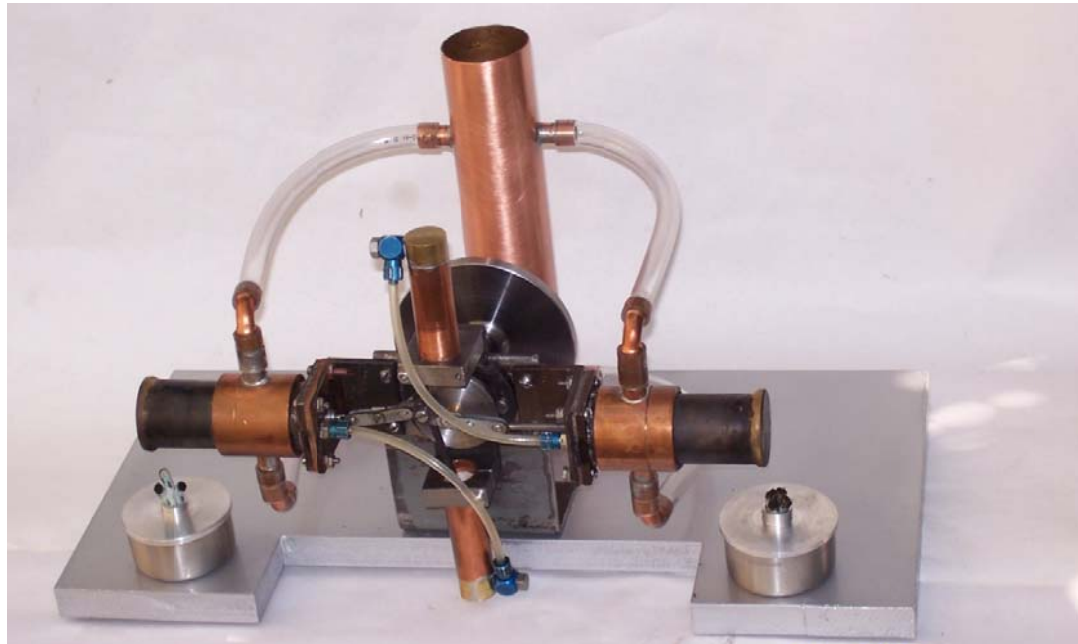


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΙΚΡΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΗΧΑΝΗΣ
STIRLING & ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ»



Ακριβόπουλος Σωτήριος

Επίβλεψη
Καθηγητής Ρογδάκης Εμμανουήλ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ — ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ^ο - Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ STIRLING - Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ STIRLING ΜΕΧΡΙ ΤΑ ΜΕΣΑ ΤΟΥ 20 ^{ου} ΑΙΩΝΑ.....	1
2 ^ο - Η ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ STIRLING.....	11
3 ^ο - ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΗΧΑΝΩΝ STIRLING (WhisperGen-SOLO-STM-Free Piston).....	27
4 ^ο - ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑ & ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	47
5 ^ο - ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ Ι {ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΚΑΤΑ D. J. GINGERY}.....	61
ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ ΙΙ {ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ} (Αδιαβατικό & Ισοθερμοκρασιακό μοντέλο).....	149
6 ^ο - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	179

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

--- Ευχαριστίες ---

Είναι αδιανόητο να ισχυριστεί κανείς ότι αρχίζοντας τη συγγραφή της διπλωματικής του εργασίας δεν αισθάνεται χαρούμενος επειδή εκπληρώνεται η ηθική υποχρέωση που είχε αναλάβει απέναντι στον εαυτό του και στους ανθρώπους που βρίσκονται κοντά του και συνεργάστηκαν μαζί του. Με το κλείσιμο του σχετικά μακροσκελούς διαστήματος (λόγω δυσμενών συγκυριών) των σπουδών μου στο Ε.Μ.Π. νιώθω έντονη την ανάγκη να ευχαριστήσω όλα τα μέλη Δ.Ε.Π. του τμήματος των Μηχανολόγων Μηχανικών και κυρίως του τομέα Θερμότητας, για το αξιόλογο εκπαιδευτικό και ερευνητικό τους έργο και τις προσπάθειες τους για τη μεταφορά των επιστημονικών τους γνώσεων σε όλους τους νέους μηχανικούς, καθώς και προσωπικά σε εμένα.

Θερμά ευχαριστώ τον τέως Πρόεδρο της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών και επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας καθηγητή κ. Ε.Ρογδάκη ο οποίος με την πολύπλευρη επιστημονική του εμπειρία και τις εύστοχες παρατηρήσεις του βοήθησε στην επίλυση των διαφόρων προβλημάτων που προέκυψαν στην πορεία της εργασίας.

Ιδιαίτερώς θέλω να ευχαριστήσω τον συνεπιβλέποντα της εργασίας Δρ. Ν.Α.Μπορμπιλιά ο οποίος, σε συνεργασία με τον κ.Ε.Ρογδάκη πρότειναν το θέμα, αποτέλεσε τον κύριο συμπαράστατη στην πορεία εκτέλεσης της όλης εργασίας. Η αμέριστη επιστημονική του συμπαράσταση και η εμπιστοσύνη με την οποία με περιέλαβε, συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα, τον ερευνητή κ.Εμμανουήλ Παραδείση, στο εργαστήριο του οποίου πραγματοποιήθηκαν οι περισσότερες κατασκευαστικές διαδικασίες για την ολοκλήρωση - περάτωση της μηχανής που μου ανατέθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας μου. Το μεγαλύτερο ποσοστό της επιτυχίας μας έγκειται φυσικά στη άψογη συνεργασία που υπήρξε μεταξύ εμού και των υπολοίπων τριών καθώς οι διάφορες δυσκολίες που προέκυπταν στην πορεία έβρισκαν σχεδόν άμεσα λύση σε πραγματικό επίπεδο χωρίς “βλάβη” της όλης επιστημονικής βάσης στην οποία στηριζόμασταν.

Ο χρόνος περάτωσης, της διπλωματικής, ήταν σχετικά περιορισμένος, παρά ταύτα και σε συνδυασμό με την άρτια τεχνική κατάρτιση του κυρίου Παραδείση (διαχείριση μηχανουργείου - εργαλείων), την άψογη συνεργασία μας που προανέφερα, καθώς και την βαθιά γνώση του πάνω στις μηχανές Stirling, ο τελικός σκοπός επετεύχθη.

Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η κατασκευή ενός απλού μοντέλου μηχανής Stirling και η προσομοίωση της λειτουργίας του με την χρήση του υπολογιστικού κώδικα του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής (Ισοθερμοκρασιακό & Αδιαβατικό μοντέλο) της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει διαιρεθεί σε 6 κεφάλαια. Αρχίζει με μια ιστορική αναδρομή των μηχανών Stirling, με την εξέλιξη αυτών από αρχής μέχρι τα τέλη του 20^{ου} αιώνα.

Το δεύτερο κεφάλαιο προχωράει στην ανάλυση του θεωρητικού κύκλου Stirling και αναλύει τα πλεονεκτήματα του, τα μειονεκτήματα του και τις εφαρμογές του.

Στο επόμενο κεφάλαιο, τρίτο κατά σειρά παρουσιάζονται σύγχρονες εφαρμογές των μηχανών Stirling, (WhisperGen-SOLO-STM).

Στη συνέχεια στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση / μέθοδος κατασκευής της μηχανής που μου ανατέθηκε προς κατασκευή. Συγκεκριμένα περιγράφει την τελική κατασκευή της μηχανής, που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο του κ. Ε.Παραδείση, αναλυτικά, με σχέδια και φωτογραφίες.

Στη συνέχεια παρατίθενται δύο προσαρτήματα.

Προσάρτημα I: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΚΑΤΑ
D. J. GINGERY

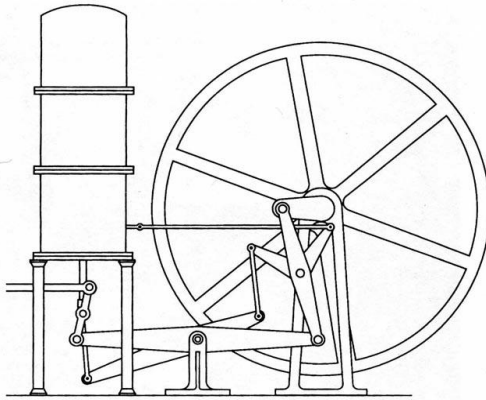
Προσάρτημα II: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ
(Αδιαβατικό & Ισοθερμοκρασιακό μοντέλο)

Αναλυτικά η υπολογιστική μελέτη και προσομοίωση της μηχανής με κώδικες του εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής της σχολής των Μηχανολόγων Μηχανικών (ΑΜΟΚΟ), που φυσικά προσαρμόστηκαν στη συγκεκριμένη μηχανή μας. Επίσης παρατίθενται τα διαγράμματα λειτουργίας του κινητήρα μας και τα αποτελέσματα των υπολογισμών που εξάγουν οι παραπάνω κώδικες.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παραπάνω εργασία και συνολικά για τις μηχανές Stirling.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Ιστορία 1816 – Σήμερα



Η μηχανή «αέρος» Stirling είναι μια διάταξη κλειστού αναγεννητικού θερμοδυναμικού κύκλου με περιοδική συμπίεση και εκτόνωση του εργαζόμενου αερίου (αέρας) σε διαφορετικά θερμοκρασιακά επίπεδα. Η ροή του εργαζόμενου μέσου ελέγχεται από αλλαγές στους όγκους στο ζεστό και κρύο χώρο χωρίς χρήση βαλβίδων. Έτσι υπάρχει μια καθαρή παραγωγή ή απορρόφηση θερμότητας, αφού ο κύκλος είναι και αντιστρέψιμος. Ο Αιδ. Stirling άρχισε να εργάζεται με την πρώτη του εφαρμογή πάνω σε αυτή την μηχανή και το οικονομητήρα το 1816, λίγους μήνες αφότου έγινε πάστορας της εκκλησίας της Σκωτίας σε ηλικία 25 χρονών. Άλλοι, όπως ο Sir George Caley είχαν κατασκευάσει μηχανή αέρος από πριν (1806) και άλλες μηχανές με την επωνυμία «μηχανές αέρος» έχουν αναφερθεί από το 1699. Ο «οικονομητήρας» ή «αναγεννητής» έχει αναγνωριστεί ως το πιο σημαντικό μέρος της πατέντας του Rev. Stirling. Αυτή η καινοτομία έκανε την κατασκευή πολύ πιο ελαφριά σε σχέση με τα δεδομένα της εποχής. Πολλοί ιστορικοί θεωρούν ότι η ενασχόληση του Αιδ. Stirling με αυτές τις μηχανές ήταν το αποτέλεσμα του ενδιαφέροντος του για τους εργαζόμενους της ενορίας του καθώς οι ατμομηχανές που είχαν ευρεία εφαρμογή εκείνη την εποχή παρουσίαζαν προβλήματα. Το σημαντικότερο πρόβλημα με τις ατμομηχανές ήταν το γεγονός ότι το μέταλλο που χρησιμοποιούσαν για την κατασκευή του boiler δεν είχε την απαιτούμενη αντοχή (το ατσάλι ή ο χάλυβας Bessemer δεν είχαν ακόμα ανακαλυφθεί) και έτσι οι εκρήξεις των boiler και οι θάνατοι ήταν πολύ συχνοί. Η μηχανή Stirling δεν μπορούσε να εκραγεί γιατί οι πιέσεις ήταν πολύ χαμηλές. Η μηχανές απλώς σταματούσαν όταν για κάποιο λόγο ανέβαινε η θερμοκρασία και η πίεση του εργαζόμενου αερίου.

Η πρώτη καταγεγραμμένη προσπάθεια υλοποίησης αυτού του εγχειρήματος από εταιρεία ήταν από την Dundee Foundry Company στην οποία εργαζόταν ο αδελφός του Robert, James Stirling. Ο James ήταν πολύ καλός μηχανικός και ένθερμος υποστηρικτής του εγχειρήματος του αδελφού του. Μια πολύ μεγάλη σε διαστάσεις μηχανή με διπλά ενεργά έμβολα με πολλές σχεδιαστικές και κατασκευαστικές καινοτομίες κατασκευάστηκε στο εργοστάσιο που δούλευε με την δική του επίβλεψη. Η μηχανή αυτή δούλευε για πολλά χρόνια στο εργοστάσιο, αλλά λόγω αστοχιών των μετάλλων αντικαταστάθηκε πάλι από μια ατμομηχανή.

Το 1908 η μηχανή Stirling είχε ήδη αναπτυχθεί αρκετά, αφού τόσο ο αναγεννητής όσο και η μηχανή διπλών εμβόλων ήταν αρκετά γνωστά και στις δύο ακτές του Ατλαντικού. Συζητήσεις για την χρησιμότητα και τις πιθανές μελλοντικές εφαρμογές της, γίνονταν από το Institution of Mechanical Engineers της μεγάλης Βρετανίας. Ήταν γεγονός ότι από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα μέχρι την έναρξη του 1^{ου} παγκόσμιου πολέμου, τόσο μηχανές ανοικτού κύκλου λειτουργίας όσο και μηχανές κλειστού κύκλου λειτουργίας είχαν μελετηθεί, αναπτυχθεί και εφαρμοστεί σε διάφορες περιπτώσεις, από την τοποθέτηση τους σε πλοία μέχρι και την χρήση τους σε εκκλησιαστικά όργανα για την άντληση του απαραίτητου αέρα για τη λειτουργία τους. Είναι εκπληκτικό το γεγονός ότι πολλές από εκείνες τις μηχανές λειτουργούν ακόμα και μάλιστα ικανοποιητικά. Παρόλο ότι η μηχανή Stirling ήταν μια πολύ καλή εναλλακτική λύση των απρόβλεπτων εκείνη την εποχή ατμομηχανών, η έλλειψη την εποχή εκείνη κατάλληλων υλικών για τους κυλίνδρους και για τις κεφαλές τους, είχαν σαν αποτέλεσμα να μην 'πρεσάρονται' όσο θα έπρεπε οι κύλινδροι, με αποτέλεσμα να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα η παραγόμενη ισχύς και ο βαθμός απόδοσης, περίπου 11kW ανά τόνο και 1% αντίστοιχα. Παρόλα αυτά η μηχανή είχε πολύ καλή απόδοση και ευρεία εφαρμογή σε περιπτώσεις άντλησης υδάτων. Το 1908 εμφανίσθηκε για πρώτη φορά η μηχανή Stirling που έπαιρνε ενέργεια από τον ήλιο.

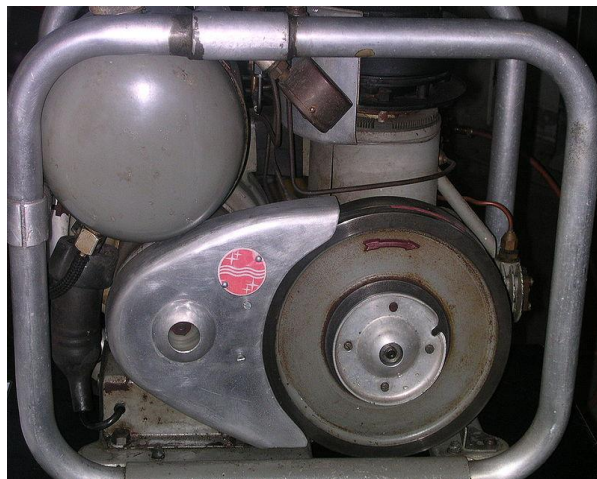
Η επιτυχία της μηχανής του Stirling αναγνωρίστηκε από τα διάφορα ερευνητικά κέντρα και από το ενδιαφέρον που έδειξαν γι' αυτήν ισχυρές προσωπικότητες της εποχής όπως ο βασιλιάς Εδουάρδος VII, ο Σουλτάνος της Τουρκίας, ο Andrew Carnegie κ.α. Παρά την επιτυχία της, μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '20 η μηχανή Stirling κόντευε να «πεθάνει». Η κατάσταση αυτή επιδεινώθηκε από την ραγδαία ανάπτυξη και χρήση των μηχανών εσωτερικής καύσης την εποχή του 2^{ου} Παγκόσμιου πολέμου. Η ανάπτυξη της μηχανής Otto και του ηλεκτροκινητήρα συνετέλεσαν στο μαρasmus της Stirling σε μια εποχή που κατά ειρωνικό τρόπο όλοι περίμεναν το αντίθετο αφού είχε αναπτυχθεί τόσο πολύ η τεχνολογία των υλικών, και όλοι πίστευαν στην μεγάλη εξέλιξη της Stirling αφού θα βελτιωνόταν σημαντικά ο βαθμός απόδοσης της. Την δεκαετία του '20 ο Beale της Sunpower Inc. κατασκεύασε μια μηχανή βασισμένη στον θερμοδυναμικό κύκλο Stirling που όμως λάμβανε θερμότητα από τις ηλιακές ακτίνες. Λόγω των βελτιωμένων υλικών και της καλύτερης σχεδίασης, η μηχανή αυτή είχε πολύ βελτιωμένο βαθμό απόδοσης και παρήγαγε πολύ μεγαλύτερη ισχύ.

Η Ολλανδική εταιρία Philips είδε τα αποτελέσματα αυτά και άρχισε να ασχολείται και εκείνη με την Stirling για άλλους λόγους. Ήθελε να κατασκευάσει γεννήτριες ρεύματος ώστε να φτάσει σε όλα τα μέρη του κόσμου η νέα ανακάλυψη, το ραδιόφωνο, που όμως χρειαζόνταν ηλεκτρικό ρεύμα για να λειτουργήσει.

Τη δεκαετία του '30 η μηχανή Stirling έχει πλέον πέσει σε ολοκληρωτική απαξίωση. Λίγες μόνο πολύ μικρές μονάδες βρίσκονται σε λειτουργία και αυτές σε τροπικά μέρη, όπου χρησιμοποιούνται για να κινούν κάποια πρωτόγονα συστήματα κλιματισμού. Καμιά από τις καινοτομίες της μηχανής Stirling δεν χρησιμοποιούνταν πλέον και καμιά περαιτέρω εξέλιξη δεν είχε επιτευχθεί από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Ο βαθμός απόδοσης της μηχανής ήταν μόλις 1% ενώ ο βαθμός απόδοσης κατά Carnot ξεπερνούσε το 50%. Η Philips αμέσως συνειδητοποίησε την δυναμική εξέλιξης και ανάπτυξης των μηχανών Stirling και την υπεροχή της σε σχέση με την ατμομηχανή. Καθώς η απειλή ενός νέου παγκόσμιου πόλεμου πλανιόταν πάνω από την Ευρώπη, η Ολλανδική εταιρεία ξεκίνησε να δουλεύει πάνω στη μηχανή αυτή, ξεκινώντας από το αρχικό σχέδιο του 1816. Η έρευνα συνεχίστηκε την περίοδο 1936-45 και το 1946 η ομάδα της Philips είχε ήδη δημοσιεύσει αρκετές μελέτες στις οποίες υπήρχαν οι πρώτες μετά από πολλά χρόνια νέες πληροφορίες για τη μηχανή Stirling.

Μέσα σε διάστημα μικρότερο από 10 χρόνια, σε μια περίοδο μάλιστα πολύ δύσκολη για την ανθρωπότητα, η Philips είχε πάρει μια σχεδόν ξεχασμένη μηχανή, αύξησε την παραγόμενη ισχύ ανά χιλιόγραμμα μάζας της κατά 50 φορές, μείωσε το μέγεθος της ανά μονάδα ισχύος με ένα συντελεστή της τάξης του 125 και βελτίωσε το βαθμό απόδοσης της κατά περίπου 15 φορές. Η μηχανή Stirling είχε πλέον περάσει σε άλλη εποχή εξέλιξης.

Η πρώτη μηχανή που κατασκευάστηκε από την Philips είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης αναθερμαντών με πτερύγια ως επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας και όχι σωλήνων όπως εφαρμόστηκε αργότερα. Η συγκεκριμένη αυτή μηχανή παρήγαγε 0.7 kW ισχύος και κινούσε γεννήτρια 200W. Παρατίθεται εικόνα της παρακάτω. (Εικόνα 1.1)



*Εικόνα 1.1 : Η πρώτη μηχανή Stirling που κατασκευάστηκε από τη Philips.
Philips MPI1002CA Stirling generator of 1951.*

Παρόλα αυτά, οι εξελίξεις την εποχή εκείνη στις μπαταρίες και την ηλεκτρονική παραγκώνισαν για άλλη μια φορά τη μηχανή Stirling ως γεννήτρια. Μεγαλύτερες μηχανές που θα μπορούσαν να σταθούν καλά και εμπορικά δεν εμφανίστηκαν μέχρι το 1948. Τότε ο Henry Ford II κατασκεύασε στα εργαστήρια του Αϊντχόβεν μια μηχανή απόδοσης 11 kW. Η General Motors ακολούθησε τη Philips στην έρευνα της πάνω στη μηχανή Stirling. Η Philips δεν πτοήθηκε από το γεγονός αυτό, πήρε το ρίσκο και με την προσθήκη και άλλων ερευνητών στην υπάρχουσα ομάδα εξέλιξε τη μηχανή όχι μόνο ως κινητήρια και θερμική, αλλά και ως ψυκτική και ως κρυογεννητική. Με το πρόγραμμα αυτό η Philips πέτυχε και εμπορική επιτυχία. Μια μονοβάθμια τέτοια μηχανή πέτυχε θερμοκρασία 12K. Ήταν μια πολύ σημαντική ανακάλυψη που επιτεύχθηκε με την ανάστροφη λειτουργία της μηχανής. Η χρήση του ηλίου ή του υδρογόνου ανακαλύφθηκε ότι μειώνει τις απώλειες του εργαζόμενου μέσου στο περιβάλλον και βελτιώνει σημαντικά το βαθμό απόδοσης της μηχανής. Η επιτυχία της ψυκτικής μηχανής Stirling και η ταυτόχρονη γιγάντωση των Otto και Diesel οδήγησαν σε εξαφάνιση από την αγορά της θερμικής κινητήριας μηχανής, γεγονός που μπορούσε να σημάει το τέλος της θερμικής Stirling. Όμως ο ενθουσιασμός και η καθοδήγηση ενός από τους μηχανικούς της Philips, του Meijer, κράτησε ζωντανή την έρευνα πάνω στην θερμική Stirling με την ανακάλυψη του ρομβικού μηχανισμού κίνησης των εμβόλων (1953) που έδωσε νέα ώθηση και μέλλον στη μηχανή αυτή.

Η χρήση του ρομβικού μηχανισμού οδήγησης των εμβόλων, οι σωληνωτοί εναλλάκτες θερμότητας και εργαζόμενων αερίων με πολύ μικρά μοριακά βάρη είχαν σαν αποτέλεσμα μέχρι τα τέλη του '50 να κατασκευάσει η Philips μηχανές με βαθμούς απόδοσης πλέον του 30% και παραγόμενη ισχύ μερικές δεκάδες kW. Το γεγονός αυτό έκανε την Philips να εμπορεύεται πλέον την τεχνολογία της.

Από τότε όλοι οι μεγάλοι ερευνητές των μηχανών Stirling με στροφαλοφόρο άξονα βασίστηκαν πάνω στις ανακαλύψεις της Philips και χρειάζονταν την άδεια της για να προχωρήσουν. Όλα τα παραπάνω σε μια χρονολογική σειρά δίνονται ως εξής:

1937 -1938

Ο N. V. Philips (ιδιοκτήτης του Ολλανδικού κολοσσού Philips) ενδιαφέρεται για την κλειστού κύκλου μηχανή θερμού αέρα για μικρές γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος.

1938-1947

Έχουν είδη κατασκευαστεί αρκετά πρωτότυπα μηχανών βασισμένα στην αρχικό μοντέλο του 1816, με πολύ βελτιωμένη όμως απόδοση.

1948-1953

Αρχίζει η έρευνα στις ψυκτικές μηχανές Stirling. Από την αρχή εμφανίζουν πολύ καλύτερη απόδοση από τις αντίστοιχες θερμικές, χρησιμοποιώντας για εργαζόμενο μέσο αέρια με πολύ μικρό μοριακό βάρος. Ταυτοχρόνως και οι κινητήριες μηχανές ερευνώνται και αναπτύσσονται από την Ford (USA) και την General Motors. Το 1953 πραγματοποιήθηκε μια μεγάλη

τεχνολογική ανακάλυψη. Η δημιουργία και εξέλιξη του ρομβικού μηχανισμού κίνησης των εμβόλων από τον Meijer. Με το μηχανισμό αυτό μπορούσαμε πλέον να λειτουργούμε τη μηχανή και σε πολύ μεγαλύτερες πιέσεις. Οι ομάδες που ασχολιόντουσαν με τις θερμικές και τις ψυκτικές μηχανές διαχωρίζουν πλέον τις δραστηριότητες τους.

1954-1958

Την περίοδο αυτή κατασκευάζονται και δοκιμάζονται πολλές μηχανές ρομβικού μηχανισμού οδήγησης των εμβόλων, σε συνθήκες πίεσης μέχρι τα 14 MPa και εργαζόμενο αέριο το υδρογόνο, όπως στη μηχανή 1-365. Η χρήση υψηλών πιέσεων επιβάρυνε το πρόβλημα στεγανότητας. Ελατήρια στεγανότητας από χυτοσίδηρο ήταν μια καλή λύση αλλά όχι η κατάλληλη λόγω των απωλειών λιπαντικού. Το κάλυμμα με τσιμούχες στεγανότητας για τον στροφαλοφόρο ήταν μια λύση που εγκαταλείφθηκε γρήγορα. Τέλος ανακαλύφθηκε το κέλυφος των κυλίνδρων που άφηνε κάποιο κενό μεταξύ της οροφής του εμβόλου και του καπακιού του κυλίνδρου (close clearance piston engine). Το έμβολο ήταν κατασκευασμένο από Sn-Pb-MoS₂ και επέτρεπε στο δαχτυλίδι να δέσει γύρω του και να συσφιχθεί θερμικά. Η General Motors ενδιαφέρθηκε για τη μηχανή, πλησίασε την Philips το 1957 και υπέγραψαν μια συμφωνία για 10ετή χρήση της μηχανής το Νοέμβριο του 1958 που κόστισε στην GM 12 εκατομμύρια δολάρια Αμερικής (τότε!!).

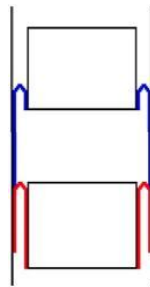
1958-1962

Η Philips συνέχισε της έρευνα της πάνω στον ρομβικό μηχανισμό κίνησης των εμβόλων με τη μηχανή 1-98 της οποίας κατασκευάστηκαν πάνω από τριάντα μοντέλα, που χρησιμοποιήθηκαν ως κινητήριες μηχανές γεννητριών ρεύματος των 4kW. Κατά την έρευνα η μηχανή δούλεψε με μια μέση πίεση 22MPa ενώ σε μια μακροχρόνια δοκιμή των 10.000 ωρών δούλεψε σε πίεση 11 MPa. Η μηχανή 1-365 τοποθετήθηκε σε σκάφος αναψυχής, το «Johan de Wit» και σε δοκιμή έφτασε τα 42kW ισχύος και βαθμό απόδοσης 38% με μέση πίεση 16,5 MPa σε σύγκριση με την 1-98 μηχανή που απέδωσε 19 kW με βαθμό απόδοσης 33% και μέση πίεση 21 MPa.

Η General Motors είχε ασχοληθεί με τρεις εφαρμογές της μηχανής Stirling: Ως έσω-εξωλέμβια μηχανή, ως μηχανή για διαστημικούς τεχνητούς δορυφόρους που θα ελάμβανε ενέργεια από τις ηλιακές ακτίνες και τέλος ως μικρή γεννήτρια για επίγειες χρήσεις που θα την χρησιμοποιούσε κυρίως ο Αμερικάνικος στρατός (την ground power unit - GPU). Άλλες πιθανές εφαρμογές θα μπορούσαν να ήταν η πρόωση μικρών σκαφών για ποτάμια ή την ακτοπλοΐα, η κίνηση υποβρυχίων καθώς και μηχανών τρένων. Η πρώτη μηχανή που δοκιμάστηκε από την General Motors ήταν μια μονοκύλινδρη, μηχανή «close clearance» και απέδιδε 23 kW.

