας κατασκευής για μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, ενισχύοντας την παραγωγικότητα και μειώνοντας το κόστος εργασίας.

Λέξεις Κλειδιά: Πρέσα αέρος, ψυγεία αυτοκινήτου, πλαστικό–αλουμίνιο, επισκευή ψυγείων, μηχανική κατασκευή, έμβολα αέρος, στεγανότητα, μηχανές πτύχωσης.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΜΕΚ – Μηχανή Εσωτερικής Καύσης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Υ
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ....2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ....3
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ....4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ....5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ....7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ....10
Κεφάλαιο 1. Ψυγείο Νερού – Ψύξη Μηχανών Εσωτερικής Καύσης....13
1.1 Ορισμός....13
1.2 Η ιστορία του ψυγείου νερού....15
1.3 Σχεδίαση ψυγείων νερού....16
1.4 Υλικά κατασκευής ψυγείων νερού....23
1.5 Λειτουργία των ψυγείων....24
1.6 Βλάβες ψυγείων νερού....24
1.7 Επισκευή ψυγείων νερού....25
1.8.1 Καθαρισμός ψυγείου εξωτερικά....27
1.8.2 Στεγάνωση διαρροής....27
1.8.3 Καθαρισμός ψυγείου εσωτερικά....29
Κεφάλαιο 2. Υλικά & Μέθοδος....32
2.1 Προβληματική & σκοπός της μελέτης....32
2.2 Προσχέδιο και ανάλυση μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού……33
2.2.1 Κατασκευαστικά....34
2.2.2 Περιφερειακά εξαρτήματα....35
2.2.3 Μερικές πληροφορίες για την κατασκευή....35
2.2.4 Προδιαγραφές κατασκευής (specifications)....36
2.4 Αντιμετώπιση προβλημάτων μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης....42
2.3 Υπολογισμός επιτρεπτού κόστους και συμπεράσματα....42
2.5 Συντήρηση μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης....44
2.6 Κανονισμοί για τα ψυγεία ΜΕΚ....45
Κεφάλαιο 3. Περιγραφή & Μελέτη Κατασκευής....48
3.1 Περιγραφή υλικών....48
3.2 Μελέτη κατασκευής....48

3.3 Διαδικασία κατασκευής.....62
3.3.1 Πλαίσιο Σκελετός.....62
3.3.2 Βραχίονες πλαισίου.....63
3.3.3 Έδρα εμβόλων.....64
3.3.4 Λάμες για τις βάσεις εμβόλων.....65
3.3.5 Ατέρμονας και αλυσογράναζα.....65
3.3.6 Έδρα ψυγείων νερού.....66
3.4 Τελική κατασκευή.....68
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....76

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1. Ψυγείο νερού....12
Εικόνα 2. Ψυγείο μοτοσικλέτας....12
Εικόνα 3. Γεννήτρια & ψυγείο νερού....13
Εικόνα 4. Ολοκληρωμένο κύκλωμα ψύξης (Ashok et al., 2022)....14
Εικόνα 5. Διαφορετικά είδη κυψελών....16
Εικόνα 6. Ψυγείο νερού με κυψέλη τύπου κερήθρας....17
Εικόνα 7. Κυψέλη τύπου κηρήθρας....18
Εικόνα 8. Δομικά στοιχεία κυψέλης τύπου κηρήθρας....18
Εικόνα 9. Κυψέλη κυτταρικής δομής....19
Εικόνα 10. Σωληνοειδές ψυγείο νερού....19
Εικόνα 11. Κυψέλη πέντε σειρών με επίπεδο πτερύγιο....20
Εικόνα 12. Κυψέλη τριών σειρών με κυματοειδές (κατσαρό) πτερύγιο....21
Εικόνα 13. Εσωτερικά από εμφραγμένο ψυγείο νερού....24
Εικόνα 14. Ψυγείο με αποσαρθρωμένες κυψέλες....24
Εικόνα 15. Επαγγελματική μηχανή πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων αυτοκινήτων. .30
Εικόνα 16. Επαγγελματική μηχανή πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων αυτοκινήτων. .31
Εικόνα 17. Έμβολα αέρα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού....35
Εικόνα 18. Τεχνικά χαρακτηριστικά εμβόλων αέρα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού....36
Εικόνα 19. Διαστάσεις εμβόλων αέρα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού....36
Εικόνα 20. Σφαιρικός κρουνός της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού37
Εικόνα 21. Φιλτρορυθμιστής και λιπαντήρας αέρος της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού....37
Εικόνα 22. Διάταξη φιλτρορυθμιστή και λιπαντήρα αέρος....38
Εικόνα 23. Τεχνικά χαρακτηριστικά φιλτρορυθμιστή και λιπαντήρα αέρος....38
Εικόνα 24. Μανόμετρο της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....39
Εικόνα 25. Βολάν βακελίτη VRA της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού....39
Εικόνα 26. Τεχνικά χαρακτηριστικά βολάν βακελίτη....40
Εικόνα 27. Αριστερή βάση δαπέδου της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού....48
Εικόνα 28. Δεξιά βάση δαπέδου της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού 48
Εικόνα 29. Κεντρική βάση δαπέδου της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού....48
Εικόνα 30. Αριστερή κολόνα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού. .49
Εικόνα 31. Δεξιά κολόνα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....49

Εικόνα 32. Αριστερός βραχίονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού 50
Εικόνα 33. Δεξιός βραχίονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού. .50
Εικόνα 34. Αριστερή και δεξιά πάνω αντηρίδα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....51
Εικόνα 35. Αριστερή και δεξιά κάτω αντηρίδα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....51
Εικόνα 36. Βραχίονας της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....52
Εικόνα 37. Αριστερή χλάπα στήριξης της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....52
Εικόνα 38. Δεξιά χλάπα στήριξης της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....53
Εικόνα 39. Οπίσθιο μέρος της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....53
Εικόνα 40. Εμπρόσθιο μέρος της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....53
Εικόνα 41. Λάμες για τις βάσεις των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....54
Εικόνα 42. Λάμες για τις γλίστρες των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....54
Εικόνα 43. Λάμες για τις γλίστρες των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....55
Εικόνα 44. Οπίσθιο μέρος της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....55
Εικόνα 45. Εμπρόσθιο μέρος της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....56
Εικόνα 46. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....56
Εικόνα 47. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....57
Εικόνα 48. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....57
Εικόνα 49. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....57
Εικόνα 50. Τραπεζοειδής ατέρμονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....58
Εικόνα 51. Αλυσιδογράναζο 16 δοντιών για τους ατέρμονες της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....59
Εικόνα 52. Αλυσιδογράναζο 9 δοντιών για τον τεντωτήρα και το γρανάζι στήριξης της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....59
Εικόνα 53. Τεντωτήρας αλυσίδας στήριξης της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....60

Εικόνα 54. Προστατευτικό καπάκι της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....60
Εικόνα 55. Φλάντζες για στήριξη της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού 61
Εικόνα 56. Πρόσοψη της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....67
Εικόνα 57. Πλάγια όψη της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....68
Εικόνα 58. Η έδρα εμβόλων (πάνω) και η έδρα ψυγείων (κάτω) της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....69
Εικόνα 59. Οι γλύστρες των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....69
Εικόνα 60. Ο αριστερός ατέρμονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....70
Εικόνα 61. Ο δεξιός ατέρμονας με χειρολαβή - τιμόνι της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....70
Εικόνα 62. Παξιμάδι και γλύστρα ατέρμονατης μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....71
Εικόνα 63. Πατούρα 6mm ύψους και πλάτους ψυγείων νερού.....72
Εικόνα 64. Χλάπα στήριξης της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού….72
Εικόνα 64. Βάση κολόνας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.....73

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αυτοκινητοβιομηχανία αποτελεί έναν από τους πλέον τεχνολογικά ανεπτυγμένους κλάδους, με διαρκείς καινοτομίες που αποσκοπούν στην αύξηση της αποδοτικότητας, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των οχημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, η αποδοτική ψύξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) συνιστά θεμελιώδη παράγοντα για την ομαλή λειτουργία και τη μακροχρόνια απόδοση ενός οχήματος. Η χρήση συστημάτων ψύξης νερού, με κεντρικό στοιχείο τα ψυγεία, είναι εκτεταμένη σε οχήματα ελαφρού και βαρέως τύπου, καθώς και σε σταθερές μηχανολογικές εγκαταστάσεις (Aized et al., 2022). Ωστόσο, η συντήρηση και επισκευή των ψυγείων αυτών, ειδικά αυτών που είναι κατασκευασμένα από συνδυασμό πλαστικού και αλουμινίου, παραμένει μια χρονοβόρα και τεχνικά απαιτητική διαδικασία (Patil et al., 2017).

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στην κατασκευή μιας μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού, που προορίζεται για την επιδιόρθωση και επανασυναρμολόγηση ψυγείων τεχνολογίας πλαστικού – αλουμινίου. Η επιλογή αυτής της τεχνολογίας δεν είναι τυχαία. Τα ψυγεία με πλαστικούς υδροθαλάμους και αλουμινένιους πυρήνες έχουν επικρατήσει λόγω του χαμηλότερου βάρους και του μειωμένου κόστους κατασκευής, σε σύγκριση με τα παραδοσιακά χάλκινα. Παρόλα αυτά, η συναρμολόγηση και επαναστεγάνωση αυτών των ψυγείων αποτελεί πρόκληση για τους τεχνικούς, κυρίως λόγω της φύσης των υλικών και της ανάγκης για άσκηση ομοιόμορφης πίεσης στις συνδέσεις τους (Stajuda et al., 2024).

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της μηχανής πτύχωσης που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή απαντά στην ανάγκη για ένα εργαλείο χαμηλού κόστους και υψηλής απόδοσης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρές επιχειρήσεις, όπως συνεργεία αυτοκινήτων, προσφέροντας σημαντική μείωση του χρόνου και του κόστους επισκευής. Η μηχανή αυτή βασίζεται στη χρήση εμβόλων αέρα για την άσκηση ελεγχόμενης κάθετης πίεσης, επιτρέποντας την ακριβή σύσφιξη των υδροθαλάμων στις κυψέλες ψυγείων, διασφαλίζοντας έτσι τη στεγανότητα του συστήματος (Serov, 2024).

Η παρούσα εργασία εμπνέεται από την προσωπική εμπειρία του ερευνητή στον χώρο της επισκευής ψυκτικών συστημάτων αυτοκινήτων, καθώς και από τις πρακτικές ανάγκες μιας οικογενειακής επιχείρησης που δραστηριοποιείται στον κλάδο επί 45 χρόνια. Η εποχικότητα της εργασίας και η αυξημένη ζήτηση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αποτελούν κρίσιμους παράγοντες που καθιστούν αναγκαία τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας. Η χρήση μιας πρέσας πτύχωσης και σύσφιξης δύναται να μειώσει στο μισό τον χρόνο επισκευής, επιτρέποντας την εξυπηρέτηση περισσότερων πελατών με το ίδιο ή και λιγότερο προσωπικό, αυξάνοντας την αποδοτικότητα της επιχείρησης (Bahrami, 2024).

Το πρόβλημα που επιχειρεί να αντιμετωπίσει η εργασία δεν περιορίζεται μόνο στην απουσία εύκολων και οικονομικών λύσεων για την επισκευή ψυγείων, αλλά και στη δυσκολία απόκτησης βιομηχανικών μηχανών πτύχωσης, των οποίων το κόστος υπερβαίνει τις 20.000 ευρώ και προορίζονται κυρίως για μαζική παραγωγή. Η προτεινόμενη λύση είναι η κατασκευή μιας απλουστευμένης, αλλά λειτουργικής μηχανής, προσαρμοσμένης στις ανάγκες ενός τεχνικού εργαστηρίου ή μικρής επιχείρησης.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τον σχεδιασμό του μηχανήματος με χρήση σχεδιαστικού λογισμικού (AutoCAD 2016), την επιλογή υλικών και εξαρτημάτων με γνώμονα την αντοχή και το χαμηλό κόστος, και τέλος την κατασκευή και δοκιμή της μηχανής στο εργαστήριο του ερευνητή. Το σύστημα αποτελείται από έναν μεταλλικό σκελετό σχήματος “Η”, δύο παράλληλες έδρες στήριξης (μία για τα ψυγεία και μία για τα έμβολα), καθώς και περιφερειακά εξαρτήματα όπως γρανάζια, αλυσίδες, μανόμετρα και φιλτρορυθμιστές αέρος (Ashok et al., 2022).

Η επιλογή του αέρα ως μέσου μετάδοσης δύναμης οφείλεται στην ευκολία ελέγχου της πίεσης και στη δυνατότητα αποφυγής υπερβολικής φόρτισης των υδροθαλάμων από πολυαμίδιο, οι οποίοι ενδέχεται να ραγίσουν υπό υψηλές πιέσεις. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε εύρος πίεσης 2–8 bar, με προσαρμογές ανάλογα με το υλικό και τον τύπο του ψυγείου (Okhiria & Towoju, 2021).

Η παρούσα μελέτη συνεισφέρει σημαντικά στη βιβλιογραφία, καθώς δεν περιορίζεται σε θεωρητική ανάλυση, αλλά περιλαμβάνει την πλήρη κατασκευή και δοκιμή ενός

λειτουργικού πρωτοτύπου, με πλήρη καταγραφή των τεχνικών προδιαγραφών, των υλικών, του κόστους, καθώς και των πρακτικών αποτελεσμάτων της χρήσης του. Μέσω της ανάλυσης κόστους–οφέλους, αποδεικνύεται ότι η κατασκευή της μηχανής είναι οικονομικά συμφέρουσα και ενισχύει τη βιωσιμότητα μικρών επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον τομέα της επισκευής οχημάτων.

Κεφάλαιο 1. Ψυγείο Νερού – Ψύξη Μηχανών Εσωτερικής Καύσης

1.1 Ορισμός

Το ψυγείο νερού (βλ. Εικόνα 1) είναι επί της ουσίας ένας εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμοποιείται για την ψύξη των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Εντοπίζεται κυρίως στα αυτοκίνητα, καθώς επίσης και σε αεροσκάφη που διαθέτουν κινητήρες εμβόλου, σε μοτοσυκλέτες (βλ. Εικόνα 2), σε σταθερές μονάδες παραγωγής ενεργείας (γεννήτριες) (βλ. Εικόνα 3) και γενικότερα οπουδήποτε γίνεται χρήση τέτοιου τύπου κινητήρα (Aized et al., 2022).



Εικόνα 1. Ψυγείο νερού



Εικόνα 2. Ψυγείο μοτοσικλέτας

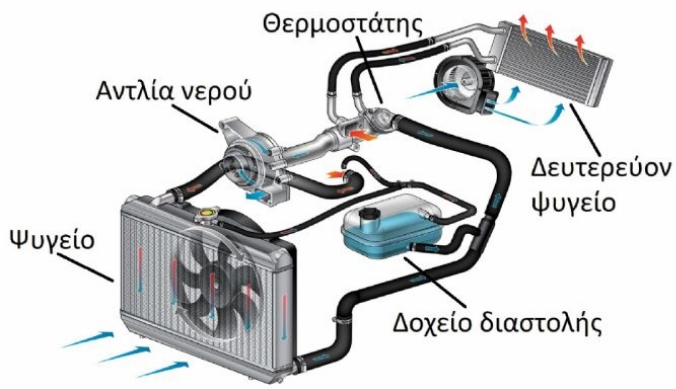


Εικόνα 3. Γεννήτρια & ψυγείο νερού

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης ψύχονται με την κυκλοφορία ενός υγρού που ονομάζεται ψυκτικό υγρό. Το ψυκτικό αυτό υγρό συμβάλλει στη μεταφορά θερμότητας από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης προς περιβαλλοντικό αέρα. Αυτή η μεταφορά θερμότητας, στην πραγματικότητα, επιτυγχάνεται μέσω της αγωγιμότητας και όχι της θερμικής ακτινοβολίας (Mahmood et al., 2021). Στα σύγχρονα συστήματα ψύξης νερού, το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί από τον κινητήρα έως το ψυγείο με τη βοήθεια μιας αντλίας νερού. Το ψυκτικό υγρό θερμαίνεται από

τον κινητήρα, στη συνέχεια ψύχεται από το ψυγείο και ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα (βλ. Εικόνα 4) (Barbosa et al., 2012; Bahrami, 2024).

Πρέπει να σημειωθεί πως στο κύκλωμα αυτό χρησιμοποιούνται και άλλα εξαρτήματα συμπεριλαμβανομένων των κολάρων, των σωλήνων, του θερμοστάτη, του ανεμιστήρα, καθώς και των βαλβίδων θερμοκρασίας. Κάθε ένα από αυτά τα εξαρτήματα είναι απαραίτητο για την ομαλή λειτουργία και την ελεγχόμενη ψύξη του κυκλώματος. Σε εφαρμογές εκτός αυτοκινήτου, οι εναλλάκτες θερμότητας χρησιμοποιούνται επίσης για την παροχή θερμότητας σε οικίες, πολυκατοικίες, θερμοκήπια και άλλες κατασκευές (Nasution et al., 2020).



Εικόνα 4. Ολοκληρωμένο κύκλωμα ψύξης (Ashok et al., 2022)

1.2 Η ιστορία του ψυγείου νερού

Παρά το γεγονός ότι η ψύξη των ΜΕΚ με τη χρήση του αέρα ήταν πιο δημοφιλής από την υδρόψυξη στις απαρχές της ανάπτυξης και κατά την κυκλοφορία του πρώτου αυτοκινήτου, το πρώτο ψυγείο στην πραγματικότητα εφευρέθηκε από τον Karl Benz την περίοδο μεταξύ 1871 και 1882. Επρόκειτο για ένα σύστημα ψύξης νερού που περιλάμβανε έναν ανεμιστήρα και ένα σωληνοειδές ψυγείο (Carson, 2013).

Ο Wilhelm Maybach ήταν ένας άλλος πρωτοπόρος εφευρέτης στην πρώιμη ιστορία του ψυγείου. Έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ένα σχέδιο ψυγείου τύπου "κηρήθρας" που θα αποδεικνυόταν δημοφιλές επί σειρά δεκαετιών. Αυτό το σχέδιο κηρήθρας εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Mercedes των 35hp του Maybach, την οποία η ομώνυμη εταιρεία παρουσίασε και κυκλοφόρησε τον Μάρτιο του 1900 (Potthast, 2025). Το εν λόγω μοντέλο αυτοκινήτου διέθετε όλα τα βασικά

χαρακτηριστικά του σύγχρονου αυτοκινήτου: ισχυρό κινητήρα, αμάξωμα από ελαφρύ κράμα, ατσάλινο πλαίσιο με χαμηλό κέντρο βάρους, τροχούς ίσου μεγέθους, κεκλιμένο σύστημα πλοήγησης, λεβιέ και κιβώτιο ταχυτήτων. Αυτός ο τύπος ψυγείου άρχισε να αντικαθίστανται τη δεκαετία του 40’ με ψυγεία νέου τύπου (Feng et al., 2024; Potthast, 2025).