Η χρήση ελατηρίων στεγανότητας από Teflon ελάττωσε το πρόβλημα των διαρροών. Όμως δεν θα μπορούσε να εξελιχθεί περαιτέρω η μηχανή αν το 1960 δεν είχε ανακαλυφθεί ένα ειδικό είδος κελύφους, το rollsock seal. Αυτό βοήθησε στο να κατασκευαστούν μεγαλύτερες σε

μέγεθος μηχανές και με καλύτερο βαθμό απόδοσης κυρίως λόγω της εξέλιξης στους εναλλάκτες που μπορεί να είναι πλέον και σωληνοειδείς και με πτερύγια, αλλά περισσότερο στην ανάπτυξη του αναγεννητή. Η GM χρησιμοποίησε την μηχανή 1-98 σε δορυφόρους και στα μοντέλα GPU. Το close clearance seal εγκαταλείφθηκε και ξεκίνησε νέα έρευνα για την εύρεση στεγανωτικών τόσο για τα έμβολα όσο και για τους διωστήρες. Τότε ανακαλύφθηκε το πρώτο κυλιόμενο κέλυφος (Sliding seal) (Εικόνα 1.2). Η πιο σπουδαία απόφαση όμως που πάρθηκε την περίοδο εκείνη ήταν από την GM και αφορούσε την χρήση μηχανών Stirling σε αυτοκίνητα, χρησιμοποιώντας στερεό καύσιμο ως αποθηκευμένη πηγή θερμότητας.



Εικόνα 1.2: Τα κυλιόμενα κελύφη που εξασφαλίζουν τη στεγανότητα των εμβόλων.

1963 -1968



*Εικόνα 1.3 : Μηχανή Stirling σε λεωφορείο στα μέσα της δεκαετίας του '60.
(Παρατηρείστε τα ψυγεία που βρίσκονται στον αντίστοιχο χώρο των αποσκευών)*

Οι επινοήσεις του ρομβικού συστήματος οδήγησης των εμβόλων, του κελύφους rollsock σε συνδυασμό με την απόδοση της καύσης, την εξέλιξη στους εναλλάκτες θερμότητας και τα συστήματα ελέγχου, μας έδωσαν τη δυνατότητα να κατασκευάσουμε πολύ μεγαλύτερες μηχανές. Η GPU είχε εξελιχθεί και απέδιδε 9kW, αλλά υπήρχαν ήδη μονάδες τόσο της Philips όσο και της GM που απέδιδαν ακόμα και 200kW για ναυτικές κυρίως εφαρμογές.

Παρόλα αυτά το αμερικάνικο ναυτικό δοκίμασε για πρώτη φορά την μηχανή αυτή της Philips σε ένα λεωφορείο (Εικόνα 1.3). Στα μέσα της δεκαετίας του '60 η μηχανή Stirling είχε γίνει ανταγωνιστική της Diesel αλλά όχι και της Otto. Ήταν το 1964 που η Philips αποφάσισε να ασχοληθεί με τις μηχανές Stirling διπλών εμβόλων, όμως παρόλο που αυτή πήρε πρώτη την απόφαση, ήταν η GM που αναπτύχθηκε περισσότερο στον τομέα αυτό και το 1968 κατασκεύασε μια μηχανή αυτοκινήτου 186kW (250HP) ισχύος και μια μηχανή για τορπίλη 375kW (503HP).

Οι ελπιδοφόρες προσπάθειες των δύο αυτών κατασκευαστών, τράβηξαν την προσοχή και άλλων και το 1968 η Philips υπέγραψε άλλες δύο συμφωνίες με κοινοπραξίες. Μία Σουηδική την KB United Stirling και μια Δυτικογερμανική την Maschinenfabrik Augsburg - Nurnberg συνεργαζόμενη με τη Motorenwerke Mannheim (MAN - MWM). Και οι δύο αυτές κοινοπραξίες ειδικεύονταν στις μηχανές Diesel. Την περίοδο αυτή η εταιρεία Harwell και η ομάδα του William Beale ξεκίνησαν έρευνα πάνω στη μηχανή Stirling ελευθέρου εμβόλου (free piston) και ρευστού εμβόλου (liquid piston).

1968-1978

Ήταν μια περίοδος έντονων ερευνών αλλά ξαφνικά η GM, προφανώς στο στάδιο ολοκλήρωσης των ερευνών, αποφάσισε να τερματίσει όλες τις έρευνες της πάνω στη Stirling. Δυστυχώς τα τεράστια έξοδα των ερευνών δεν είχαν τα αντίστοιχα αποτελέσματα και περισσότερα από 300 σχέδια ήταν αδύνατον να εκτελεστούν. Παρόλα αυτά η εργασία πάνω στην αυτοκίνηση δεν εγκαταλείφθηκε, αλλά συνεχίστηκε από την FORD και την Philips με μια συμφωνία το 1972. Η Σουηδική εταιρεία United Stirling επίσης ασχολιόνταν με μεταφορικές μηχανές μεγάλων αποστάσεων για φορτηγά και λεωφορεία. Την εποχή αυτή ο Walker και ο Martini δημοσίευσαν εργασίες για μηχανές Stirling που προορίζονταν για ναυτική χρήση. Το 1968 ξεκίνησαν οι εργασίες των συνεργασιών της Philips με την Σουηδική United Stirling πάνω στην ρομβική μηχανή 1-98 και την 4-615. Από την άλλη μεριά η MAN - MWM εγκατέλειψε τη μελέτη της ρομβικής μηχανής και ασχολήθηκε με μηχανές με άτρακτο. Η περίοδος των ρομβικών μηχανών έφτασε στο τέλος της στα τέλη του 1971.

Μέχρι το τέλος της περιόδου αυτής έγιναν πολλές έρευνες πάνω σε μηχανές τόσο με υγρό όσο και στερεό καύσιμο με σκοπό την εφαρμογή τους σε αυτοκίνητα. Η United Stirling ανέπτυξε τα sliding seal τα οποία αν και δεν έλυσαν το πρόβλημα στεγανότητας των κελυφών των διωστήρων, παρόλα αυτά βελτίωσαν την λειτουργία της μηχανής. Η επιτυχία που είχαν οι έρευνες της Ford είχαν σαν συνέπεια την υπογραφή συμβολαίου με το USA Energy Research and Development Administration (ERDA) το 1975 και το Department of Energy (D of E) το 1977.



Εικόνα 1.4: Η μηχανή Stirling P-40 από την United Stirling

Η επιτυχής λειτουργία της σειράς P της United Stirling που χρησιμοποιούσε τον στρόφαλο Ricardo U-crank κίνησε το ενδιαφέρον πολλών ευρωπαϊκών και αμερικανικών εταιρειών. Αυτοί ενδιαφέρθηκαν για εφαρμογές εκτός της αυτοκίνησης, όπως ηλεκτρικές γεννήτριες από ηλιακή ενέργεια, μηχανές υποβρυχίων και τηλεκατευθυνόμενοι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούσαν για την θερμική παραγωγή του κινητήρα στερεό καύσιμο. Στην πραγματικότητα τόσες πολλές εταιρείες και οργανισμοί ασχολήθηκαν που ήταν πλέον αδύνατον να καταγράψει κάποιος όλα τα επιτεύγματα. Συμφωνίες με εταιρείες και πανεπιστήμια υπογράφηκαν στην Μεγάλη Βρετανία και την Ιαπωνία και μέχρι το τέλος του 1978 πάνω από 100 ομάδες ήταν γνωστό ότι μελετούσαν τη μηχανή Stirling.

Οι μηχανές ελευθέρου εμβόλου άρχισαν να αναπτύσσονται εκείνη την εποχή και τόσο η εφαρμογή του Harwell όσο και αυτή του Beale βρήκαν εμπορική απήχηση.

1978-Σήμερα

Η έρευνα των Ford - Philips και του Department of Energy τερματίστηκε το 1978 αφού οι συνθήκες δεν ήταν ιδανικές για τις μηχανές Stirling και το κυρίως πρόγραμμα της αυτοκίνησης απασχολούσε ήδη μεγάλες εταιρείες όπως η Mechanical Technologies, η United Stirling και η GM. Ο οργανισμός έρευνας πάνω στην μηχανή Stirling αυξήθηκε τρομερά αλλά η εξέλιξη πραγματοποιείται με τον συνδυασμό των τεχνολογιών και όχι με τη διαφορά και την συνεχή καινοτομία. Δεν μπορούμε να πούμε ότι δεν έγιναν σημαντικές ανακαλύψεις το διάστημα αυτό, το αντίθετο. Η εξέλιξη σε όλα τα μέτωπα θα γίνει πιο παραγωγική από τη στιγμή που σε όλα τα προγράμματα καθοριστεί μια και σαφής εφαρμογή.

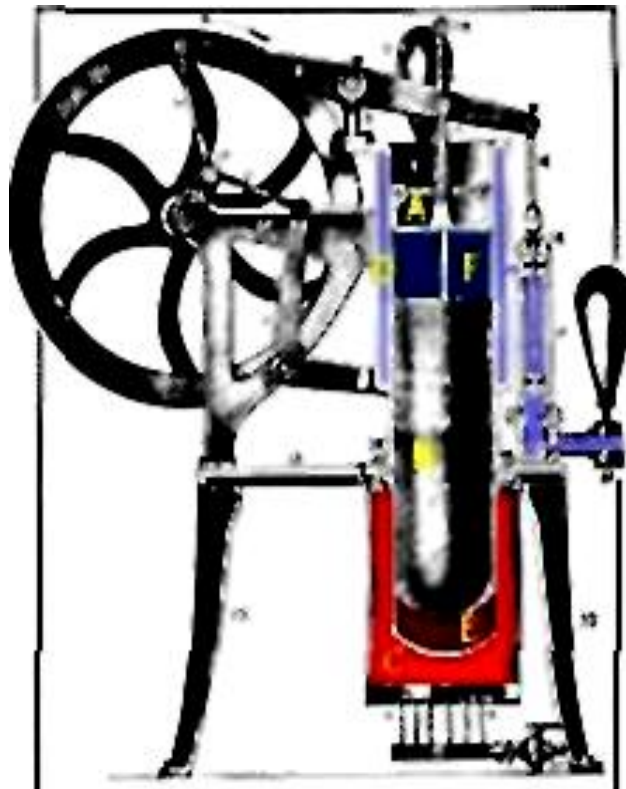
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Urieli, I., and Berchowitz, D.M. Stirling Cycle Engine Analysis. Bristol, England: Adam Hilger, 1984
- Walker, G. Stirling Cycle Machines. Oxford, England: Oxford University Press, 1973
Walker, G. Stirling Cycle Machines. Oxford, England: Oxford University Press, 1980
- Αντωνάκος Γεώργιος, Θερμοδυναμική ανάλυση μηχανών ισχύος Stirling, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., 2001.

Κεφάλαιο 2

Η Αρχή λειτουργίας της Μηχανής Stirling

Όπως είπαμε, η πρώτη μηχανή Stirling κατασκευάστηκε από τον σκωτσέζο ιερέα Robert Stirling το 1816. Ένα τμήμα του αρχικού σχεδίου όπως το παρουσίασε το 1917 στο επιστημονικό περιοδικό της εποχής "*The Engineer*" ο Finkelstein φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (2.1):



Εικόνα 2.1: Η μηχανή Stirling όπως εμφανίστηκε σε επιστημονικό περιοδικό της εποχής ("The Engineer" 1907)

Για τους λόγους που έχουμε είδη αναφέρει, ήταν μια από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις μέχρι τότε σε αυτόν τον τομέα της επιστήμης και τεχνολογίας. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι ο *Sadi Carnot* παρουσίασε την θεωρία του *Reflection on the Motive Power of Fire* το 1824, ενώ ο *Joule* καθόρισε το μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας και έτσι έθεσε τις βάσεις για την διατύπωση του 1^{ου} θερμοδυναμικού νόμου μόλις το 1849.

Η καινούργια μηχανή Stirling παρουσίαζε πολλές καινοτομίες με αντίστοιχα μηχανικά επιτεύγματα της εποχής. Όπως:

i. Δεν χρησιμοποιούσε βαλβίδες ή θυρίδες για την εισαγωγή και εξαγωγή του εργαζόμενου μέσου.

ii. Λειτουργούσε σε έναν κλειστό κύκλο, δηλαδή το εργαζόμενο μέρος μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ξανά και ξανά. Αυτό επέτρεπε την ελάχιστη πίεση του κύκλου λειτουργίας να είναι λίγο μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής, με αποτέλεσμα την ανάλογη αύξηση του παραγομένου έργου. Ο Stirling κατάφερε να υλοποιήσει αυτά τα σχέδια του στην πιο πετυχημένη μηχανή που κατασκεύασε το 1846.

iii. Το έμβολο ισχύος βρισκόταν απομονωμένο στο κρύο άκρο της μηχανής,

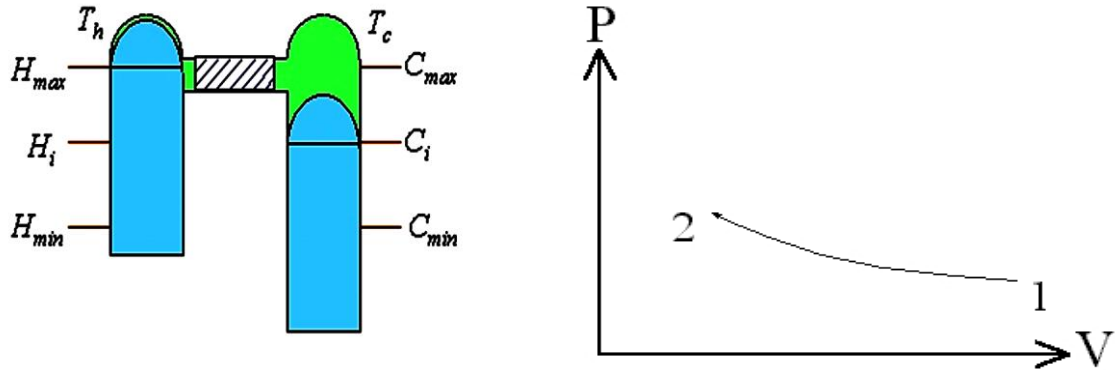
iv. Εισήγαγε τον «οικονομητήρα» (τόρα είναι γνωστός ως «αναγεννητής») για την αποθήκευση θερμότητας κατά τη διάρκεια μιας φάσης του κύκλου λειτουργίας και ξαναχρησιμοποίησης της κατά την διάρκεια του υπόλοιπου μέρους του κύκλου. Αυτό το συγκεκριμένο γεγονός ήταν η μεγαλύτερη συνεισφορά της ανακάλυψης αυτής. Τα επόμενα 100 χρόνια πολλές «ανακαλύψεις» είδαν το φως της δημοσιότητας χωρίς να αναγνωρίζουν την σημαντική αξία του αναγεννητή, του οποίου την χρησιμότητα είχε αμέσως αναγνωρίσει ο Stirling. Ο αναγεννητής βοηθούσε στην βελτίωση της απόδοσης του κύκλου λειτουργίας.

Ο Stirling οραματίστηκε μια μηχανή που να λειτουργεί συνεχώς, και όλη η προστιδόμενη θερμότητα να μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο. Αυτό μπορούσε θεωρητικά να συμβεί αφού το αρχικό σχέδιο δεν περιελάμβανε ψύκτη αλλά μόνο αναθερμαντή, όπως φαίνεται στο σχήμα (2.1).

Η θεωρία του Carnot αναφέρει ότι οι μηχανές που λειτουργούν στις ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες θα έχουν και τον ίδιο βαθμό απόδοσης, ο οποίος θα είναι βέβαια πάντα μικρότερος από τον ιδανικό βαθμό απόδοσης Carnot (Carnot 1824). Αυτό το αξίωμα αποδείχθηκε από τους *Clausius* και *Kelvin* και ήταν η βάση για τον 2^ο Θερμοδυναμικό νόμο. Η διαδικασία μεταφοράς θερμότητας θεωρείται ως ισοθερμοκρασιακή. Έτσι οι δύο θερμοκρασίες που αναφέρονται από τον Carnot είναι η υψηλή θερμοκρασία στην οποία η θερμότητα προστίθεται αντιστρεπτά και η χαμηλή θερμοκρασία στην οποία η θερμοκρασία απορρίπτεται, αντιστρεπτά επίσης. Η διαδικασία που συνδέει την προσαγωγή με την απόρριψη της θερμότητας, πρέπει να είναι αδιαβατική. Ο ιδανικός κύκλος Stirling επίσης ικανοποιεί τις απαιτήσεις αντιστρεπτής λειτουργίας του Carnot και περιγράφεται στα σχήματα 2.2 έως 2.5

1. Ισοθερμοκρασιακή συμπίεση

Το «κρύο» έμβολο κινείται προς τα πάνω σε μια τυχαία θέση (Q) συμπιέζοντας το αέριο, το οποίο ταυτοχρόνως κινείται προς τον αναγεννητή με σταθερή χαμηλή θερμοκρασία T_c (σχήμα 2.2).

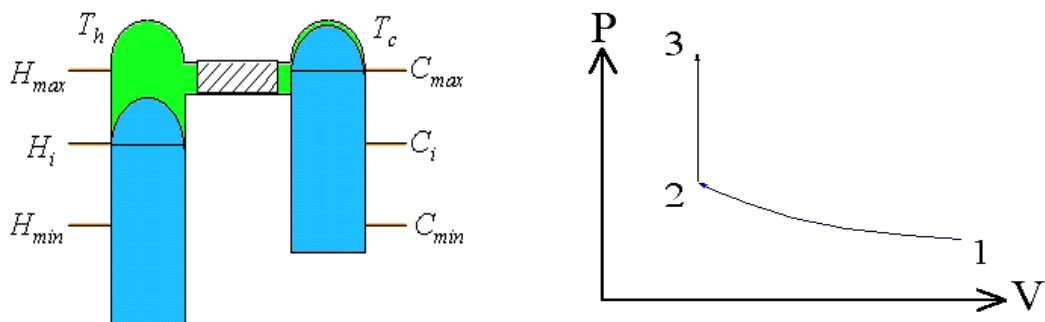


Σχ.2.2

Το «κρύο» έμβολο εξακολουθεί και κινείται προς την ίδια κατεύθυνση μέχρι το άνω νεκρό σημείο (A.N.Σ.), σημείο (C_{max}). Το «θερμό» έμβολο, ταυτοχρόνως κινείται προς τα κάτω (δηλαδή στην αντίθετη κατεύθυνση ώστε να διατηρείται ο όγκος σταθερός) και βρίσκεται σε μια τυχαία θέση (H_i). Έτσι το εργαζόμενο μέσο διέρχεται μέσα από τον αναγεννητή. Από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας είχε αποθηκευτεί στον αναγεννητή θερμότητα και καθώς το εργαζόμενο μέσο διέρχεται από αυτόν αυξάνεται η θερμοκρασία του. Καθώς ο όγκος παραμένει σταθερός, η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας του εργαζόμενου μέσου προκαλεί και αύξηση της πίεσης του (σχήμα 2.3).

2. Ισόογκη θέρμανση

Το «κρύο» έμβολο εξακολουθεί και κινείται προς την ίδια κατεύθυνση μέχρι το άνω νεκρό σημείο (A.N.Σ.), σημείο (C). Το «θερμό» έμβολο, ταυτοχρόνως κινείται προς τα κάτω (δηλαδή στην αντίθετη κατεύθυνση ώστε να διατηρείται ο όγκος σταθερός) και βρίσκεται σε μια τυχαία θέση (H_i). Έτσι το εργαζόμενο μέσο διέρχεται μέσα από τον αναγεννητή.

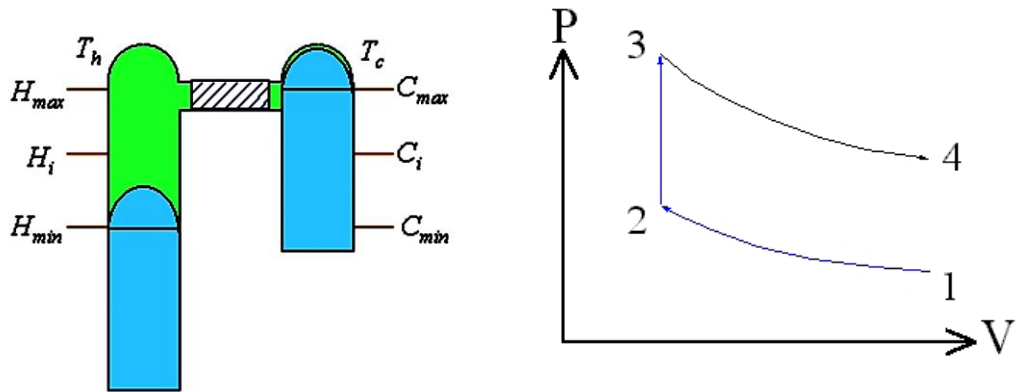


Σχήμα 2.3

Από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας είχε αποθηκευτεί στον αναγεννητή θερμότητα και καθώς το εργαζόμενο μέσω διέρχεται από αυτόν αυξάνεται η θερμοκρασία του. Καθώς ο όγκος παραμένει σταθερός, η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας του εργαζόμενου μέσου προκαλεί και αύξηση της πίεσης του (σχήμα 2.3).

3. Ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση

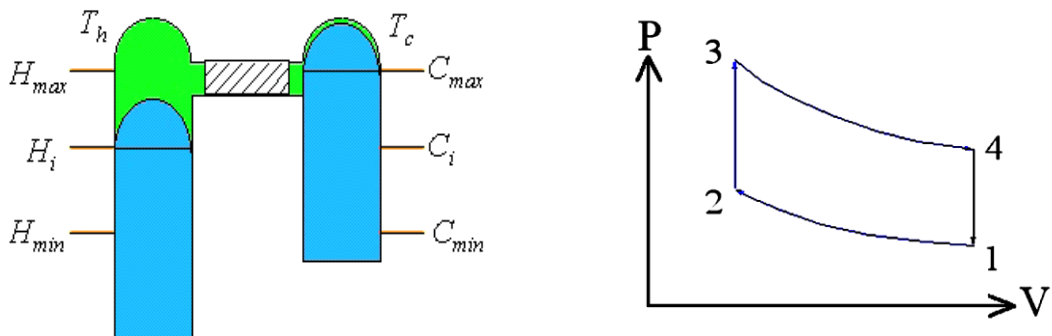
Το αέριο βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία (T_h) και εκτονώνεται. Στην εκτόνωση το «θερμό» έμβολο ωθείται προς τα κάτω, στο κάτω νεκρό σημείο (Κ.Ν.Σ.), το (H_{min}).



Σχήμα 2.4

4. Ισόγγκη ψύξη

Το «θερμό» έμβολο κινείται τώρα προς την υψηλότερη θέση του (Α.Ν.Σ.) και το «κρύο» έμβολο συγχρόνως κινείται προς το Κ.Ν.Σ. διατηρώντας τον όγκο σταθερό. Το εργαζόμενο μέσο αποδίδει θερμότητα στο πλέγμα του αναγεννητή καθώς διέρχεται από αυτόν. Άρα καθώς ο όγκος μένει σταθερός, η πίεση του μειώνεται. Η θερμότητα αυτή αποθηκεύεται στον αναγεννητή ώστε να αποδοθεί ξανά στο εργαζόμενο μέσο καθώς αυτό θα ξαναπεράσει από εκεί στον επόμενο κύκλο και στη φάση της ισοθερμοκρασιακής συμπίεσης.



Σχήμα 2.5

Παραγόμενο έργο

Το παραγόμενο έργο σε κάθε κύκλο λειτουργίας της μηχανής είναι το εμβαδόν που περικλείεται από τη κλειστή μεταβολή στο P-V διάγραμμα του σχήματος (2.5). Εδώ σημειώνεται ότι στο διάγραμμα αυτό το συνολικά παραγόμενο έργο μπορεί να θεωρηθεί ως η διαφορά του παραγόμενου κατά την εκτόνωση έργου μείον το απαιτούμενο κατά την συμπίεση έργο. Το παραγόμενο κατά την εκτόνωση έργο ισούται με το εμβαδόν του χωρίου που καθορίζεται από τις μεταβολές 2-3, 3-4 και 4-1, αν οι γραμμές 2-3 και 4-1 προεκταθούν μέχρι να "κόψουν" τον άξονα του όγκου V. Το απαιτούμενο έργο συμπίεσης ισούται με το εμβαδόν του χωρίου που βρίσκεται κάτω από την μεταβολή 1-2 και μέχρι τον άξονα του όγκου V.

Το αποτέλεσμα είναι φυσικά η επιφάνεια που περικλείεται από τις μεταβολές 1-2, 2-3, 3-4, 4-1. Έτσι όσο πιο πολλούς κύκλους στον χρόνο πραγματοποιεί η μηχανή τόσο πιο μεγάλη θα είναι και η παραγόμενη ισχύς της. Παρ' όλα αυτά είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσεγγίσουμε την ισοθερμοκρασιακή μεταβολή του εργαζόμενου μέσου με χρήση συμβατών εναλλακτών θερμότητας. Οι αναγεννητές από την άλλη μεριά παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης της τάξης του 98%. Γι' αυτό προτείνεται η χρήση ξεχωριστών εναλλακτών (ψύκτες και αναθερμαντές). Είναι εύκολο λοιπόν να φανταστούμε ότι ο ιδανικός κύκλος Stirling να αποτελείται από δύο ισοθερμοκρασιακές μεταβολές, μία για κάθε εναλλάκτη θερμότητας και δύο ισόογκες μεταβολές, μία σε κάθε εργαζόμενο χώρο.

Ικανότητα απόδοσης της μηχανής Stirling (Καύσιμο/Οικολογική θεώρηση)

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η μηχανή Stirling, μπορεί να χρησιμοποιήσει θερμότητα με οποιαδήποτε, μορφή από κάποια εξωτερική πηγή. Παραδείγματα τέτοιων πιθανών πηγών είναι:

1. Θερμότητα από καύση αερίου ή υγρού καυσίμου, κάρβουνου, βιομάζας από οργανικά σώματα σε αποσύνθεση.
2. Ηλιακή θερμότητα όταν συνδυάζεται από ηλιακούς συλλέκτες.
3. Αποθηκευμένη ενέργεια, π.χ. θερμικές μπαταρίες λίθου/φθορίου.
4. Θερμότητα από πυρηνική ενέργεια, είτε από ραδιοϊσότοπο είτε από φυσικό πυρηνικό καύσιμο.

Αν χρησιμοποιείται καύση από φυσικό καύσιμο, η διαδικασία λαμβάνει χώρα έξω από τη μηχανή και σε ατμοσφαιρική πίεση σε ένα θάλαμο με θερμά τοιχώματα. Μια διαδικασία συνεχούς καύσης (όπως την εστία ενός ατμοπαραγωγού ή στο θάλαμο καύσης μιας στροβιλομηχανής) είναι ευκολότερο να ελεγχθεί από μια μη συνεχή καύση (διαδικασία καύσης σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης).

Έτσι μπορούμε να πετύχουμε επίσης και καλύτερη ποιότητα καύσης. Παρόλα αυτά οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται όταν εφαρμόζεται συνεχής καύση (1800 – 2000°C) οδηγούν σε μεγάλα ποσοστά παραγόμενων NO_x. Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) είναι από τους κυριότερους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές και η προσπάθεια για μείωσή τους είναι ένα από τα κυριότερα πεδία μελέτης των ερευνητών πάνω στη μηχανή Stirling. Υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι μείωσης των παραγόμενων NO_x από την καύση υδρογονανθράκων:

i) Μείωση της θερμοκρασίας καύσης

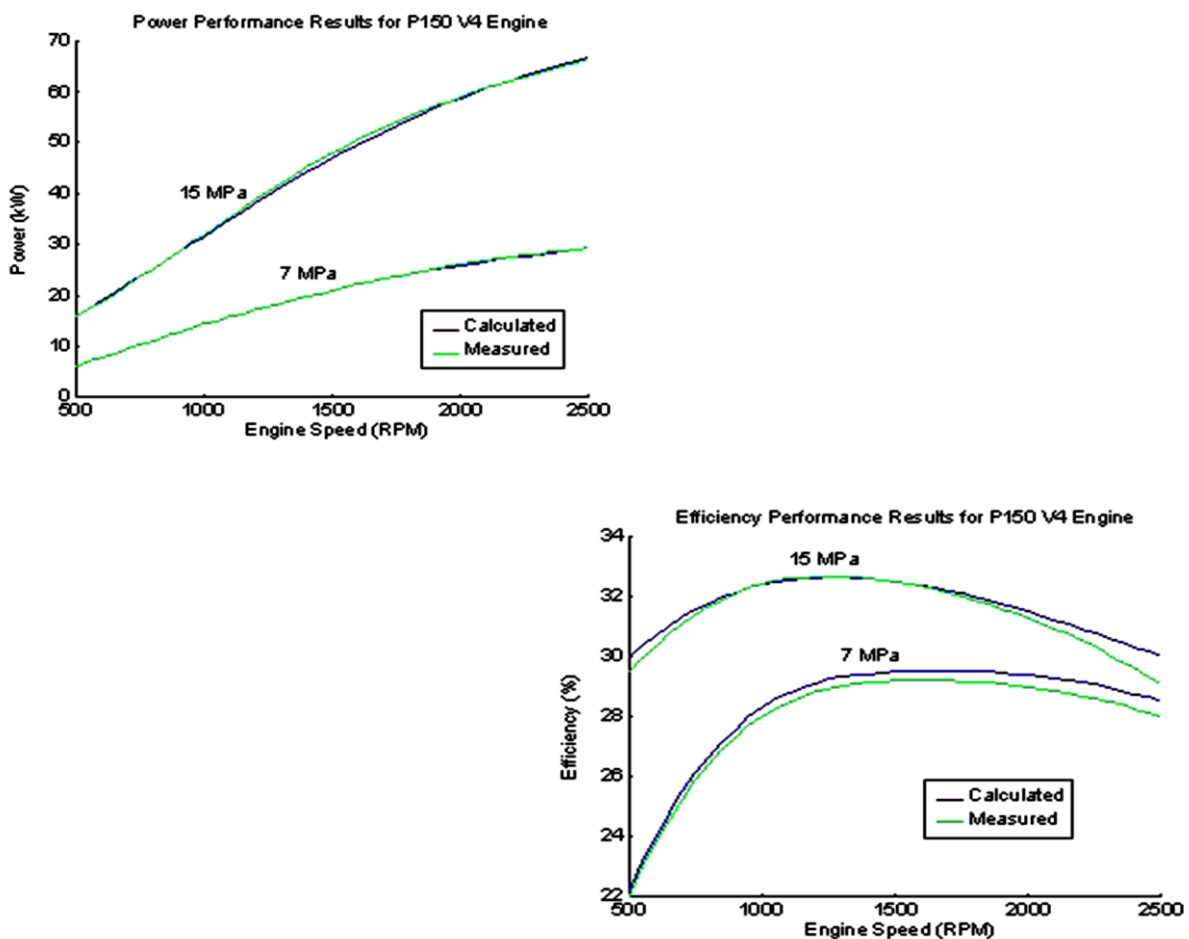
ii) Μείωση του χρόνου παραμονής του καύσιμου μίγματος στον θάλαμο καύσης.

Η πρώτη περίπτωση είναι από πρακτικής άποψης η πλέον εύκολα εφαρμόσιμη. Μια μέθοδο μείωσης της θερμοκρασίας της καύσης (άρα και των επιπέδων παραγόμενων NO_x) αναπτύχθηκε από την Kockum στις αρχές της δεκαετίας του '80 και βασίστηκε σε μέθοδο ανακυκλοφορίας των καυσαερίων. Αυτή η μέθοδος ονομάστηκε «Καύση Ανακυκλοφορούντος Αερίου» (*Combustion Gas Recirculation - (CGR)*) και εφαρμόστηκε στις μηχανές Stirling χωρίς μεταβολή της απόδοσης τους. Η πραγματική αντιμετώπιση του προβλήματος των NO_x, σε συνδυασμό με τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά της συνεχόμενης καύσης δείχνει ότι η μηχανή Stirling με χρήση φυσικού καύσιμου είναι ένας κινητήρας αρκετά οικολογικός.

Παρόλα αυτά διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) εξακολουθεί και υπάρχει στα καυσαέρια και συμβάλλει δραστικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Απόδοση

Ο θεωρητικός βαθμός απόδοσης σε όλες μηχανές που λειτουργούν βάσει αντιστρέψιμου θερμοδυναμικού κύκλου, είναι ο ίδιος και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο (βαθμός απόδοσης Carnot) — όπου T_{θ} και T_{ψ} είναι οι θερμοκρασίες της θερμής και της ψυχρής πηγής αντίστοιχα. Ο βαθμός απόδοσης μια πραγματικής μηχανής είναι πάντα μικρότερος από την παραπάνω ποσότητα, αλλά πρέπει να σημειωθεί ότι θεωρητικά πάντα εξαρτάται από την διαφορά μεταξύ των T_{ψ} και T_{θ} . Η United Stirling δημοσίευσε για την μηχανή P150 V4 engine2 αποτελέσματα για την παραγόμενη ισχύς και του βαθμού απόδοσης για δύο διαφορετικά επίπεδα πίεσης (σχήμα 2.6). Σημειώνεται ότι οι μετρήσιμες και οι αναμενόμενες τιμές πλησιάζουν αρκετά. Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης είναι 32% με 70°C ψυχρής πηγής T_{ψ} , που πετυχαίνεται με συγκεκριμένο ψυκτικό υγρό.



Σχήμα 2.6: Παραγόμενη ισχύς και βαθμός απόδοσης για τη μηχανή P150 V4 για δύο διαφορετικά επίπεδα πίεσης.

Έλεγχος Ισχύος

Η παραγόμενη ισχύς από μια μηχανή Stirling μπορεί να αλλάξει μεταβάλλοντας την θερμοκρασία, την πίεση, το μήκος σάρωσης των εμβόλων, τη διαφορά φάσης, τον επιζήμιο όγκο, την ταχύτητα και το φορτίο. Κάθε μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Η United Stirling επέλεξε να ελέγξει την παραγόμενη ισχύ της μηχανής της αλλάζοντας την πίεση του εργαζόμενου μέσου εντός της μηχανής.

Από την εξίσωση: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ όπου:

R = η παγκόσμια σταθερά των αερίων

n = ο αριθμός των mole του εργαζόμενου αερίου

P = η πίεση

T = η θερμοκρασία

V = ο όγκος

Φαίνεται ότι όταν αυξάνουμε την πίεση του αερίου και αν αυξηθεί και το n , τότε και οι λόγοι P/T και V/T αυξάνονται επίσης. Μεγαλύτερες τιμές αυτών των λόγων οδηγούν σε διάγραμμα $P-V$ με μεγαλύτερη επιφάνεια που σχηματίζεται από τη μεταβολή της κατάστασης του εργαζόμενου αερίου και έτσι παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα έργου. Αντίστοιχα το παραγόμενο έργο μειώνεται μειώνοντας την πίεση του εργαζόμενου μέσου.

Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα της Μηχανής Stirling

Πλεονεκτήματα:

i. Δυνατότητα επιλογής και χρήσης πολλών ειδών καυσίμου: μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο σαν εξωτερική πηγή θερμότητας.

ii. Πολύ χαμηλά επίπεδα θορύβου: οι μηχανές Stirling δεν έχουν βαλβίδες εισαγωγής εξαγωγής ούτε περιοδική έκρηξη και γι' αυτό δεν παράγεται πολύς θόρυβος.

iii. Μικρές απαιτήσεις σε μόνωση και λίπανση: τα προϊόντα της καύσης δεν έρχονται σε άμεση επαφή με τα κινούμενα εξαρτήματα της μηχανής. Γι' αυτό δεν μολύνεται το λιπαντικό όπως συμβαίνει με τις μηχανές Diesel και Otto. Το μεγαλύτερο πρόβλημα λίπανσης στις μηχανές εσωτερικής καύσης είναι η λίπανση της περιοχής του ελατηρίου συμπίεσης του πιστονιού που απομονώνει τον χώρο καύση από τον στροφαλοθάλαμο. Το σοβαρό αυτό πρόβλημα δεν υπάρχει στις μηχανές Stirling. Τα ελατήρια του εμβόλου βρίσκονται γειτονικά σε τοιχώματα που ψύχονται και λειτουργούν σε θερμοκρασίες κοντά σε αυτή του περιβάλλοντος. Έχουν σκοπό να απομονώσουν το αέριο ώστε να μην μολύνεται από λάδι το οποίο είναι επίσης κοντά στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αν απαιτείται ελαφριά λίπανση μπορεί να γίνει με χρήση νερού ως λιπαντικό, αντί για το καθιερωμένο λάδι. Αυτό μπορεί να επιφέρει επανάσταση σε μερικά από τα προβλήματα στεγανότητας που εμφανίζονται μερικές φορές. Παρόλα αυτά χρειάζονται περαιτέρω μελέτη και έρευνα. Μερικές αρχικές προσπάθειες πάντως έχουν πολύ υποσχόμενα αποτελέσματα.

iv. Χαρακτηριστικά σταθερής φόρτισης: όπως και οι μηχανές Diesel ο βαθμός απόδοσης των μηχανών Stirling μένει λίγο ή πολύ σταθερός για μεγάλες μεταβολές του φορτίου. Μάλιστα ο βαθμός απόδοσης της Stirling αυξάνεται με μείωση της ταχύτητας, με τη μέγιστη τιμή να παρουσιάζεται στο 1/3 της ταχύτητας που αντιστοιχεί στην μέγιστη παραγόμενη ισχύ.

v. Μεγάλη ποικιλία μορφών: τα θεμελιώδη στοιχεία της μηχανής Stirling είναι δύο χώροι, ένας θερμός χώρος εκτόνωσης και ένας ψυχρός χώρος συμπίεσης, οι οποίοι συνδυάζονται με τρεις εναλλάκτες θερμότητας : τον αναθερμαντή, τον αναγεννητή, τον ψύκτη. Αυτά τα ξεχωριστά απλά στοιχεία μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές ανάλογα με τη χρήση και την εφαρμογή της μηχανής.

Μειονεκτήματα:

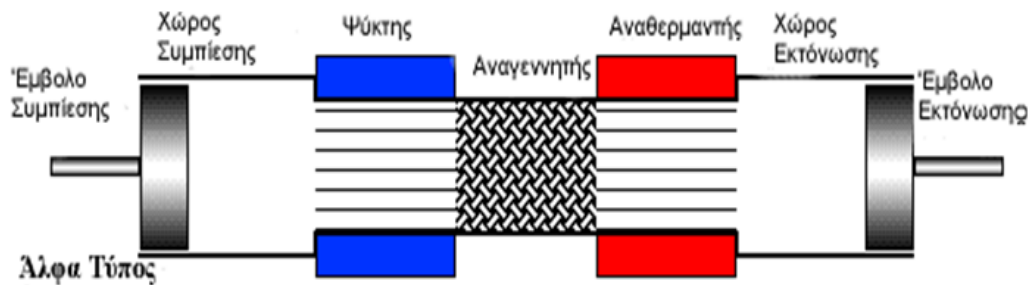
i. Κόστος: είναι αναμφίβολα το κυριότερο μειονέκτημα. Φαίνεται πως είναι δύσκολο να κατασκευάσουμε μηχανή Stirling που να στοιχίζει το λιγότερο στο διπλάσιο από μία Diesel με την ίδια παραγόμενη ισχύ. Το μεγάλο αυτό κόστος προσδιορίζεται στην κατασκευή των εναλλακτών θερμότητας. Η θερμική απόδοση της μηχανής είναι άμεσα συνδεδεμένη με την μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου λειτουργίας. Γι' αυτό για να διατηρήσουμε τον βαθμό απόδοσης σε μια ικανοποιητική τιμή (30%) θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ακριβά υλικά για τα θερμά μέρη (όπως ανοξείδωτος χάλυβας ή κράματα υψηλών θερμοκρασιών). Παρόλα αυτά οι μηχανές Stirling δεν έχουν τόσο μεγάλο βαθμό απόδοσης. Η καλύτερη μηχανή Stirling μόλις που φτάνει το βαθμό απόδοσης μιας μέσης μηχανής Diesel (35%). Ένας άλλος παράγοντας που αυξάνει το κόστος παραγωγής της μηχανής Stirling είναι το γεγονός ότι το σύστημα ψύξης που χρησιμοποιεί απαιτείται να έχει διπλάσια θερμοχωρητικότητα από μια αντίστοιχης ισχύος μηχανής εσωτερικής καύσης. Επίσης, ενώ στις μηχανές Diesel ο βαθμός απόδοσης τους αυξάνει καθώς αυξάνει η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού, στις μηχανές Stirling αντίστοιχα μειώνεται η απόδοση.

ii. Στεγανωτικά (seals): Οι μηχανές Stirling χρειάζονται στεγανωτικά για να μη διαρρεύσει το εργαζόμενο μέσο και να αποφευχθεί η είσοδος του λιπαντικού στον κύλινδρο. Η χρήση ελαφρών αερίων (Υδρογόνο) σε υψηλές ταχύτητες και πιέσεις (20bar) επιβαρύνει τα προβλήματα διαρροής του εργαζόμενου μέσου. Από τα στεγανωτικά απαιτούνται τα εξής:

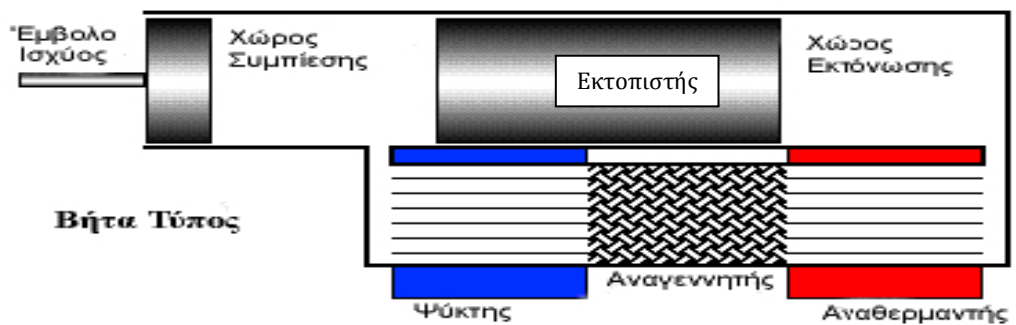
- a) Να αποδίδουν ικανοποιητικά όταν χρησιμοποιούνται αέρια με μικρό μοριακό βάρος σε υψηλές πιέσεις.
- b) Να μη χρειάζονται λίπανση.
- c) Να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- d) Να μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα από μη ειδικευμένο προσωπικό.

Μηχανικές διαφοροποιήσεις

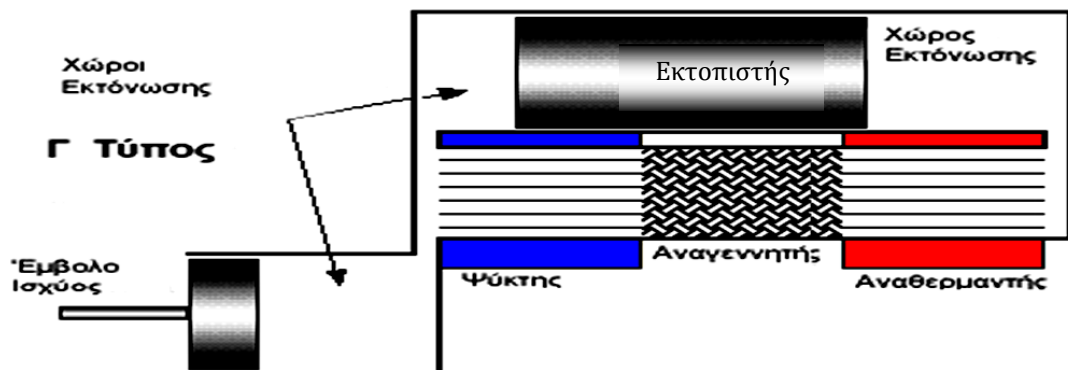
Τα μηχανικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια μηχανή Stirling, χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, γνωστές ως ΑΛΦΑ, ΒΗΤΑ και ΓΑΜΜΑ τύπου. Οι ΑΛΦΑ μηχανές έχουν δύο έμβολα σε διαφορετικούς κυλίνδρους που συνδέονται σε σειρά με αναθερμαντή, αναγεννητή και ψύκτη. Η ΒΗΤΑ και η ΓΑΜΜΑ μηχανή χρησιμοποιούν κάποια συσχέτιση του εμβόλου ισχύος και του displacer. Η ΒΗΤΑ έχει το έμβολο ισχύος και το displacer στον ίδιο κύλινδρο, ενώ η ΓΑΜΜΑ σε ξεχωριστούς κυλίνδρους.



Σχήμα 2.7: Μηχανή Stirling τύπου Α



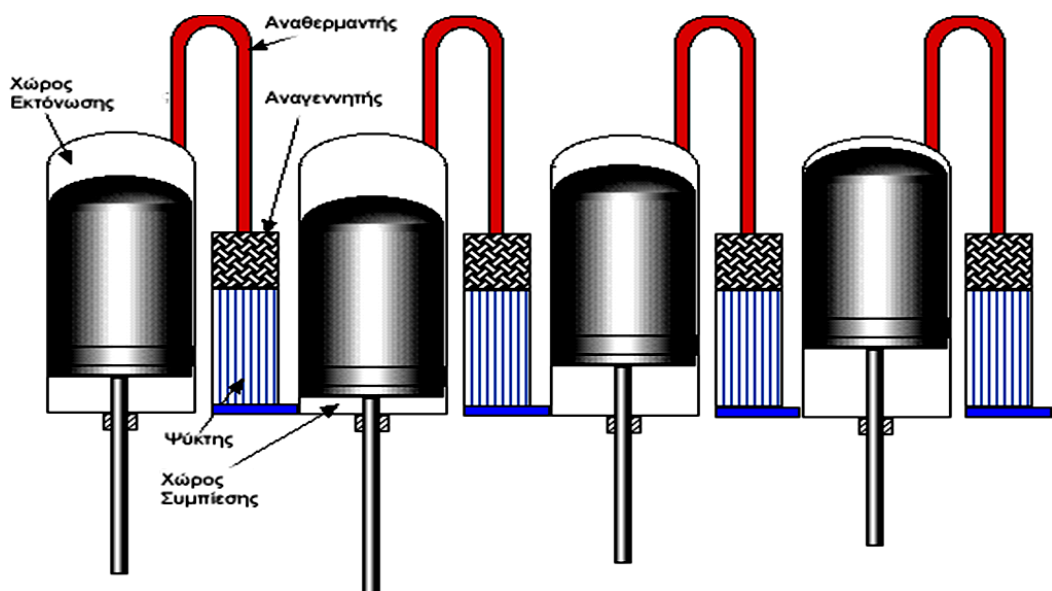
Σχήμα 2.8: Μηχανή Stirling τύπου Β



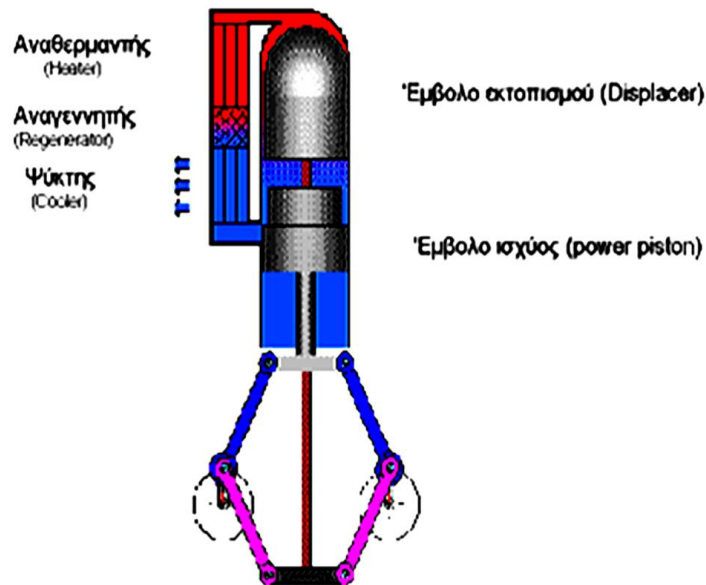
Σχήμα 2.9: Μηχανή Stirling τύπου Γ

Μέθοδοι κίνησης των εμβόλων

Οι μέθοδοι κίνησης των εμβόλων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, που ονομάζονται «κινηματική μέθοδος οδήγησης» και «μέθοδος ελευθέρου εμβόλου». Η πρώτη χρησιμοποιεί για τον χρονισμό της κίνησης των κινούμενων στοιχείων εξαρτήματα όπως το στρόφαλο, τους διωστήρες κ.λ.π. Είναι η γνωστή μέθοδος με την οποία μια μηχανή εσωτερικής καύσης μεταφέρει το παραγόμενο έργο για εκμετάλλευση. Οι μηχανές ελευθέρου εμβόλου, από την άλλη μεριά, χρησιμοποιούν την μεταβολή της πίεσης του εργαζόμενου αερίου για να κινήσουν τα αντίστοιχα κινούμενα στοιχεία και το παραγόμενο έργο μεταφέρεται στην έξοδο με μια διάταξη όπως η υδραυλική αντλία ή ο γραμμικός μετασχηματιστής. Από θερμοδυναμική θεώρηση είναι σημαντικό να ορίσουμε τις διαφορές μεταξύ των δύο αυτών τύπων, δηλαδή τη μηχανή με στρόφαλο και την μηχανή ελευθέρου εμβόλου. Στις τελευταίες η μηχανική-δυναμική και η θερμοδυναμική είναι στενά αλληλοεξαρτώμενες, σε αντίθεση με τις μηχανές με στροφαλοφόρο, που για συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας, χρειάζεται μόνο ο καθορισμός της μεταβολής του όγκου των εργαζόμενων χώρων για να καθοριστεί η απόδοση της μηχανής. Η διάταξη τύπου Άλφα, προτείνεται από τους υποστηρικτές της χρήσης των μηχανών Stirling για αυτοκίνηση, με καλύτερο παράδειγμα την Ford – Philips 4-215.

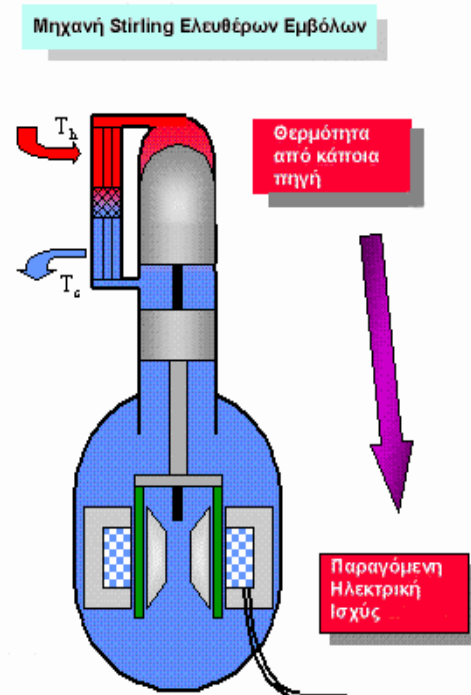


Σχήμα 2.10 : Η μηχανή Ford-Philips 4-215.



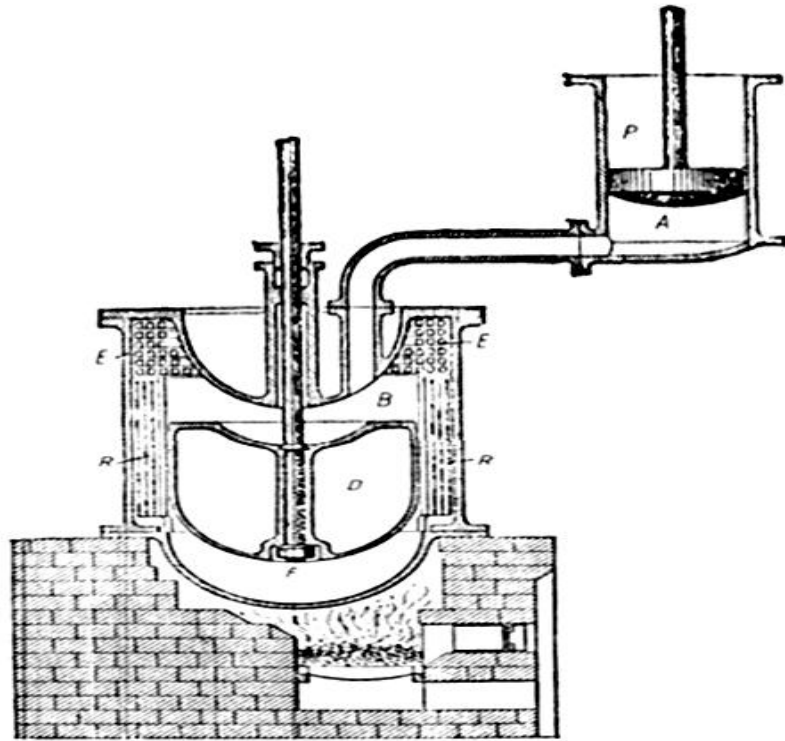
Σχήμα 2.11: Ο ρομβικός μηχανισμός οδήγησης των εμβόλων.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των μηχανών Άλφα τύπου είναι ο απλός τρόπος συναρμολόγησής τους και ο μικρός όγκος τους σε σχέση με την παραγόμενη ισχύ. Οι μηχανές Βήτα τύπου θεωρούνται οι κλασικές μηχανές Stirling και είναι δημοφιλείς λόγω της εύκολης έναρξης της λειτουργίας τους. Η αρχική μηχανή που σχεδίασε και κατασκεύασε ο Stirling ήταν μια Βήτα τύπου μηχανή (η οποία είναι αυτή που υπάρχει στην αρχή του κεφαλαίου της ιστορικής αναδρομής). Ο Meijer (1970) για λογαριασμό της Philips, ανακάλυψε τον περίφημο ρομβικό μηχανισμό οδήγησης των εμβόλων χωρίς την ανάγκη λίπανσης, πάνω σε μια μηχανή Βήτα τύπου τις αρχές του 1960. Οι πιθανόν πιο εμπνευσμένες κατασκευές πάνω στις μηχανές Stirling, δηλαδή οι μηχανές ελευθέρου εμβόλου που ανακάλυψε ο William Beale στο πανεπιστήμιο του Ohio στα τέλη της δεκαετίας του '60, άνηκαν στις Βήτα τύπου διατάξεις Stirling.

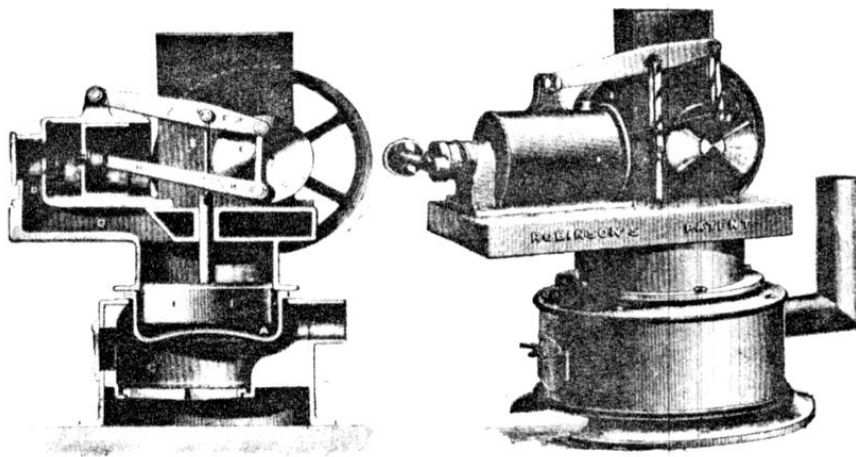


Σχήμα 2.12: Η μηχανή ελευθέρων εμβόλων (Free piston Stirling engine)

Οι μηχανές Γ τύπου τείνουν να έχουν μεγαλύτερο επιζήμιο (void volume) όγκο, από τους αντίστοιχους Άλφα και Βήτα τύπους. Αυτό συχνά οδηγεί σε μείωση του βαθμού απόδοσης. Γι'αυτό οι μηχανές τύπου Γάμμα χρησιμοποιούνται όταν το πλεονέκτημα της ύπαρξης δύο κυλίνδρων υπερνικά το μειονέκτημα της μειωμένης απόδοσης. Παραδείγματα των μηχανών αυτών που κατασκεύασαν οι Robert και James Stirling γύρω το 1830 (σχήμα 2.13) και η μοναδική μηχανή του Robinson (σχήμα 2.14).