Τα πρώτα ψυγεία αυτοκινήτων χρησιμοποιούσαν ως ψυκτικό μέσο το νερό, το οποίο ωστόσο υπέφερε από εγγενή προβλήματα όπως ο βρασμός του, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα. Αυτά τα ψυγεία νερού λειτουργούσαν επίσης σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Λόγω του προβλήματος του βρασμού η ψύξη των κινητήρων με αέρα ήταν δημοφιλής μέχρι και τον Β’ Παγκόσμιο Πόλεμο (Mounika et al., 2016).

Οι επόμενες σημαντικές εξελίξεις στο σχεδιασμό των ψυγείων συντελέστηκαν λόγω των σημαντικών ανακαλύψεων στο πεδίο της μηχανικής αεροσκαφών. Δεδομένου ότι τα συστήματα ψύξης νερού λειτουργούν λιγότερο αποτελεσματικά σε μεγάλα υψόμετρα παρά σε χαμηλά, λόγω της χαμηλότερης πίεσης αέρα, οι μηχανικοί αεροσκαφών κατέληξαν στη λύση της συμπίεσης των συστημάτων ψύξης για την υπέρβαση του εν λόγω προβλήματος. Αυτή η ιδέα εφαρμόστηκε στη συνέχεια και σε κινητήρες αυτοκινήτων, όπου η πίεση επέτρεπε στα ψυγεία να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά, αλλά και στους κινητήρες να λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Bhuria et al., 2017).

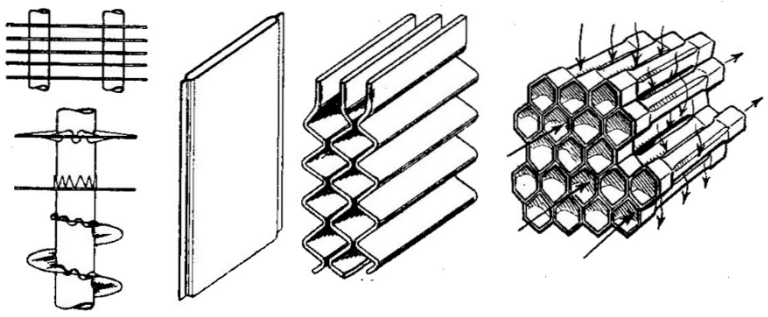
1.3 Σχεδίαση ψυγείων νερού

Από το πρώτο ψυγείο νερού μέχρι και σήμερα η φιλοσοφία, στην οποία έχει βασιστεί ο σχεδιασμός τους παραμένει η ίδια. Αποτελούνται από τα παρακάτω εξαρτήματα (Carson, 2013):

- Έναν λαιμό εισόδου και έναν λαιμό εξόδου.
- Δύο υδροθαλάμους.
- Σωλήνες που ενώνουν τους υδροθαλάμους.
- Πτερύγια μεταξύ των σωλήνων.

Οι υδροθάλαμοι αποτελούν τα κύρια δομικά στοιχεία ενός ψυγείου και μερικές φορές συνδέονται με εξαρτήματα πλαισίου. Αυτοί οι υδροθάλαμοι αναφέρονται και ως καζανάκια ή λεκάνες και μπορούν να βρίσκονται είτε στο πάνω και κάτω μέρος του ψυγείου, είτε στα πλάγια. Οι λαιμοί εισόδου και εξόδου βρίσκονται ένας σε κάθε υδροθάλαμο και τοποθετούνται συνήθως σε διαγώνια παράταξη. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που τοποθετούνται και οι δύο λαιμοί στον ίδιο υδροθάλαμο (Mounika et al., 2016). Οι σωλήνες είναι τα εξαρτήματα που συνδέουν τους υδροθαλάμους και επιτρέπουν στο ψυκτικό υγρό να ρέει μέσω του συστήματος. Αυτοί οι σωλήνες είναι συνήθως επίπεδοι και πολύ λεπτοί, γεγονός που μεγιστοποιεί την επιφάνεια του σωλήνα, στην οποία εκτίθεται το ψυκτικό υγρό, καθώς διέρχεται από το σύστημα. Όντας μεταξύ των σωλήνων, τα λεπτά πτερύγια συμβάλλουν επίσης στην διασφάλιση μεγαλύτερης επιφάνειας. Από κοινού, σωλήνες και τα πτερύγια αναφέρονται ως ο πυρήνας του ψυγείου (βλ. Εικόνα 5) (Bahrami, 2024).

Στο πέρασμα των χρόνων, τόσο η μορφή των ψυγείων, όσο και τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται, έχουν υποστεί σημαντικές αλλαγές. Οι αλλαγές αυτές αποδίδονται τόσο στην εξέλιξη της τεχνολογίας, όσο και στην απαίτηση να καλυφθούν οι νέες ανάγκες που προέκυπταν. Οι μεγαλύτερες ωστόσο, αλλαγές που παρατηρήθηκαν αφορούν τον πυρήνα του ψυγείου, πράγμα απολύτως φυσιολογικό, καθώς είναι και το εξάρτημα που διαδραματίζει το σημαντικότερο ρόλο στην απόδοση της ψύξης, εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα εξαρτήματα του ψυγείου (Feng et al., 2024).



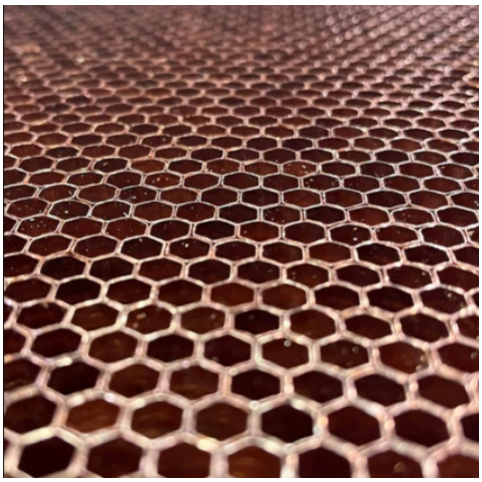
Εικόνα 5. Διαφορετικά είδη κυψελών

Η πρώτη και απ’ ότι αποδείχτηκε σημαντικότερη αλλαγή εισήχθη από τον Wilhelm Maybach το 1897. Ο ίδιος δημιούργησε έναν εναλλάκτη θερμότητας κυψελοειδούς πυρήνα (βλ. Εικόνα 6), τον οποίο και κατοχύρωσε επίσημα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1900 (Potthast, 2025).



Εικόνα 6. Ψυγείο νερού με κυψέλη τύπου κερήθρας

Τα κυψελοειδή ψυγεία αποτελούνταν από χιλιάδες μικρούς εξαγωνικούς χάλκινους σωλήνες που είχαν μήκος 2" έως 3". Το εμπρόσθιο και το πίσω μέρος αυτών των σωλήνων ήταν μεγαλύτερης διατομής, ενώ αυτοί ήταν συγκολλημένοι μεταξύ τους (βλ. Εικόνες 7 και 8). Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνταν ένα κενό μεταξύ των σωλήνων, αλλά μόνο μέσα στον πυρήνα, όπου κυκλοφορούσε και το ψυκτικό υγρό. Το ψυκτικό υγρό εντέλει ψύχονταν με τον ατμοσφαιρικό αέρα που περνούσε μέσα από τους εξάγωνους σωλήνες. Ο πυρήνας αυτού του είδους, κυριάρχησε για τρεις με τέσσερις δεκαετίες (Shui-Chang et al., 2015).

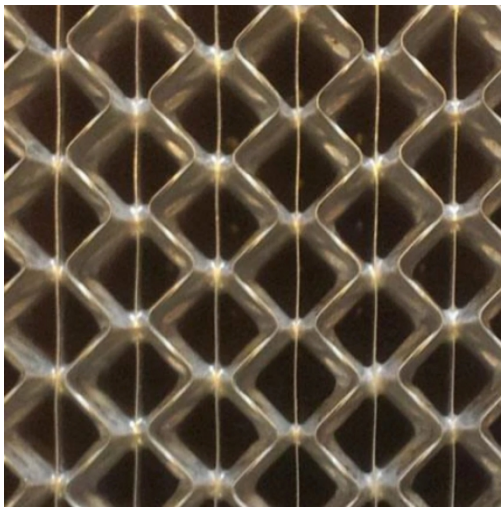


Εικόνα 7. Κυψέλη τύπου κηρήθρας



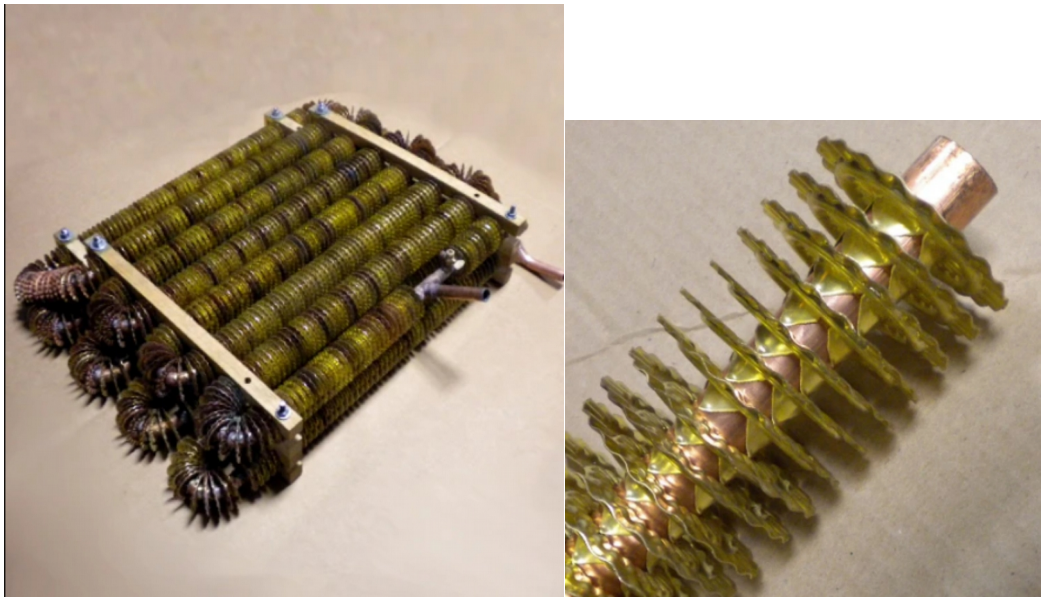
Εικόνα 8. Δομικά στοιχεία κυψέλης τύπου κηρήθρας

Όταν τη δεκαετία του 1940 έγινε αντιληπτό πως τα κυκλώματα ψύξης υπό πίεση ήταν πιο αποδοτικά, παρατηρήθηκε μια στροφή προς τους πυρήνες κυτταρικής δομής (βλ. Εικόνα 9). Η κυτταρική δομή ήταν η μόνη διάταξη που αντικατέστησε με επιτυχία τον κυψελοειδή πυρήνα. Σε αντίθεση με τα σύγχρονα ψυγεία, οι κυτταρικοί πυρήνες δεν διέθεταν ξεχωριστούς σωλήνες. Οι δίοδοι σχηματίζονταν μέσω του περάσματος του χαλκού από μια σειρά από μήτρες και κυλίνδρους, δίδοντας του το επιθυμητό σχήμα, χωρίς να υπάρχουν ραφές και κολλήσεις. Πρωτοεμφανίστηκαν το 1934 και ήταν οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενοι πυρήνες ψυγείου μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 1950 (Ashok et al., 2022).



Εικόνα 9. Κυψέλη κυτταρικής δομής

Στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και στις αρχές της δεκαετίας του 1960, οι κατασκευαστές ψυγείων νερού άρχισαν να σχεδιάζουν τους πυρήνες ψυγείων από χάλκινο σωλήνα για τα πτερύγια και ορειχάλκινους υδροθαλάμους. Η λογική πίσω από την εν λόγω σχεδιαστική επιλογή, αν και έχει υποστεί αλλεπάλληλες τροποποιήσεις τις τελευταίες δεκαετίες, εξακολουθεί να κυριαρχεί στο σχεδιασμό και των σύγχρονων ψυγείων, συμπεριλαμβανομένων και των ψυγείων με πυρήνα αλουμινίου (Shui-Chang et al., 2015). Είναι ενδιαφέρον ότι τα σωληνοειδή ψυγεία νερού με κυματοειδή πτερύγια εφευρέθηκαν γύρω στο 1905. Ωστόσο, όπως και τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, δεν εδραιώθηκαν, παρά μόνο αρκετές δεκαετίες αργότερα (Sivashankari et al., 2020).



Εικόνα 10. Σωληνοειδές ψυγείο νερού

Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί σχεδιασμοί της συγκεκριμένης τεχνολογίας πυρήνων, ωστόσο στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας θα γίνει αναφορά στους δυο συνηθέστερους τύπους. Ο πρώτο τύπος είναι ο πυρήνας με το επίπεδο πτερύγιο (βλ. Εικόνα 11), ο οποίος πρωτοεμφανίστηκε το 1934 και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Ήταν το πρώτο σωληνωτό ψυγείο που κυκλοφόρησε στην αγορά. Αυτά τα πτερύγια προσφέρουν εξαιρετική αντοχή, ωστόσο έχουν το μειονέκτημα ότι έχουν μεγάλο βάρος και δεν παρέχουν ικανοποιητική ψύξη. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται πλέον σε μηχανήματα βαρέως τύπου όπως φορτηγά, τρακτέρ, εκσκαφείς κ.ά. (Sivashankari et al., 2020).



Εικόνα 11. Κυψέλη πέντε σειρών με επίπεδο πτερύγιο

Ο δεύτερος τύπος είναι ο πυρήνας με κυματοειδές ή "κατσαρό" πτερύγιο (βλ. Εικόνα 12). Έκανε την εμφάνισή του στις αρχές τη δεκαετία του 1960 και συγκριτικά με το επίπεδο πτερύγιο είναι κατά πολύ ελαφρύτερο και πιο αποδοτικό σε ψυκτική ικανότητα. Ωστόσο, αντιμετωπίζει προβλήματα σε όρους ανθεκτικότητας. Λόγω των πλεονεκτημάτων του τυγχάνει ευρείας χρήσης σε όλα τα συμβατικά αυτοκίνητα και φορτηγά ελαφρού τύπου, μέχρι και σήμερα (Ashok et al., 2022). Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 επιχειρήθηκε η δημιουργία ψυγείων υψηλής απόδοσης με σωληνοειδή πυρήνα. Για τη βελτιστοποίηση της το τοίχωμα των σωλήνων ήταν λεπτότερο και το βήμα τους μικρότερο. Η απόσταση μεταξύ των σωλήνων ήταν διαμορφωμένη στα 13 ή ακόμα και 10 χιλιοστά, έναντι των 15 χιλιοστών των τυπικών πυρήνων. Επίσης χρησιμοποιούνταν πυκνότερα κυματοειδή πτερύγια, δημιουργώντας έτσι ακόμα μεγαλύτερη επιφάνεια. Το αποτέλεσμα αυτών των μετατροπών ήταν μια βελτίωση της απόδοσης της τάξεως του 20 – 25 % (Gogineni et al., 2013).



Εικόνα 12. Κυψέλη τριών σειρών με κυματοειδές (κατσαρό) πτερύγιο

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, οι περισσότεροι κατασκευαστές άρχισαν να τοποθετούν πλαστικά ψυγεία στα αυτοκίνητά τους, όπως και στα φορτηγά ελαφρού τύπου. Αυτά αποτελούσαν ένα συνδυασμό πλαστικών υδροθαλάμων και αλουμινένιων πυρήνων. Αυτή η διαμόρφωση άρχισε να εδραιώνεται κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, παρόλο που είχαν εμφανιστεί ήδη από το 1960. Σήμερα, αυτό το είδος κυψέλης κυριαρχεί σε όλα τα συμβατικά και ελαφρού τύπου οχήματα. Προκειμένου να μειωθεί το βάρος του οχήματος και στη συνέχεια να επιτευχθεί καλύτερη χιλιομετρική κατανάλωση καυσίμου, η στροφή προς αυτόν το συνδυασμό αλουμινίου-πλαστικού για την κατασκευή των ψυγείων αυτοκινήτου ήταν μονόδρομος (Shui-Chang et al., 2015).

Επίσης, το αλουμίνιο έχει κατά πολύ μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τον χαλκό. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι περισσότεροι μεγάλοι κατασκευαστές, συμπεριλαμβανομένων της Ford, της GM, της Mazda, της Nissan και όλων των γερμανικών εταιρειών χρησιμοποίησαν πυρήνες αλουμινίου. Ακόμη και ορισμένες κατασκευάστριες εταιρείες που αρχικά επέμεναν στην χρήση ψυγείων με πυρήνες χαλκού, όπως η Chrysler, η Toyota και η Honda, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα αντίστοιχα στράφηκαν στη χρήση πυρήνων αλουμινίου για τα ψυγεία τους (Gogineni et al., 2013).

1.4 Υλικά κατασκευής ψυγείων νερού

Από τις απαρχές τους έως και σήμερα, τα ψυγεία νερού έχουν κατασκευαστεί από πολλά διαφορετικά υλικά. Κατά το μεγαλύτερο διάστημα από τη δημιουργία τους, οι πυρήνες των ψυγείων αποτελούνταν από χαλκό και τα καζανάκια τους από ορείχαλκο (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου). Οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή ήταν ο εξαιρετικά υψηλός συντελεστής θερμοαγωγιμότητας και η τεράστια ευελιξία στην επεξεργασία του χαλκού και των κραμάτων του (Okhiria & Towoju, 2021). Τα οχήματα κάθε τύπου, από τα συμβατικά, μέχρι και τα πιο βαριά μηχανήματα χρησιμοποιούσαν χάλκινα ψυγεία έως και τα τέλη της δεκαετίας του 1990. Από τη δεκαετία του 2000 και εντεύθεν τοποθετούνται χάλκινα ψυγεία μόνο σε βαρέως τύπου οχήματα, όπου ακόμα και αυτά στρέφονται σταδιακά στη χρήση συνδυασμού πλαστικού – αλουμινίου (Sivashankari et al., 2020).

Ο σίδηρος και ο χάλυβας ήταν μια ακόμη επιλογή των κατασκευαστών σε βάθος χρόνου, αλλά σε περιπτώσεις που η αντοχή έπαιζε μεγαλύτερο ρόλο από ότι η ψύξη και το βάρος. Παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων είναι μηχανήματα βαρέως τύπου όπως εκσκαφείς και φορτηγά, όπου δέχονταν μεγάλες δονήσεις, αλλά και σε επίγειες γεννήτριες, όπου το μέγεθος και το βάρος του ψυγείου δεν αποτελούσαν πρόβλημα. Ήταν άλλωστε εγνωσμένο πως η αντοχή που πρόσφερε ο σίδηρος και ο χάλυβας ήταν πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τον χαλκό (Wani et al., 2019). Ωστόσο, ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας και ειδικής θερμοχωρητικότητας πολύ κατώτερος. Επομένως, ο συνδυασμός που επιλέγονταν ήταν πυρήνας με χάλκινους σωλήνες και σιδερένια πτερύγια και αυτά στερεώνονταν είτε σε ορειχάλκινα, είτε σε χαλύβδινα καζάνια. Τέτοιου είδους κατασκευές συναντώνται ακόμα και σήμερα (Okhiria & Towoju, 2021).