Σχήμα 2.13 : Η μηχανή Γ τύπου των Robert και James Stirling.



Σχήμα 2.14 : Η μηχανή του Robinson.

Εφαρμογές

Μηχανές Stirling τροφοδοτούσαν φορητές γεννήτριες κατά τη διάρκεια του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου στις Σκανδιναβικές χώρες. Το μεγαλύτερο προσόν τους ήταν σχετικά για την εποχή εκείνη η μεγάλη απλότητα κατασκευής τους και η ασφαλή λειτουργία τους. Η ασφάλεια ήταν πολύ σημαντικός παράγοντας, αφού οι ατμομηχανές που χρησιμοποιούνταν κατά κόρον την εποχή εκείνη, μπορεί να είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε έδαφος αλλά οι τεράστιοι λέβητες που ήταν απαραίτητοι για την λειτουργία τους, έκαναν τις μηχανές αυτές δυσλειτουργικές και ο κίνδυνος έκρηξης τους ήταν άμεσος. Επίσης, όσο και αν μας ξαφνιάζει, ένας άλλος παράγοντας που συνηγορούσε στη χρήση των μηχανών Stirling, ήταν και ο βαθμός απόδοσής τους. Η τιμή του κάρβουνου, της φτηνής αυτής πηγής ενέργειας, παρουσίαζε συνεχή άλματα από την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης. Ένας συνολικός βαθμός απόδοσης, της τάξης του 7% θα μπορούσε να επιτευχθεί με τις μηχανές Stirling και το γεγονός αυτό θεωρείται αρκετά θετικό επίτευγμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Σύγχρονες Εφαρμογες Μηχανών Stirling

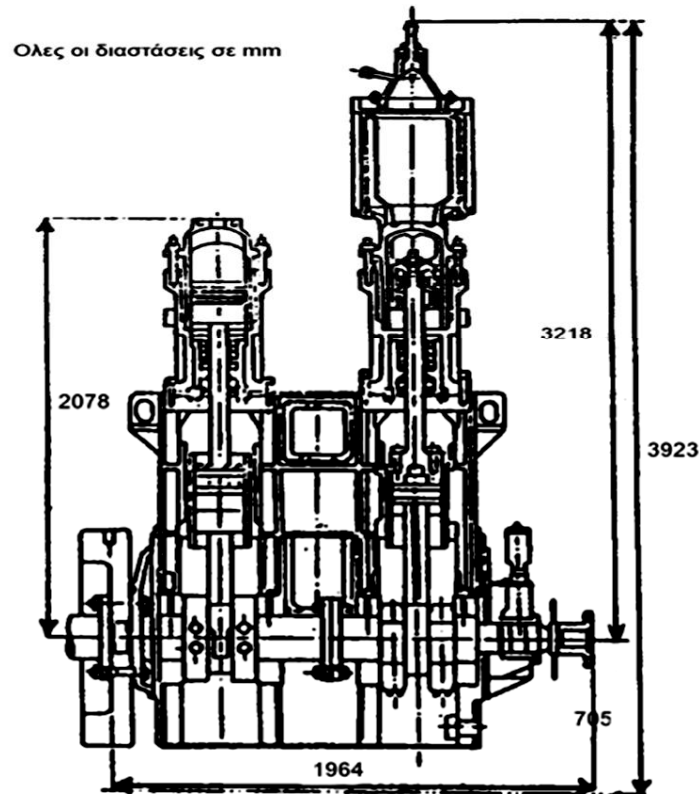
Μια γενική εικόνα για την έρευνα και την εξέλιξη της μηχανής Stirling τα τελευταία 60 χρόνια πήραμε στο αντίστοιχα εισαγωγικό κεφάλαιο. Σημαντική προσπάθεια γίνεται στις Ηνωμένες Πολιτείες και μία μικρή αλλά σαφής περίληψη των προγραμμάτων της Ομοσπονδιακής κυβέρνησης δίνεται στην δημοσίευση του *Staby*, ενώ μπορούμε να λάβουμε πολλές και χρήσιμες λεπτομέρειες από τις ετήσιες εκθέσεις που συντάσσονται για το Κογκρέσο, τις οποίες μπορούμε να τις βρούμε από το δίκτυο NTIS. Δεν θα ήταν δυνατόν να αναφερθούμε λεπτομερώς σε όλα αυτά τα προγράμματα στα πλαίσια αυτής της εργασίας, ούτε θα ήταν δυνατόν να αναφερθούμε σε όλες τις δραστηριότητες παγκοσμίως. Παρόλα αυτά μπορούμε και αυτό θα γίνει, να δώσουμε περιληπτικά πληροφορίες για τις εργασίες που γίνονται στον τομέα αυτό παγκοσμίως και κάποιες σχετικές αναφορές για περαιτέρω μελέτη για αυτούς που θα ενδιαφερθούν περισσότερο στο μέλλον. Εκτός από το ενδιαφέρον διαφόρων βιομηχανιών, πολλά μηχανολογικά τμήματα Πανεπιστημίων και παρόμοια Ακαδημαϊκά Ινστιτούτα συνεργάζονται αλλά και ανταγωνίζονται στην έρευνα των μηχανών Stirling. Ο αριθμός των επιστημονικών ομάδων που ασχολούνται με το αντικείμενο πραγματικά ξαφνιάζει θετικά συγκρινόμενος με τη φαινομενικά έλλειψη γνώσεων πάνω στις μηχανές Stirling από την παγκόσμια κοινότητα των μηχανικών.

Το όλο και μεγαλύτερο πρόβλημα των ενεργειακών πηγών οδήγησε πολλές κυβερνήσεις, όπως αυτές των Ηνωμένων Πολιτειών, της Σουηδίας, της Γερμανίας, της Μεγάλης Βρετανίας και της Ιαπωνίας, να συνεργαστούν και υπογράψουν συμβόλαια συνεργασίας και έρευνας πάνω στη μηχανή Stirling. Μόνο για τις Ηνωμένες Πολιτείες υπολογίζεται ότι επενδύθηκαν τη δεκαετία 1974 – 1984 γύρω στα 120 εκατομμύρια δολάρια. Στο Ηνωμένο Βασίλειο την εποχή εκείνη, το Συμβούλιο Επιστημονικής Έρευνας σε συνεργασία με το Υπουργείο Βιομηχανίας οργάνωσε διαγωνισμό πάνω στη Stirling με έπαθλο 250.000£(λιρών). Στη Σουηδία η κυβέρνηση είναι πλέον ο μοναδικός ιδιοκτήτης της United Stirling. Τέλος στη δυτική Γερμανία και στην Ιαπωνία δεν είναι γνωστό το σύνολο των ερευνών που πραγματοποιούνται. Υπολογίζεται ότι πάνω από 140 διαφορετικοί οργανισμοί ερευνούν αυτή τη στιγμή την Stirling και απασχολούν με πλήρες ωράριο ομάδες εκατοντάδων ερευνητών.

Ιαπωνία

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή των νέων ενεργειακών πόρων φαίνεται να υπόσχεται σημαντικές επιπτώσεις στην αντιμετώπιση των προβλημάτων αναδιάρθρωσης της 'αδύναμης' δομής του ενεργειακού εφοδιασμού της Ιαπωνίας και των ζημιών σε παγκόσμια κλίμακα επι του περιβάλλοντος από την όξινη βροχή, το διοξείδιο του άνθρακα και της συνακόλουθης επίπτωσης των παραπάνω, γνωστής ως φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τώρα, προωθείται η ανάπτυξη της νέας ενέργειας υπό το «New Sunshine Program» που ξεκίνησε το 1993, μετά από το "Sunshine Project" που ξεκίνησε αρχικά το 1974. Ως αποτέλεσμα της τεχνικής ανάπτυξης και νομοθετικής υποστήριξης, την εισαγωγή και τη διάδοση της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας (PV) που έχει προαχθεί πρόσφατα. Να προωθηθεί η «νέα εισαγωγή ενέργειας» στην Ιαπωνία, συμπεριλαμβανομένης της (PV/φωτοβολταϊκής) ηλεκτρικής ενέργειας, αποφασίστηκε το Δεκεμβρίου 1994 σε μια συνάντηση Υπουργικού Συμβουλίου με τίτλο "βασικές κατευθυντήριες γραμμές για την εισαγωγή της νέας ενέργειας". Από τις "κατευθυντήριες γραμμές" μια πολιτική διατυπώθηκε βάσει της οποίας ορίστηκαν οι στόχοι για παραγωγή ενέργειας PV από τα 400MW στα 600MW το 2000 και 4600MW, το 2010. Το κράτος, οι τοπικοί δημόσιοι φορείς και ο ιδιωτικός τομέας συνεργάζονται για την επιστευμένη προώθηση στην εισαγωγή της "Νέας Ενέργειας". Δεδομένου ότι με την ίδρυσή της τον Οκτώβριο του 1980, η NEDO (**New Energy and Industrial Technology Development Organization**) έχει την κεντρική οργάνωση στην Ιαπωνία για την ανάπτυξη των νέων ενεργειακών πόρων ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριλαμβανομένων των PV, επιδιώχθηκε να τηρούν την υποχρέωση αυτή, με τη βοήθεια από διάφορους τομείς. Η διατριβή είναι διάρθρωση της συνεισφοράς του προγράμματος " New Sunshine Project" της Ιαπωνίας για την τεχνολογική ανάπτυξη και διάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας PV που γίνονται με πρωτοβουλία του NEDO.

Στην χώρα του ανατέλλοντος Ηλίου ασχολήθηκαν οι ερευνητές τόσο με την κινητήρια θερμική μηχανή Stirling όσο και με την ψυκτική μηχανή. Και τα δύο προγράμματα είχαν πολύ καλά και σημαντικά αποτελέσματα. Μάλιστα η έρευνα της ψυκτικής μηχανής ήταν μία από τις πλέον αποτελεσματικές και ελπιδοφόρες από όλες που πραγματοποιούνται τη στιγμή αυτή εκεί. Η έρευνα πάνω στην ψυκτική μηχανή Stirling ξεκίνησε το 1965 ενώ οι πρώτες μελέτες της θερμικής μηχανής δεν ξεκίνησαν πριν από το 1970, ενώ η πρώτη δημόσια αναφορά για αυτήν έγινε σε ένα συνέδριο της 'Committee on Technology Policy' το 1973 με πρόεδρο τον καθηγητή Oyama of the Tokyo Institute of Technology.



Εικόνα 1: Η μηχανή δοκιμών 150 kW του Ishizaki

Τουλάχιστον 14 μεγάλες βιομηχανίες της Ιαπωνίας πήραν μέρος στα διάφορα προγράμματα έρευνας για τη μηχανή Stirling, όπως η Daihatsu Diesel Company, η Mitsubishi Heavy Industrial Companies, η Aisin Seiki Limited (θυγατρική του Toyota group) και η Nissan Motor Company. Τα πιο σημαντικά προγράμματα ήταν μια μηχανή πλοίου 600kW, μια μηχανή αυτοκινήτου 50kW και μια αντλία θερμότητας 7kW. Ως το 1981 η έρευνα είχε επικεντρωθεί στην μεγάλη μηχανή.

Τα χαρακτηριστικά της ήταν :

Τύπος:	Άλφα, ασύγχρονη, διπλών εμβόλων
Εργαζόμενο αέριο:	Ήλιο
Αριθμός κυλίνδρων:	4
Ταχύτητα μηχανής:	720 RPM
Μηχανισμός κίνησης:	Στροφαλοφόρος άξονας
Μέση πίεση:	11 MPa
Όγκος σάρωσης:	5700cc
Μήκος διωστήρας:	22 cm
Μήκος σάρωσης:	15 cm
Λόγος μηκών διωστήρα /σάρωσης:	1,47
Θερμοκρασία αναθερμαντή:	700° C

Περιμένανε η μηχανή αυτή να φτάσει σε απόδοση τα 600kW. Σύμφωνα με την θεωρία

Beale η ισχύς δίνεται από τον τύπο:
$$P_{\beta} = \frac{z \cdot \beta e \cdot V_{sp} \cdot P_{mean} \cdot N}{6000}$$

όπου:

$$Z = 4$$

$$V_{sp} = 5700 \text{ cc}$$

$$P_{mean} = 11 \text{ MPa}$$

$$N = 729 \text{ RPM}$$

$$\beta e = 0.018 \text{ (δεδομένο από τη ανάλυση κατά Beale)}$$

Σύμφωνα με την ανάλυση αυτή η απόδοση της μηχανής βγαίνει ίση με 542kW, πολύ κοντά στις προσδοκίες των ερευνητών. Στην αρχή μόνο δύο από τους τέσσερις κυλίνδρους της μηχανής λειτουργούσαν και μάλιστα σαν μηχανή εμβόλων μονής δράσεως και όχι διπλής όπως ήταν σχεδιασμένη αρχικά, γεγονός που επηρέαζε σημαντικά την απόδοσή της. Μια μικρή δοκιμαστική μονοκύλινδρη μηχανή φαίνεται στην Εικόνα 1. Η μηχανή αυτή παρήγαγε 150kW ισχύ αν και από την ανάλυση κατά Beale περιμέναμε $542/4 = 135\text{kW}$. Από τις αρχικές δοκιμές το μοντέλο αυτό παρήγαγε 100kW ισχύ με βαθμό απόδοσης 20%, γεγονός αρκετά ενθαρρυντικό για μια καινούργια μηχανή και για μια ομάδα ερευνητών με καθόλου εμπειρία στον τομέα αυτό. Πιθανόν πιο ελπιδοφόρα ήταν η 50kW μηχανή της Aisin Seiki. Έμοιαζε ως προπομπός της 4-214 swashplate των Ford – Philips αλλά χρησιμοποιούσε ήλιο ως εργαζόμενο αέριο και όχι υδρογόνο και είχε καυστήρα φυσικού αερίου καίγοντας 22%. λευκή κηροζίνη. Εξαντλητικές δοκιμές γίνονταν πάνω στη μηχανή μέχρι και το 1981 και κατόρθωσαν να παράγουν ισχύ περίπου 40kW με καθαρό βαθμό απόδοσης περίπου 22%.

Ακόμα και τότε όμως μπόρεσαν και έπιασαν τα 50kW ισχύ με 35% απόδοση στις χαμηλές όμως στροφές. Η κατανάλωση καυσίμου ήταν ανάλογη με μια αντίστοιχη μηχανή Otto. Τόσο το σύστημα στεγανοποίησης όσο και ο μηχανισμός κίνησης των εμβόλων με τη βοήθεια του στροφάλου ήταν Ιαπωνικής σχεδίασης και δεν παρουσίαζαν κανένα πρόβλημα, σε αντίθεση με τα αντίστοιχα μέρη του προγράμματος των Ford – Philips. Σημαντική κατασκευαστική καινοτομία που εφάρμοσαν οι Ιάπωνες ήταν το σύστημα στεγανοποίησης του εμβόλου. Αντί των 4 ελατηρίων στεγανοποίησης που χρησιμοποιούσαν όλοι μέχρι τότε, οι Ιάπωνες χρησιμοποίησαν 15(!). Με μια πρώτη ματιά θα μπορούσε να πει κανείς ότι θα ήταν μια αποτυχημένη προσπάθεια. Τα πειραματικά αποτελέσματα όμως έδειξαν ακριβώς το αντίθετο, αφού η δύναμη τριβής μειώθηκε κατά 250%, αφού πολλά από τα ελατήρια εργαζόνταν σε πολύ μικρότερες περιοχές που αντιστοιχούσαν μόλις στο 40% των αντίστοιχων περιοχών όταν χρησιμοποιούσαν λίγα ελατήρια των 4x6 mm.

Μια δημοσίευση που αντιπαραθέτει τα θεωρητικά με τα πειραματικά αποτελέσματα για τη μηχανή αυτή παρουσιάστηκε το 1982 στην Ένωση Μηχανολόγων Μηχανικών της Ιαπωνίας.

Το κέλυφος στην ουσία είναι ένας λαβύρινθος, που αν μπορούσαμε να σταθεροποιήσουμε την απόδοσή του θα ήμασταν σε θέση να πούμε ότι τα ελατήρια των εμβόλων είναι πλέον περιττά στις μηχανές τουλάχιστον με έμβολα μονής ενέργειας. Το σύστημα αυτό στεγανοποίησης αύξησε κατά 2% το βαθμό απόδοσης πολύ εύκολα. Από τη στιγμή που θα ολοκληρωθούν και κάποιες μελέτες πάνω σε συστήματα έλεγχου και ανάπτυξης λογισμικού, η Ιαπωνική μηχανή Stirling θα εξελιχθεί ακόμα περισσότερο, έτσι ώστε θα μπορούμε να πούμε ότι για άλλον ένα τεχνολογικό τομέα οι Ιάπωνες είναι πρωτοπόροι.

Βόρειος Αμερική

Τις κυριότερες ερευνητικές προσπάθειες στις Ηνωμένες Πολιτείες τις έχουμε ήδη αναφέρει με την GM και FORD . Επίσης πάνω από 40 Ινστιτούτα σε συνεργασία μεταξύ τους και με την κυβέρνηση έκαναν έρευνες τόσο πάνω στη μηχανή όσο και σε λογισμικό υποστήριξής της. Το μεγαλύτερο μέρος των χρημάτων έχει επενδυθεί στην εξέλιξη της μηχανής των αυτοκινήτων καθώς και σε αυτήν που λαμβάνει ενέργεια από τις ηλιακές ακτίνες. Όμως μεγαλύτερη πρόοδος έχει επιτευχθεί στις μεγάλου μεγέθους μηχανές ισχύος. Ο Walker μελέτησε με αρκετές λεπτομέρειες την μετατροπή των μηχανών diesel σε Stirling χρησιμοποιώντας την πατέντα του Ringbom. Η πατέντα του Ringbom είναι μια μηχανή υβριδικού τύπου που χρησιμοποιεί ελεύθερο displacer στον οποίο είναι προσαρμοσμένο το έμβολο ισχύος, με τη δυνατότητα να καίει στερεό καύσιμο ακόμα και κάρβουνο. Σε δημοσίευσή τους ο Lee και οι συνεργάτες του από το Foster – Miller Associates Inc., προβλέπουν ότι χρήση κάρβουνου σε μηχανή ισχύος Stirling μπορεί να επιφέρει οικονομία σε ετήσια βάση για την παραγωγή 2,3MW ακόμα και 656.000 δολάρια Αμερικής. Η τάση για κατασκευή μεγάλων μηχανών Stirling συνεχώς μεγαλώνει στην Αμερική.

Ηνωμένο Βασίλειο

Στο Ηνωμένο Βασίλειο η μηχανή Stirling εμφανίστηκε σχετικά αργά. Ακόμα και σήμερα λίγες αξιοσημείωτες προσπάθειες έχουν γίνει και αυτές μεμονωμένα. Ένα αβέβαιο βήμα έγινε το 1977 με την συνεργασία τριών Πανεπιστημίων και τριών βιομηχανιών με σκοπό την εισαγωγή της τεχνογνωσίας πάνω στις Stirling από άλλες χώρες που είχαν ήδη πετύχει πολλά στον τομέα αυτό και την τυχόν εξέλιξη της. Το 1978 τα Πανεπιστήμια έλαβαν από την Κυβέρνηση και το Science Research Council επιχορήγηση για ένα μεσοπρόθεσμο πρόγραμμα μελέτης και εξέλιξης της Stirling. Για τον ίδιο λόγο ταυτόχρονα οι βιομηχανίες χρηματοδοτήθηκαν από το Υπουργείο Βιομηχανίας. Η χρηματοδότηση αυτή συνεχίστηκε και σε δεύτερη φάση το 1980 για το ελάχιστο δύο ακόμα χρόνια. Οι ευθύνες και οι αρμοδιότητες που έλαβαν κάθε μια πλευρά από τα συμβαλλόμενα μέρη φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πανεπιστήμια / Ινστιτούτα	Εργασία
Πανεπιστήμιο του Reading	<input type="checkbox"/> Γενικός σχεδιασμός της μηχανής <input type="checkbox"/> Δυναμικός έλεγχος ροής στον αναγεννητή <input type="checkbox"/> Σχεδιασμός και κατασκευή των σωλήνων του αναθερμαντή
Royal Naval Engineering	<input type="checkbox"/> Σχεδιασμός σε Η/Υ και μοντελοποίηση
College (RNEC)	<input type="checkbox"/> Δοκιμές της μηχανής και των σωληνώσεων <input type="checkbox"/> Μελέτες ναυπηγικής
University of Bath	<input type="checkbox"/> Σχεδιασμός κελύφους <input type="checkbox"/> Μελέτη απόδοσης μηχανής <input type="checkbox"/> Μελέτες καύσης και αντοχής
Associated Engineering Developments (AED)	<input type="checkbox"/> Λεπτομερής σχεδιασμός και κατασκευή όλων των θερμών μερών της μηχανής
Petters Diesels Limited (Hawker Siddley)	<input type="checkbox"/> Σχεδιασμός μηχανισμού κίνησης εμβόλων και κατασκευή του.
British Petroleum	<input type="checkbox"/> Συμβουλές στην λίπανση και στην καύση.

Πίνακας 1: Πανεπιστήμια και Ινστιτούτα που χρηματοδοτήθηκαν από την κυβέρνηση στη Μεγάλη Βρετανία.

Τα τρία Πανεπιστήμια εργαζόντουσαν ανεξάρτητα, αλλά σε τομείς που κάποιο υπερτερούσε από πλευράς τεχνογνωσίας ή εγκαταστάσεων βοηθούσε το άλλο που τα είχε ανάγκη. Για παράδειγμα το RNEC διέθετε εργαστήριο για τον έλεγχο του κελύφους αλλά και του αναγεννητή, πράγμα που ήταν αναγκαίο για την εργασία του Bath και του Reading αντίστοιχα. Από την άλλη το Reading είχε μοντελοποιήσει την λειτουργία του αναγεννητή γεγονός που ήταν πολύ χρήσιμο για την εργασία του RNEC κ.λ.π.

Το αποτέλεσμα της πρώτης φάσης του προγράμματος ήταν η κατασκευή μιας μηχανής απόδοσης 20kW με έμβολα μονής ενέργειας. Το εργαζόμενο αέριο ήταν Ήλιο(He) και η θερμότητα μεταφερόταν στην μηχανή από ένα σύστημα τριχοειδών σωλήνων από νάτριο(Na). Η μηχανή ήταν έτσι κατασκευασμένη που μπορούσε να λειτουργεί άνετα και ως Άλφα και ως Γάμα τύπος. Διέθετε δύο στροφαλοφόρους άξονες οι οποίοι είχαν στο ενδιάμεσο τους έναν οδοντωτό γρανάζι χρονισμού. Το σύστημα των εναλλακτών θερμότητας ήταν έτσι σχεδιασμένο για καλύτερο έλεγχο της ροής θερμότητας προς τη μηχανή καθώς και στο να υπάρχει δυνατότητα εναλλαγής των πηγών θερμότητας.

Έτσι το Reading θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ειδική εστία ρευστοποίησης του καύσιμου, το Bath μια κλασσική μέθοδο καύσης και το RNEC μια μέθοδο ηλεκτρικών αντιστάσεων. Τα πρώτα tests ελέγχου της μηχανής αυτή άρχισαν το Φεβρουάριο του 1982. Άλλες εργασίες πάνω στις μηχανές Stirling που πραγματοποιήθηκαν από τα Πανεπιστήμια και τις βιομηχανίες του Ηνωμένου Βασιλείου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Όργανισμοί	Περιοχή έρευνας	Υπεύθυνος
Cambridge University	Ηλεκτρονική προσομοίωση σχεδιασμός και έλεγχος τη μηχανής κατά Ross	Dr A. J. Organ
Bath University	Συμμετοχή σε συνεργασίες Μοντελοποίηση ρευστοποίησης Έρευνα του κελύφους	J. Slowly C. Stammers A. Billet
Reading University	Συμμετοχή σε συνεργασίες Καύση σε εστία υγροποίησης καυσίμου. Μετρήσεις θερμοκρασιών Προγράμματα της Παγκόσμιας Τράπεζας	Professor P. Dunn Dr G. Rice
Bradford University	Μοντελοποίηση του αναγεννητή	J. B. Harness
AERE Harwell	Έρευνα στις μηχανές ελευθέρου εμβόλου	E. H. Cooke – Yarboorgh Dr J. Franklin
AED	Συμμετοχή σε συνεργασίες	R. Slee
Petters	Συμμετοχή σε συνεργασίες	
Ricardo Consulting Engineers	Έρευνα στον μηχανισμό κίνησης εμβόλων (θυγατρική της United Stirling)	J. Panton V. Pope
RNEC	Συμμετοχή σε συνεργασίες Εξέλιξη του κελύφους Έρευνα στον μηχανισμό κίνησης των εμβόλων Δοκιμές στον αναγεννητή	Director of Research
Glasgow College of Technology	Δοκιμές στο μηχανισμό κίνησης των εμβόλων.	C. Hooper

Πίνακας 2: Όργανισμοί που ασχολήθηκαν με την μηχανή Stirling στο Ηνωμένο Βασίλειο

Κίνα

Λίγα είναι γνωστά για τις εργασίες στην Κίνα σχετικά με τη μηχανή Stirling. Παρόλα αυτά κάθε χρόνο πολύ Κινέζοι φοιτητές παίρνουν το μάθημα της μηχανής Stirling στο UCLA. Συγκεκριμένα ένα τουλάχιστον ερευνητικό ίδρυμα(το Shanghai Marine Diesel Research Institute) επιδύκνυει ερευνητική δραστηριότητα επι των θεμάτων Stirling. Πιστεύεται ότι τουλάχιστον δέκα ερευνητές ασχολούνται με μια μηχανή παρόμοια με αυτήν της Philips με ισχύ 150kW και τουλάχιστον δύο από αυτούς έχουν κατασκευάσει μια πρότυπη μηχανή.

Ρωσία

Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι παλιότερα στην Σοβιετική Ένωση και τώρα στη Ρωσία πολλοί επιστήμονες ασχολούνται με τη μηχανή Stirling, καθώς υπάρχει πλήθος δημοσιεύσεων και αναφορών για εργασίες και αναλύσεις πάνω στο αντικείμενο αυτό. Το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών φαίνεται ότι καταπιάνεται με την ψυκτική μηχανή. Παρόλα αυτά ο Martini αναφέρει ότι το Moscow All Union Correspondence Polytechnic Institute έχει δώδεκα μηχανικούς που εργάζονται πάνω σε μια μηχανή θερμική υδρογόνου ισχύος περίπου 20kW με σημαντικό βαθμό απόδοσης.

Γερμανία

Οι δύο κορυφαίοι γερμανοί κατασκευαστές η MAN και η MWM συνεργάστηκαν το 1969 και δημιούργησαν την εταιρεία Entwicklungsgruppe Stirlingmotor MAN – MWM για να ερευνήσουν την μηχανή Stirling υπό την εποπτεία της ολλανδικής N. V. Philips, μέχρι το 1977 εκδόθηκαν πολλές εργασίες, όμως από τότε μέχρι σήμερα πολύ λίγα πράγματα έχουν αναφερθεί. Στα βιβλία του και στις δημοσιεύσεις του ο Walker δίνει μια πολύ καλή εικόνα των εργασιών της MAN – MWM. Σήμερα στο εργοστάσιο του Mannheim δεν εργάζεται πλέον η ερευνητική ομάδα, αλλά από το 1979 μια άλλη έχει ασχοληθεί στο εργοστάσιο του Augsburg με ένα πρόγραμμα που χρηματοδοτείται από το Γερμανικό Υπουργείο Άμυνας, όπως έχει υποθέσει ο Martini.