Το πλαστικό και το αλουμίνιο είναι ακόμα δύο υλικά που χρησιμοποιούνταν από τους κατασκευαστές για τη δημιουργία ψυγείων αυτοκινήτου. Πρόκειται για δυο υλικά, τα πλεονεκτήματα των οποίων πέρασαν απαρατήρητα τη δεκαετία του 1960, αλλά σήμερα αποτελούν το υλικό κατασκευής όλων των συμβατικών και ελαφρού τύπου οχημάτων όπως και φορτηγών/ λεωφορείων. Ακόμα και σε βαρέως τύπου μηχανήματα γίνεται πλέον χρήση ψυγείων πλαστικού – αλουμινίου, όπως και ψυγείων κατασκευασμένων εξολοκλήρου από αλουμίνιο (Wani et al., 2019).

1.5 Λειτουργία των ψυγείων

Τα ψυγεία λειτουργούν μέσω της αγωγιμότητας. Καθώς το ζεστό ψυκτικό υγρό ταξιδεύει μέσα από τον πυρήνα του ψυγείου, επάγεται η θέρμανση του. Απορροφάει δηλαδή ένα μέρος της θερμότητας του ψυκτικού υγρού. Αυτός με τη σειρά του απάγει τη θερμότητα που είχε απορροφήσει στην ατμόσφαιρα, μέσω του αέρα που διέρχεται μέσα από τα πτερύγια (Ashok et al., 2022).

Αυτό το ρεύμα αέρα μπορεί να παράγεται με δύο τρόπους (Wani et al., 2019):

- Αέρας που περνάει μέσα από τη μάσκα του αυτοκινήτου και εν συνεχεία μέσα από τον πυρήνα λόγω της κίνησής του.
- Αέρας που εξαναγκάζεται να περάσει μέσα από τον πυρήνα του ψυγείου από έναν ηλεκτρικό ή μηχανικό ανεμιστήρα.

1.6 Βλάβες ψυγείων νερού

Όλα τα ψυγεία, ανεξαρτήτου του υλικού κατασκευής ενδέχεται να αστοχήσουν κάποια στιγμή κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Όποιος και αν είναι ο λόγος το αποτέλεσμα είναι πάντα κοινό, ένας υπερθερμασμένος κινητήρας. Μερικά από τα κύρια προβλήματα που ενδέχεται να εμφανίσει ένα ψυγείο είναι (Stajuda et al., 2024):

- Διαρροή
- Εσωτερική έμφραξη στους σωλήνες του πυρήνα (βλ. Εικόνα 13)
- Εξωτερική έμφραξη των πτερυγίων του πυρήνα
- Αποσάθρωση του πυρήνα (βλ. Εικόνα 14).



Εικόνα 13. Εσωτερικά από εμφραγμένο ψυγείο νερού



Εικόνα 14. Ψυγείο με αποσαρθρωμένες κυψέλες

Εφόσον ένας υπερθερμασμένος κινητήρας μπορεί να δημιουργήσει μια πληθώρα προβλημάτων, τα οποία είναι συχνά κοστοβόρα, καθίσταται αναγκαία η επιδιόρθωση ή ακόμη και η αντικατάσταση του ψυγείου, μόλις γίνουν αντιληπτά τα πρώτα σημάδια μη φυσιολογικής ανόδου της θερμοκρασίας (Patil et al., 2017).

1.7 Επισκευή ψυγείων νερού

Η επισκευή ενός ψυγείου νερού μπορεί να είναι απλή και εύκολη διαδικασία, έως και σύνθετη και πολύ δύσκολη. Οι δυσκολίες σε επίπεδο επισκευής εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από δύο παράγοντες. Ο ένας αφορά το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το ψυγείο και ο άλλος συνδέεται με το είδος της ζημιάς. Επί παραδείγματι, στην περίπτωση βλάβης σε ένα χάλκινο ψυγείο τότε είναι δυνατή η

επιδιόρθωση σχεδόν κάθε είδους βλάβης, ενώ η διαδικασία επισκευής είναι εξαιρετικά απλή (Serov, 2024). Σε περίπτωση διαρροής είναι δυνατός τόσο ο εντοπισμός, όσο και η διαχείριση της, ενώ είναι δυνατή ακόμη και η απόφραξη του ψυγείου, εσωτερικά και εξωτερικά. Σε περίπτωση που καταστεί απαραίτητη, είναι δυνατή και η πραγματοποίηση μετατροπών, μέσω π.χ. της μετατροπής των θέσεων στις παροχές του. Αυτό που καθιστά μη επισκευάσιμο ένα χάλκινο ψυγείο νερού είναι οι περιπτώσεις που έχει υποστεί βλάβη ένα μεγάλο μέρος του πυρήνα ή των καζανιών του ψυγείου ή σε περίπτωση που αυτό έχει αποσαθρωθεί. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις αξίζει να σημειωθεί πως το κόστος της επισκευής ή ακόμα περισσότερο μιας ανακατασκευής ενός χάλκινου ψυγείου νερού είναι αρκετά υψηλό. Το υψηλό αυτό κόστος συνδέεται με το υψηλό κόστος των υλικών που χρησιμοποιούνται (χημικά καθαριστικά, κολλήσεις, φύλλα χαλκού – ορείχαλκου) (Patil et al., 2017).

Στην περίπτωση που στο αυτοκίνητο είναι εγκατεστημένο ένα ψυγείο νερού από πλαστικό – αλουμίνιο, τότε η επισκευή του αποτελεί μια εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία. Στο παρελθόν, λόγω της τεχνολογίας και των υλικών τους, η αντικατάστασή ενός τέτοιου ψυγείου αποτελούσε συχνά την μόνη λύση. Ωστόσο, η καθολική εδραίωσή των εν λόγω ψυγείων, ώθησε τον κατασκευαστικό κλάδο να εφεύρει τρόπους και μεθόδους επισκευής αυτών των ψυγείων με σύγχρονα εργαλεία και τεχνικές (Stajuda et al., 2024). Πλέον, είναι δυνατός ο καθαρισμός αυτού του τύπου ψυγείων τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά. Είναι ακόμη δυνατή η διαχείριση διαρροών που προήλθαν από αστοχία των στεγανών ή ακόμα και από κάποιο επιφανειακό χτύπημα στον αλουμινένιο πυρήνα του ψυγείου. Το κόστος επισκευής στις παραπάνω περιπτώσεις είναι μικρότερο συγκριτικά με τα χάλκινα ψυγεία νερού (Serov, 2024).

1.8 Τεχνικές επισκευής ψυγείων νερού

Οι τεχνικές επισκευής που θα αναλυθούν στην παρούσα μελέτη αφορούν τα τρία πιο συνηθισμένα προβλήματα (Patil et al., 2017):

1. Καθαρισμός ψυγείου εξωτερικά
2. Στεγάνωση διαρροής
3. Καθαρισμός ψυγείου εσωτερικά

Ένας εναλλάκτης θερμότητας, προκειμένου να αποδώσει τα μέγιστα σε ένα κλειστό και υπό πίεση κύκλωμα, θα πρέπει να είναι απόλυτα καθαρός εξωτερικά, όπως και εσωτερικά, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι στεγανός (Stajuda et al., 2024).

1.8.1 Καθαρισμός ψυγείου εξωτερικά

Ανεξαρτήτου υλικού κατασκευής, είτε πλαστικό – αλουμίνιο, είτε χάλκινο, η σχεδίαση τω πυρήνων τους στις μέρες μας είναι ίδια. Ειδικότερα, σε αυτά υπάρχουν κάθετοι σωλήνες σε παράλληλη διάταξη, ενώ μεταξύ τους υπάρχουν πτερύγια κυματοειδή ή ίσια. Ανάμεσά λοιπόν σε αυτά τα πτερύγια συσσωρεύονται διάφορες ακαθαρσίες όπως σκόνες, έντομα, φύλλα, που με το πέρασμα του χρόνου και των καιρικών συνθηκών μετατρέπονται σε λάσπη. Αυτή η λάσπη όταν στεγνώσει, γίνεται ένα σώμα με τον πυρήνα του ψυγείου και σταδιακά συσσωρεύεται μέχρι την πλήρη έμφραξη του. Σε εκείνη τη φάση, η διέλευση του αέρα είναι αδύνατη με αποτέλεσμα την απότομη υπερθέρμανση του κινητήρα (Chen, 2020).

Για την επαναφορά του πυρήνα στην αρχική του κατάσταση θα πρέπει να ακολουθηθεί μια συγκεκριμένη διαδικασία. Αρχικά θα πρέπει να αποσυνδεθεί και να αφαιρεθεί το ψυγείο από τον κινητήρα. Στη συνέχεια ακολουθεί η έκπλυση του πυρήνα εξωτερικά, με απλό τρεχούμενο νερό ή με πιεστικό, έως ότου καθαρίσει. Σε περίπτωση που δεν επιτευχθεί ο καθαρισμός του, απαιτείται η χρήση χημικών καθαριστικών. Η χρήση τους πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή και σύνεση διότι υπάρχει το ενδεχόμενο καταστροφής του πυρήνα. Αν και μετά από αυτή τη διαδικασία δεν επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, τότε είναι απαραίτητη η αντικατάσταση ολόκληρου του ψυγείου (Serov, 2024).

1.8.2 Στεγάνωση διαρροής

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, ένα ψυγείο νερού αποτελείται από διάφορα εξαρτήματα. Στην περίπτωση που υπάρχει ένα χάλκινο ψυγείο τότε όλα αυτά τα εξαρτήματα είναι συγκολλημένα μεταξύ τους με ένα κράμα μαλακής συγκόλλησης κασσίτερου και μόλυβδου. Η θερμοκρασία τήξης της κόλλησης αυτής είναι μικρότερη των 350 ºC. Εν αντιθέσει η θερμοκρασία τήξης της κόλλησης του χαλκού είναι μεγαλύτερη των 1000 ºC. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την ευνοϊκή συμπεριφορά της κόλλησης στο σημείο τήξης της, παρέχει την δυνατότητα ευελιξίας σε περιπτώσεις διαρροών ακόμα και στα πιο δύσβατα σημεία ενός ψυγείου

(Chen, 2020). Συνεπώς, για τη διαχείριση μιας διαρροή σε ένα χάλκινο ψυγείο πρέπει αντίστοιχα να ακολουθηθεί μια συγκεκριμένη διαδικασία. Το πρώτο βήμα είναι η αποσύνδεση και η απομάκρυνση του ψυγείου από τον κινητήρα. Στη συνέχεια, θα πρέπει να αξιολογηθεί η κατάσταση του διαπιστώνοντας αν είναι αποσαθρωμένο ή όχι. Εάν δεν είναι τότε ακολουθεί ο ακριβής εντοπισμός της διαρροής, δοκιμάζοντας το ψυγείο υπό πίεση αέρα μέσα σε μία δεξαμενή νερού (Stajuda et al., 2024). Οι φυσαλίδες που προκύπτουν λόγω της διαρροής θα υποδηλώσουν ακριβή θέση της. Τότε ο τεχνικός εφόσον κρίνει ότι μπορεί να επέμβει, προχωράει στην κόλληση της διαρροής. Η διαδικασία αυτή απαιτεί ειδικά χημικά καθαριστικά, ένα φλόγιστρο οξυγόνου-προπανίου και μια κόλληση που διατίθεται στο εμπόριο σε μορφή λεπτής βέργας. Πρέπει να σημειωθεί πως στην περίπτωση που το ψυγείο είναι αποσαθρωμένο η αντικατάστασή του είναι υποχρεωτική (Patil et al., 2017).

Στην περίπτωση ενός ψυγείο νερού πλαστικού – αλουμινίου τα πράγματα είναι τελείως διαφορετικά. Οι υδροθάλαμοι και όλα τα εξαρτήματα που βρίσκονται πάνω τους είναι από πλαστικό που εξέρχεται από ειδικές μήτρες και καταλήγει σε καλούπια. Επομένως, εάν ραγίσει ή σπάσει κάτι από τα πλαστικά καζανάκια δεν υπάρχει τρόπος επισκευής και η αντικατάστασή του είναι απαραίτητη. Με τον πυρήνα τους όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά, εφόσον δεν παρέχεται η ευελιξία που επιτρέπουν τα χάλκινα ψυγεία (Chen, 2020).

Ωστόσο, υπάρχει η δυνατότητα επέμβασης σε επιφανειακά χτυπήματα και η κόλληση τους με τη χρήση αλουμινοκόλλησης. Υπάρχουν δύο ειδών αλουμινικολλήσεων. Ο ένας περιλαμβάνει τη χρήση φλόγιστρου και λεπτής βέργας αλουμινίου, είτε με ενσωματωμένο βόρακα, είτε ξεχωριστό σε μορφή σκόνης. Ο άλλος περιλαμβάνει τη χρήση ηλεκτρικού τόξου και αδρανούς αερίου, όπως είναι οι συγκολλήσεις TIG και MIG (Stajuda et al., 2024). Στην περίπτωση των πυρήνων ψυγείου, τα πάχη των σωλήνων είναι μόλις μερικά δέκατα του χιλιοστού. Αυτό καθιστά την διαδικασία επισκευής μιας διαρροής στον πυρήνα πολύ δύσκολη, ανεξαρτήτου τρόπου συγκόλλησης. Παρόλα αυτά έχει αποδειχτεί πως οι μηχανές συγκόλλησης τόξου είναι πιο αποτελεσματικές σε πάχη μεγαλύτερα του 1mm, οπότε για τα ψυγεία έχουν επικρατήσει οι κολλήσεις αλουμινίου με τη χρήση φλόγιστρου (Serov, 2024).

Τα βήματα που ακολουθούνται για την επισκευή μίας τέτοιας διαρροής είναι τα εξής. Αρχικά, το ψυγείο πρέπει να έχει απομακρυνθεί από το αυτοκίνητο, ενώ ο τεχνικός θα

πρέπει να έχει αφαιρέσει τυχόν υπολείμματα ψυκτικού υγρού. Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθαριστεί πολύ προσεκτικά το σημείο, επί του οποίου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η κόλληση. Έπειτα, θερμαίνεται με το φλόγιστρο όχι μόνο το σημείο της διαρροής, αλλά και η ευρύτερη γύρω περιοχή. Όταν κριθεί πως η θερμοκρασία έχει φτάσει σχεδόν στο σημείο τήξης του αλουμινίου, τότε ο τεχνικός προχωρά στην εναπόθεση του υλικού. Υπενθυμίζεται πως το γεγονός ότι η κόλληση του αλουμινίου κοντά στη θερμοκρασία τήξης του, σε συνδυασμό με το πολύ λεπτό τοίχωμα των σωλήνων καθιστά την διαδικασία εξαιρετικά δύσκολη (Chen, 2020).

1.8.3 Καθαρισμός ψυγείου εσωτερικά

Έχει ήδη αναφερθεί ότι το ψυκτικό μέσο σε ένα κύκλωμα ψύξης είναι υγρό. Το υγρό αυτό, καθώς κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα, έρχεται σε επαφή με ποικίλα υλικά υπό συνθήκες πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας. Για την αποτροπή φαινομένων όπως η σκουριά, η διάβρωση, ο βρασμός και η ηλεκτρόλυση, χρησιμοποιούνται υγρά που πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές. Επιπλέον, συστήνεται η αντικατάσταση του ψυκτικού υγρού ανά τακτά χρονικά διαστήματα ή μετά από ορισμένα χιλιόμετρα, προκειμένου να διατηρείται το κύκλωμα ψύξης σε άριστη κατάσταση (Naiman et al., 2019). Σε περιπτώσεις, όπου δεν ακολουθείται η προβλεπόμενη συντήρηση, είναι αναμενόμενο να σχηματιστούν άλατα ή σκουριές στο κύκλωμα. Τα υπολείμματα αυτά προσκολλώνται σταδιακά στο ψυγείο νερού, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοσή του και να προκαλείται υπερθέρμανση του κινητήρα. Η ενδεδειγμένη αντιμετώπιση περιλαμβάνει τον εσωτερικό καθαρισμό του ψυγείου νερού (Patil et al., 2017).

Για την υλοποίηση της επισκευής απαιτείται, όπως και σε προηγούμενες περιπτώσεις, η αποσύνδεση και η απομάκρυνση του ψυγείου από τον κινητήρα. Αφού διασφαλιστεί η απουσία υπολειμμάτων ψυκτικού υγρού, πραγματοποιείται το άνοιγμα του εξαρτήματος. Η διαδικασία αυτή διαφέρει σημαντικά μεταξύ χάλκινων και πλαστικών-αλουμινένιων ψυγείων, επομένως κρίνεται σκόπιμη η ξεχωριστή ανάλυσή τους (Stajuda et al., 2024).

1.8.3.1 Χάλκινο

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όλα τα εξαρτήματα ενός χάλκινου ψυγείου είναι συγκολλημένα με ένα κράμα μαλακής συγκόλλησης, το οποίο είναι ευρέως γνωστό ως καλάι. Για την πρόσβαση στο εσωτερικό του ψυγείου, απαιτείται η αποκόλληση

του ενός από τα δύο καζανάκια από τον πυρήνα με τη χρήση φλογίστρου. Η διαδικασία αυτή απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς οι σωλήνες του πυρήνα απέχουν λιγότερο από 2 εκατοστά από τη ραφή του καζανιού (Serov, 2024).

Μετά την αφαίρεση του καζανιού, καθίσταται δυνατός ο καθαρισμός του πυρήνα από ακαθαρσίες με τη χρήση ειδικών λεπτών και επίπεδων ατσάλινων λαμών, καθώς και με ισχυρά χημικά καθαριστικά όπως το υδροχλωρικό οξύ. Με την ολοκλήρωση του καθαρισμού τόσο του πυρήνα όσο και των υπόλοιπων εξαρτημάτων, πραγματοποιείται η εκ νέου συγκόλλησή τους, επαναφέροντας το σύστημα στην αρχική του κατάσταση. Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τον έλεγχο του ψυγείου για πιθανές διαρροές και, εφόσον διαπιστωθεί η απουσία αυτών, το ψυγείο επανατοποθετείται στον κινητήρα (Chen, 2020).

1.8.3.2 Πλαστικό – αλουμίνιο

Η τεχνολογία των ψυγείων αυτού του τύπου παρουσίαζε δυσκολίες για τους τεχνικούς επί σειρά ετών, έως ότου αναπτυχθεί ένας αποτελεσματικός και ασφαλής τρόπος για την πραγματοποίηση εσωτερικού καθαρισμού. Ανάμεσα στους πλαστικούς υδροθαλάμους και τον αλουμινένιο πυρήνα παρεμβάλλεται λαστιχένια τσιμούχα, με σκοπό τη διασφάλιση της στεγανότητας. Η σταθερή σύνδεση των πλαστικών υδροθαλάμων με τον πυρήνα επιτυγχάνεται μέσω ενσωματωμένων αλουμινένιων γάντζων στα άκρα του συστήματος (Patil et al., 2017).