Ιταλία

Τα τελευταία χρόνια είναι γνωστό ότι μια ερευνητική ομάδα με επικεφαλής τον καθηγητή Vincenzo Naso του Πανεπιστημίου της Ρώμης έχει ερευνήσει την θερμική μηχανή Stirling και έχει δημοσιεύσει πάνω από 15 εργασίες. Οι εργασίες αυτές καλύπτουν όλα τα μέρη της

θερμικής μηχανής: σχεδιασμός της μηχανής, σχεδιασμός και δοκιμή του αναγεννητή, μελέτη των εναλλακτών θερμότητας. Μια πρόσφατη δημοσίευση τους κάνει λόγο για νέα μηχανή με νέο μηχανισμό κίνησης των εμβόλων. Για όσους θα ενδιαφερθούν οι εργασίες αυτές δίνουν αρκετές πληροφορίες για την δουλειά που γίνεται στα Ιταλικά Πανεπιστήμια και συγκεκριμένα στο Università Regli Studi di Roma. Επίσης ο W R Martini με το πλήθος των δημοσιεύσεών του και την Martini Engineering είναι από τους πρωτοπόρους των ερευνών.

Σουηδία

Η εταιρεία United Stirling ανήκει πλέον στον κρατικό κολοσσιαίο όμιλο επιχειρήσεων FFV. Η FFV έχει ένα πρόγραμμα μηχανής Stirling που προωθεί. Ασχολείται με μια γεννήτρια ισχύος 8kW που προορίζεται για οικιακή χρήση για την αγορά της Βορείου Αμερικής, με το όνομα “Winnebago”. Τα τελευταία χρόνια η μηχανή προωθείται στην Βόρειο Αμερική από την εταιρεία Stirling Power Systems που ανήκει κατά 90% στην FV και κατά 10% στην Thetford Corporation. Η United Stirling έχει επίσης μια θυγατρική εταιρεία στην Αμερική, την United Stirling Inc. Με το τέλος του προγράμματος της Philips πάνω στις μηχανές Stirling, η United Stirling ανέλαβε τα ηνία στους κατασκευαστές που ασχολούνται με τη μηχανή αυτή. Την εποχή αυτή φαίνεται να εργάζονται πάνω σε πολλών τύπων μηχανές για διάφορες τεχνολογικές εφαρμογές, αλλά το μεγαλύτερο μέρος της προσοχής τους φαίνεται πως είναι σε προγράμματα αυτοκίνησης και σε αντίστοιχα με χρήση ηλιακής ενέργειας με Stirling στις Ηνωμένες Πολιτείες καθώς επίσης και σε συνεργασίες με το ναυτικό πολλών χωρών για την ανάπτυξη μηχανών πλοίων και κυρίως υποβρυχίων.

Ολλανδία

Μετά από 40 και πλέον χρόνια έρευνας στην θερμική μηχανή Stirling, η N.V. Philips σταμάτησε κάθε περαιτέρω ενασχόληση. Κάποιες μεμονωμένες έρευνες, κυρίως πάνω στα κελύφη, γίνονται ακόμα και τώρα και μπορεί να τις βρει κάποιος στο εμπόριο. Άλλωστε πολλές από τις πατέντες πάνω στη μηχανή Stirling φέρνουν την υπογραφή της Philips. Η θυγατρική της Philips στην Αμερική, η American Philips of New York State εξακολουθεί και λαμβάνει ενεργά μέρος στα ερευνητικά προγράμματα της Ομοσπονδιακής Κυβέρνησης των ΗΠΑ και ο εξέχον μηχανικός της, ο Dr Ralph Meijer εξακολουθεί και εργάζεται πάνω στη μηχανή αυτή χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της Philips σε μια εταιρεία υπό την ονομασία Stirling Technology Inc. of Michigan. Η ιστορία των ερευνητικών προσπαθειών της Philips πάνω στη μηχανή Stirling είναι τόσο σημαντική που επιβάλλεται να είναι γνωστή από το οποιοδήποτε που θέλει στο μέλλον να ασχοληθεί με τη μηχανή αυτή. Χωρίς τις μελέτες της Philips δεν θα ξέραμε σχεδόν τίποτα για τη μηχανή αυτή.

Νότιος Αφρική

Στο Universal of Witwatersrand υπήρχε για πολλά χρόνια ένα ερευνητικό πρόγραμμα πάνω στις μηχανές Stirling από τον Ελληνικής καταγωγής καθηγητή Costa Rallis, που είναι ένας από τους ελάχιστους ερευνητές του 20ου αιώνα με θερμοδυναμικό κύκλο που φέρει το όνομά του. Πολλές αξιοσημείωτες προσπάθειες έχουν γίνει στη Νότιο Αφρική πάνω στη μηχανή Stirling, κυρίως όσον αφορά την μελέτη του θερμοδυναμικού κύκλου λειτουργίας του. Οι Urielli και Berchowitz (μαθητές του Rallis) είναι δύο από τους πιο γνωστούς ερευνητές που συνέβαλλαν σημαντικά στην εξέλιξη της έρευνας.

Άλλες χώρες

Εργασίες γίνονται φυσικά και σε άλλες χώρες του κόσμου, κυρίως από Πανεπιστήμια, ο Martini έχει κάνει μια σχετική καταγραφή. Ο Urielli ξεκίνησε μια σειρά από ερευνητικά προγράμματα στο Ισραήλ, ενώ μερικές προσπάθειες πάνω σε ναυτικές μηχανές αναφέρθηκαν και στην Αυστραλία. Οι υπόλοιπες εργασίες που έχουν κατά καιρούς εμφανιστεί, φαίνεται πως έχουν ως σκοπό την δημιουργία μιας ισχυρής βάσης δεδομένων για μελλοντική χρήση σε κάποια ερευνητική προσπάθεια.

Έρευνα & Εξέλιξη στις μέρες μας

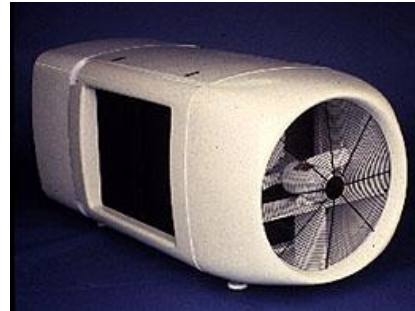
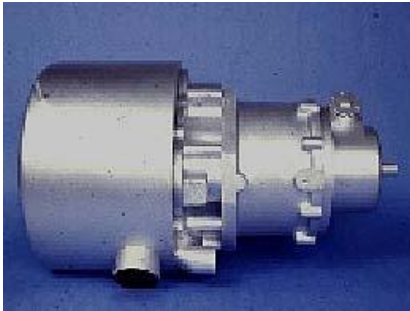
Σύγχρονες εφαρμογές μηχανών STIRLING

Σήμερα, υπάρχουν πολλές εταιρείες που ασχολούνται με την ανάπτυξη συσκευών και κινητήρων Stirling, συσκευές για εξειδικευμένες αγορές, όπως μονάδες συμπαραγωγής και ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα. Οι κινητήρες Stirling έχουν έρθει από πολύ μακριά, συγκεκριμένα από τους μεγάλους και βαρύνοντες κινητήρες του 19ου αιώνα, όμως χάρη στις εξελίξεις στην υλικών, στην κατασκευή, στις διαδικασίες, και τις μεθόδους ανάλυσης και θεωρίας, προβλήματα που έδειχναν δυσεπίλυτα και μη εφαρμόσιμα βρήκαν λύσεις με αποτέλεσμα την εφαρμογή πρωτοποριακών μεθόδων για την κατασκευή μηχανών που φαντάζουν να ήρθαν από το μέλλον, όμως θα φανεί παρακάτω πως η εξέλιξη καθώς και η προοπτική των μηχανών Stirling έχει άλλη άποψη. Όλες οι εικόνες και πληροφορίες που σχετίζονται με αυτές τις συσκευές είναι ιδιοκτησία της κάθε εταιρίας και υποτίθεται πως προστατεύονται από πνευματικά δικαιώματα από τους αντίστοιχους ιδιοκτήτες. Παρατίθενται κάτωθι κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα:

- STM Corporation (πρώην Stirling Thermal Motors, Inc. τώρα ανενεργός) ανέπτυξε τον παρακάτω κινητήρα ως απάντηση στις ανάγκες της αυτοκινητοβιομηχανίας των υβριδικών (Hybrid) ηλεκτρικών, οχημάτων ως εφεδρική μονάδα ισχύος.

- Συγκρότημα ανάπτυξης αυτού του κινητήρα Stirling αποτελεί μέρος του προγράμματος της General Motors HEV Propulsion Systems. Η ανάπτυξη της STM σε αυτόν τον κινητήρα Stirling έγινε ως μέρος ενός προγράμματος της General Motors, το HEV Propulsion Systems. Μια νέα εταιρεία μηχανών Stirling η Biopower έχει αποκτήσει περιουσιακά στοιχεία και υπαλλήλους της STM και σχεδιάζει μια νέα ανακοίνωση και ιστοσελίδα σύντομα.

Στη δεξιά εικόνα(βλέπε επόμενη σελίδα) παρουσιάζεται ο συγκεκριμένος κινητήρας Stirling, ο HEV APU των 40kw. Η εικόνα που παρουσιάζεται είναι το συγκρότημα Stirling Solar SAIC παραβολικού κατόπτρου λειτουργίας και παράγει περίπου 25kW ηλεκτρική ισχύ με κατ'ελάχιστο βαθμό αποδόσεως της τάξεως του 30%. Συγκρότηματα τέτοιου είδους εμφανίζεται να ανατεθούν περισσότεροι από τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας της Phillips (Eindhoven,NL) και ως πρόσφατα, Μαρτίου 1997 να λάβει ένα η ΗΠΑ με αριθμό 5611201 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που καλύπτει τα "Διπλής-Ενέργειας, Παράλληλου-Κυλίνδρου, μεταβλητού-swashplate κινητήρα και τις μεθόδους κατασκευής". Η Stirling Thermal Motors ιδρύθηκε από τον Δρ.R.J.Meijer (τόρα συνταξιούχος), ο κάτοχος των πολυάριθμων ευρεσιτεχνιών κινητήρων Stirling και εφευρέτης της μονάδας οδήγησης «Rhombic-drive». Στον κ. William Houtman έχει επέλθει ως κατοχύρωση εφεύρεσης με αριθμό 5611201 και είναι ο κύριος μηχανικός για το συγκρότημα. Ο κ.Johansson N.Lennart είναι ο σημερινός πρόεδρος.



Ο κινητήρας HEV APU των 40kw της Stm/Biopower



Kockums Sweden



NASA Glenn Research Center



Stirling Energy Systems, Inc.



Infinia Corporation Enatec microcogen b.v.

Εικόνα 2. Φωτογραφίες σύγχρονων μηχανών Stirling

Μια σχετικά σύγχρονη μηχανή Stirling την οποία μπορούμε να βρούμε και στο εργαστήριο Θερμότητας του Ε.Μ.Π. είναι και η **Solo 161 CHP**. Περισσότερες λεπτομέρειες παρατίθενται κάτωθι.

Παρουσίαση της Μηχανής Solo Stirling 161 CHP

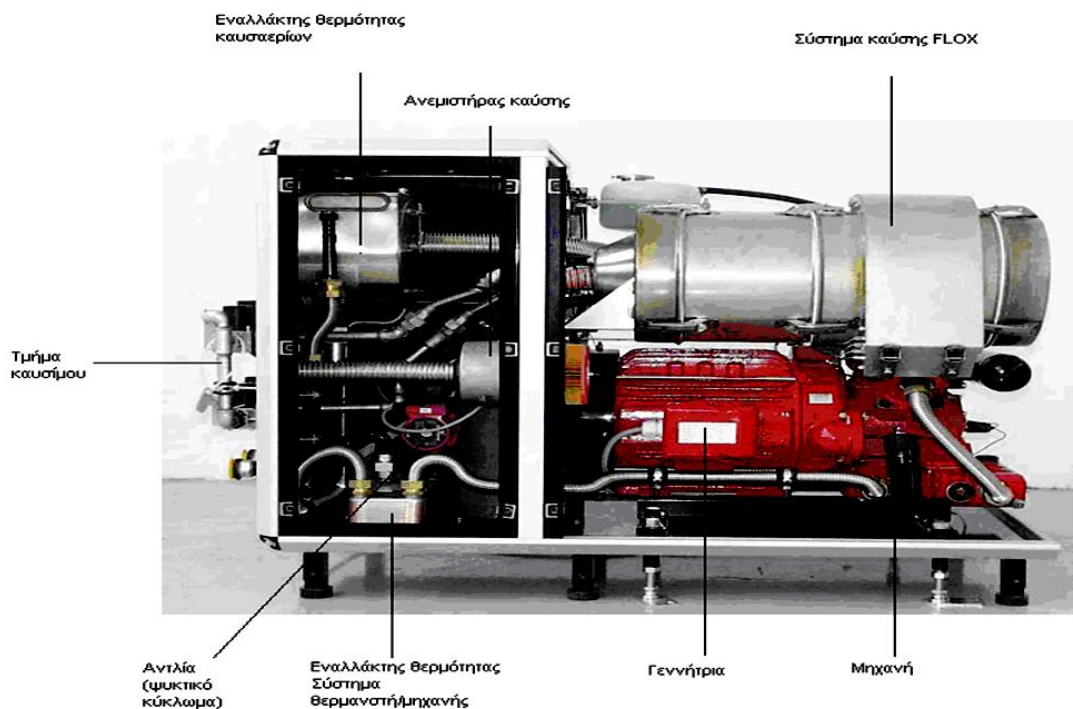
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ & ΠΩΣ ΔΟΥΛΕΥΕΙ

Σχεδιασμός Της Μονάδας :

Η μονάδα SOLO Stirling 161 CHP περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη (δείτε τις εικόνες):

- το κουβούκλιο της μηχανής που μονώνει από τον θόρυβο και την θερμότητα. Το κουβούκλιο επίσης, εμποδίζει οποιαδήποτε επαφή με τα καυτά μέρη και προστατεύει από τυχόν διαρροές. Το πάνω μέρος και τα τρία πλαϊνά μέρη είναι μετακινούμενα.

Η μηχανή εγκαθίσταται στο μπροστινό τμήμα, ενώ η ηλεκτρική γεννήτρια είναι άμεσα συνδεδεμένη με φλάντζα πίσω από τη μηχανή. Η δεξαμενή τροφοδοσίας He είναι συνδεδεμένη με αυτήν την μονάδα.



Εικόνα 3. Πλαϊνή όψη της μηχανής Solo 161 CHP χωρίς το κάλυμά της

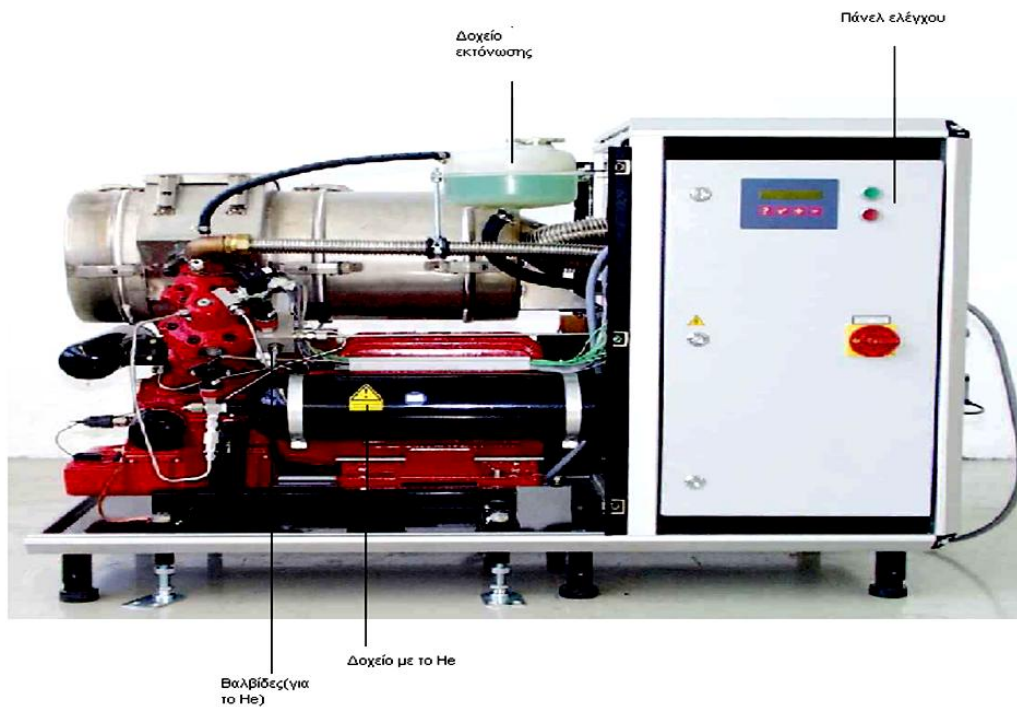
- Ο θάλαμος καύσης και ο καυστήρας βρίσκονται πάνω από τη μηχανή και την ηλεκτρική γεννήτρια.

- Τον πίνακα ελέγχου για το ηλεκτρικό σύστημα, τον οποίο επίσης περιλαμβάνει τα ηλεκτρονικά και τα υποσυστήματα του καταγραφέα δεδομένων/data logger, που είναι τοποθετημένο στο πίσω μέρος του κουβουκλίου.

- Ο εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων τοποθετείται παραπλεύρως της μονάδας ελέγχου.

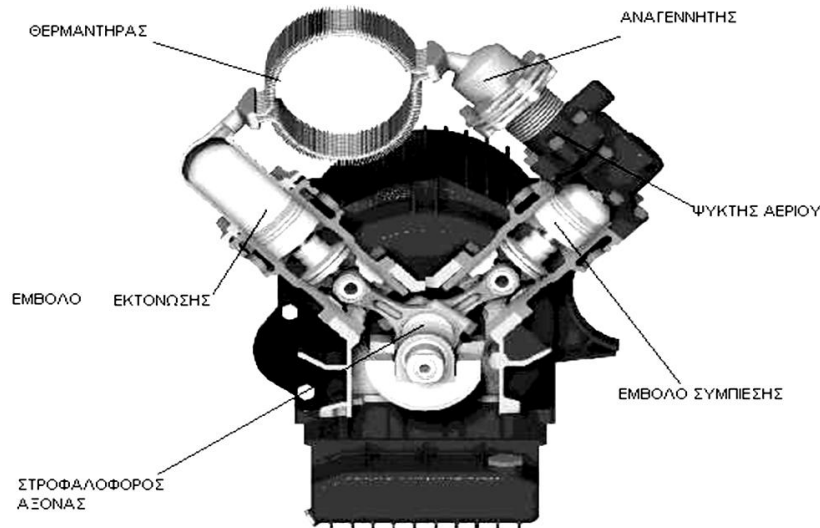
- Ο πλατοειδής εναλλάκτης θερμότητας και ο κυκλοφορητής (αντλία) ,για το εσωτερικό ψυκτικό κύκλωμα, βρίσκονται από κάτω από τον σωληνοειδή εναλλάκτη.

- Όλες οι συνδέσεις βρίσκονται στο τμήμα του καυσίμου μονταρισμένες στο πίσω μέρος του κουβουκλίου.



Εικόνα 4. Ενδεικτική εικόνα της μηχανής Solo 161 CHP με επεξήγηση επιμέρους δομικών εξαρτημάτων της.

Η αρχή λειτουργίας της μηχανής Stirling είναι γνωστή, εδώ και πολύ καιρό. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της μηχανής είναι ότι το εργαζόμενο αέριο ωθείται παλινδρομικά μεταξύ δύο κυλίνδρων χωρίς να εγκαταλείπει τη μηχανή. Η θερμική ενέργεια, που μετατρέπεται τελικά σε κινητική από το στροφαλοφόρο άξονα, τροφοδοτείται στο εργαζόμενο αέριο μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος εφεξής θα καλείται θερμαντήρας. Η θερμότητα παράγεται από την καύση του φυσικού αερίου. Η μηχανή 161 STIRLING, είναι μια μονής ενέργειας μηχανή που αποτελείται από 2 κυλίνδρους σε διάταξη V υπό γωνία 90° και ονομάζεται τύπου α. Ο θερμαντήρας, ο αναγεννητής και ο ψύκτης αερίου είναι τοποθετημένοι μεταξύ των 2 κυλίνδρων. Η υπόδειξη 161 αναφέρεται στην χωρητικότητα του κυλίνδρου.



Εικόνα 5. Εσωτερική τομή της Μηχανής Stirling 161

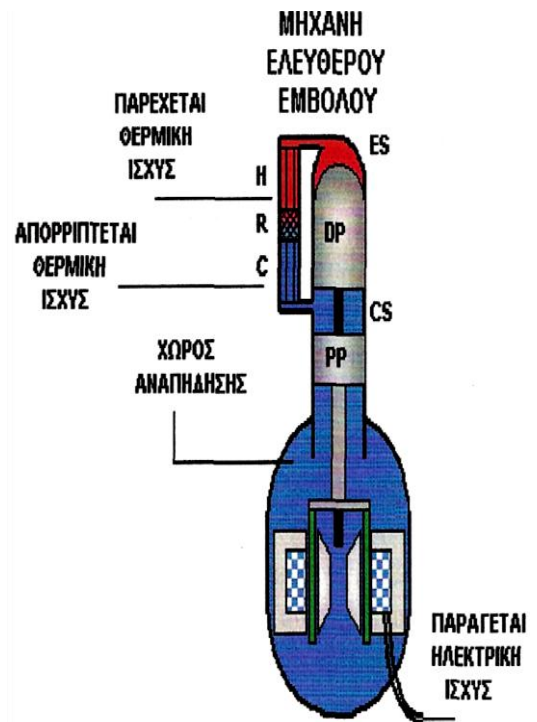
Όπως μια συμβατική παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσεως έτσι και η Stirling 161 έχει έμβολα. Το εργαζόμενο αέριο (στην προκειμένη περίπτωση He) συμπιέζεται σε χαμηλές θερμοκρασίες και εκτονώνεται κατά την θέρμανση, με συνέπεια να ωθεί τα έμβολα μεταξύ των δύο κυλίνδρων. Επομένως ο ένας κύλινδρος καλείται κύλινδρος εκτόνωσης, ενώ ο άλλος κύλινδρος συμπίεσης. Ένας V2 στροφαλοφόρος άξονας ο οποίος στηρίζεται με ρουλεμάν τριβής και λιπαίνεται από μια αντλία, οδηγεί τα έμβολα. Οι διωστήρες συνδέονται με ζύγωμα και βάκτρο τα οποία υποστηρίζουν τις πλευρικές δυνάμεις που δέχονται οι κύλινδροι. Τα έμβολα συνδέονται με το ζύγωμα και με το βάκτρο με μια ράβδο. Τα ελατήρια σε αυτές τις ράβδους αποτρέπουν:

- α) το εργαζόμενο αέριο να διεισδύσει στο κάλυμμα της στροφαλοφόρου και
- β) το λιπαντικό να διεισδύσει μέσα στους κυλίνδρους. Τα ελατήρια δεν παρουσιάζονται στην ανωτέρω εικόνα.

Καθώς το εργαζόμενο μέσο παραμένει μέσα στη μηχανή, είναι δυνατόν να βρεθεί κάτω από μεγαλύτερη πίεση πράγμα το οποίο βελτιώνει την λειτουργία της μηχανής. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα μεταβάλλοντας την πίεση να μεταβάλλουμε τις επιδόσεις της μηχανής. Η επιλογή του He ως εργαζόμενου μέσου προσφέρει καλύτερα λειτουργικά χαρακτηριστικά από τον αέρα. Ο θερμαντήρας αποτελείται από μικρούς σωλήνες, οι οποίοι σχηματίζουν δακτυλίδια. Ο θερμαντήρας θερμαίνεται από τον καυστήρα σε θερμοκρασία περίπου 7400°C. Ο ψύκτης για το εργαζόμενο αέριο αποτελείται από ένα πακέτο μικρών σωλήνων, μέσα από τους οποίους κυκλοφορεί το νερό ψύξης. Ο αναγεννητής, ο οποίος βελτιώνει τον θερμοδυναμικό βαθμό απόδοσης του κύκλου, αποτελείται από ένα μεταλλικό συρμάτινο πλέγμα. Ο θερμαντήρας είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα κυλινδρικά διαμορφωμένο θάλαμο καύσης, στον οποίο έχουμε συνεχή καύση. Ο επεξεργαστής ελέγχει συνεχώς τη θερμοκρασία του θερμαντήρα μέσω ενός θερμοηλεκτρικού ζεύγους που συνδέεται με έναν από τους σωλήνες.

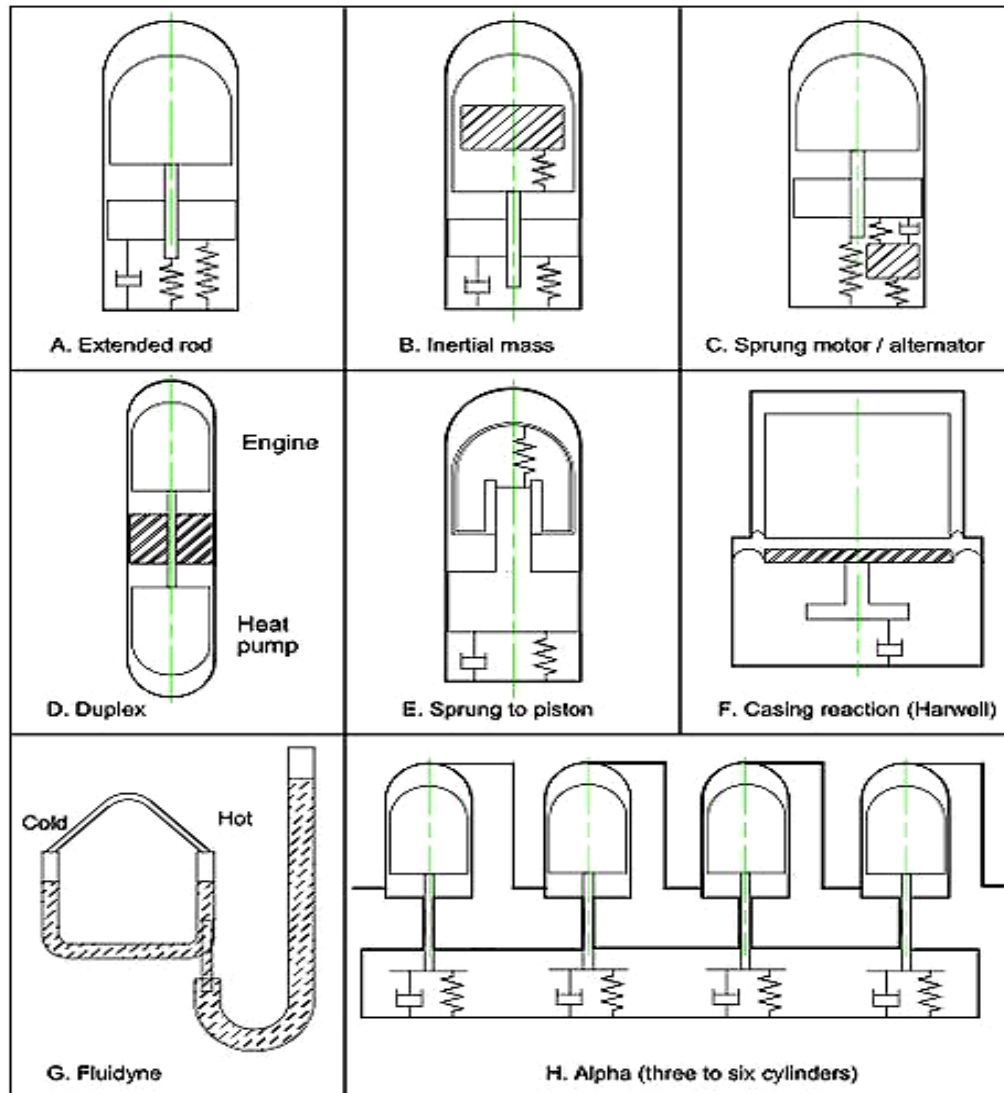
•Ελευθέρων εμβόλων(Free piston)

Από τις πιο καινούριες εφαρμογές του κύκλου Stirling είναι η μηχανή με διαμόρφωση ελευθέρων εμβόλων την οποία σχεδίασε και κατασκεύασε στις αρχές του 1960 ο William T.Beale (Σχ. 16). Οι μηχανές αυτές λειτουργούν χωρίς φυσικές συνδεσμολογίες. Στηρίζονται μόνο στις πιέσεις των αερίων για να μεταβιβάσουν τις σωστές κινήσεις στα παλινδρομούντα μέρη. Τέτοιες μηχανές έχουν το πλεονέκτημα της απλότητας, του χαμηλού κόστους, και της αξιοπιστίας σε σχέση με τις συμβατικές μηχανές Stirling. Οι μηχανές αυτές μπορούν να λειτουργούν με σταθερή συχνότητα και αναπτύχθηκαν για ποικίλες εφαρμογές μερικές από τις οποίες είναι οι αντλίες θερμότητας, οι ηλιακοί/ηλεκτρικοί εναλλάκτες, οι απομακρυσμένες γεννήτριες ισχύος, τα ολικά συστήματα ενέργειας, οι αντλίες νερού κλπ.