Καθίσταται σαφές ότι για το άνοιγμα ενός τέτοιου ψυγείου δεν απαιτείται φλόγιστρο, αλλά ένα ειδικό εργαλείο για την απασφάλιση των γάντζων χωρίς να προκληθεί φθορά, καθώς και μια μηχανή εφαρμογής που επαναφέρει τους υδροθαλάμους στον πυρήνα εξασφαλίζοντας τη στεγανότητα. Με την χρήση αυτών των εξαρτημάτων, είναι δυνατή η αποσυναρμολόγηση του ψυγείου και ο καθαρισμός του με τις ίδιες επίπεδες ατσάλινες λάμες που χρησιμοποιούνται και στα χάλκινα ψυγεία, σε συνδυασμό με αδρανοποιημένα χημικά καθαριστικά, κατάλληλα για αλουμινένιους πυρήνες (Stajuda et al., 2024). Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας καθαρισμού, το ψυγείο επανασυναρμολογείται με χρήση της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης (βλ. Εικόνα 15). Τέλος, διενεργείται έλεγχος για ενδεχόμενες διαρροές και, εφόσον κριθεί λειτουργικό, το ψυγείο επανατοποθετείται στον κινητήρα (Serov, 2024).



Εικόνα 15. Επαγγελματική μηχανή πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων αυτοκινήτων

Κεφάλαιο 2. Υλικά & Μέθοδος

2.1 Προβληματική & σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η κατασκευή μιας μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού. Αυτή αποτελεί ένα μηχάνημα που έχει τη δυνατότητα να υποδέχεται διαφόρων διαστάσεων αλουμινένιες κυψέλες ψυγείων νερού, με σκοπό την απόλυτη εφαρμογή και στεγάνωση με τους πλαστικούς υδροθαλάμους τους, ασκώντας ισομερή κάθετη πίεση κατά μήκος τους με τη χρήση εμβόλων αέρος (βλ. Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Επαγγελματική μηχανή πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων αυτοκινήτων

Η ιδέα για τη δημιουργία της συγκεκριμένης κατασκευής και όχι η απευθείας αγορά της προέκυψε από την έρευνα στο διαδίκτυο. Όλες οι διαθέσιμες μηχανές τέτοιου τύπου ήταν πολύπλοκες και αναφέρονταν σε εργοστάσια παραγωγής ψυγείων νερού. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, το κόστος αγοράς τους να υπερβαίνει τις 20.000 €. Ως αποτέλεσμα, προέκυψε η ιδέα παραγωγής μιας απλουστευμένης μορφής μιας μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης.

Σκοπός της κατασκευής της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους, για την επισκευή ψυγείων τεχνολογίας πλαστικού – αλουμινίου. Μετά από 45 χρόνια λειτουργίας μιας οικογενειακής επιχείρησης, καθώς και από μια δεκαετή προσωπική εμπειρία ως ψυκτικός αυτοκινήτων, είμαι σε θέση να αξιολογήσω τη σημασία του χρόνου στο επάγγελμα του ψυκτικού αυτοκινήτων. Θεωρείται ένα επάγγελμα εποχιακό, καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες ο όγκος εργασίας αυξάνεται κατακόρυφα. Η αύξηση αυτή αναγκάζει την επιχείρηση να προβεί σε μία σειρά κινήσεων, προκειμένου να ανταπεξέλθει στην υψηλή ζήτηση και την αποτελεσματική εξυπηρέτηση της πελατείας της. Τέτοιες κινήσεις είναι η πρόσληψη επιπλέον προσωπικού με σύμβαση ορισμένου χρόνου, η εκπαίδευση του και οι περισσότερες ώρες λειτουργίας. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πως αυτές οι κινήσεις έχουν αντίκτυπο στα κέρδη της επιχείρησης.

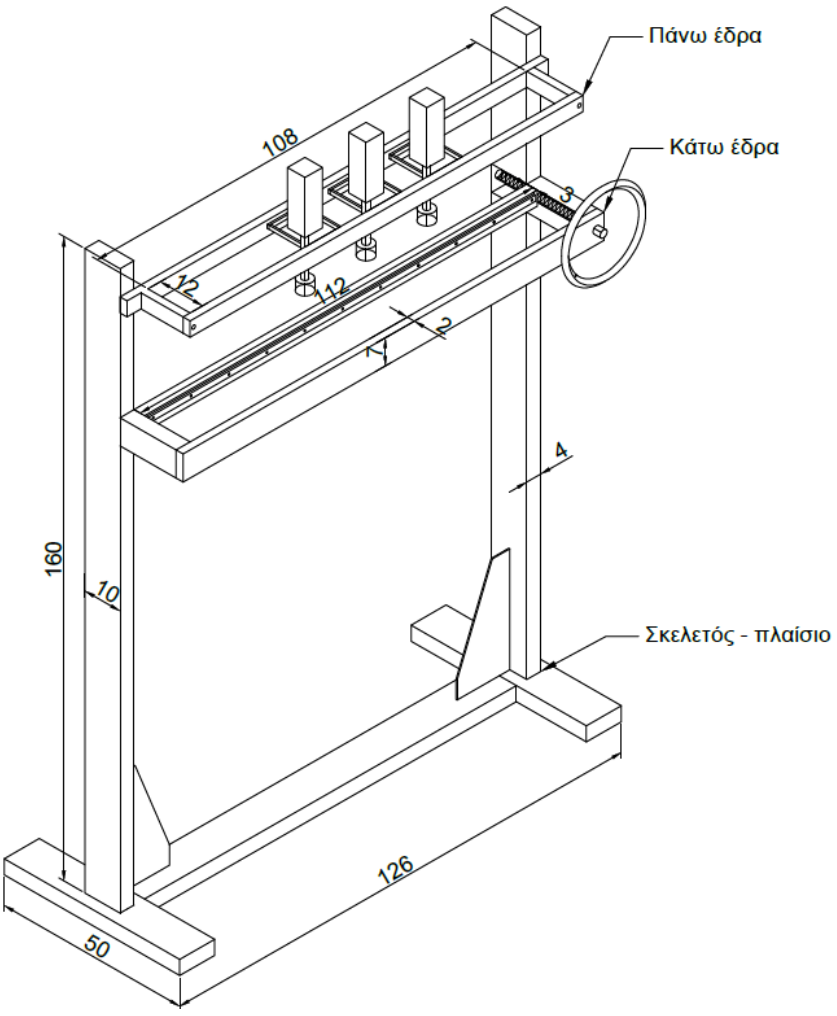
Σε αυτό το σημείο, αναδύεται η ανάγκη δημιουργίας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού. Μία πρέσα δηλαδή που θα μειώνει τον χρόνο επισκευής ενός ψυγείου κατά το ήμισυ. Με αυτό τον τρόπο, η επιχείρηση θα είναι σε θέση να παράγει μεγαλύτερο όγκο εργασίας με λιγότερες ή και καθόλου νέες προσλήψεις, αυξάνοντας ταυτόχρονα την ποιότητα της εργασίας της. Για την υλοποίηση μιας τέτοιας κατασκευής, είναι απαραίτητος ο αρχικός υπολογισμός του κόστους. Η κατασκευή θα θεωρούνταν ασύμφορη, για παράδειγμα, εάν απαιτούνταν μια δεκαετής χρονική περίοδος για την απόσβεση της επένδυσης.

Για την όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση του κόστους, προηγείται η δημιουργία ενός προσχεδίου σε σχεδιαστικό λογισμικό – στην παρούσα περίπτωση το AutoCAD 2016 – σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Μέσω του σχεδιασμού αυτού, καθορίζονται οι διαστάσεις, τα υλικά και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν, ενώ επιπλέον παρέχεται δυνατότητα εκτίμησης του απαιτούμενου χρόνου κατασκευής.

Με τον συνυπολογισμό όλων των παραπάνω παραμέτρων, προκύπτει το συνολικό κόστος της κατασκευής, το οποίο επιτρέπει την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας και σκοπιμότητας της υλοποίησης.

2.2 Προσχέδιο και ανάλυση μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Για το κλείσιμο των πλαστικών-αλουμινένιων ψυγείων νερού απαιτείται η χρήση ειδικού μηχανήματος που να επιτρέπει την εφαρμογή κάθετης δύναμης κατά μήκος του υδροθαλάμου, με σκοπό την επίτευξη άρτιας εφαρμογής με το εφαπτόμενο τμήμα της κυψέλης (κολλέτο). Η απαραίτητη γεωμετρία του μηχανήματος περιλαμβάνει δύο έδρες σε οριζόντια διάταξη, τοποθετημένες παράλληλα μεταξύ τους. Η κάτω έδρα προορίζεται για τη σταθερή και ασφαλή υποδοχή των πυρήνων των ψυγείων, ενώ η άνω φέρει τα έμβολα μέσω των οποίων ασκείται η απαιτούμενη κάθετη πίεση (βλέπε Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Προσχέδιο μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι υδροθάλαμοι των ψυγείων κατασκευάζονται από πολυαμίδιο, ένα θερμοπλαστικό υλικό με ιδιαίτερα χαμηλά όρια διαρροής. Συνεπώς, οι εφαρμοζόμενες κάθετες δυνάμεις οφείλουν να είναι μικρής έντασης και να ελέγχονται με ακρίβεια, προκειμένου να αποφευχθεί η παραμόρφωση ή η φθορά των εξαρτημάτων.

2.2.1 Κατασκευαστικά

Μία μεταλλική κατασκευή που θα αποτελείται από τρία βασικά μέρη. Ο σκελετός – πλαίσιο, έδρα στήριξης ψυγείου και έδρα στήριξης εμβόλων. Θα υπάρχουν επίσης και περιφερειακά εξαρτήματα τοποθετημένα στον σκελετό που θα συνεισφέρουν στην ελεγχόμενη και σωστή λειτουργία της μηχανής.

- **Σκελετός – Πλαίσιο**: Θα είναι σχήματος "Η" και θα αποτελείται από χαλύβδινο κιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 100 x 40 mm και πάχους τοιχώματος 3 mm. Θα υπάρχουν δηλαδή δύο κάθετοι βραχίονες παράλληλης διάταξης που ανάμεσά τους θα βρίσκονται οι έδρες στήριξης ψυγείου και εμβόλων
- **Έδρα στήριξης ψυγείου**: Θα αποτελείται από χαλύβδινη λάμα ορθογωνικής διατομής 70 x 15 mm και κιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 40 x 30 mm και πάχους 3 mm. Το μπροστινό μέρος (λάμα) θα είναι σταθερό, πακτωμένο από τις άκριες του στον σκελετό και το πίσω μέρος (κιλοδοκός) κινούμενο, ώστε να μπορεί να δέχεται ψυγεία διαφορετικού πάχους. Για να τοποθετηθεί σωστά και με ασφάλεια η κυψέλη ανάμεσα στα δύο αυτά μέρη πρέπει να υπάρχει περιθώριο βάθους και πλάτους 5 mm κατά μήκος στο πάνω και εσωτερικό τμήμα των δύο μερών της κάτω έδρας. Στο εσωτερικό τμήμα του εμπρόσθιου μέρους και κάτω από το περιθώριο αυτό, θα υπάρχει ένα σύστημα από άξονες με σπείρωμα γρανάζια και αλυσίδα, προκειμένου να επιτευχθεί η μετάδοση κίνησης από τον χειριστή στο πίσω μέρος της έδρας. Το εσωτερικό μήκος της θα είναι 112 cm και το μέγιστο άνοιγμά της 23 cm.
- **Έδρα στήριξης εμβόλων:** Θα είναι σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου αποτελούμενο από χαλύβδινες λάμες ορθογωνικής διατομής 20 x 40 mm. Δύο παράλληλες λάμες δηλαδή, εσωτερικών διαστάσεων μήκους 108 cm και πλάτους 12 cm. Στην εσωτερική τους πλευρά θα υπάρχουν ειδικά διαμορφωμένες γλίστρες, σε όλο το μήκος τους, όπου και

θα τοποθετούνται οι βάσεις των εμβόλων. Οι βάσεις των εμβόλων θα έχουν και αυτές γλίστρες στο εσωτερικό τους με αποτέλεσμα τα έμβολα να μπορούν να κινηθούν σε όλο το μήκος και πλάτος της πάνω έδρας. Με αυτό τον τρόπο θα η παρέχεται η δυνατότητα άσκησης κάθετης δύναμης των εμβόλων ισομερώς και ανεξαρτήτως της διάστασης του ψυγείου. Η έδρα θα είναι πακτωμένη από τις άκριες της στον σκελετό και σε απόσταση από την κάτω έδρα 26 cm.

2.2.2 Περιφερειακά εξαρτήματα

1. Λεβιές τύπου τιμονιού για την κίνηση της κάτω έδρας από τον χειριστή.
2. Έμβολα αέρος για τη δημιουργία κάθετης πίεσης.
3. Φιλτρορυθμιστής και λιπαντήρας αέρα για την σταθερή πίεση και την ποιότητα του πεπιεσμένου αέρα.
4. Μανόμετρα για την ένδειξη πίεσης αέρα.
5. Ρακόρ, ταχυσύνδεσμοι και σωληνάκια που ενώνουν όλα τα παραπάνω εξαρτήματα.

2.2.3 Μερικές πληροφορίες για την κατασκευή

Οι διαστάσεις της κατασκευής υπολογίστηκαν σύμφωνα με τα ψυγεία που υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά. Μπορεί λοιπόν η κατασκευή να φιλοξενήσει με ασφάλεια ψυγεία ακόμα και μοτοσυκλετών, των οποίων οι διαστάσεις είναι μόλις μερικά εκατοστά σε μήκος και πλάτος, αλλά και ψυγεία φορτηγών ή λεωφορείων, των οποίων οι διαστάσεις φτάνουν τα 102 cm σε μήκος και 15 cm πλάτος.

Το είδος χάλυβα που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή θα είναι τύπου st 37 διότι οι μηχανικές του ιδιότητες καλύπτουν πλήρως τις σχεδιαστικές παραμέτρους, έχει πολύ καλή συμπεριφορά στην συγκόλληση και είναι ευρέως διαθέσιμο στην αγορά.

Οι πιέσεις που θα δουλεύει η κατασκευαζόμενη πρέσα θα είναι μεταξύ των 2 έως 8 bar ανάλογα την ποιότητα κατασκευής των υδροθαλάμων και της τσιμούχας στεγάνωσης. Σε περιπτώσεις υδροθαλάμων από πολυαμίδιο η πίεση των εμβόλων δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 3 bar, ενώ στις περιπτώσεις ψυγείων υπερπλήρωσης αέρος (intercooler) που διαθέτουν μεταλλικούς υδροθαλάμους και παχιές τσιμούχες στεγάνωσης είναι δυνατή η εργασία και σε πίεση έως και 8 bar.

2.2.4 Προδιαγραφές κατασκευής (specifications)

- **Σκελετός**

Διαστάσεις : Ύψος x Πλάτος x Βάθος = 164cm x 126cm x 50cm

Υλικό κατασκευής : Κοιλοδοκοί st37 κατά DIN 17100

- **Έμβολα αέρος Φ.32 σειρά ΑΚ "ISO 6431" UNITAIR**

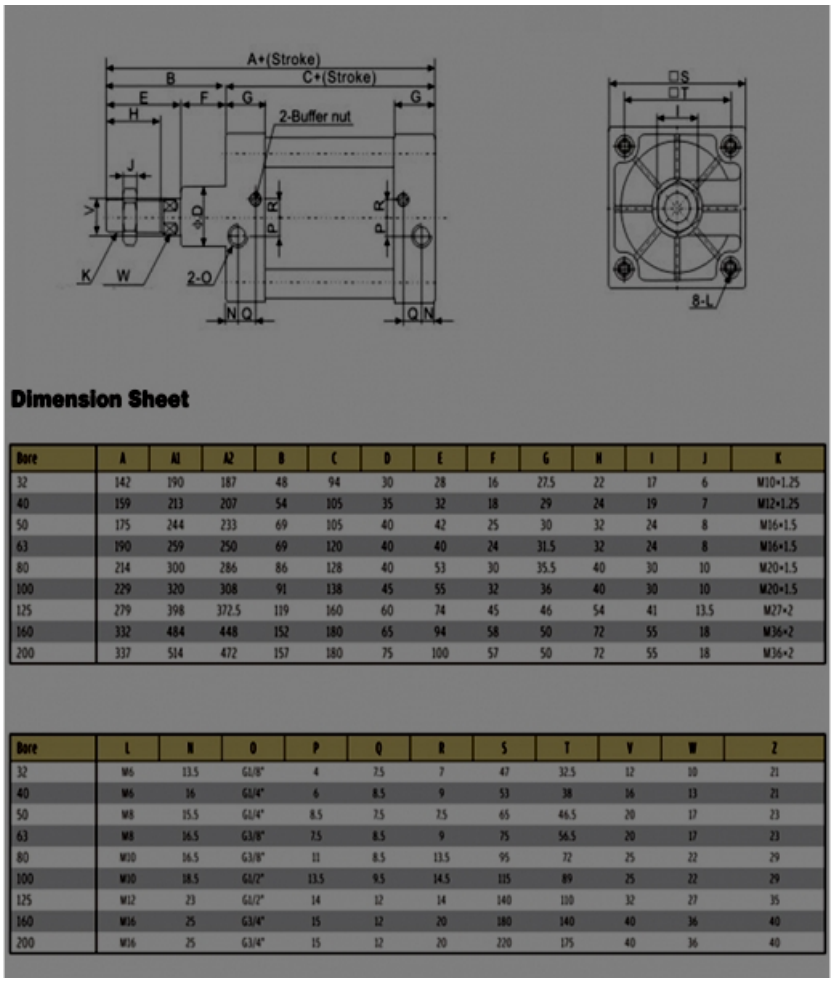
Διπλής ενεργείας μαγνητικό έμβολο αέρος, με εσωτερικό αμορτισέρ και προς τις δύο κατευθύνσεις. Στάνταρ διαδρομές :25 mm έως 2800 mm (ανά 25 mm) (βλ. Εικόνες 17-19).



Εικόνα 17. Έμβολα αέρα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Προέλευση	Κορέα
Κατασκευαστής	Unitair
Διάμετρος (mm)	32
Διαδρομή (mm)	25-2800
Σωλήνας	Ανοδιωμένο και καλιμπραρισμένο αλουμίνιο
Βάκτρο	Χρωμιομένο ατσάλι C45
Πιστόνι	Αλουμινίου με 2 τσιμούχες και οδηγό
Κεφαλάρια	Αλουμινίου με ορειχάλκινο οδηγό στο μπροστινό
Τσιμούχες	NBR
Μεγ. Πίεση (bar)	10
Θεωρητική Δύναμη στα 6 bar (kg)	48
Κατανάλωση Αέρα στα 6 bar (Nl/cm)	0.105
Θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)	-10 έως +70
Πρότυπο ασφαλείας	ISO 6431

Εικόνα 18. Τεχνικά χαρακτηριστικά εμβόλων αέρα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Bore	A	A1	A2	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
32	142	190	187	48	94	30	28	16	27.5	22	17	6	M10×1.25
40	159	213	207	54	105	35	32	18	29	24	19	7	M12×1.25
50	175	244	233	69	105	40	42	25	30	32	24	8	M16×1.5
63	190	259	250	69	120	40	40	24	31.5	32	24	8	M16×1.5
80	214	300	286	86	128	40	53	30	35.5	40	30	10	M20×1.5
100	229	320	308	91	138	45	55	32	36	40	30	10	M20×1.5
125	279	398	372.5	119	160	60	74	45	46	54	41	13.5	M27×2
160	332	484	448	152	180	65	94	58	50	72	55	18	M36×2
200	337	514	472	157	180	75	100	57	50	72	55	18	M36×2

Bore	L	N	O	P	Q	R	S	T	V	W	Z
32	M6	13.5	G1/8"	4	7.5	7	47	32.5	12	10	21
40	M6	16	G1/4"	6	8.5	9	53	38	16	13	21
50	M8	15.5	G1/4"	8.5	7.5	7.5	65	46.5	20	17	23
63	M8	16.5	G3/8"	7.5	8.5	9	75	56.5	20	17	23
80	M10	16.5	G3/8"	11	8.5	13.5	95	72	25	22	29
100	M10	18.5	G1/2"	13.5	9.5	14.5	115	89	25	22	29
125	M12	23	G1/2"	14	12	14	140	110	32	27	35
160	M16	25	G3/4"	15	12	20	180	140	40	36	40
200	M16	25	G3/4"	15	12	20	220	175	40	36	40

Εικόνα 19. Διαστάσεις εμβόλων αέρα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

- **Κρουνός σφαιρικός αρσενικό – θηλυκό**

Κρουνός σφαιρικός με ολικό πέρασμα (full valve) αρσενικός – θηλυκός (βλ. Εικόνα 20).

Σπείρωμα : G1/2”, G3/4”, G1”, G1+1/4”, G1+1/2” και G2”.

Προέλευση : Γερμανία.

Κατασκευαστής : ITV

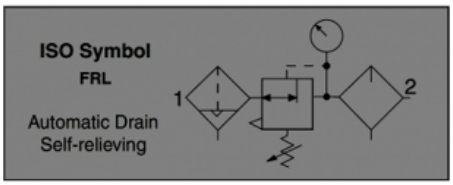


Εικόνα 20. Σφαιρικός κρουνός της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

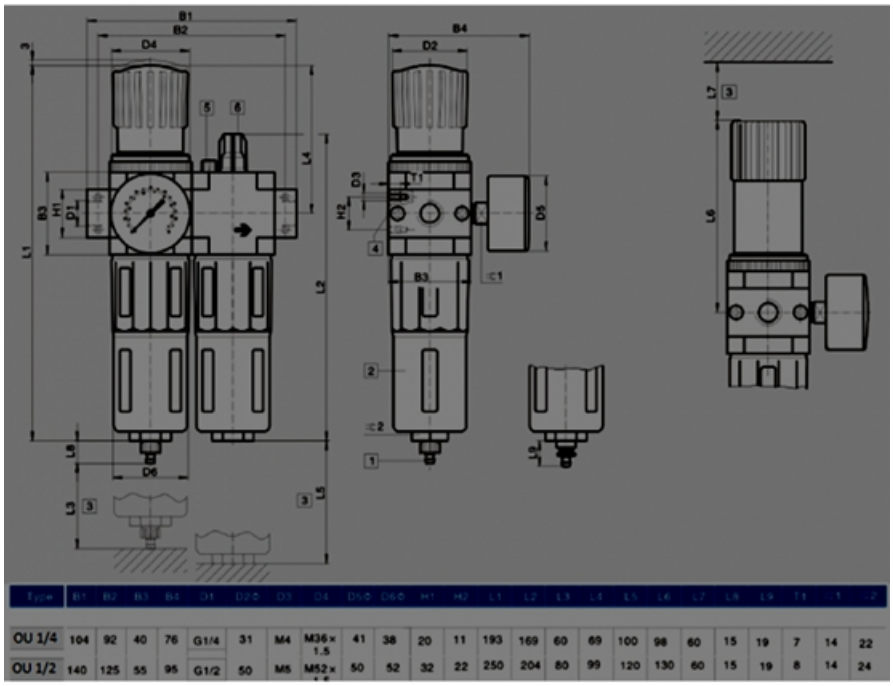
- **Φιλτρορυθμιστής και λιπαντήρας αέρος UNITAIR**

Ο φιλτρορυθμιστής με λιπαντήρα OU αποτελείται από το φιλτρορυθμιστή OFR και το λιπαντήρα OL (βλ. Εικόνες 21-23).





Εικόνα 21. Φιλτρορυθμιστής και λιπαντήρας αέρος της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Εικόνα 22. Διάταξη φιλτρορυθμιστή και λιπαντήρα αέρος

Κατασκευαστής	Unitair
Μέσο	Πεπιεσμένος αέρας
Πίεση εισόδου (bar)	1...16 bar
Ικανότητα φιλτραρίσματος	>40 micron
Πίεση εξόδου (bar)	1,5...12 bar
Θερμοκρασία λειτουργίας (°C)	0...60°C
Στήριξη	Στο δίκτυο ή πλευρική
Θέση στήριξης	Κάθετη ±5°
Προέλευση	Κορέα

Εικόνα 23. Τεχνικά χαρακτηριστικά φιλτρορυθμιστή και λιπαντήρα αέρος

- **Μανόμετρο UNITAIR Φ.40 κάθετο 1/8” απλό**

Απλό μανόμετρο UNITAIR Φ.40 με σπείρωμα 1/8” στην περίμετρο (βλ. Εικόνα 24), κατάλληλο για αέρα, νερό, λάδι, μη εύφλεκτα αέρια από -1 έως +16bar.

Προέλευση: Κορέα



Εικόνα 24. Μανόμετρο της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

- **Βολάν βακελίτη VRA**

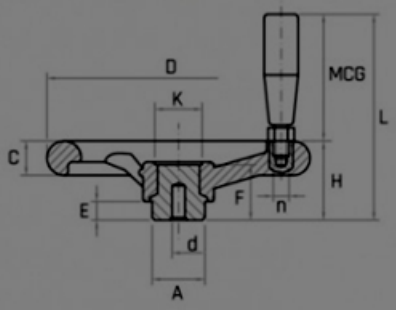
Κατασκευαστής : GAMM (βλ. Εικόνες 25, 26)

Προέλευση : Ιταλία



Εικόνα 25. Βολάν βακελίτη VRA της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Modello	D mm	H mm	L mm	C mm	A mm	d mm	K mm	E mm	F mm	MCG mm	n	gr
VRA/100-M	100	40	85	15	24	Ø4	19	11	33	17x40	M8	205
VRA/125-M	125	46	107	17	24	Ø6	22	13	36	23x55	M8	333
VRA/150-M	150	49	120	20	32	Ø6	27	13	37	25x65	M10	517
VRA/175-M	175	56	127	22	40	Ø6	33	16	41	25x65	M10	735
VRA/200-M	200	61	153	24	40	Ø6	34	16	44	28x85	M10	926
VRA/250-M	250	72	164	28	48	Ø6	40	17	49	28x85	M10	1421
VRA/300-M	300	78	170	34	58	Ø6	48	18	54	28x85	M10	2268



Εικόνα 26. Τεχνικά χαρακτηριστικά βολάν βακελίτη

- **Ρακόρ – ταχυσύνδεσμοι – σωληνάκια**

Οι προδιαγραφές των ρακόρ, ταχυσύνδεσμων και σωλήνων πληρούν πλήρως τις θερμοκρασίες και τις πιέσεις που θα δουλεύει η μηχανή πτύχωσης και σύσφιξης.

2.3 Χρηματοοικονομική ανάλυση

<u>Υλικά - εξαρτήματα κατασκευής</u>

Κιλοδοκός 100 x 40 x 3 mm : 75 €

Κιλοδοκός 40 x 30 x 2 mm : 20 €

Λάμα 10 x 5 : 10 €

Λάμα 70 x 20 mm :50 €

Λαμαρίνα μαύρη 40 x 40 x 3 mm : 30 €

Αλυσίδα : 250 cm :30 €

Γρανάζια : 10 €

Άξονες : 10 €

Ντίζα : 30 €

Χειρολαβή τιμόνι: 30 €

Έμβολα : 150 €

Μανόμετρο : 10 €

Ρυθμιστής πίεσης με φίλτρο: 80 €

Βαλβίδα μηχανικής εντολής 3 θέσεων: 45 €

Χειροκίνητη βάνα αέρος: 10 €

Παρελκόμενα (ρακόρ - ταχυσύνδεσμοι – σωληνάκια κ.α.) : 80 €

Χρώματα : 50 €

Αναλώσιμα : (Ρέυμα, κολλήσεις, δίσκους κοπής κ.α.) : 50 €

Εργατοώρες : 64 ώρες από 8 € την ώρα ενός τεχνίτη μηχανικού = 512 €

Εκτιμώμενο συνολικό κόστος κατασκευής ***1.282 €***

2.4 Αντιμετώπιση προβλημάτων μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης

- Σε περίπτωση εμπλοκής της κάτω έδρας, η οποία δεν ανταποκρίνεται στις εντολές του χειριστή, τα έμβολα πρέπει να τίθενται άμεσα σε κατάσταση αδράνειας. Ακολουθεί η εκτέλεση των απαραίτητων διορθωτικών ενεργειών, προκειμένου να αποκατασταθεί η λειτουργία του συστήματος.

- Σε περίπτωση που ο ρυθμιστής αέρα των εμβόλων παραμείνει σε ενεργή θέση, η τροφοδοσία αέρα προς τη μηχανή απομονώνεται, ενώ τα ακροφύσια των εμβόλων αποσυνδέονται, ώστε να πραγματοποιηθεί εκτόνωση του αέρα. Η διαδικασία αυτή εξασφαλίζει την επαναφορά των εμβόλων σε θέση αδράνειας.

- Εφόσον παρατηρηθεί δυσχέρεια στην κίνηση των βάσεων των εμβόλων πάνω στις γλίστρες, πραγματοποιείται έλεγχος για την ύπαρξη σκόνης ή άλλων ακαθαρσιών. Η εργασία διακόπτεται προσωρινά και συνεχίζεται μόνο μετά τον πλήρη καθαρισμό και την απαραίτητη λίπανση της περιοχής..

2.3 Υπολογισμός επιτρεπτού κόστους και συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της επιχείρησης ο τζίρος από τις επισκευές των αλουμινένιων ψυγείων ανέρχεται στο 15% επί του συνολικού τζίρου, ετησίως. Υπολογίζοντας τα έξοδα της επιχείρησης (έξοδα καταστήματος, αναλώσιμα, ενοίκιο, προσωπική εργασία ιδιοκτήτη επιχείρησης, υπαλλήλων κ.ά.) και διαιρώντας τα διά

270 που είναι οι εργάσιμες ημέρες ανά έτος, προκύπτει το ποσό των 170 €. Οι επισκευές των αλουμινένιων ψυγείων καλούνται να απορροφήσουν το 15% αυτού του ποσού που αντιστοιχεί στα 25,5 €. Έχοντας λοιπόν 2 επισκευές κατά μέσο όρο την ημέρα σύμφωνα με τα αρχεία της επιχείρησης, μοιράζεται αυτό το επιτρεπτό κόστος δια 2 που αντιστοιχεί στα 12,75€ ανά επισκευή.

Σε περίπτωση που επιδιώκεται η απόσβεση του κόστους κατασκευής εντός ενός έτους, απαιτείται ο υπολογισμός της ημερήσιας αναλογίας του συνολικού κόστους. Ο υπολογισμός αυτός πραγματοποιείται διαιρώντας το εκτιμώμενο συνολικό κόστος δια του αριθμού των εργάσιμων ημερών ανά έτος. Το προκύπτον ποσό διαιρείται περαιτέρω δια του μέσου αριθμού επισκευών που εκτελούνται ημερησίως (στην παρούσα περίπτωση δύο), προκειμένου να προσδιοριστεί το απαιτούμενο ποσό απόσβεσης ανά επισκευή.

Επομένως προκύπτει : 1282 / 270 =4,748 €

Έπειτα : 4,748 / 2 =2,374 €

Άρα το **νέο επιτρεπτό κόστος** ανέρχεται στα 15,12€

Για τον καθορισμό της τελικής τιμής προς τον πελάτη, είναι αναγκαίο το κόστος της επισκευής να διαμορφωθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται και κάποιο περιθώριο κέρδους. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη στρατηγική τιμολόγησης, το επιτρεπτό κόστος δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το ένα έκτο της τιμής αγοράς του ψυγείου που επισκευάζεται. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή ενός τυπικού ψυγείου κυμαίνεται στα 100 €, το αντίστοιχο επιτρεπτό κόστος διαμορφώνεται στα 16,67 €.

Συγκρίνοντας τη συγκεκριμένη τιμή αναφοράς με το εκτιμώμενο επιτρεπτό κόστος βάσει της ανάλυσης απόσβεσης, προκύπτει ότι η επένδυση στην κατασκευή είναι οικονομικά συμφέρουσα και μπορεί να υποστηριχθεί με θετικό πρόσημο από πλευράς βιωσιμότητας και κερδοφορίας.

2.4 Προδιάγραφες ασφαλείας κατά τη διάρκεια χρήσης της μηχανής

Η μηχανή πτύχωσης και σύσφιξης αποτελείται από κάποια μηχανικά μέρη. Η λειτουργία των μηχανικών μερών, όπως η έδρα υποδοχής κυψελών και οι γλίστρες

εμβόλων πραγματοποιείται χειροκίνητα. Επίσης, η κίνηση των εμβόλων πραγματοποιείται χειροκίνητα μέσω της βαλβίδας ροής αέρα. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν πως η τήρηση των προδιαγραφών ασφαλείας είναι επιτακτική.

- Η σύσφιξη της κυψέλης στην κάτω έδρα πρέπει να είναι ακριβής και σταθερή.
- Απαγορεύεται η πίεση των εμβόλων να είναι ρυθμισμένη μεγαλύτερη των 3 bar για υδροθαλάμους από πολυαμίδιο.
- Όταν δύο ή περισσότερα άτομα χρησιμοποιούν την μηχανή, πρέπει πρώτα να συνεννοηθούν πριν κατέβουν τα έμβολα.
- Κατά τη λειτουργία εάν ο τεχνικός πρέπει να απομακρυνθεί από τη θέση εργασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα, πρέπει πρώτα να τοποθετήσει τα έμβολα σε θέση αδράνειας.
- Απαγορεύεται αυστηρά σε μη εκπαιδευμένο προσωπικό να λειτουργεί ή να διορθώνει εξαρτήματα της μηχανής χωρίς άδεια, έτσι ώστε να αποφευχθούν πιθανοί κίνδυνοι για την ασφάλεια του.

2.5 Συντήρηση μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης

- **Καθαρισμός μηχανήματος:** Ο χειριστής οφείλει να καθαρίζει τη μηχανή στο τέλος κάθε εργάσιμης ημέρας, με σκοπό την απομάκρυνση σκόνης, υπολειμμάτων και περίσσειας λιπαντικών ουσιών, εφόσον υπάρχουν. Ο τακτικός καθαρισμός διασφαλίζει την εύρυθμη λειτουργία του εξοπλισμού και μειώνει τον κίνδυνο βλαβών.
- **Τακτοποίηση χώρου εργασίας:** Τα εργαλεία, τα παρελκόμενα εξαρτήματα και οι πάγκοι εργασίας που χρησιμοποιούνται πλησίον του μηχανήματος πρέπει να διατηρούνται καθαρά και τακτοποιημένα. Η οργανωμένη διάταξη του εξοπλισμού συμβάλλει στην αποτροπή λαθών κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.
- **Καλή λίπανση:** Στο τέλος κάθε εργάσιμης ημέρας, πραγματοποιείται έλεγχος για την επάρκεια λιπαντικών (λάδι ή γράσο) στα κινητά σημεία, καθώς και στα σημεία τριβής του μηχανήματος. Η σωστή λίπανση

εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία και περιορίζει τη φθορά των μηχανικών εξαρτημάτων.

- **Επιθεώρηση μηχανήματος:** Σε εβδομαδιαία βάση, διενεργείται έλεγχος της γενικής κατάστασης του μηχανήματος, συμπεριλαμβανομένων των μηχανικών μερών, των συνδέσεων και των συνδέσμων. Όλες οι συνδέσεις πρέπει να είναι σφικτές και σταθερές. Σε περίπτωση εντοπισμού φθοράς σε οποιοδήποτε εξάρτημα, απαιτείται άμεση αντικατάστασή του.Καθαρισμός μηχανήματος: Ο χειριστής πρέπει να καθαρίζει το μηχάνημα στο τέλος της μέρας για να απομακρύνει τη σκόνη, τα υπολείμματα και το υπερβολικό λάδι εάν υπάρχει.

2.6 Κανονισμοί για τα ψυγεία ΜΕΚ

Το ψυγείο νερού εντάσσεται στην κατηγορία των «συστημάτων ψύξης» βάσει του διεθνούς προτύπου **ISO 7967:2010**, το οποίο αφορά στις παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης. Το πρότυπο αυτό καθορίζει την ορολογία και τις βασικές παραμέτρους λειτουργίας για τα επιμέρους συστήματα των κινητήρων, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ψύξης που είναι κρίσιμα για τη θερμική διαχείριση του κινητήρα και την αποτροπή υπερθέρμανσης.[1]

Αντίστοιχα, υφίσταται πρότυπο και για τις τάπες πλήρωσης του συστήματος ψύξης, οι οποίες, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι ενσωματωμένες στον άνω υδροθάλαμο των ψυγείων. Το σχετικό διεθνές πρότυπο είναι το **ISO 9818:1991**, το οποίο επανεξετάστηκε το έτος 2020 και παραμένει σε ισχύ μέχρι και σήμερα. Το ISO 9818 καταρτίστηκε από την Τεχνική Επιτροπή **ISO/TC 22** – «Επιβατικά Οχήματα», και συγκεκριμένα από την υποεπιτροπή **SC 24** που αφορά την εναλλαξιμότητα εξαρτημάτων επιβατικών αυτοκινήτων. Το πρότυπο αυτό καθορίζει τις διαστάσεις, τις απαιτήσεις και τις συνθήκες εναλλαξιμότητας για τις τάπες πλήρωσης, εξασφαλίζοντας την ορθή λειτουργία και την ασφάλεια των συστημάτων ψύξης στους κινητήρες εσωτερικής καύσης.[2]

- Το ISO 9818 σχηματίστηκε από μία σειρά πιστοποιήσεων όπως:

1 Βλ. σχετικά: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/45616/d8513d738b0f43689b5d3f4edd265cc8/ISO-7967-3-2010.pdf
2 Βλ. σχετικά: https://www.iso.org/standard/17688.html

- ISO 9133: 1918, επιβατικά αυτοκίνητα, σύστημα ψύξης ΜΕΚ, σπείρωμα τάπας πίεσης και η θέση της στο λαιμό πληρώσεις.
- ISO 9817: 1991, επιβατικά αυτοκίνητα, σύστημα ψύξης ΜΕΚ, διάσταση της τάπας πίεσης και θέσεις ράμπας στον λαιμό πληρώσεις.
- ISO 9818 :1991, επιβατικό αυτοκίνητο, σύστημα ψύξης ΜΕΚ, μέθοδοι δοκιμής και σήμανση των καπακιών πίεσης.

Σύμφωνα λοιπόν με τους παραπάνω κανονισμούς υποχρεούνται οι κατασκευαστές να αναγράφουν στα καπάκια πίεσης την μέγιστη πίεση λειτουργίας των συστημάτων ψύξης τους. Σε πιέσεις πάνω από τις αναγραφόμενες τα καπάκια πίεσης λειτουργούν σαν βαλβίδες εκτόνωσης για την αποφυγή προβλημάτων. Έτσι τα ψυγεία νερού, όπως και όλα τα εξαρτήματα που αποτελούν το σύστημα ψύξης, είναι μελετημένα και δοκιμασμένα, ώστε να αντέχουν τουλάχιστον μέχρι την πίεση που αναγράφεται στα καπάκια του εκάστοτε κατασκευαστή (Rajput et al., 2019).