Εικ.6 Μηχανή ελευθέρου εμβόλου
[Walker and Senft,7].

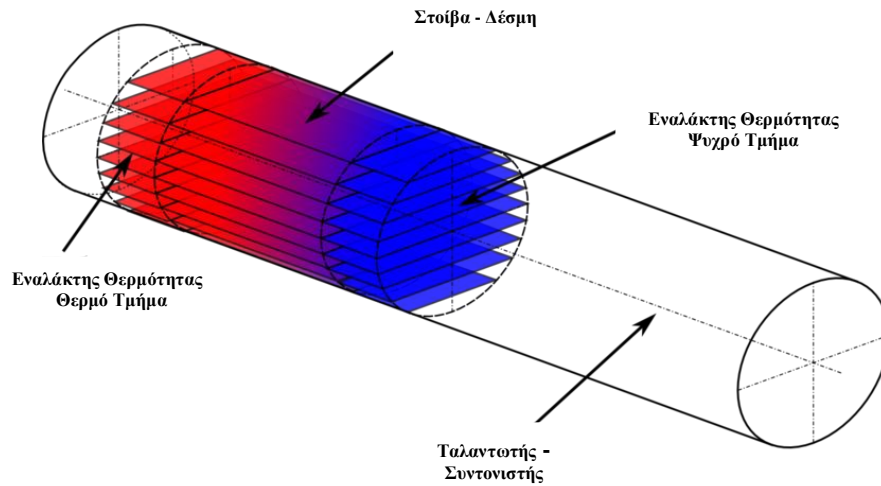
Τέλος παρουσιάζονται ενδεικτικά στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 7) σύγχρονες διαμορφώσεις μηχανών Stirling της κατηγορίας που χαρακτηρίζεται ως *Ελευθέρων Εμβόλων*:



Εικόνα 7

Θερμοακουστικές Μηχανές

Οι συσκευές που ακολουθούν τον Θερμοακουστικό κύκλο λειτουργίας είναι συσκευές πολύ διαφορετικές από τις συσκευές Stirling, παρόλο που η μεμονωμένη διαδρομή κάθε μόριου του εργαζόμενου αερίου ακολουθεί τον πραγματικό κύκλο του Stirling. Αυτές οι συσκευές περιλαμβάνουν έναν *θερμοακουστικό κινητήρα* καθώς και ένα *θερμοακουστικό υγείο*. Ηχητικά, στάσιμα κύματα υψηλού-πλάτους προκαλούν συμπίεση και εκτόνωση ανάλογη με το έμβολο σε μια μηχανή Stirling, ενώ τα εκτός φάσης οδεύοντα κύματα προκαλούν μετατόπιση καθώς και διαβάθμιση της θερμοκρασίας, ανάλογη με το έμβολο Stirling ενός εκτοπιστή. Έτσι μια θερμοακουστική συσκευή συνήθως δεν διαθέτει εκτοπιστή, όπως διαπιστώνουμε σε μια μηχανή Stirling Βήτα και Γάμα τύπου.



Εικόνα 8. Τυπική διαμόρφωση θερμοακουστικού κινητήρα



Εικόνα 9. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της εταιρείας Q Drive.

Όλα τα προϊόντα της άνω εταιρίας δεν έχουν κανένα τριβόμενο εξάρτημα οπότε στερούνται ανάγκες λίπανσης, με συνέπεια την μεγάλη διάρκεια ζωής καθώς και την έλλειψη προγραμματισμένης συντήρησης. Η αντικρυστή σχεδίαση των κινητήρων τους καθιστά τις μηχανές αυτές να έχουν χαμηλούς κραδασμούς και συνάμα ήσυχη λειτουργία. Επίσης επειδή το εργαζόμενο μέσο είναι το Ήλιο(He) αδρανές αέριο, οι μηχανές της Qdrive είναι 100% περιβαλλοντικά ασφαλείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Staby, J. G. (1980) *NASA TM-81442*
- Martini, W. R. (1981) Stirling Engine Newsletter, *Feb. 1981*.
- Ishizaki, Y. (1981) Μια παράγραφος στο paper του G. Walker για το *Transport Canada, T. P. 2930E*
- Ishizaki, Y. (1979) *IECEC Record, IEEE cat.No.N79ch1477-9*.
- Walker, G., Ishizaki, Y. και Billett, A. (1981) *Transport Canada Report TP2930E*
- Japanese Ship research Institution (1981) Private communication, *δημοσίευση για την MESJ*
- Nakajima, N. Miyashita, N. και Hirato, M. (1980) *Bulletin of the MESJ, 8No. 3, 22-28*
- General Electric (1980) Report DOE/ET/15207 – T1
- General Electric (1980) Report DOE/ET/15209 – T1
- Lee, K. *et al.* (1980) *IECEC Record, paper 819782*.
- Lister, S. (1981) *RNEC report*.
- Evans, E. M. Taylor, D. και Reader, G. T. (1982) *paper που παρουσιάστηκε στο I.Mech.G.Stirling Engine Conference*.
- Martini, W. R. (1980) paper που παρουσιάστηκε στο 5th Int. Sym. On Automotive Propulsion Systems, *Conf. 800419*
- Walker, G., (1980) *Stirling Engines, Oxford University Press, Oxford*.
- Walker, G., (1979) κεφάλαιο 1ο από το Report CR – 159631, NASA.
- Martini, W. R. (1981) Stirling Engine Design Manual, 2nd edition *Martini Engineering*
- Naso, V. *et al.* (1979) *Int. J.Of Vehicle Design, No. 2*.
- Rovetta A. (1981) *IECEC RECORD, paper 819791*.
- Reader, G., Hooper, C, *Stirling Engines E. & F. N. Spon London*

Κεφάλαιο 4^ο

Επιλογή Μοντέλου κατασκευής – Επίδειξης

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής είναι η μελέτη, η κατασκευή και η θερμοδυναμική ανάλυση μιας μηχανής Stirling. Όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, υπάρχουν διάφορες διατάξεις και κινηματικοί μηχανισμοί. Καθένας από αυτούς παρουσιάζει διαφορετικά πλεονεκτήματα σχετικά με τις συνθήκες λειτουργίας και τις εφαρμογές, αλλά και αντικειμενικές δυσκολίες στην κατασκευή του.

Τα κριτήρια επιλογής της κατάλληλης μηχανής προς κατασκευή και ανάλυση επιλέγονται με γνώμονα τη λειτουργικότητα της, την πρωτοτυπία, τη μορφή και το πλήθος των εφαρμογών καθώς και τη σχεδιαστική και κατασκευαστική απλότητα. Σύμφωνα με τα παραπάνω, επιλέχθηκε η κατασκευή και μελέτη μηχανής Stirling σύμφωνα με μοντέλο που έχει προτείνει ο David J.Gingery στο βιβλίο του με τίτλο. Build a Two Cylinder Stirling Cycle Engine.

Επειδή:

- Είναι κατάλληλο για επίδειξη της αρχής λειτουργίας του κύκλου Stirling.
- Έχει σχετικά σύνθετη κατασκευή που έλκει το ενδιαφέρον των θεατών της εκάστοτε επίδειξης.
- Θερμαίνεται με σχετική ευκολία, λόγω της χωροθέτησης των θερμαντήρων σε κατάλληλες θέσεις.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες πηγές θερμότητας, οι οποίες μπορεί να είναι και διαφορετικές μεταξύ τους.
- Η αντικριστή διάταξη των εμβόλων (push – pull) συνεισφέρει στην αύξηση της συνολικής ροπής στρέψης.
- Η προτεινόμενη σχεδίαση προσφέρεται για κατασκευαστικές βελτιώσεις, όπως η χρήση υδρόψυκτου εναλλάκτη για την αποβολή της ανεκμετάλλευτης θερμότητας με σκοπό τη δημιουργία σταθερών συνθηκών περιβάλλοντος, για την ταχύτερη σταθεροποίηση, καθώς και βελτίωση του τελικού βαθμού απόδοσής του.

Κατασκευή της Μηχανής με Σχέδια & Φωτογραφίες

1) Αρχικές εκτιμήσεις – διαπιστώσεις

Με την απόφαση της κατασκευής του μοντέλου κινητήρος κατά το βιβλίο του David J. Gingery, μια προσεκτική μελέτη του ήταν άμεση προϋπόθεση.

Με πρώτη ανάγνωση διαπιστώνεται ότι το μισό περίπου βιβλίο πραγματεύεται την κατασκευή προτύπων και των αντίστοιχων καλουπιών χύτευσης*, πράγμα δυσκολότατο, έως τελείως αδύνατον για την Ελληνική πραγματικότητα (έλλειψη κατάλληλων υλικών κατασκευής των καλουπιών, έλλειψη μικρού εξοπλισμού χυτηρίων, άρνηση επαγγελματικών χυτηρίων κ.τ.λ.)

Για τον λόγο αυτόν έγινε προσπάθεια εξεύρεσης έτοιμων εξαρτημάτων προς κατεργασία, από πηγές του εξωτερικού οι οποίες συνήθως προμηθεύουν σύνολα εξαρτημάτων (kits) προς συναρμολόγηση, είτε από τον ίδιο τον D. J. Gingery, αλλά και αυτό ανεπιτυχώς. Έγινε λοιπόν σαφές ότι η όλη κατασκευή θα έπρεπε να γίνει μηχανουργικά.

Η επόμενη εργασία, για την ολοκλήρωση του μικρού κινητήρα μας, ήταν η μετατροπή των διαστάσεων των σχεδίων από το Αγγλικό σύστημα στο μετρικό, όπου και διαπιστώθηκε ότι δεν αναφέρονται ανοχές των διαφόρων εξαρτημάτων(!). Προφανώς ο συγγραφέας προϋποθέτει ότι ο αναγνώστης διαθέτει σημαντική εμπειρία σε κατασκευές του είδους αυτού (πλέον της εμπειρίας σε χύτευση μετάλλων) και επομένως η μηχανή αυτή σαφώς δεν απευθύνεται σε αρχαίους.

2) Παραδοχές – κατασκευαστικές προϋποθέσεις

Στην συνέχεια εξετάσθηκε η λίπανση της μηχανής. Η λίπανση των οριζοντίων εξαρτημάτων (στροφαλοφόρου άξονα και διωστήρων των εκτοπιστών) είναι σχετικά εύκολη με χειροκίνητο τρόπο και την μηχανή στάσιμη. Σε αντίθεση, η λίπανση των καθέτων εξαρτημάτων (εμβόλων και κυλίνδρων ισχύος) είναι προβληματική δια τον λόγο ότι βρίσκονται ο ένας κάτω του άλλου. Επίσης διότι το λιπαντικό θα αποταμιεύεται σταδιακά στο εσωτερικό του κάτω κυλίνδρου ισχύος.

Με απλό υπολογισμό διαπιστώθηκε ότι κατά την λειτουργία της μηχανής, και λόγω του μεγάλου “νεκρού” όγκου μεταξύ του κάθε κυλίνδρου εκτοπιστού και του αντίστοιχου κυλίνδρου ισχύος, το εργαζόμενο αέριο δεν φθάνει στον κύλινδρο ισχύος, άρα οι κύλινδροι ισχύος δεν θα θερμαίνονται (πρακτικά) από άλλες απώλειες πλην των τριβών μεταξύ εμβόλου και του τοιχώματος του κυλίνδρου.

(*) Προσάρτημα I : Κατασκευή κατα D. J. Gingery

Επιπρόσθετα, επειδή η διάμετρος του εμβόλου ισχύος είναι πολύ μικρότερη του μήκους του αντίστοιχου διωστήρα, οι πλάγιες τριβές στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου θα είναι μειωμένες, πράγμα που ενισχύει την εκλογή αυτή. Οι παρατηρήσεις αυτές οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το τμήμα των κυλίνδρων ισχύος μπορεί να εργασθεί ως σχεδόν “αυτολίπαντο” με την εκλογή των κατάλληλων υλικών.

Η επόμενη παρατήρηση αφορά την ψύξη της μηχανής. Προφανώς ο κ. D. J. Gingery κατασκεύασε τη μηχανή αυτή αερόψυκτη, διότι διέθετε την κατάλληλη εργαλειομηχανή διαμόρφωσης λαμαρίνας, και τον κατάλληλο φούρνο “μπρουντζοκόλλησης”. Επειδή τα δύο αυτά βοηθήματα δεν είναι διαθέσιμα (προς το παρόν) αλλά και επειδή η υδρόψυξη είναι γενικά αποδεκτό ως πλέον αποδοτική (οι κινητήρες Stirling είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στο θέμα αυτό) αποφασίσθηκε να κατασκευασθεί το μοντέλο αυτό με υδρόψυξη αντί της προτεινόμενης αερόψυξης. Είναι επίσης γνωστό ότι οι αερόψυκτες μηχανές εργάζονται σε γενικά υψηλότερες θερμοκρασίες και απαιτούν λιπαντικά ανθεκτικά σε υψηλότερες θερμοκρασίες (με διάφορα πρόσθετα) που μερικές φορές προσθέτουν στο ιξώδες του λιπαντικού. Αυτό είναι αποδεκτό σε μηχανές παραγωγής ισχύος, αλλά όχι και σε μοντέλα του είδους αυτού, όπου το “λεπτότερο” δυνατόν λιπαντικό είναι προϋπόθεση αξιόπιστης λειτουργίας. Ένας πρόσθετος λόγος είναι ότι με την υδρόψυξη, είναι δυνατή η ευκολότερη λήψη μετρήσεων απαγωγής της θερμότητας στο τμήμα αυτό της μηχανής, και εξαγωγή των σχετικών συμπερασμάτων.

Στην συνέχεια έγινε η επιλογή των υλικών κατασκευής. Η βάση στήριξης της μηχανής, όπως προτείνει και ο συγγραφέας, έγινε από ξύλο κατάλληλου πάχους, όχι μόνον διότι είναι αρκετά ανθεκτική και ταυτοχρόνως ελαφριά, αλλά και διότι μπορεί εύκολα να αλλάξει διαστάσεις εάν στο μέλλον χρειασθεί να προστεθούν ή να αφαιρεθούν εξαρτήματα ψύξεως, θερμάνσεως, ή μετρήσεων.

Για τα έμβολα ισχύος επελέχθη το ειδικό μηχανουργικό πλαστικό Ertalite (μίγμα Πολυαμιδίων) για τις αντιτριβικές του ιδιότητες, αλλά και διότι έχει συντελεστή διαστολής παραπλήσιο με αυτόν του ορείχαλκου (ελάχιστα μεγαλύτερο) και είναι δυσθερμαγωγό υλικό όπως τα κλασσικά Πολυαμίδια.

Για τους κυλίνδρους ισχύος επελέχθη ορειχάλκινος σωλήνας, διότι ο συνδυασμός τους με τα έμβολα όπως παραπάνω, προσφέρει εύκολη κατεργασία, αντιτριβικές ιδιότητες, και καλή απαγωγή της αναπτυσσόμενης θερμότητας. Ο συνδυασμός αυτών, δίνει ένα αποδεκτό αποτέλεσμα σχεδόν αυτολίπαντης εργασίας με ελάχιστες φθορές. Για τα υπόλοιπα εξαρτήματα, επελέχθη ο συνδυασμός απλού σιδήρου (40 – 50 Stahl) και χαλκού, διότι επιτρέπει την μόνιμη και αξιόπιστη σύνδεσή των με ‘μπρουντζοκόλληση’, ανθεκτική στις υψηλές θερμοκρασίες και μηχανικές καταπονήσεις κατά την λειτουργία του μοντέλου, σε αντίθεση με την επιλογή σιδήρου / αλουμινίου που ενώ δίδει μια ελαφρύτερη κατασκευή συνολικά, απαιτεί δυσκολότερες κατασκευαστικά συνδέσεις της ίδιας αξιοπιστίας.

Αλουμίνιο και ανοξείδωτος χάλυβας χρησιμοποιήθηκε μόνον στην κατασκευή των καμινέτων αλκοόλης για την αποφυγή οξειδωσης, και την ταχύτερη απαγωγή της θερμότητας.

3) Γενικότερες παρατηρήσεις.

α) Βαρείς εκτοπιστές. Οι κωνικές βάσεις των κυλίνδρων και των εκτοπιστών τους, είχαν προταθεί αρχικά από τον Dr. William Martini, σαν τρόπος αύξησης της επιφάνειας ανταλλαγής της θερμότητας μεταξύ του εργαζομένου αερίου και του εναλλάκτη θερμότητας της μηχανής, εφ' όσον στην ψύξη συμμετείχε και η βάση του κυλίνδρου.

Στην μηχανή του D. Gingery, η σχεδίαση αυτή χρησιμεύει προφανώς μόνον στην μείωση του συνολικού πλάτους της μηχανής. Η κωνική εσοχή στην βάση του εκτοπιστού, προσθέτει μέταλλο, και επομένως ανεπιθύμητο βάρος στο εξάρτημα αυτό που παλινδρομεί με αποτέλεσμα όχι μόνον την μεγαλύτερη αδράνεια (και δυσκολία ζυγοστάθμισης) αλλά και μεγαλύτερη καταπόνηση (και φθορά) στην βάση στήριξης του άξονά του. Ακριβώς για τον λόγο αυτόν, τα περισσότερα μοντέλα κινητήρων που είχαν προταθεί κατά την δεκαετία του '80, είχαν τον κύλινδρο του εκτοπιστού κάθετο, και όχι οριζόντιο. Η εκλογή του D. Gingery σε οριζόντιους κυλίνδρους εκτοπιστών του είδους αυτού δικαιολογείται μόνον διότι η θέρμανσή του είναι εύκολη με δύο όμοια καμινέτα, αλλά και διότι το μοντέλο αυτό προορίζεται για σύντομη λειτουργία (επίδειξης) και όχι παρατεταμένη, πράγμα που θα οδηγούσε σε γρήγορη φθορά των κωνικών βάσεων οδήγησης των εκτοπιστών και σημαντική απώλεια σφράγισης / διαρροής.

Επιπρόσθετα, η λειτουργία του μοντέλου σε χαμηλές στροφές είναι επιθυμητή προς αποφυγή συντονισμού σε κάθετη ταλάντωση του εκτοπιστού επί του οδηγού άξονά του.

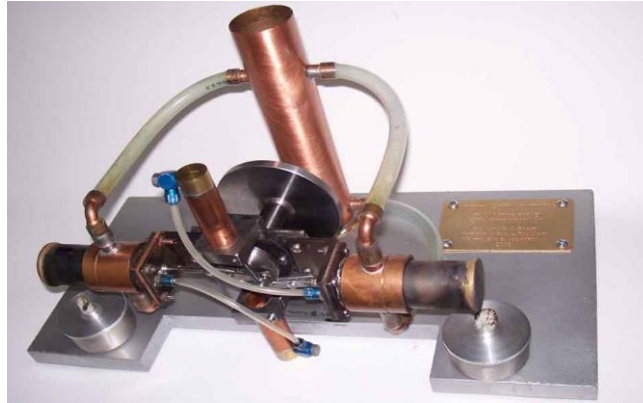
β) Ασύμμετροι διωστήρες. Σε πρώτη παρατήρηση του μοντέλου, φαίνεται η έντονη διαφορά μήκους μεταξύ των διωστήρων των εμβόλων ισχύος και αυτών των εκτοπιστών. Είναι γνωστό από την βασική μηχανική ότι η κίνηση ενός εμβόλου είναι ακριβώς ημιτονοειδής, μόνον όταν ο διωστήρας του αντίστοιχου εμβόλου είναι απείρου μήκους. Στην πράξη, δεχόμεθα ως κατά προσέγγιση ημιτονοειδή την κίνηση εμβόλου που δεν είναι υπερτετράγωνο (super capè) δηλ. η διάμετρός του είναι πολύ μικρότερη της διαδρομής του. Αυτό συμβαίνει στα έμβολα ισχύος του μοντέλου μας.

Αντιθέτως, οι εκτοπιστές που έχουν πολύ μικρότερους διωστήρες, πλησιάζουν πολύ την υπερτετράγωνη σχεδίαση, με αποτέλεσμα η κίνησή τους να απέχει πολύ της ημιτονοειδούς, σε σχέση πάντα με τα αντίστοιχα έμβολα ισχύος.

Θα ήταν ίσως ενδιαφέρον να μελετηθεί, αν η σημαντική αυτή διαφορά, είναι θεωρητικά επωφελής ή επιζήμια στην λειτουργία του συγκεκριμένου μοντέλου, και για την συγκεκριμένη διαφορά φάσεως μεταξύ εκτοπιστού και του αντίστοιχου εμβόλου ισχύος.

4) Η κατασκευή των εξαρτημάτων

Η βάση στήριξης του μοντέλου, ήταν το πρώτο πράγμα που ετοιμάστηκε σύμφωνα με τις διαστάσεις που υποδεικνύει ο D.Gingery. Στην συνέχεια της εργασίας, οι διαστάσεις αυτές άλλαξαν με σκοπό να προστεθεί η υδρόψυξη, αλλά και ως πρόβλεψη για πιθανώς κάποια πρόσθετα εξαρτήματα μετρήσεων, πινακίδες αναφοράς κ.τ.λ. Στην φωτογραφία που ακολουθεί, φαίνεται η αλλαγή αυτή.



Η βάση στήριξης της μηχανής, Αυτή ήταν το επόμενο τμήμα, που κατασκευάστηκε από έλασμα σιδήρου. Η καταργασία δεν έγινε σε εργαλειομηχανή, με αποτέλεσμα η κεντρική οπή και τα τοξοειδή αυλάκια να μην είναι ακριβώς ομόκεντρα και συμμετρικά.

Η ανακρίβεια αυτή οδήγησε στο να μην μπορεί να αλλάξει η γωνία των κυλίνδρων ισχύος της μηχανής κατά την περιγραφή του D. J. Gingery, διότι αλλάζουν οι διαδρομές των εκτοπιστών, με αποτέλεσμα να τερματίζει ο ένας ή ο άλλος εκτοπιστής στο άνω τμήμα του αντίστοιχου κυλίνδρου.

Αποφασίστηκε να συνεχισθεί η κατασκευή με σταθερούς τους κυλίνδρους ισχύος, και στο μέλλον να αλλαχθεί η βάση αυτή με άλλη ακριβέστερης κατασκευής.

Οι κύλινδροι ισχύος, έγιναν από χαλκοσωλήνα, στις πλησιέστερες διαστάσεις του σχεδίου, μετά την αλλαγή στο μετρικό σύστημα, προστέθηκαν οι κυλινδροκεφαλές, και έγινε η εσωτερική λείανση όπως και στους κλασσικούς κυλίνδρους των μηχανών του εμπορίου.



Στην συνέχεια έγιναν οι αντίστοιχες βάσεις όπως περιγράφει ο D.Gingery. Διαπιστώθηκε όμως ότι υπήρχε πρόβλημα παραμόρφωσης του κυλίνδρου κατά την σύσφιξη, στην βάση του.

Για τον λόγο αυτόν η στερέωση των κυλίνδρων στην βάση των δεν έγινε με σύσφιξη, αλλά με συγκόλληση (με εποξική κόλλα). Η στερέωση αυτή ξεπερνά τις απαιτήσεις μηχανικής καταπόνησης του μοντέλου αυτού, και μπορεί να αλλαχθεί στο μέλλον αν χρειασθεί.



Τα Έμβολα ισχύος, торνεύτηκαν από Ertalite, προσαρμόζοντας το κάθε ένα στον αντίστοιχο κύλινδρο με ακριβή προσαρμογή, ούτως ώστε να μην χρειάζεται η προσθήκη στεγανωτικών δακτυλίων (o-rings), αλλά και χωρίς να παρουσιάζουν μεγάλη τριβή κατά την κίνησή τους. Οι αντίστοιχοι διωστήρες παρουσίασαν ένα μικρό πρόβλημα στην κατά πλάτος διάστασή των διότι δεν επέτρεπαν την πλήρη διαδρομή των εμβόλων. Με την λέπτυνση τους, το πρόβλημα λύθηκε με επιτυχία.

Οι Εκτοπιστές, торνεύτηκαν από σιδηροσωλήνα του οποίου η εξωτερική διάμετρος μειώθηκε ούτως ώστε το πάχος του τοιχώματος να φθάσει λιγότερο από 0.4mm. και το πάνω άκρο έκλεισε με φύλο χαλκού πάχους 3mm. με εσωτερική μπρουντζοκόλληση. Στην συνέχεια торνεύτηκαν τα κωνικά κάτω άκρα από ορείχαλκο σύμφωνα με τα σχέδια, και προστέθηκε ο αντίστοιχος άξονας από ασημάτσαλο διαμέτρου 3mm, το πλησιέστερο στις διαστάσεις του σχεδίου. Φυσικά η σπειροτόμηση έγινε σε M3.



Η στερέωση των κωνικών άκρων επί των αντίστοιχων εκτοπιστών έγινε μηχανικά με τέσσερις σημειακές παραμορφώσεις (κάρφωμα χωρίς διάτρηση) και η σφράγισή τους με ειδική κεραμική κόλλα ανθεκτική σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Οι κύλινδροι των εκτοπιστών торνεύτηκαν επίσης από σιδηροσωλήνα, και με αφαίρεση μετάλλου το πάχος του τοιχώματος έφθασε λιγότερο από 0.4mm ενώ η διαφορά της εσωτερικής διαμέτρου με την εξωτερική διάμετρο του εκτοπιστού είναι 0.8mm.

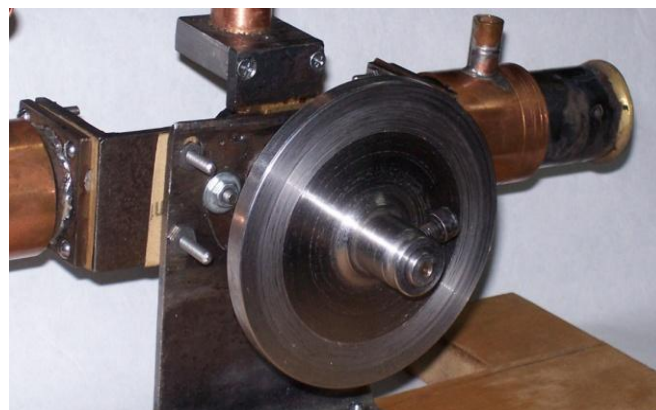


Στην συνέχεια έκλεισε το άνω τμήμα των κυλίνδρων με φύλο χαλκού πάχους 3mm. με εξωτερική μπρουντζοκόλληση, και το κάτω τμήμα τους στερεώθηκε στην αντίστοιχη βάση με κασσιτεροκόλληση. Επιλέχθηκε η μέθοδος αυτή ως αξιόπιστη, και ανθεκτική σε θερμοκρασίες μέχρι περίπου 140°C, (με την υδρόψυξη δεν

μπορεί να φθάσει την θερμοκρασία αυτή) αλλά και διότι μπορεί εις το μέλλον να αλλαχθεί/επισκευασθεί εύκολα.

Οι βάσεις των κυλίνδρων των εκτοπιστών, έγιναν εξ' ανάγκης σε δύο τμήματα, μία γωνία στήριξης και ένας κωνικός οδηγός για κάθε βάση, τα οποία και αυτά ενώθηκαν με κασσιτεροκόλληση.