Στις περιπτώσεις όπου απαιτείται επέμβαση για την επισκευή ψυγείου νερού, το πρότυπο ISO 9818:1991, και ειδικότερα η παράγραφος 2.1 (δοκιμή βαλβίδας ανακούφισης σε πίεση και υποπίεση), προβλέπει ότι η παράδοση του ψυγείου στον πελάτη επιτρέπεται μόνο μετά από επιτυχή δοκιμή πίεσης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και εφόσον δεν παρατηρείται διαρροή. Η εν λόγω δοκιμή διεξάγεται σε θερμοκρασία δωματίου και θεωρείται επιτυχής όταν η βαλβίδα εκτόνωσης παρουσιάζει σταθερό ρυθμό διαρροής 30 cm^3/min.

Σε περιπτώσεις όπου η τάπα πίεσης δεν είναι ενσωματωμένη στο ψυγείο, η δοκιμή πραγματοποιείται με χρήση μανόμετρου στην προβλεπόμενη πίεση του κατασκευαστή. Για τα επιβατικά οχήματα, οι ενδεικτικές τιμές πίεσης κυμαίνονται μεταξύ 0,9 bar και 1,4 bar, ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μέχρι σήμερα δεν υφίσταται συγκεκριμένος κανονισμός που να επιτρέπει ή να απαγορεύει την επισκευή ενός ψυγείου κινητήρα εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.). Ομοίως, δεν υπάρχουν επίσημα καθορισμένα κριτήρια για την επιλογή μεταξύ επισκευής ή αντικατάστασης. Ως εκ τούτου, η σχετική απόφαση βασίζεται στην τεχνική εκτίμηση του επαγγελματία, ο οποίος αξιολογεί την κατάσταση του εξαρτήματος.

Στην περίπτωση επιλογής επισκευής, τα υλικά του ψυγείου οφείλουν να βρίσκονται σε άριστη κατάσταση. Ειδικότερα, το αλουμίνιο του πυρήνα και το πολυαμίδιο των υδροθαλάμων πρέπει να διατηρούν τον αρχικό τους χρωματισμό και λάμψη, χωρίς ενδείξεις αποσάθρωσης ή αλλοίωσης (π.χ. ψώριασμα). Ένα ψυγείο με αποχρωματισμένο πολυαμίδιο (από μαύρο σε πράσινο), αποσαθρωμένο πυρήνα και εμφανή σημάδια φθοράς υποδεικνύει την ανάγκη αντικατάστασης και ανακύκλωσης.

Η εκτίμηση της καταλληλότητας για επισκευή παραμένει σε μεγάλο βαθμό εμπειρική διαδικασία, καθιστώντας τις γνώσεις αντοχής υλικών ουσιώδεις για τον τεχνικό που αναλαμβάνει την εργασία.

Κεφάλαιο 3. Περιγραφή & Μελέτη Κατασκευής

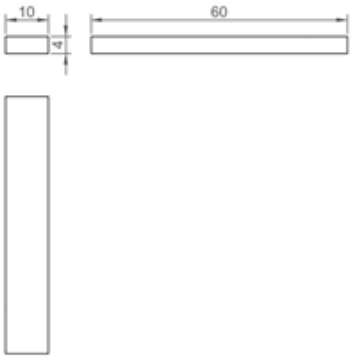
3.1 Περιγραφή υλικών

Η κατασκευή στο σύνολό της αποτελείται από το ίδιο υλικό. Χρησιμοποιήθηκαν κιλοδοκοί, λάμες και άξονες από χάλυβα τύπου st 37 κατά DIN 17100. Οι μηχανικές του ιδιότητες καλύπτουν πλήρως τις σχεδιαστικές παραμέτρους που τέθηκαν ανωτέρω, ενώ τα χρησιμοποιούμενα υλικά παρουσιάζουν εξαιρετική συμπεριφορά στην συγκόλληση και είναι ευρέως διαθέσιμα στην αγορά. Οι βίδες που χρησιμοποιήθηκαν είναι τύπου allen φρεζάτες γαλβανιζέ κατά Din 7991 M6. Οι συγκολλήσεις πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτροκόλληση R-TECH 170 AC/DC Digital TIG Welder και το υλικό εναπόθεσης σε όλα τα "γαζιά" ήταν τύπου ER70S-6 (σύμφωνα με το πρότυπο DIN EN ISO 636-A: G3Si1), το οποίο είναι κατάλληλο για συγκόλληση μαλακού χάλυβα με τη μέθοδο TIG.

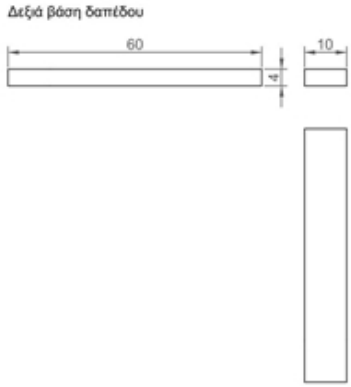
3.2 Μελέτη κατασκευής

Η μελέτη της κατασκευής πραγματοποιήθηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 2016 με όλα τα εξαρτήματα να είναι σχεδιασμένα σε 2d στις 3 βασικές όψεις. Πρόσοψη, αριστερή πλάγια όψη και κάτοψη. Οι Εικόνες 27-31 παρουσιάζουν τα επιμέρους κομμάτια του σκελετού – πλαισίου της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού. Οι κιλοδοκοί που τοποθετήθηκαν είναι διαστάσεων 100mm x 40mm με 2mm πάχος.

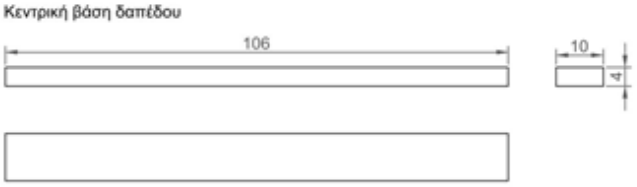
Αριστερή βάση δαπέδου



Εικόνα 27. Αριστερή βάση δαπέδου της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Εικόνα 28. Δεξιά βάση δαπέδου της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Εικόνα 29. Κεντρική βάση δαπέδου της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

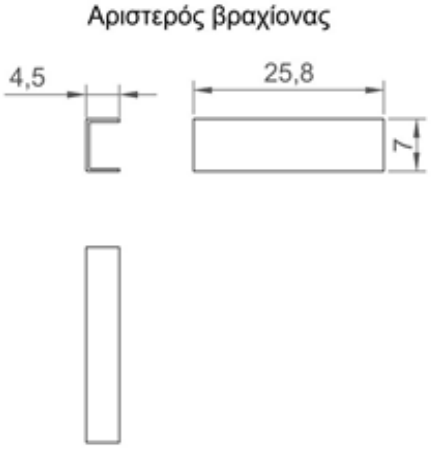


Εικόνα 30. Αριστερή κολόνα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

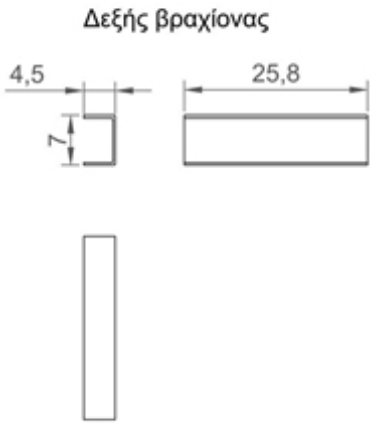


Εικόνα 31. Δεξιά κολόνα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Οι βραχίονες της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού που απεικονίζονται στις Εικόνες 32 και 33, αποτελούνται από μαύρη λαμαρίνα 4mm πάχους, επεξεργασμένη στη στράτζα, ώστε να ληφθεί το τελικό αποτέλεσμα.

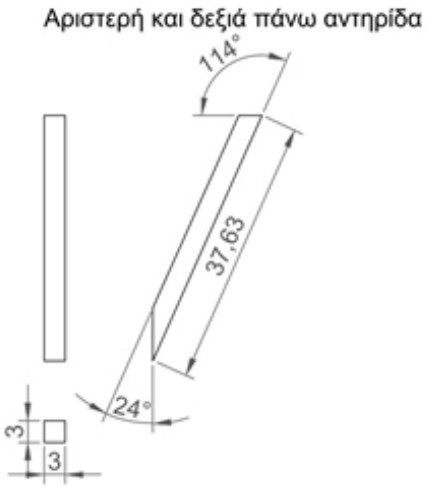


Εικόνα 32. Αριστερός βραχίονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

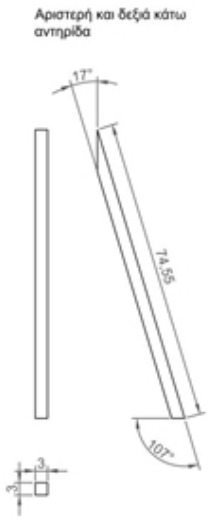


Εικόνα 33. Δεξιός βραχίονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Οι αντηρίδες της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού που απεικονίζονται στις Εικόνες 34 και 35, αποτελούνται από κιλοδοκό διαστάσεων 30mm x 30mm με 2mm πάχος.

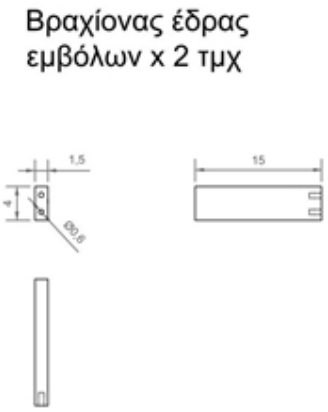


Εικόνα 34. Αριστερή και δεξιά πάνω αντηρίδα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



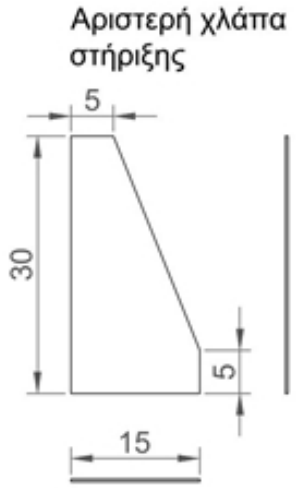
Εικόνα 35. Αριστερή και δεξιά κάτω αντηρίδα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στις Εικόνες 36, 39, 40 απεικονίζεται η έδρα στήριξης των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού, που αποτελείται από λάμες διαστάσεων 40mm x 20mm.

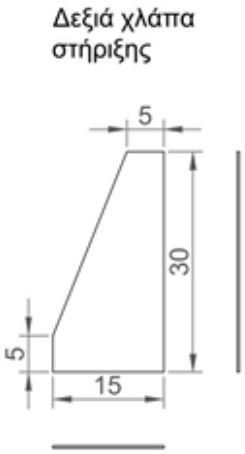


Εικόνα 36. Βραχίονας της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

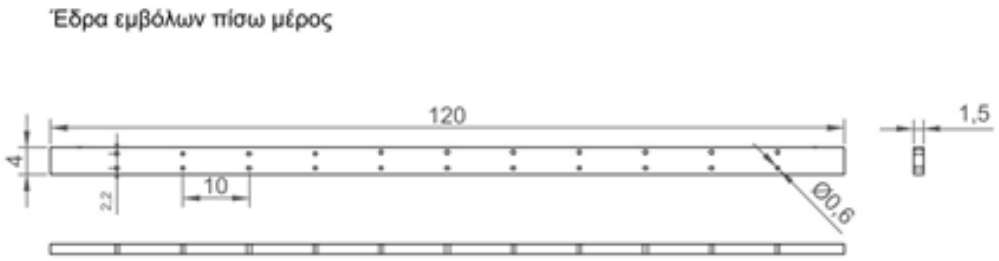
Στις Εικόνες 37 και 38 απεικονίζονται οι χλάπες στήριξης, που αποτελούνται από μαύρη λαμαρίνα 3mm πάχους.
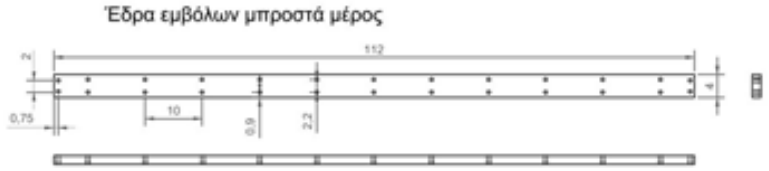


Εικόνα 37. Αριστερή χλάπα στήριξης της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Εικόνα 38. Δεξιά χλάπα στήριξης της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

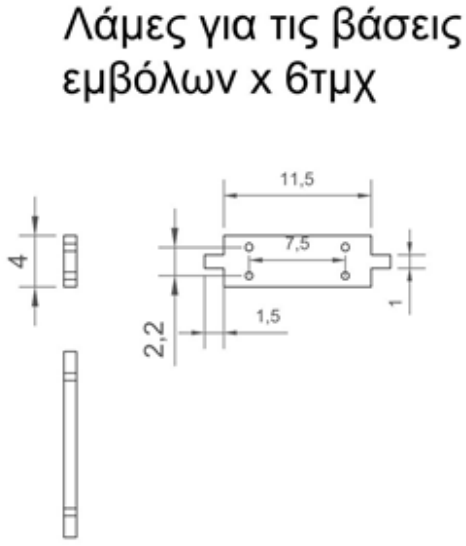


Εικόνα 39. Οπίσθιο μέρος της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Εικόνα 40. Εμπρόσθιο μέρος της έδρας των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 41, απεικονίζονται οι λάμες για τις βάσεις των εμβόλων, που αποτελούνται από λάμα διαστάσεων 40mm x 10mm.

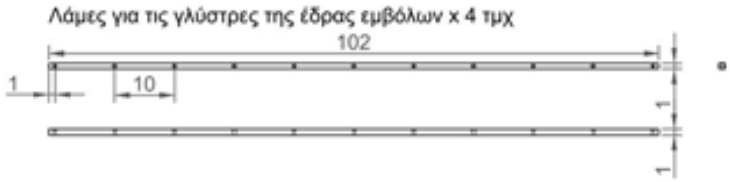


Εικόνα 41. Λάμες για τις βάσεις των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Οι Εικόνες 42 και 43 αναπαριστούν τις γλίστρες για τα ίδια τα έμβολα, αλλά και για τις βάσεις τους, διαστάσεων 10mm x 10mm.

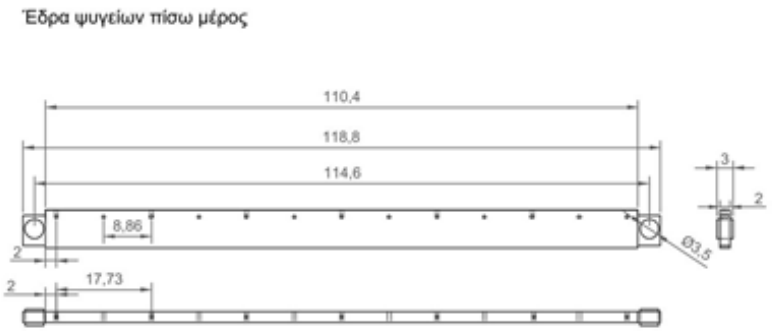


Εικόνα 42. Λάμες για τις γλίστρες των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



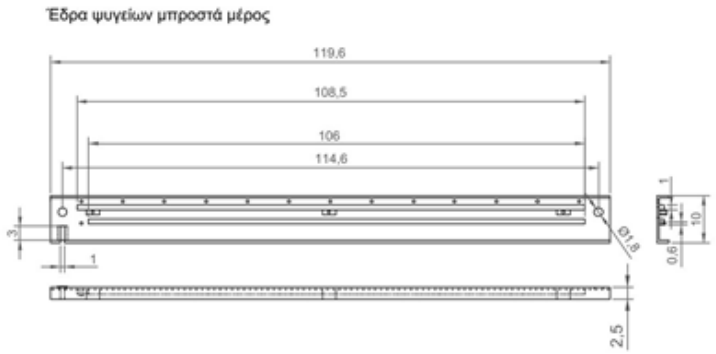
Εικόνα 43. Λάμες για τις γλίστρες των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 44 απεικονίζεται το οπίσθιο μέρος της έδρας των ψυγείων, που αποτελείται από λάμα διαστάσεων 80mm x 20mm.



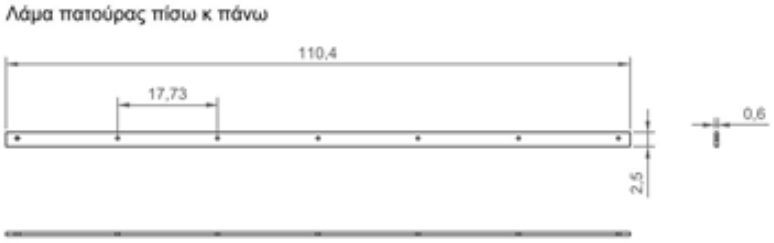
Εικόνα 44. Οπίσθιο μέρος της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 45 απεικονίζεται το εμπρόσθιο μέρος της έδρας των ψυγείων, που αποτελείται από γαλβανισμένη λαμαρίνα 5mm πάχους, επεξεργασμένη στη στράτζα, ώστε να ληφθεί το σχήμα "Π", όπως φαίνεται παρακάτω. Στο εσωτερικό της είναι ηλεκτροκολλημένες οι γλίστρες της αλυσίδας διαστάσεων 10mm x 10mm, ο πίρος διαμέτρου 6mm που υποδέχεται το γρανάζι του τεντωτήρα και οι τρεις βάσεις που πάνω τους θα βιδώνει το προστατευτικό καπάκι της έδρας.

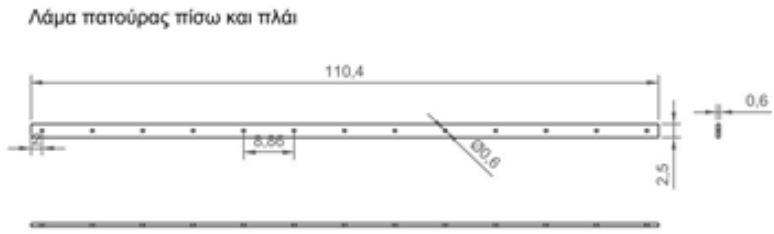


Εικόνα 45. Εμπρόσθιο μέρος της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στις Εικόνες 46-49 απεικονίζονται λάμες διαστάσεων 25mm x 6mm, οι οποίες θα υποδέχονται τις κυψέλες των ψυγείων νερού.