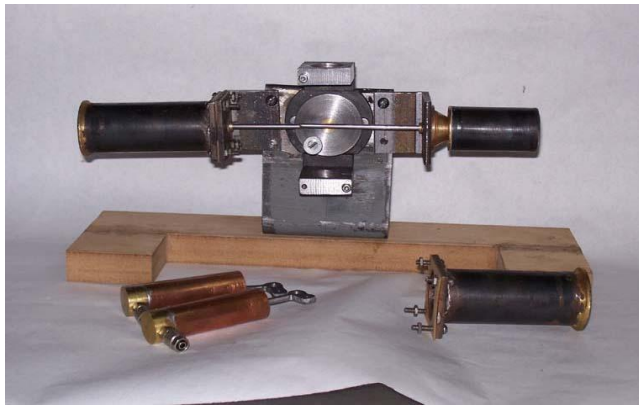
Ο σφόνδυλος, κατασκευάστηκε σε ανεξάρτητο μηχανουργείο σύμφωνα με τις διαστάσεις των σχεδίων, και διαπιστώθηκε ότι το βάρος του (465 γραμμάρια) μάλλον ήταν δυσανάλογο προς την αναμενόμενη ισχύ του υπο κατασκευήν μοντέλου.



Ο **στροφαλοφόρος άξονας με το σχετικό κομβίο**, торνεύτηκαν στις διαστάσεις των σχεδίων, και προσαρμόστηκαν στην βάση των εμβόλων ισχύος με κουζινέτο που торνεύτηκε από το ίδιο πλαστικό Ertalite, αλλά με μεγάλες ανοχές, για να αποφευχθούν σημαντικές τριβές λόγω του μεγάλου βάρους του σφονδύλου.

5) Η Συναρμολόγηση του Μοντέλου

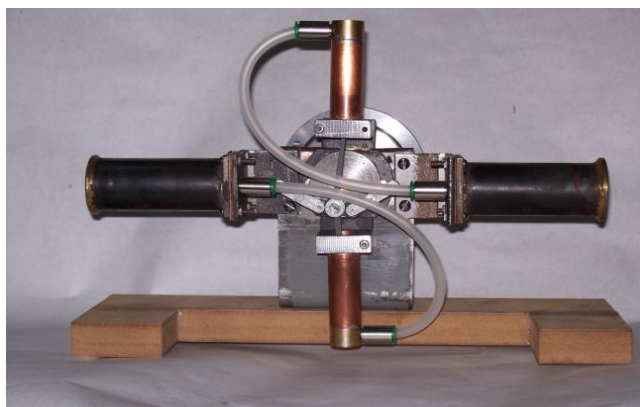
Η συναρμολόγηση ακολούθησε την κλασσική σειρά εργασιών, κατά την οποία συναρμολογήθηκαν τα επί μέρους τμήματα, και κατόπιν έγινε η τελική συναρμολόγηση. Στην φάση αυτή συναρμολογήθηκε πρώτα η μεταλλική γωνία στήριξης της μηχανής πάνω στην ξύλινη βάση, και στην συνέχεια, αφού συναρμολογήθηκαν οι εκτοπιστές και οι κύλινδροι των επί των αντιστοίχων βάσεων, στερεώθηκαν επί της μεταλλικής γωνίας στήριξης και ρυθμίστηκε η παραλληλότητά τους (φωτογραφία 1)



(Φωτ. 1)

Στην συνέχεια τοποθετήθηκε ο στροφαλοφόρος άξονας επί της βάσης των κυλίνδρων ισχύος, και όλο το σύστημα στερεώθηκε επί της βάσης στήριξης της μηχανής.

Ακολούθησε η τοποθέτηση των κυλίνδρων ισχύος με τα αντίστοιχα έμβολά τους, και η σύνδεση όλων των διωστήρων στο κοινό κομβίο (φωτογρ. 2)



(Φωτ.2)

Κατόπιν τοποθετήθηκε ο σφόνδυλος, και περάστηκαν τα χιτώνια ψύξεως σε κάθε κύλινδρο εκτοπιστού, τα οποία σφραγίζουν επί του κυλίνδρου με ελαστικούς δακτυλίους κατάλληλων διαστάσεων.

Η όλη κατασκευή ολοκληρώθηκε με την σύνδεση των κυλίνδρων ισχύος προς τους αντίστοιχους κυλίνδρους εκτοπιστών με πλαστικό σωλήνα πεπιεσμένου αέρος διαστάσεων παραπλήσιων με τις διαστάσεις που αναφέρει ο D. J. Gingery, και την τοποθέτηση του πύργου ψύξεως, και την σύνδεσή του με τα χιτώνια ψύξης με πλαστικό διαφανή σωλήνα διαμέτρου αρκετά μεγάλης ούτως ώστε να επιτρέπει την άνετη θερμοσιφωνική κίνηση του ψυκτικού υγρού. (Φωτογραφία 3)



(Φωτ.3)

6) Δοκιμές και ρυθμίσεις

Με την πρώτη απόπειρα περιστροφής του μοντέλου, διαπιστώθηκε αδυναμία περιστροφής που απέτρεπε την λειτουργία του. Αυτό επέβαλε την ανάγκη συγκεκριμένων ρυθμίσεων. Συγκεκριμένα: Οι εκτοπιστές έπρεπε να ρυθμιστούν έτσι ώστε να μην τερματίζουν στα άνω και κάτω νεκρά σημεία της διαδρομής τους επί των κυλίνδρων ή/και επί των βάσεων στήριξής των, πράγμα που έγινε.

Στην συνέχεια έγινε μία δοκιμή να λειτουργήσει η μηχανή αλλά ανεπιτυχώς. Αποφασίσθηκε λοιπόν να δοκιμασθεί κάθε μηχανή χωριστά για να διαπιστωθούν οι αιτίες, και οι πιθανές κατασκευαστικές ή σχεδιαστικές αστοχίες. Η δοκιμή με την μία μόνο μηχανή ήταν και πάλι ανεπιτυχής διότι ο σφόνδυλος ήταν καταφανώς πολύ βαρύτερος από ότι η μηχανή μπορούσε να περιστρέψει υπερνικώντας τις τριβές της. Αποφασίσθηκε να μειωθεί το βάρος του σφονδύλου πράγμα που έγινε, και ο νέος σφόνδυλος ζυγίζει τώρα 325 γραμμάρια δηλ. είναι κατά 30% ελαφρύτερος του αρχικού.

Στην επόμενη δοκιμή, η υπό δοκιμή μηχανή λειτούργησε αλλά με φλόγιστρο σαν πηγή θέρμανσης αντί του καμινέτου. Αυτό έδειξε την εξαιρετικά χαμηλή απόδοση της μηχανής, και την ανάγκη περαιτέρω βελτίωσης των αρχικών σχεδιαστικών της χαρακτηριστικών όπως π.χ. της μείωσης του επιζήμιου «νεκρού χώρου». Αυτό μπορούσε να γίνει μόνον μειώνοντας τις διαστάσεις των σωλήνων σύνδεσης, πράγμα που έγινε. Οι πλαστικοί σωλήνες σύνδεσης μεταξύ των κυλίνδρων εκτοπιστών και αντιστοίχων κυλίνδρων ισχύος αλλάχθηκαν με μικρότερους και η μηχανή άρχισε να περιστρέφεται με την θέρμανση του αντίστοιχου καμινέτου.

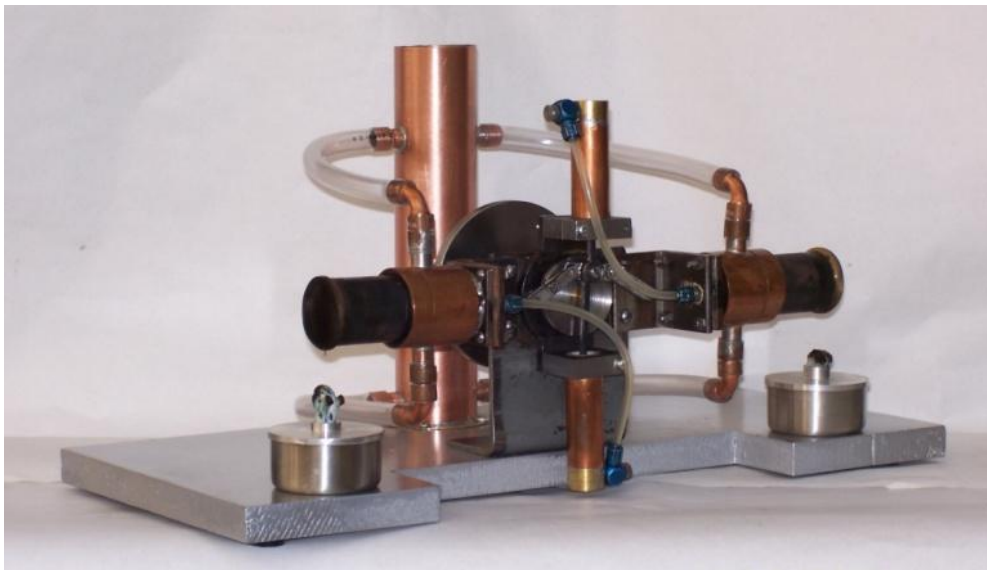
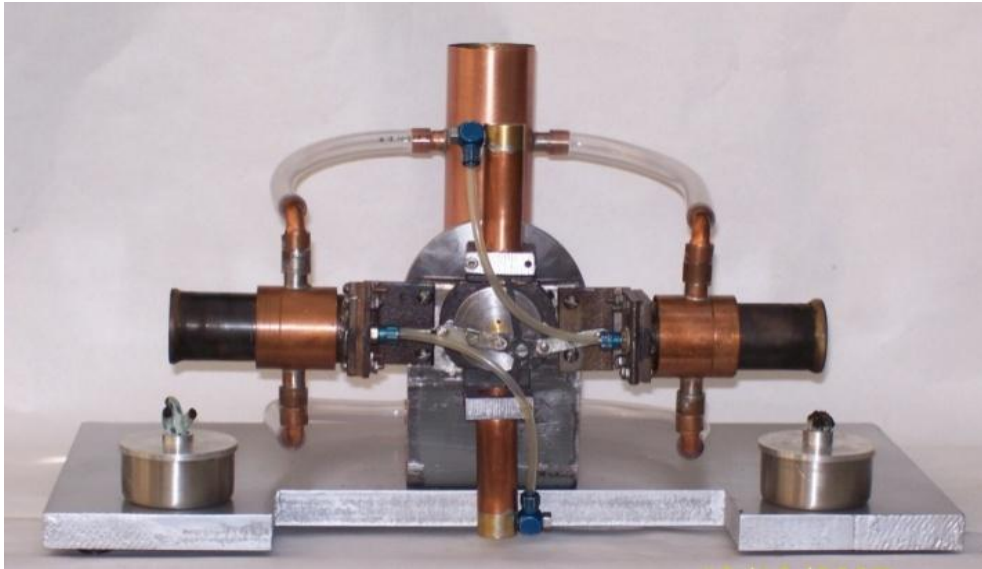
Στην συνέχεια ελέγχθηκε ο δεύτερος κινητήρας όπου κατά τον έλεγχο σφραγίσεως ευρέθη να έχει σημαντικές απώλειες. Με αλλαγή της σχετικής φλάντζας μεταξύ του κυλίνδρου του εκτοπιστού και της βάσης του, η αστοχία αυτή διορθώθηκε, και ο κινητήρας ολοκληρώθηκε κατασκευαστικά.



Έλεγχος Σφραγίσεως του κυλίνδρου Εκτοπισμού

Η τελική δοκιμή με τους δύο κινητήρες συνδεδεμένους πραγματοποιήθηκε με επιτυχία, και η μηχανή, μετά από μικρή προθέρμανση περίπου μισού λεπτού, άρχισε να εργάζεται με ταχύτητα γύρω στις 350 στρ./λεπτό με τα δύο καμινέτα να καίνε οινόπνευμα εμπορίου. Η ταχύτητα αυτή εκρίθη ικανοποιητική, και το μοντέλο ολοκληρωμένο.

Το τελικό μοντέλο. Τέλος η ξύλινη βάση στήριξης μεγάλωσε για να δεχθεί μελλοντικά πρόσθετα εξαρτήματα πιθανών μετρήσεων, και οι σωλήνες ψύξεως αλλάχθηκαν με κοντύτερους για καλύτερη θερμοσιφωνική λειτουργία του συστήματος ψύξεως της μηχανής. Η τελική κατασκευή φαίνεται στις ακόλουθες φωτογραφίες.



7. Παρατηρήσεις και προτάσεις βελτιώσεων

Κατά τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, παρατηρήθηκε ότι η λειτουργία της μηχανής δεν ήταν σταθερή. Η ταχύτητα περιστροφής της άνευ φορτίου μεταβάλλεται περιοδικά, πράγμα που υποδηλώνει κάποια ασυμμετρία της όλης κατασκευής.

Επειδή η όλη μηχανή είναι από πλευράς διαστάσεων αποδεκτά συμμετρική, συμπεραίνεται ότι μόνη πιθανή ασυμμετρία οφείλεται σε διαφορές πρόσληψης θερμικής ενέργειας από τα καμινέτα που θερμαίνουν τους αντίστοιχους κυλίνδρους. Αυτό είναι μία από τις πιθανές παραμέτρους που θα πρέπει μελλοντικά να ελεγχθούν.

8. Προτάσεις βελτιώσεων:

α) Καλύμματα καμινέτων: Η κατασκευή καταλλήλων καλυμμάτων κρίνεται απαραίτητη διότι πρώτον θα αυξηθεί η ασφάλεια κατά την λειτουργία της μηχανής εφ' όσον όπως είναι εκτεθειμένες οι φλόγες των καμινέτων είναι πιθανή η πρόκληση ατυχημάτων. Δεύτερον, θα συμβάλλει στην εξομείωση των θερμοκρασιών των δύο μηχανών πράγμα που θα βελτιώσει την όλη λειτουργία της μηχανής.

β) Θέρμανση με υγραέριο: Η θέρμανση με υγραέριο είναι προτιμητέα διότι όχι μόνον η διαχείριση του καυσίμου είναι ευκολότερη και ασφαλέστερη, αλλά και διότι προσφέρει τόσον μεγαλύτερη θερμαντική ισχύ, όσο και δυνατότητες ομοιομορφίας και ελέγχου της εντάσεως της θέρμανσης ενός ή και των δύο εστιών, δίνοντας την δυνατότητα εκτενέστερης μελέτης του μοντέλου.

γ) Βελτιώσεις ψύξεως :

1. Πύργος με δακτυλίους. Ο υπάρχων πύργος ψύξεως μπορεί εύκολα να αντικατασταθεί με άλλον που να διαθέτει εξωτερικούς δακτυλίους. Με τον τρόπο αυτόν η ψύξη θα ενισχυθεί, με αποτέλεσμα να μπορεί η μηχανή να λειτουργεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

2. Σφόνδυλος / ανεμιστήρας. Ο υπάρχων σφόνδυλος μπορεί εύκολα να αλλαχθεί με άλλον που να διαθέτει μικρά πτερύγια, ούτως ώστε κατά την λειτουργία της μηχανής να δημιουργεί ένα ρεύμα αέρος προς τον πύργο ψύξεως ενισχύοντας έτσι την ψύξη της μηχανής.

δ) Ξηρή λίπανση των κυλίνδρων ισχύος. Η φθορά των κυλίνδρων ισχύος και των αντιστοίχων εμβόλων τους, είναι φυσικά μικρή, αλλά όχι και μηδενική. Είναι λοιπόν χρήσιμο να προστεθεί “ξηρή λίπανση” στους κυλίνδρους με Γραφίτη, αντί του λεπτόρρευστου λιπαντικού που αναπόφευκτα θα εισχωρήσει στον κάτω κύλινδρο της μηχανής.

ε) Αντιοξειδωτική προστασία του συστήματος ψύξεως. Επειδή οι κύλινδροι των εκτοπιστών δεν είναι κατασκευασμένοι από ανοξειδωτο χάλυβα, θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια, είτε να βαφτούν με αντιοξειδωτική βαφή στο τμήμα που ψύχονται, είτε να χρησιμοποιείται αντιοξειδωτικό υγρό ψύξεως.

ΘΕΤΟΝΤΑΣ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Τα καμινέτα αλκοόλης είναι μια απλή συσκευή και δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος έκρηξης όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλα. Αλλά υπάρχει ένας καθορισμένος κίνδυνος πυρκαγιάς επειδή το οινόπνευμα είναι πολύ εύφλεκτο και πτητικό. Καίει με μια μη-φωτεινή φλόγα που είναι σχεδόν αόρατη στο φως της ημέρας. Εάν τρέξει μέσω μιας ρωγμής ή μιας τρύπας στο πάτωμα μπορεί να αρχίσει μια πυρκαγιά που θα καταστρέψει μια ολόκληρη δομή γρήγορα.

Ο πρώτος κανόνας της ασφάλειας είναι να κλείσουμε-ασφαλώς- το ρεζερβουάρ που χρησιμοποιούμε για να γεμίσουμε τους λαμπτήρες με αλκοόλη και να το τοποθετήσουμε σε μια ασφαλή απόσταση-μακριά-,προτού ανάψουμε τους λαμπτήρες. Επίσης βεβαιωθείτε πως έχετε σκουπίσει από πάνω οποιαδήποτε 'χυσίματα' και να ξεφορτωθείτε το κουρέλι-πανί 'ακίνδυνα' ενώπιον σας προτού ανάψετε τα καμινέτα. Ένα ίχνος σταλαγματιών από το καμινέτο σε ένα ανοικτό ρεζερβουάρ αποθήκευσης καυσίμων μπορεί να οδηγήσει σε μια έκρηξη και μια σοβαρή πυρκαγιά. Επίσης βεβαιωθείτε ότι η μηχανή και τα καμινέτα δε θα χτυπηθούν σε καμία περίπτωση. Τα καμινέτα σε αυτό το πρόγραμμα είναι πολύ στοιχειώδη και είναι προφανές ότι εάν ανατραπούν τότε αναφλέγονται και τα καιόμενα καύσιμα θα αναφλέξουν οτιδήποτε με το οποίο έρχονται σε επαφή. Ακόμη και μια ουγγιά καιόμενης αλκοόλης μπορεί να εκκινήσει μια σοβαρή πυρκαγιά και να προκαλέσει τραυματισμούς που θα μπορούσαν να είναι μοιραίοι. Επειδή αποτελούνται από Αλουμίνιο αυτοί οι λαμπτήρες θα διαχέουν τη θερμότητα και εάν χρησιμοποιούνται τις μεγάλες περιόδους οπότε και υπερθερμαίνονται με αποτέλεσμα να ατμοποιήσουν τα καύσιμα, τα οποία θα αρχίσουν έπειτα να καίνε γύρω από το καπάκι. Απλά σβήστε(φυσήξτε) τη φλόγα και αφήστε τους λαμπτήρες να δροσίσουν(ρίξουν λίγο τη θερμοκρασία τους). Θα είναι πάρα πολύ καυτοί για να τους ακουμπήσετε, για το λόγο αυτό μην το προσπαθήσετε. Είναι επίσης μια ένδειξη ότι το δοχείο είναι σχεδόν κενό, από καύσιμο εάν αρχίζει να καίει γύρω από το καπάκι έτσι είναι χρόνος να φυσούν έξω οπωσδήποτε. Μια άλλη ένδειξη ότι είναι κενό είναι όταν το φυτίλι αρχίζει να καίγεται κόκκινο(ερυθροπύρωση). Η καλύτερη πρακτική είναι να γεμίσουμε τα δοχεία το πολύ στα δύο τρίτα με την αλκοόλη και να περιμένουμε τα δοχεία μας να 'δροσίσουν' λίγο προτού τα ξαναγεμίσουμε.

Εκτός από τις ράβδους των εμβόλων εκτοπισμού, που είναι λαδωμένες με τη βαζελίνη, σε όλα τα κινούμενα μέρη πρέπει να δοθεί μια μικρή ποσότητα του πολύ ελαφριού λιπαντικού. Το λάδι των ραπτομηχανών, το οικιακό έλαιο ή το λάδι κοινής χρήσης είναι Ο.Κ. Τα 'βαριά' λάδια θα είναι πάρα πολύ 'δύσκαμπτα' και θα παρεμποδίσουν τη λειτουργία. Μην λαδώνετε πάρα πολύ συχνά ή πάρα πολύ 'βαριά' γιατί το λάδι μπορεί να περάσει εντός των κυλίνδρων. Περιστασιακά βάζετε λίγη βαζελίνη στις ράβδους των εμβόλων εκτοπισμού ενώ η μηχανή είναι αναμμένη και αυτή θα 'συρθεί' μέσα. Ο χαμηλότερος κύλινδρος-της ισχύος- είναι εύκολο να λιπανθεί ενώ η μηχανή είναι αναμμένη αλλά η μηχανή θα πρέπει να ανατραπεί για να λαδωθεί ο άνω κύλινδρος -εκτοπιστής-. Μπορείτε να τρυπήσετε μία τρύπα του 1/16" στον ανώτερο κύλινδρο ακριβώς επάνω από το υποστήριγμα, εάν θέλετε να προσθέσετε

περιστασιακά λιπαντικό καθώς η μηχανή βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας. Κλίνετε(δώστε κλίση) την τρύπα προς τα κάτω και να είστε βέβαιος για την καθαρότητα στο εσωτερικό έτσι ώστε το έμβολο να μην καταστραφεί.

Όταν όλα είναι κατάλληλα και ευθυγραμμισμένα ο σφόνδυλος θα δύναται να περιστραφή ελεύθερα με το χέρι και να κάνει μία πλήρη περιστροφή ή και παραπάνω. Η κανονική περιστροφή είναι αριστερόστροφα όταν κοιτάζουμε από την πλευρά κυλίνδρων. Εάν όλα είναι ευθυγραμμισμένα κατάλληλα αλλά η μηχανή μας είναι λίγο 'σφιχτή' μπορείτε να το τρέξετε μέσω ιμάντα σε σύνδεση με μια μικρή μηχανή όπως μια γαζο-μηχανή ή μια μικρή μηχανή ανεμιστήρα.

Έχτισα μερικές από τις προηγούμενες μηχανές θερμού αέρα με τις συναρμογές μου λίγο αρκετά χαλαρές και έπρεπε έτσι να χρησιμοποιήσω αυλό προπανίου για την πρόσθετη θερμότητα έως ότου να εκκινήσουν. Υπάρχει κάποιος κίνδυνος συγκόλλησης στην ένωση της άκρης των κυλίνδρων εάν χρησιμοποιήσετε τον αυλό του προπανίου.

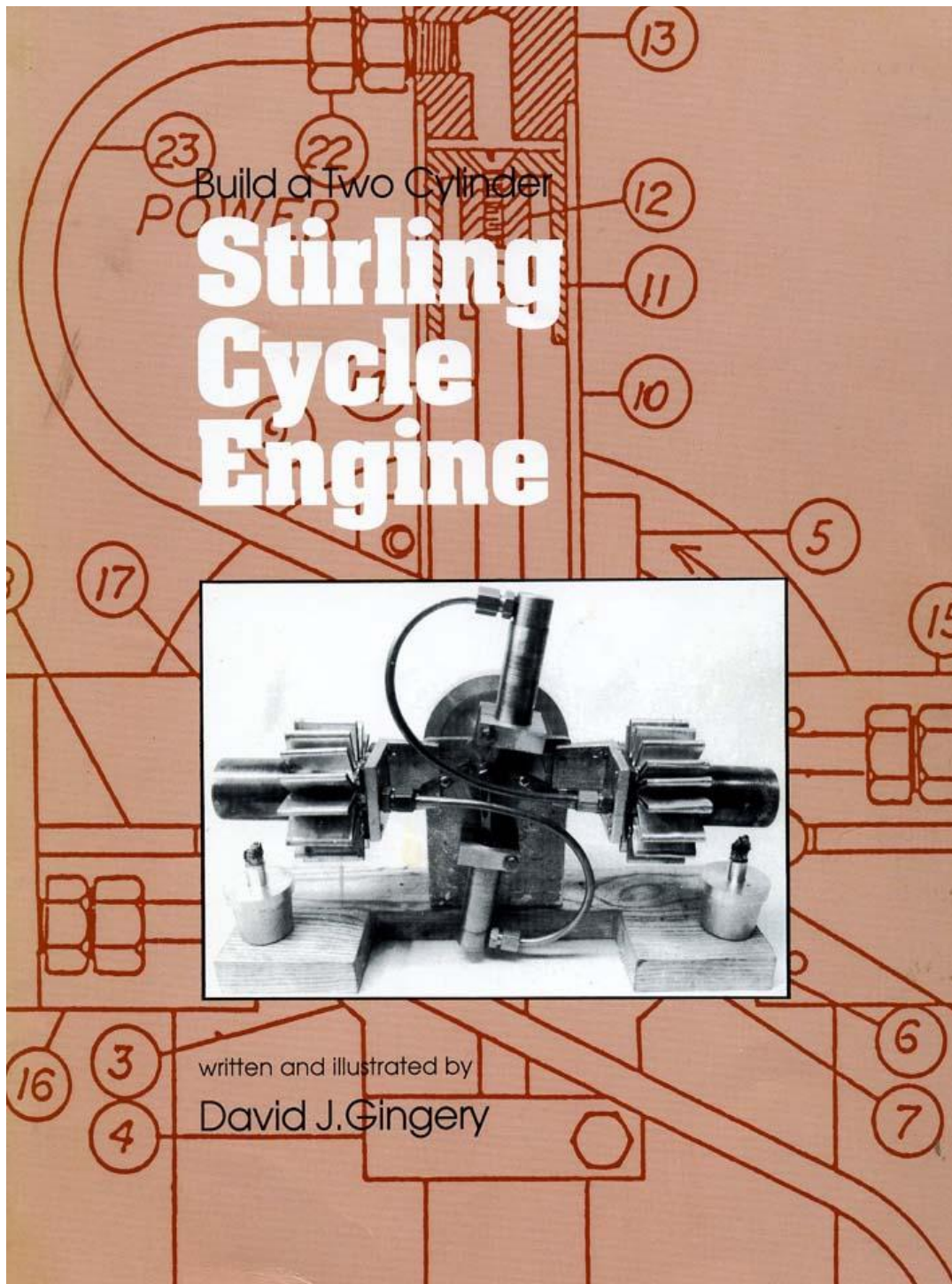
Πιθανοί τομείς εμφάνισης προβλημάτων θα είναι διαρροές αέρα ή υπερβολική τριβή στα ρουλεμάν ή τους άξονες. Εάν η διαρροή είναι στο τέλος των κυλίνδρων ανασυγκολλείστε τα απλά και περάστε τα ένα χέρι με τη λίμα. Μπορείτε να προσαρμόσετε μια μικρή μάνικα στη γραμμή αέρα για να εφαρμόσετε λίγη πίεση ώστε να εξετάσετε για μια πιθανή διαρροή με τη χρήση σαπουνιού.

Ξεκινήστε με τους κυλίνδρους ισχύος στις 90° όπως φαίνεται στα σχέδια. Θα πάρει από ένα έως τρία λεπτά για τη μηχανή για να τρέξει από τη στιγμή που θα ανάψετε τους λαμπτήρες. Και οι δύο λαμπτήρες πρέπει να είναι σε λειτουργία. Δεν θα αρχίσει έως ότου μετατοπίσει το έμβολο εκτοπισμού κάποια ποσότητα αέρα για να αυξήσει ή να μειώσει την πίεση, έτσι θα πρέπει να του δώσετε μια ελαφρά στροφή στην έναρξη. Μόλις αρχίσει, θα αυξηθεί βαθμιαία στην ταχύτητα. Όταν θα τρέχει ελεύθερα μπορείτε να χαλαρώσετε τις βίδες των σφιγκτήρων και αν περιστρέψετε τη συναρμογή των κυλίνδρων ισχύος αργά δεξιόστροφα θα φτάσετε σε ένα σημείο όπου η ταχύτητα δεν θα αυξάνεται πλέον. Αυτή είναι η βέλτιστη ρύθμιση της σχέσης φάσεως μεταξύ του εκτοπισμού και των κυλίνδρων ισχύος, οπότε συσφίξτε τις βίδες των σφιγκτήρων και καθίστε πίσω να απολαύσετε τη μηχανή σας.