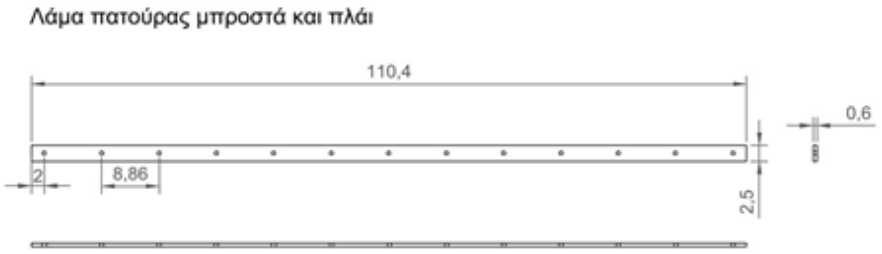
Εικόνα 46. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Εικόνα 47. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



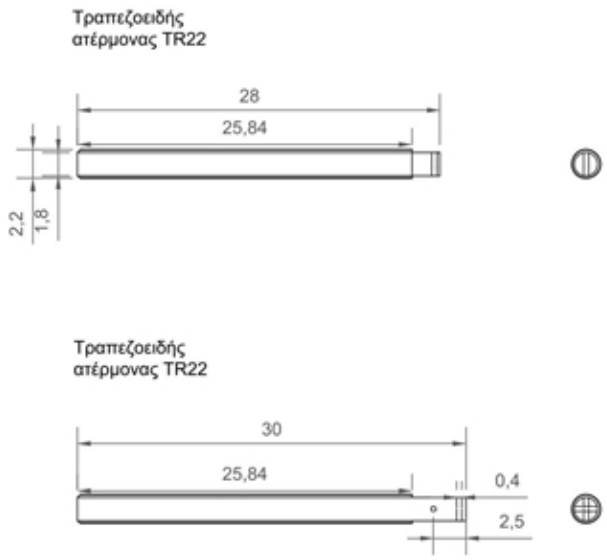
Εικόνα 48. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



Εικόνα 49. Λάμα πατούρας της έδρας ψυγείων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

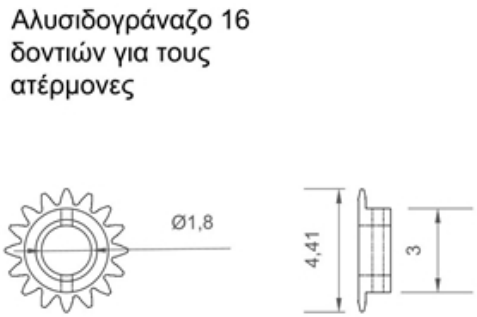
Στην Εικόνα 50, αποτυπώνονται οι τραπεζοειδείς ατέρμονες, όπου οι εξωτερικές γραμμές του σχήματος υποδηλώνουν την εξωτερική μεριά του σπειρώματος και αντίστοιχα οι εσωτερικές την εσωτερική μεριά του σπειρώματος. Τα άκρα τους είναι επεξεργασμένα στον τόρνο και δράπανο, προκειμένου να επιτευχθεί διάμετρος των 18mm που θα υποδεχτούν τα αλυσιδογράναζα των 16 δοντιών. Για την πάκτωσή τους θα χρησιμοποιηθούν γκαβίλιες των 4mm. Ο ατέρμονας που χρησιμοποιήθηκε είναι κοχλίας τραπεζοειδούς σπειρώματος τύπου Tr22x5, συνολικού μήκους 600mm. Το σπείρωμα είναι σύμφωνο με το πρότυπο DIN 103 και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

- **Ονομαστική διάμετρος:** 22mm
- **Βήμα:** 5mm
- **Γωνία σπειρώματος:** 30°
- **Διάμετρος πυρήνα:** περίπου 17mm
- **Διάμετρος στο μέσο:** περίπου 19.5mm
- **Συνολικό μήκος:** 600mm



Εικόνα 50. Τραπεζοειδής ατέρμονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στις Εικόνες 51 και 52 παρουσιάζονται τα γρανάζια που ανήκουν στην κατηγορία αλυσιδογραναζιών κυλίνδρου, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 606. Συγκεκριμένα, πρόκειται για βήμα 12,7 mm που αντιστοιχεί στον τύπο 08B-1 κατά DIN8187.

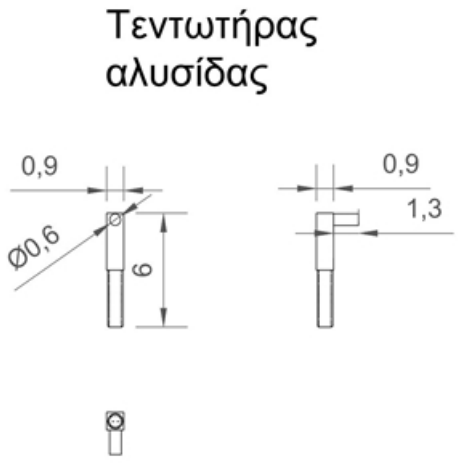


Εικόνα 51. Αλυσιδογράναζο 16 δοντιών για τους ατέρμονες της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



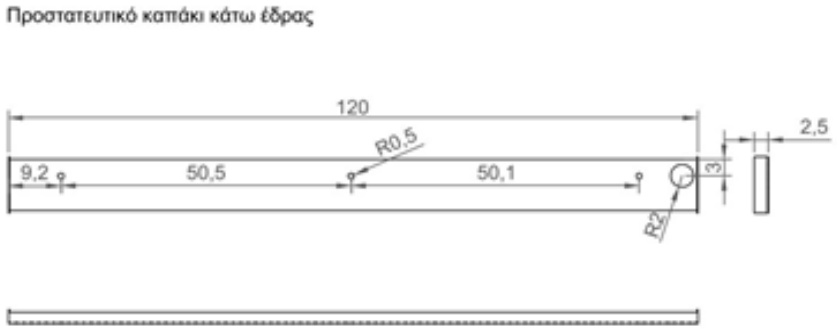
Εικόνα 52. Αλυσιδογράναζο 9 δοντιών για τον τεντωτήρα και το γρανάζι στήριξης της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 53 αποτυπώνεται ο τεντωτήρας της αλυσίδας με πίρο διαμέτρου 6mm, ώστε να υποδεχτεί το γρανάζι των 6 δοντιών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα, η εξωτερική γραμμή υποδηλώνει την εξωτερική μεριά του σπειρώματος και αντίστοιχα η εσωτερική την εσωτερική μεριά του σπειρώματος. Πρόκειται για σπείρωμα M8 x 1.25 κατά μήκος του τεντωτήρα στα τελευταία 30mm.



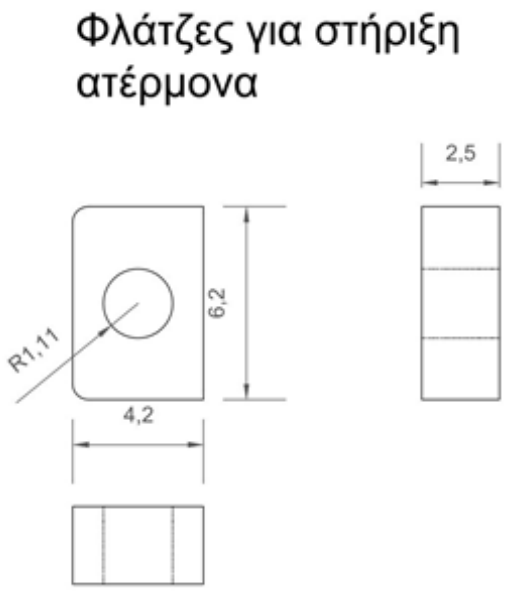
Εικόνα 53. Τεντωτήρας αλυσίδας στήριξης της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 54, απεικονίζεται το προστατευτικό καπάκι της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού, αποτελούμενο από μαύρη λαμαρίνα 2mm πάχους επεξεργασμένη στη στράντζα, προκειμένου να της δοθεί η συγκεκριμένη μορφή.



Εικόνα 54. Προστατευτικό καπάκι της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Τέλος, στην Εικόνα 55 παρουσιάζονται οι φλάντζες για τη στήριξη του ατέρμονα, οι οποίες είναι χαλύβδινες και επεξεργασμένες στον τόρνο και με δίσκους κοπής, προκειμένου να λάβουν την συγκεκριμένη μορφή.



Εικόνα 55. Φλάντζες για στήριξη της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

3.3 Διαδικασία κατασκευής

Το προσχέδιο συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό στον υπολογισμό του κόστους των υλικών που θα χρειαστούν για την δημιουργία της κατασκευής. Γνωρίζοντας λοιπόν τα βασικά εξαρτήματα της πρέσας, όπως οι κιλοδοκοί για πλαίσιο – σκελετό, οι λάμες για την έδρα των εμβόλων, τα γρανάζια και οι ατέρμονες για τη μετάδοση της κίνησης, το επόμενο βήμα είναι η αναζήτησή τους στο εμπόριο, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαθεσιμότητά τους.

Σε συνέχεια της διασφάλισης των υλικών και της εκπόνησης των αναλυτικών σχεδίων, για το κάθε εξάρτημα ξεχωριστά, εκκινεί η διαδικασία της κατασκευής. Στην μελετώμενη περίπτωση, η διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριό του ερευνητή, το οποίο είναι εξοπλισμένο με τόρνο, δράπανο και μηχανήματα επεξεργασίας μετάλλων όπως γωνιακοί τροχοί χειρός, πριονοκορδέλες κ.ά.

3.3.1 Πλαίσιο Σκελετός

Το πρώτο βήμα είναι η δημιουργία των εξαρτημάτων του σκελετού. Το πλαίσιο – σκελετός (βλέπε Εικόνες 27-31), αποτελείται από κιλοδοκό διαστάσεων 100mm x 40mm x 2mm που στο εμπόριο πωλείται σε μήκος 6 μέτρων. Η επεξεργασία για τις διαστάσεις που απαιτούνταν, πραγματοποιήθηκαν με γωνιακό τροχό χειρός. Η δυσκολία στη διαδικασία της κοπής με αυτόν τον τρόπο είναι η εξής. Επειδή ο κιλοδοκός είναι ορθογωνικής διατομής χρειάζεται να σημαδέψει κανείς και τις 4 πλευρές την απόσταση που πρέπει να γίνει η κοπή και ο τροχός να ακουμπάει πάνω στο σημάδι σε κάθε πλευρά ξεχωριστά. Σε περίπτωση χρήσης δίσκου κοπής μεγάλης διαμέτρου δίσκο κοπής για την πραγματοποίηση κοπής σε μια κίνηση, υπάρχει ο κίνδυνος στρεβλής κοπής, ώστε να υπάρχει διαφορά στην διάσταση της μίας πλευράς με την απέναντί της. Με τον ίδιο τρόπο πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των αντηρίδων (βλέπε Εικόνες 32-33) όπως και των χλαπών στήριξης (βλέπε Εικόνες 34-35).

Το δεύτερο βήμα είναι ο καθαρισμός των επιφανειών με ιδιαίτερη έμφαση στις άκρες των σημείων εκείνων που θα υπάρξει συγκόλληση. Ο καθαρισμός των επιφανειών πραγματοποιείται με πέτρα και γυαλόχαρτα (εξαρτήματα του γωνιακού τροχού).

Τρίτο και τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση του σκελετού είναι οι συγκολλήσεις. Είναι πολύ σημαντικό να κρατηθούν οι αποστάσεις και οι παραλληλίες των εξαρτημάτων μετά τις κολλήσεις. Αυτό διότι πάνω στο σκελετό θα τοποθετηθούν εξαρτήματα και κινούμενα μέρη, τα οποία προκειμένου να δουλέψουν σωστά χρειάζονται την απόλυτη παράλληλη διάταξη. Για να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η πιθανότητα να παραμορφωθούν τα εξαρτήματα κατά τη συγκόλληση, ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα.

- Δημιουργήθηκε μια απόλυτα επίπεδη επιφάνεια στον πάγκο εργασίας με φίλο νοβοπάν πάχους 4cm και διαστάσεων 150cm x 100cm για να τοποθετηθούν πάνω του τα εξαρτήματα που θα συγκολληθούν.
- Όλα τα εξαρτήματα θα πρέπει να εφάπτονται όσο το δυνατόν περισσότερο δίχως εγκοπές και καινά.
- Χρήση σφικτήρων κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης και έως ότου επανέλθουν σε θερμοκρασία δωματίου μετά από αυτήν.

3.3.2 Βραχίονες πλαισίου

Για τη δημιουργία τους χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα πάχους 4mm επεξεργασμένη στη στράντζα, προκειμένου να πάρει την τελική μορφή (Βλέπε Εικόνες 32, 33). Οι βραχίονες χωνεύτηκαν στις κολόνες του πλαισίου και αφού προσαρμόστηκαν με παράλληλη διάταξη μεταξύ τους ηλεκτροκολλήθηκαν περιμετρικά σε όλες τους τις πλευρές.

3.3.3 Έδρα εμβόλων

Για την έδρα εμβόλων χρησιμοποιήθηκε λάμα διαστάσεων 40mm x 15mm (βλέπε Εικόνες 36, 39, 40). Η επεξεργασία στις διαστάσεις που απαιτούνταν πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως και στο πλαίσιο – σκελετό. Πάνω στις λάμες θα τοποθετηθούν οι γλίστρες των εμβόλων (βλέπε Εικόνες 42, 43). Ο τρόπος που επιλέχθηκε να στηριχθούν οι γλίστρες είναι με βίδες των 6 χιλιοστών, προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασής τους στο μέλλον, σε περίπτωση φθοράς.

Οι τρύπες που θα υποδέχονται τις βίδες των 6mm επεκτείνονται ανά 10cm κατά μήκος της εμπρόσθιας και οπίσθιας έδρας των εμβόλων. Ακριβώς ο ίδιος σχεδιασμός ακολουθήθηκε και στις γλίστρες που καλούνται να βιδωθούν πάνω στις έδρες. Η δυσκολία σε αυτό τον τύπο επεξεργασίας έγκειται στο κεντράρισμα στις τρύπες μεταξύ γλιστρών και βάσεων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, η λύση που επιλέχθηκε ήταν να ηλεκτροπονταριστούν τα δυο εξαρτήματα μεταξύ τους και στη συνέχεια να ανοιχτούν οι τρύπες ταυτόχρονα.

Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε σε σταθερό δράπανο με την παρακάτω σειρά.

- Βάσεις και γλίστρες ηλεκτοπονταρίστηκαν στις αποστάσεις που απαιτούνταν, προκειμένου να δημιουργηθεί το διάκενο των 10mm από την πάνω με κάτω γλίστρα.
- Σημάδια με πόντες ανά 10cm κατά μήκος των εξαρτημάτων σύμφωνα με το σχέδιο.
- Διαμπερές άνοιγμα οπών με λάμα 5mm στις βάσεις και στις γλίστρες.
- Αποκόλληση βάσεων από τις γλίστρες.
- Άνοιγμα με λάμα 6mm στις ήδη υπάρχουσες οπές των 5 mm των βάσεων, ώστε να περνάνε ελεύθερα οι βίδες.
- Δημιουργία σπειρώματος στις οπές των 5mm των γλιστρών με κολαούζο M6 x 1.0.
- Φρεζάρισμα 60° και βάθους 5mm από την εξωτερική πλευρά των εδρών, ώστε να χωνευτούν και να έρθουν πρόσωπο τα κεφάλια των βιδών.

Στους βραχίονες εμβόλων των 15cm (βλέπε Εικόνα 36) δημιουργήθηκε σπείρωμα M6 x 1.0 και βάθους 15mm από την μία πλευρά και αυτοί ηλεκτροκολλούνται σε διάταξη 90° και σε απόσταση 4cm από τις άκριες της πίσω βάσης εμβόλων από την απέναντι πλευρά.

3.3.4 Λάμες για τις βάσεις εμβόλων

Για τις βάσεις εμβόλων (βλέπε Εικόνα 41) χρησιμοποιήθηκε λάμα διαστάσεων 40mm x 10mm. Η επεξεργασία κοπής και η δημιουργία οπών και σπειρωμάτων πραγματοποιήθηκε όπως και στα παραπάνω εξαρτήματα, όπως και στις λάμες τους (βλέπε Εικόνα 42).

3.3.5 Ατέρμονας και αλυσογράναζα

Για τη δημιουργία των αξόνων, όπου μέσω της αλυσίδας θα πραγματοποιείται η μετάδοση της κίνησης αγοράστηκε τραπεζοειδής ατέρμονας Tr22x5 διαμέτρου 22mm και μήκους 600mm και γρανάζια τύπου 08B-1 (βλέπε Εικόνα 51). Η επεξεργασία που υπέστη ήταν κοπή με γωνιακό τροχό χειρός, τόρνευση και άνοιγμα οπών με σταθερό δράπανο, προκειμένου να λάβει την τελική μορφή του (βλέπε Εικόνα 50).

Υπολογίζοντας το πάχος της λαμαρίνας της κάτω έδρας και το πάχος των ροδελών, ώστε να δοθεί ανοχή στην αλυσίδα και να μην τρίβεται κατά μήκος στην επιφάνεια της έδρας, το πάχος των αλυσιδογράναζων και το πάχος της χειρολαβής – τιμονιού, τορνεύτηκε ο ατέρμονας, προκειμένου να δημιουργηθεί άξονας διαμέτρου 18mm. Πάνω στον άξονα πακτώθηκαν τα αλυσιδογράναζα όπως και η χειρολαβή – τιμόνι με γκαβίλιες των 4mm.

3.3.6 Έδρα ψυγείων νερού

Η έδρα ψυγείων νερού χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πίσω μέρος που είναι κινούμενο και το μπροστά μέρος που είναι σταθερό και φιλοξενεί όλα τα εξαρτήματα της μετάδοσης κίνησης. Η ανάλυση για την κατασκευή αυτών των τμημάτων θα πραγματοποιηθεί ξεχωριστά, ενώ θα αναλυθούν και οι δυσκολίες που παρουσιάστηκα, καθώς και οι λύσεις που εντέλει επιλέχθηκαν.

Για τη δημιουργία του εμπρόσθιου μέρους της έδρας (βλέπε Εικόνα 45) χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα με 5mm πάχος, πατημένη στη στράντζα, προκειμένου να δημιουργηθεί το σχήμα “Π”, όπου μέσα θα εγκατασταθούν οι γλύστρες της αλυσίδας, οι τραπεζοειδεις ατέρμονες με τα αλυσιδογράναζα, ο τεντωτήρας και το γρανάζι στήριξης. Στην πάνω πλευρά η λάμα διαστάσεων 25mm x 6mm (βλέπε Εικόνα 48) είναι ηλεκτροκολλημένη, διότι δεν υπάρχει διαθέσιμο υλικό για τη δημιουργία σπειρώματος. Τοποθετήθηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε συνδυαστικά με την λάμα που θα τοποθετηθεί μπροστά και πλάι (βλέπε Εικόνα 49) θα δημιουργήσουν πατούρα 6mm βάθους και ύψους, όπου και θα στηρίζονται τα ψυγεία νερού. Οι οπές για τα σπειρώματα ανοίχτηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως και στα προηγούμενα εξαρτήματα σε σταθερό δράπανο και τα σπειρώματα με κολαούζο.

Η δυσκολία που έπρεπε να αντιμετωπιστεί σε αυτή την κατασκευή ήταν πως ο ατέρμονας θα έπρεπε να στηρίζεται από κάποιο εξάρτημα, όπου να περιστρέφεται ελεύθερα και ταυτόχρονα να μένει σταθερός στη θέση του χωρίς να αλλάζουν τα κέντρα μεταξύ των δύο αξόνων. Με αυτό τον τρόπο η μετάδοση της κίνησης μέσω της αλυσίδας θα πραγματοποιούνταν ομαλά χωρίς μπερδέματα και μαγκώματα. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα ήταν η δημιουργία φλάντζας 25mm πάχους και εσωτερικής διαμέτρου μόλις μερικά δέκατα του χιλιοστού μεγαλύτερη της διαμέτρου του ατέρμονα. Οι φλάντζες αυτές επεξεργάστηκαν στον τόρνο, ώστε να έχουν την

επιθυμητή εσωτερική διάμετρο και στη συνέχεια κόπηκαν εξωτερικά σε σχήμα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο (βλέπε Εικόνα 55), προκειμένου να χωνευτούν στους βραχίονες του σκελετού. Έπειτα ηλεκτροκολλήθηκαν στην πίσω πλευρά του μπροστινού μέρους της έδρας.

Για τη δημιουργία του πίσω μέρους της έδρας (βλέπε Εικόνα 44) χρησιμοποιήθηκε λάμα 80mm x 20mm. Η επεξεργασία στις διαστάσεις που απαιτούνταν έγινε με γωνιακό τροχό χειρός και όλες οι οπές για τα σπειρώματα έγιναν σε σταθερό δράπανο. Τα σπειρώματα ανοίχτηκαν με κολαούζο και οι οπές στις λάμες για τη δημιουργία πατούρας (βλέπε Εικόνες 47, 48) φρεζαρίστηκαν, προκειμένου να χωνευτούν και να έρθουν πρόσωπο τα κεφάλια των βιδών.

Η δυσκολία στην κατασκευή αυτού του εξαρτήματος εντοπίζονταν στις άκρες του, όπου πρέπει να χωνευτούν εφαρμοστά τα παξιμάδια του ατέρμονα. Εάν υπήρχε φρεζοδράπανο στο εργαστήριό του ερευνητή, θα ανοίγονταν οι οπές των 35mm στις άκριες της ενιαίας λάμας 80mm x 20mm με απόλυτη ακρίβεια και στη συνέχεια θα ηλεκτοκολλούνταν τα παξιμάδια. Στην μελετώμενη περίπτωση, η εναλλακτική λύση ήταν να δημιουργηθούν ξεχωριστά τα άκρα αυτά με φλάντζες 20mm πάχος, επεξεργασμένα στον τόρνο, προκειμένου να ληφθεί η εσωτερική διάμετρος των 35mm. Στη συνέχεια τους δόθηκε το παραλληλόγραμμο σχήμα που απαιτούνταν και τέλος ηλεκτροκολλήθηκαν τα παξιμάδια στα άκρα και αυτά με τη σειρά τους στην κεντρική λάμα των 80mm x 20mm. Λίγο πριν την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας είχαν πονταριστεί τα παξιμάδια στις φλάντζες και αυτές στην κεντρική λάμα με τον μηχανισμό, ώστε να δουλεύει άψογα σε όλη τη διαδρομή του ατέρμονα. Αμέσως μετά την πιλοτική λειτουργία και την επιβεβαίωση ότι το εξάρτημα λειτουργούσε χωρίς κάποιο πρόβλημα, αφαιρέθηκε από τους ατέρμονες η πίσω έδρα, προκειμένου να ολοκληρωθούν τα κολλήματα στα παξιμάδια, αλλά και στις φλάντζες. Όταν πλέον κρύωσαν τα κολλήματα και επιχειρήθηκε η τοποθέτηση της οπίσθιας έδρας στους ατέρμονες δεν λειτουργούσε τίποτε. Με την κόλληση είχαν “τραβήξει” τα παξιμάδια, αλλά και τα άκρα με αποτέλεσμα να μην είναι τίποτα ευθυγραμμισμένο. Η λύση στο πρόβλημά ήταν η επανάληψη της ίδιας διαδικασίας, σχεδόν από την αρχή. Αφού τα παξιμάδια ήταν ήδη κολλημένα στις φλάντζες, λήφθηκε η απόφαση να κοπούν οι φλάντζες από την ενιαία λάμα, να τριφθούν και να εφαρμοστούν εκ νέου. Όταν εντέλει επετεύχθη να είναι πονταρισμένα τα άκρα και να

δουλεύει ο μηχανισμός ομαλά σε όλο το μήκος του ατέρμονα, τότε πραγματοποιήθηκαν οι κολλήσεις με την εξής τεχνική. Προκειμένου να μην δοθεί πολύ μεγάλη θερμοκρασία στο εξάρτημά με την πραγματοποίηση μεγάλων “γαζιών” με κίνδυνο να “τραβήξουν” τα παξιμάδια και τα άκρα, πραγματοποιήθηκαν πολύ μικρά και γρήγορα γαζιά. Μάλιστα μετά από κάθε ποντάρισμα, ακολουθούσε μια αναμονή, ώστε να επανέλθει το εξάρτημά σε θερμοκρασία δωματίου και πραγματοποιούνταν το επόμενό κόλλημα στο απέναντι σημείο. Με αυτό τον τρόπο επετεύχθη η κόλληση των φλαντζών και να λειτουργήσει ο μηχανισμός άψογα σε όλη του τη διαδρομή.

3.4 Τελική κατασκευή

Στην Εικόνα 56 παρουσιάζεται η πρόσοψη της κατασκευής, ενώ στην Εικόνα 57 η πλάγια όψη αυτής.



Εικόνα 56. Πρόσοψη της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού



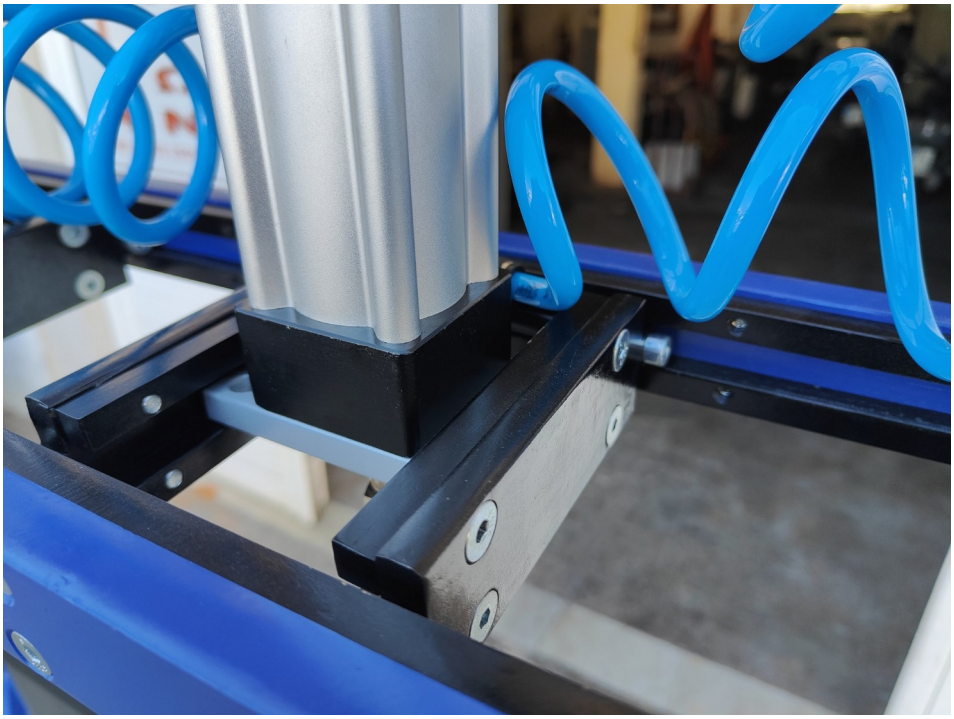
Εικόνα 57. Πλάγια όψη της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 58 παρουσιάζεται η έδρα εμβόλων (πάνω) και η έδρα ψυγείων (κάτω) της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.



Εικόνα 58. Η έδρα εμβόλων (πάνω) και η έδρα ψυγείων (κάτω) της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 59 παρουσιάζονται οι γλύστρες των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.



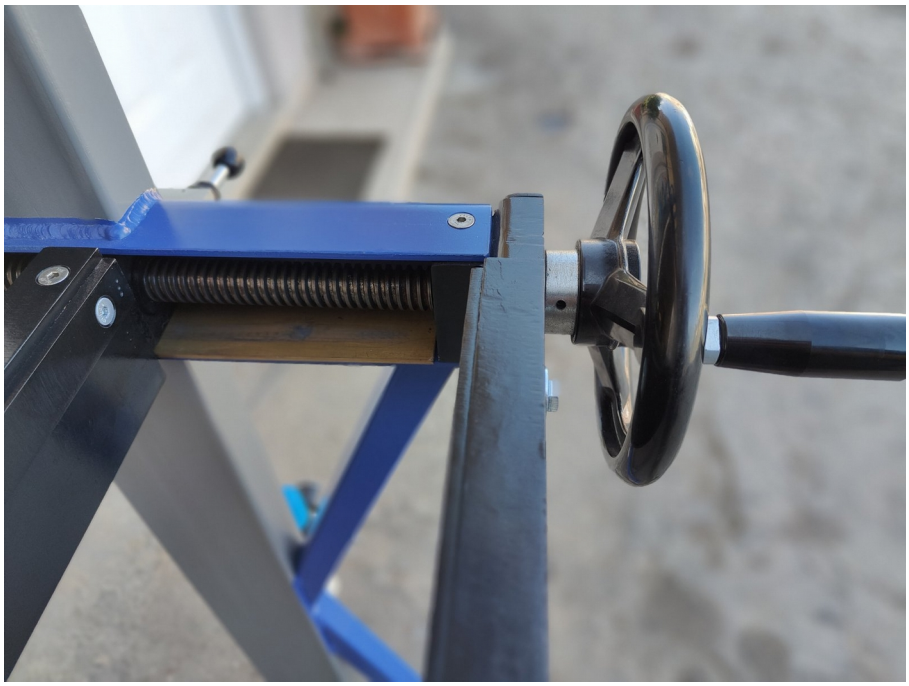
Εικόνα 59. Οι γλύστρες των εμβόλων της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 60 παρουσιάζεται ο αριστερός ατέρμονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.



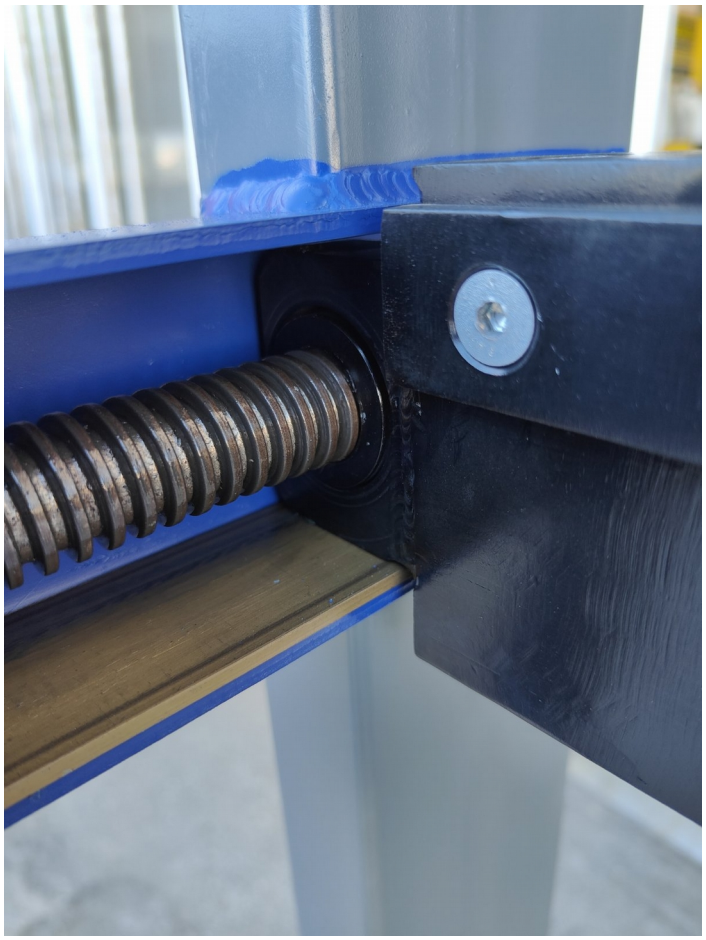
Εικόνα 60. Ο αριστερός ατέρμονας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 61 παρουσιάζεται ο δεξιός ατέρμονας με χειρολαβή - τιμόνι της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.



Εικόνα 61. Ο δεξιός ατέρμονας με χειρολαβή - τιμόνι της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 62 παρουσιάζεται παξιμάδι με γλίστρα και ατέρμονα της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.



Εικόνα 62. Παξιμάδι και γλύστρα ατέρμονατης μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 63 παρουσιάζεται πατούρα 6mm ύψους και πλάτους ψυγείων νερού.



Εικόνα 63. Πατούρα 6mm ύψους και πλάτους ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 64 παρουσιάζεται η χλάπα στήριξης της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.



Εικόνα 64. Χλάπα στήριξης της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

Στην Εικόνα 65 παρουσιάζεται η βάση κολόνας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού.



Εικόνα 65. Βάση κολόνας της μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης ψυγείων νερού

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα εργασία καταδεικνύει τη δυνατότητα κατασκευής μιας χαμηλού κόστους, λειτουργικής και αποδοτικής μηχανής πτύχωσης και σύσφιξης για ψυγεία νερού τεχνολογίας πλαστικού – αλουμινίου. Η καινοτομία έγκειται στην απλοποίηση της σχεδίασης και την προσαρμογή της στις ανάγκες μικρών και μεσαίων συνεργείων, εξασφαλίζοντας αξιοπιστία, ακρίβεια και αποτελεσματικότητα στη διαδικασία επισκευής.

Για το μέλλον, προτείνεται η περαιτέρω αυτοματοποίηση της μηχανής μέσω ενσωμάτωσης ηλεκτρονικών αισθητήρων πίεσης και συστημάτων ελέγχου για ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια. Επιπλέον, η ανάπτυξη φορητών εκδόσεων της μηχανής θα μπορούσε να διευρύνει τις εφαρμογές της σε εξωτερικά συνεργεία ή κινητές μονάδες τεχνικής υποστήριξης. Τέλος, η επέκταση της τεχνολογίας σε άλλους τύπους εναλλακτών θερμότητας αποτελεί ένα επόμενο βήμα για περαιτέρω έρευνα και εφαρμογή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aized, T., Rashid, M., Riaz, F., Hamza, A., Nabi, H. Z., Sultan, M., Ashraf, W. M., & Krzywanski, J. (2022). Energy and Exergy Analysis of Vapor Compression Refrigeration System with Low-GWP Refrigerants. *Energies*, *15*(19), 7246. https://doi.org/10.3390/en15197246

Ashok, R., Yogesh, V. G., Sabarinathan, M., & Sridharan, V. (2022). Thermal performance analysis of radiator with coated material. *International Journal of Novel Research and Development, 7*(5).

Bahrami, M. (2024). *Experiment 2: Vapor Compression Refrigeration Cycle.* ENSC 388: Engineering Thermodynamics and Heat Transfer. Διαθέσιμο από: https://www.sfu.ca/~mbahrami/ENSC%20388/Lab/Experimrnt%202/Vapor%20Compression%20Refrigeration%20Cycle.pdf [τελευταία πρόσβαση 05.05.2025].

Barbosa, J. R., Ribeiro, G. S., & De Oliveira, P. (2012). A State-of-the-Art Review of Compact Vapor Compression Refrigeration Systems and Their Applications. *Heat Transfer Engineering*, *33*(4-5), 356–374. https://doi.org/10.1080/01457632.2012.613275

Bhuria, V., Shekhar, S., & Soni, R. K. (2017). Analysis of Automobile Radiator: A Review. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 2*(4), 110-113.

Carson, J. (2013). *Refrigeration: Theory and Applications*. Διαθέσιμο από: https://www.arma.org.au/wp-content/uploads/2017/03/refrigeration-theory-and-applications.pdf [τελευταία πρόσβαση 05.05.2025].

Chen, C. (2020). Fault diagnosis and maintenance of automobile engine cooling system. *Vehicle Dynamics*, *4*(1). https://doi.org/10.18063/vd.v4i1.1151

Feng, Y., Zhang, A., Xie, F., Han, Y., & Liu, G. (2024). Research progress on refrigeration technologies of car refrigerator. *Journal of Thermal Analysis and*

Calorimetry, *149*(11), 5125–5139. https://doi.org/10.1007/s10973-024-13089-5

Gogineni, P., Vinay, G., & Babu, S. (2013). Cooling Systems in Automobiles & Cars. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2*(4), 688-696.

Mahmood, R. A., Ali, O. M., Al-Janabi, A., Al-Doori, G., & Noor, M. M. (2021). Review of Mechanical Vapour Compression Refrigeration System Part 2: Performance Challenge. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*, *26*(3), 119–130. https://doi.org/10.2478/ijame-2021-0039

Mounika, P., Sharma, R., & Kishore, P. (2016). Performance Analysis of Automobile Radiator. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE), 3*(5), 35-38.

Naiman, I., Sazali, N., Jamaludin, Devarajan, A. S., Ramasamy, S., Soffie, S. M., & Hafiz Dzarfan Othman, M. (2019). A Review on Vehicle Radiator Using Various Coolants. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 59*(2), 330-337.

Nasution, D. M., Siregar, A. H., & Bukit, F. R. A. (2020). Modelling a simple-vapour compression refrigeration cycle for Fish-Storage boxes. *Journal of Physics: Conference Series*, *1542*(1), 012066. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1542/1/012066

Okhiria, P. O., & Towoju, O. A. (2021). The Design and Analysis of An Automobile Radiator with a 14ºC Cooling Capacity. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development, 4*(5), 1145-1154.

Patil, V., Patil, S. V., Kumbhar, V., Kolhe, K. (2017). Review of Problems of Heat Transfer in Car Radiator and Suggested Solutions. *International Journal of Scientific Development and Research (IJSDR), 2*(1), 94-98.

Potthast, J. B. (2025). *Wilhelm Maybach: The father of the modern automobile.* Διαθέσιμο από:

https://www.dpma.de/english/our_office/publications/milestones/automobiles/maybach/index.html [τελευταία πρόσβαση 05.05.2025].

Rajput, A. H., Chaudhari, D. A., Pawar, J. H., & Dombale, A. N. (2022). Performance analysis of car radiator. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 9*(1), 719.

Serov, N. V. (2024). Repair of radiators of the engine cooling system of agricultural machinery: use of cold gas-dynamic spraying. *Agroinženeriâ*, *4*, 51–58. https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-4-51-58

Shui-Chang, L., Li-Fu, L., & Yong, Z. (2015). Vehicle Radiators' Performance Calculation and Improvement Based on the Coupling of Multi-scale Models Simulations. *The Open Mechanical Engineering Journal*, *8*(1), 636–642. https://doi.org/10.2174/1874155x01408010636

Sivashankari, P., Ranjithkumar, R., Kailash, K., Kavitha, K. R., Mercy, J. L., & Prakash, S. (2020). Modelling of Automobile Radiator by Varying Structure and Materials. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, *9*(2), 652–656. https://doi.org/10.35940/ijrte.b3814.079220

Stajuda, L., Oleksiiovych Levchenko, D., Kubiak, P., Siczek, K., Bogusławski, G., Kuchar, M., Woźniak, M., Szymczyk, M., Ozuna, G., & Siczek, K. (2024). Composition, features, problems, and treatment related to cooling fluid – a review. *Combustion Engines*, *196*(1), 106–125. https://doi.org/10.19206/ce-169185

Wani, K., Sose, K., Shitole, M., Kokad, P. & Patil, N. R. (2019). Basics of Radiator and Improvement Techniques. *International Journal of Innovative Science and Research Technology, 4*(3), 785-787.