Έχετε χτίσει όντως μια λειτουργίσιμη μηχανή. Τώρα μπορείτε να ιδρύσετε εταιρία για να παραγάγετε αρκετά κομμάτια αμέσως σε μια μίνι γραμμή-'συναρμολόγησης'. Η μπορείτε να αρχίσετε την έρευνα και τον πειραματισμό για να αναπτύξετε μια αληθινά πρακτική και χρήσιμη μηχανή του κύκλου του Stirling. Μην υποθέσετε ότι τίποτα δεν αφήνεται για να ανακαλυφθεί ή ότι δεν θα ήσαστε εσείς αυτοί για να το κάνετε. Τεκμηριώστε την εργασία σας με σημειώσεις και σχέδια καθώς πηγαίνετε για την αναφορά σας αλλά και για άλλες που μπορεί να ακολουθήσουν. Είναι ακριβώς με αυτό τον τρόπο που οι μηχανές του μέλλοντος θα αναπτυχθούν.

ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ I

*Μετάφραση του Μοντέλου STIRLING κατα D.J.Gingery επι του οποίου
στηρίχθηκε η κατασκευή του Πρωτοτύπου*



ΣΤΗ ΜΝΗΜΗ ΤΟΥ FRANK CAMPBELL

THE CAMPBELL TOOLS co.

Περί τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, πολλοί άνθρωποι εργάζονταν πάνω σε μηχανισμούς μηχανών θερμότητας. Στη Μεγάλη Βρετανία, το 1807, ένας Sir George Gayley λέγεται να έχει εφεύρει τη μηχανή “θερμού-αέρα” ερευνώντας ποικίλες μονάδες προώθησης για αεροσκάφη. Στην αμερικανική βιβλιογραφία η πίστωση για την εφεύρεση δίνεται σε έναν αιδεσιμότατο ονόματι Robert Stirling, έναν Σκοτσέζο ιερέα-πρεσβευτή πολύ καλά γνωστό ως κλασικό μελετητή της εποχής του. Ήταν 26 ετών το 1816 και μόλις αυτός διορίστηκε στο πρώτο του ποίμνιο παρουσίασε στον κόσμο τη μηχανή του. Ανάμεσα στα πολλά του επιτεύγματα έγινε επίσης γνωστός ως πατέρας της εκκλησίας της Σκωτίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το να ήσουν σπουδαστής το 1816, ήταν πολύ διαφορετικό από το να είσαι σπουδαστής σήμερα. Οι βασικές δεξιότητες της ανάγνωσης, και της αριθμητικής που παίρνουμε ως δεδομένα στην εποχή μας δεν ήταν και τόσο ίδια το 1816, και βεβαίως ο επιστημονικός εξοπλισμός που είναι παντού διαθέσιμος σήμερα δεν είχε καν ακουστεί σε εκείνους τους χρόνους. Παρόλα αυτά το γεγονός ότι η εκπαίδευση ήταν ειδικό προνόμιο της “αριστοκρατίας” και όχι “δωρεάν” αγαθό όπως είναι δεδομένο σήμερα, μια άκαμπτη και αυστηρή πειθαρχία απαιτούσε καθολική αφιέρωση και σκληρή δουλειά. Φαίνεται τελικά πως δεν ήταν προνόμιο γι’ αυτούς η επιλογή τους για εκπαίδευση επιστημονικού επιπέδου.

Ο Robert Stirling ήταν ένας εφευρέτης από μια οικογένεια ξεχωριστών εφευρετών. Ο παππούς του, Michael Stirling, ήταν ο εφευρέτης της πρώτης περιστροφικής αλωνίζομηχανής το 1756, ο αδελφός του, James, ήταν ένας καλά αναγνωρισμένος πολιτικός μηχανικός και τέσσερις από τους γιους του έγιναν μηχανικοί με καλή φήμη.

Αναμφισβήτητα υπήρξαν πολλοί των οποίων οι προσπάθειες και οι ανακαλύψεις δεν καταγράφηκαν, και βεβαίως δεν γνωστοποιήθηκαν για την συνέχιση της έρευνας—έως και σήμερα—. Στο 19^ο αιώνα οι hot-air μηχανές ήταν χαμηλής ισχύος και ταχύτητας. Ένας αρκετά μεγάλος εμβολισμός παρήγαγε ισχύ ενός ίππου, με περίπου 200 στροφές ανά λεπτό. Σήμερα κατασκευάζονται μηχανές υψηλής ισχύος, και μεγάλων ταχυτήτων ώστε να υποστηρίζουν γεννήτριες, μηχανήματα κατασκευής και, πρόσφατα, υποβρύχια για την εξειδικευμένη εργασία στις παράκτιες εγκαταστάσεις γεώτρησης πετρελαίου.

Οι αρχές των μηχανών θερμού-αέρα ήταν ένα φυσικό βήμα στην ανάπτυξη της επιστήμης της μηχανικής και συζητήθηκε ευρέως στα χρόνια της εποχής, τότε. Πολλά ακόμα επρόκειτο να ανακαλυφθούν καθώς και μια γλώσσα που αναπτυσσόταν για να εκφράσει τις σχετικές με το αντικείμενο αυτό, ιδέες. Έχει αναφερθεί πως ο Michael Faraday ήρθε σε σύγκυση καθώς παρέδιδε μια διάλεξη για την μηχανή θερμού-αέρα και υποχρεώθηκε να αναγνωρίσει ότι και αυτός δεν μπορούσε εξηγήσει το πώς λειτουργεί η μηχανή. Εάν δεν εξοικειωθούμε λεπτομερώς με το φαινόμενο τότε θα συμμεριστούμε σίγουρα το δίλημά του. Εντούτοις, τώρα έχουμε το πλεονέκτημα μιας καλά ανεπτυγμένης γλώσσας και καθορισμένων γραφικών τεχνών για να περιγράψουμε και να επεξηγήσουμε τέτοιες ιδέες.

Ακόμα και η ανάπτυξη της επιστήμης της εφαρμοσμένης μηχανικής δεν είναι με κανένα τρόπο ολοκληρωμένη, γεγονός που καθιστά αυτές τις αρχές αντάξιες συζήτησης και μελέτης.

Η εφαρμοσμένη μηχανική της δύναμης του ατμού ήταν σε περίοδο ακμής εκείνη την περίοδο και ήταν η βασική κινητήρια δύναμη σε κάθε τομέα της βιομηχανίας και των μεταφορών. Εντούτοις οι μηχανές και οι λέβητες ατμού ήταν πολύ επικίνδυνοι, και δαπανηροί ως προς το έργο που παρήγαγαν. Ο κόσμος όμως, τότε αλλά και τώρα, ήταν(είναι) πάντα έτοιμος για απλούστερες, φτηνότερες και ασφαλέστερες παραγωγικές μονάδες για τη βιομηχανία και τη γεωργία. Οι μηχανές θερμού αέρα υποσχόντουσαν πολλά λόγω της απλότητας τους, και ειδικά στην έλλειψη ενός λέβητα υψηλής πίεσης, καθώς και σε άλλα προβλήματα όπως, το ξαναγέμισμα με νερό των λεβήτων, συμπυκνώσεως στις γραμμές ατμού και στους κυλίνδρους, συσσώρευση επικαθίσεων ‘αλατιού’ στους αγωγούς, και ειδικότερα στην οξειδωση(σκουρίασμα) των λεβήτων.

Αλλά η **μηχανή -θερμού αέρα-** θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τον καθένα που θα μπορούσε να ανάψει μια φωτιά. Και μόλις εκκινήσει θα μπορούσε να αφηθεί ελεύθερη και να εργάζεται για μεγάλες περιόδους χωρίς επιτήρηση-επίβλεψη. Πολλοί άνθρωποι πειραματίστηκαν με τις hot-air μηχανές(θερμού-αέρα) προσπαθώντας να ανακαλύψουν βελτιώσεις στην ισχύ, την αποδοτικότητα και την οικονομία. Η κύρια εστίαση της προσοχής τους ήταν στους αναγεννητές-regenerators- και στην αύξηση της πίεσης του αέρα. Αρκετές από αυτές τις μηχανές κατασκευάστηκαν τότε, πολλές από τις οποίες μπορεί να βρεθούν και σήμερα σε κατάσταση λειτουργίας, παντού στον κόσμο!

Ένας άλλος που συνέβαλε πολύ στην πρόοδο των αρχών για τις μηχανές θερμού-αέρα ήταν ο John Ericsson ο οποίος ήταν μόλις 13 ετών όταν ο Stirling εισήγαγε τη μηχανή του στον κόσμο. Ήταν γνωστός στην εποχή του ως ο μηχανικός που σχεδίασε στον εμφύλιο, το πολεμικό θωρηκτό, MONITOR, που κατασκευάστηκε για το ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟ ναυτικό. Και που δεν έχει ακουστεί η μάχη του MERRIMAC με το MONITOR;

Ο Ericsson γεννήθηκε στη Σουηδία το 1803, πήγε στην Αγγλία όταν ήταν 23 ετών και ήρθε στις ΗΠΑ όταν ήταν 35 για να παραμείνει για το υπόλοιπο της ζωής του. Καθώς ήταν παγκοσμίου φήμης μηχανικός, και γνωστός για την καταπληκτική σωματική του δύναμη καθώς και τον οξύθυμο χαρακτήρα του. Σαν νεαρός άνδρας στο Σουηδικό ναυτικό έχει λεχθεί ότι έχει ανυψώσει ένα κανόνι 300kg !!. Πέραν από τις αρετές και τα ελαττώματά του, σίγουρα ήταν ένας παραγωγικός εφευρέτης. Μεταξύ των εφευρέσεών του ήταν και η κοχλιόμορφη προπέλα, μια ατμομηχανή και μερικά φορητά εργαλεία που χρησιμοποιούσαν πεπιεσμένο αέρα. Ο λέβητας εξαναγκασμένης επιφανειακής συμπύκνωσης βελτίωσε πολύ την απόδοση του ατμού που τροφοδοτούσε τα σκάφη. Ανέπτυξε πολύ νωρίς μία ηχητική συσκευή μέτρησης του βάθους που ήταν ζωτικής σημασίας για τη ναυσιπλοΐα. Μετέφερε τα ζωτικής σημασίας μηχανήματα των ναυτικών σκαφών κάτω από την ίσαλη γραμμή και ανέπτυξε τα πυροβόλα όπλα καθώς επίσης και πολλές άλλες βελτιώσεις στα ναυτικά όπλα.

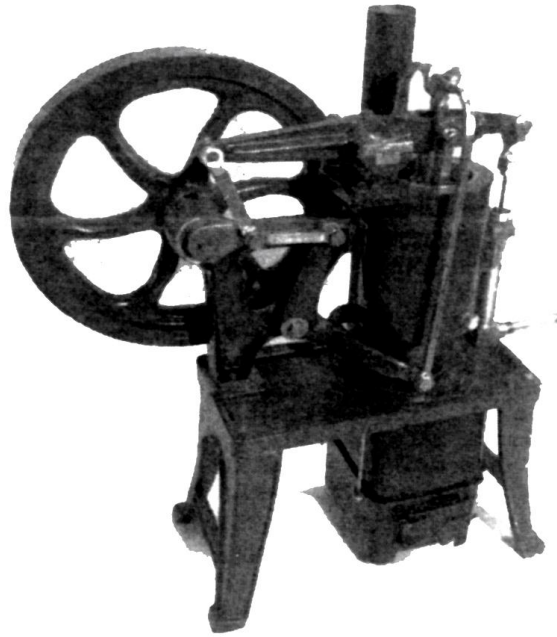
Βέβαια όλα τα επιτεύγματα του Ericsson δεν εστιάζοντο αποκλειστικά σε πολεμικά μηχανήματα. Το σκάφος 2200 τόνων, ERICSSON, ήταν 75 μέτρα μακρύ, κατευθυνόμενο από πλευρικά τοποθετημένα τροχοπηδάλια και τροφοδοτούνταν από μια μηχανή θερμού-αέρα τεσσάρων κυλίνδρων. Τα έμβολα είχαν 4,5m διάμετρο και διαδρομή 2m. Όντας **πολύ** αργό στη λειτουργία του, προδιέθετε τους ανθρώπους να ‘σταθούν’ επάνω στα έμβολα και να παλινδρομούνε πάνω-κάτω μαζί με αυτά !!. Για έναν “φιλάρρωστο” άνθρωπο σαν εμένα θα ήταν τουλάχιστον δυσάρεστο να είμαι πάνω στο σκάφος αυτό, και να μην βρίσκομαι «επάνω» σε ένα από εκείνα τα παλινδρομούντα έμβολα !! Αλλά φανταστείτε πόσο μεγάλο επίτευγμα για την εποχή εκείνη ήταν η χύτευση και η κατεργασία τέτοιων μεγάλων κυλίνδρων και εμβόλων, σε μια περίοδο της ιστορίας όπου οι περισσότεροι από μας υποθέτουν πως ο κόσμος τότε ζούσε σε μια “αθώα” άγνοια! –ασχετοσύνη–. Οι πρώτες μηχανές στο ERICSSON ήταν πάρα πολύ αργές για να ανταγωνιστούν τις μηχανές ατμού, οπότε νέες μηχανές κατασκευάστηκαν και εγκαταστάθηκαν. Το σκάφος όμως βυθίστηκε στο δεύτερο παρθενικό του ταξίδι. Αν και ο Ericsson είπε ότι οι νέες του μηχανές ήταν μεγάλη επιτυχία, μηχανές ατμού εγκαταστάθηκαν όταν το πλοίο ανεγκύσθη και επέστρεψε στην ενεργό δράση του.

Το 1872 ο Ericsson ανέπτυξε μια ηλιακή έκδοση της μηχανής του Stirling και μέχρι το 1875 είχε κατασκευάσει επτά από αυτές. Ηλιακές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν μια μηχανή Stirling με ένα παραβολικό κάτοπτρο προτάθηκαν και για το Phoenix στην πολιτεία της Αριζόνα το 1908. Φαίνεται ιδιαίτερα πιθανό ότι αυτός ο τύπος μηχανής θα μπορούσε να είναι το –κλειδί– να μετατραπεί, η ηλιακή, και η πυρηνική ενέργεια σε μια χρήσιμη μορφή ενέργειας στο μέλλον. Βεβαίως είναι ένας στόχος, πανάξιος σε μια εποχή που οι ενεργειακοί μας πόροι όλο και περιορίζονται – έλλειψη καυσίμων! –.

Το 1880 η αντλητική μηχανή του Ericsson τελειοποιήθηκε και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Κατασκευάστηκαν μηχανές σε μεγάλη ποσότητα και πουλήθηκαν σε όλο τον κόσμο μέχρι τις αρχές του 1900. Πολλές ακόμα και τώρα βρίσκονται σε συνθήκες λειτουργίας. Η Rider-Ericsson Engine Co. δημοσίευσε έναν κατάλογο, το 1906, με συστατικές επιστολές όπου περιέλαβε τον J.P.Morgan της Νέας Υόρκης, αρκετές από τον Vanderbilt’s, το βασιλιά Edward VII, τον Andrew Carnegie, το σουλτάνο της Τουρκίας και το Βαλεντίνο Blatz του Milwaukee.

Περί τις αρχές του 1860 και μέχρι τον πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο, , κατασκευάστηκαν μηχανές θερμού-αέρα σε διάφορες εκδόσεις και εμπορεύτηκαν σε μεγάλες ποσότητες με σκοπό την άντληση νερού (αντλίες), τον εξαερισμό (ανεμιστήρες), την ραπτομηχανική (γαζομηχανές), γερανοί, πρέσες εκτύπωσης, παιχνίδια, καθώς και μηχανές παρουσίασης. Φυσικά με την εμφάνιση της φτηνής ηλεκτρικής ενέργειας και της ηλεκτρικής μηχανής εκτοπίστηκε η ατμό-μηχανή, η μηχανή αερίου και η μηχανή θερμού αέρα. Αλλά είναι αξιοσημείωτο ότι η πλειοψηφία του παγκόσμιου πληθυσμού σήμερα δεν έχει φτηνή ηλεκτρική ενέργεια στη διάθεσή του, έτσι ίσως αυτές οι αρχές δεν είναι τόσο ξεπερασμένες όπως είχε υποθεθεί αρχικά.

Ο σκοπός αυτού του εγχειριδίου είναι να παρουσιαστούν αυτές οι αρχές άλλη μια φορά, ταυτόχρονα ως διδακτικό και εκπαιδευτικό έργο καθώς και για την ανάπτυξη της έρευνας της μονάδας παραγωγής ισχύος.



THE RIDER-ERICSSON PUMPING ENGINE

Είτε είστε νέα εταιρεία στις μεταλλουργικές κατασκευές ή απλά ένας “φοβισμένος” παλαίμαχος εσείς θα είστε αυτοί που θα εκτιμήσουν τον ευρύ στόχο οποιουδήποτε προγράμματος κατασκευής μηχανών. Για τον σπουδαστή ή άλλο αρχάριο προσφέρει μια πλήρη σειρά εκμάθησης των ασκήσεων και μια αφθονία πρακτικής εμπειρίας. Και για τον προηγμένο βιοτέχνη παρέχει την ευκαιρία να τελειοποιηθούν και να καθοριστούν με ακρίβεια οι ήδη επίκτητες δεξιότητες. Για όλους όσους αναλάβουν και ολοκληρώσουν ένα τέτοιο πρόγραμμα η ανταμοιβή θα είναι ένα μηχανικό θαύμα που θα αφήσει έκπληκτους τους ίδιους καθώς και όλους τους άλλους που θα το δούνε.

Αν και η αρχή λειτουργίας του κύκλου Stirling έχει ερευνηθεί και τεκμηριωθεί διεξοδικά από το 1816 που πρωτοπαρουσιάστηκε δεν είναι και τόσο γνωστή μέχρι και σήμερα πλην ελάχιστων περιπτώσεων. Έχοντας “απορριφθεί” ως ξεπερασμένη και “αρχαία” μέχρι πρωτινός-αρχές του παρόντος αιώνας- εμφανίζεται πάλι σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας σε μερικές ενδιαφέρουσες επιπτώσεις. Στην πραγματικότητα μερικοί έχουν προτείνει ότι θα μπορούσε επάξια να είναι η μηχανή του μέλλοντος. Έτσι λοιπόν δεν έχουμε να αντιμετωπίσουμε την “ξεπερασμένη” και “αρχαίζουμε” τεχνολογία, αλλά μάλλον με την τεχνολογία που βασίζεται σε σταθερές αρχές της Μηχανικής / Φυσικής.

Κατά πρώτο λόγο θα αποδειχθεί μια συναρπαστική μελέτη για να μαθευτεί και μόνο πώς λειτουργεί. Και εκείνοι που θα κατασκευάσουν πραγματικά αυτή τη μηχανή θα ισχύσουν τις διαδικασίες σχεδιασμού, της διάτρησης, τη διεύρυνσης, της σπειροτόμησης, του τρυπήματος, και τις μυριάδες των διαδικασιών (μετάλλου-τόρνου και εργαστηρίων) που θα “χτίσουν” την ικανότητα και την εμπιστοσύνη παράγοντας τα μέρη της μηχανής. Είτε αρχάριος ή ένας πεπειραμένος μεταλλουργός, εσείς θα είστε καλύτερος βιοτέχνης όταν περατωθεί αυτό το πρόγραμμα.

Το συγκεκριμένο σχέδιο που παρουσιάζεται σε αυτό το εγχειρίδιο δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια κατασκευής μίας μονοκύλινδρης μηχανής που παρουσιάστηκε αρχικά από τον κ. T.E.Hayes της Μεγάλης Βρετανίας, σε ένα μικρό βιβλίο που δημοσιεύθηκε από τον John Murray. Αρχικά δημοσιευμένο στη Μεγάλη Βρετανία το 1966, ανατυπώθηκε αργότερα στις Η.Π.Α. από την βιομηχανία Caldwell το 1978.

Αυτό το σχέδιο δεν προσφέρεται ως πρακτικό ιδανικό αλλά μάλλον ως πρότυπη και επιδεικτική μηχανή. Η μεγαλύτερη αξία του προγράμματος βρίσκεται πρώτα στις πολλές διδακτικές και εμπειρικές ασκήσεις και κατά δεύτερον στην πληθώρα των ικανοτήτων που μπορεί να αποκτήσει κανείς έχοντας μια λειτουργήσιμη μηχανή που καταδεικνύει τις φυσικές και μηχανικές αρχές με τις οποίες μπορεί να σχεδιαστεί μια ακόμη καλύτερη μηχανή. Φυσικά το σχέδιο μπορεί να αυξηθεί μόνο στο μέγεθος – για μεγαλύτερη ισχύ – αλλά αυτό θα βεβαίωνε μόνο το τι έχει αποδειχθεί ήδη. Πιθανώς μια παραγωγικότερη γραμμή πειραματισμού θα ήταν στον τομέα των αερίων εκτός από τον αέρα, τις υψηλότερες εσωτερικές πιέσεις, τους ταχύτερους εν ενεργεία συνδέσμους και την αποδοτικότερη μεταφορά θερμότητας. Εκπληκτική πρόοδος έχει γίνει από τότε που πρωτοκατασκευάστηκε η “συγκεκριμένη”, αυτή μηχανή και ακόμα υπάρχουν πολλά προς ανακάλυψη.

Η ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Είναι αρχή της φυσικής τα αέρια να εκτονώνονται (διαστολή) όταν θερμαίνονται και αντίστοιχα να συστέλλονται όταν ψύχονται. Περιορισμένο σε έναν συγκεκριμένο χώρο, το θερμικά εκτονούμενο αέριο θα αυξήσει την πίεση του και θα την μειώσει, αντίστοιχα, όταν ψυχθεί. Ο αέρας είναι μίγμα αερίων που βρίσκεται παντού για μια στοιχειώδη μηχανή, όμως άλλα αέρια είναι γνωστό ότι εργάζονται αποτελεσματικότερα.

Στη διαδικασία του κύκλου Stirling αυτές οι μεταβαλλόμενες πιέσεις ασκούνται στο έμβολο ισχύος ώστε να το αναγκάσουν να παλινδρομήσει στον κύλινδρό του, και αυτό με τη σειρά του να περιστρέψει το στροφέιο(βολάν) μέσω μιας συνδετήριας ράβδου (διωστήρα-μπιέλα) και ενός στροφαλοφόρου άξονα.

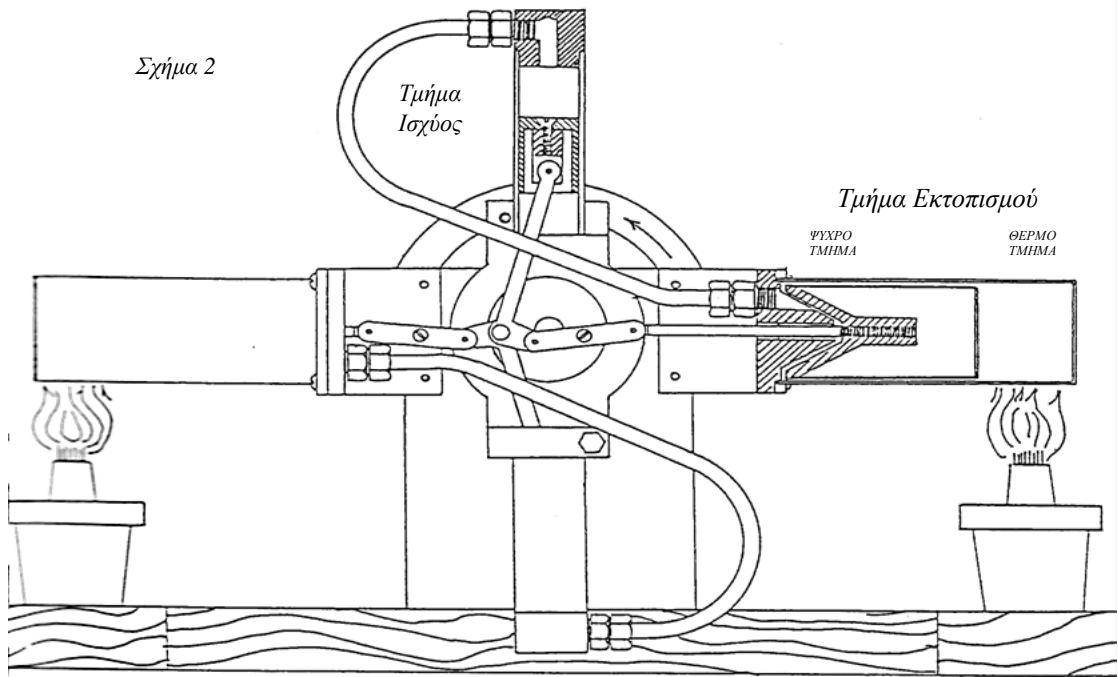
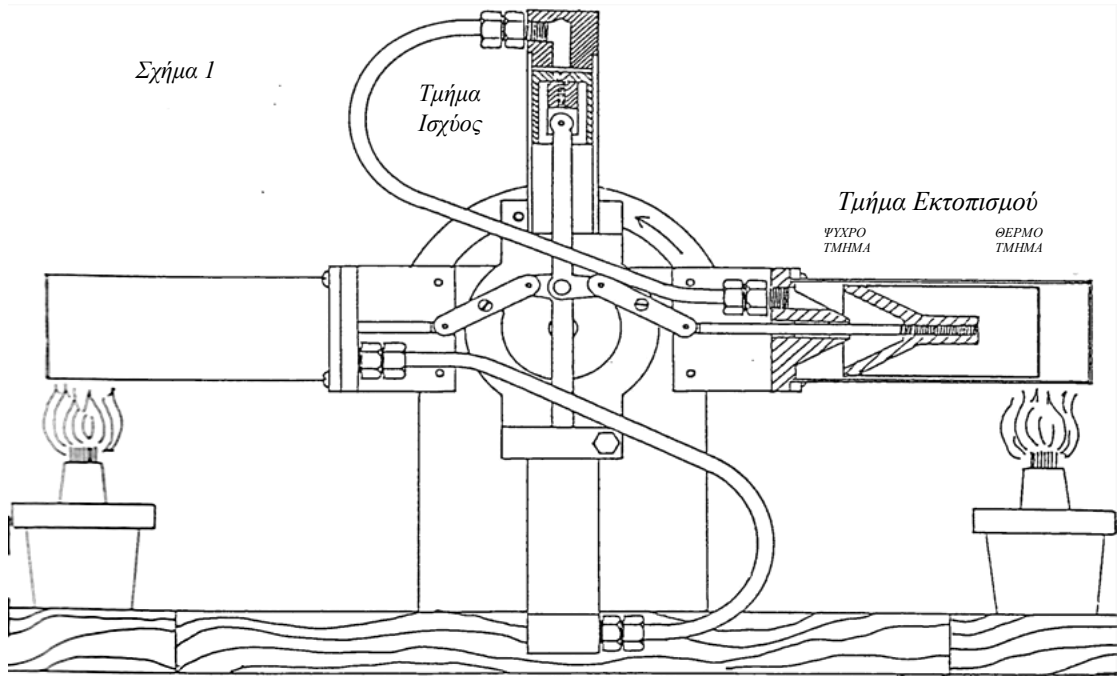
Πολύ απλά, η εναλλαγή στην πίεση ολοκληρώνεται με τη σάρωση του αερίου (εμπρός-πίσω) σε έναν κλειστό κύλινδρο(εκτοπιστής) ο οποίος θερμαίνεται από τη μία πλευρά και ψύχεται από την άλλη. Ο κλειστός κύλινδρος μπορεί να είναι κάθετος, οριζόντιος ή σε οποιαδήποτε γωνία. Και μπορεί να είναι χωριστά από τον κύλινδρο ισχύος ή μία προέκταση αυτού. Ένας σωλήνας ή μια μετάβαση(κοινός αγωγός) αναγνωρίζει τις μεταβαλλόμενες πιέσεις στο έμβολο ισχύος όταν ο κύλινδρος εκτοπισμού είναι χωριστός.

Έτσι για τη συζήτηση αναφερόμαστε στο έμβολο εκτοπισμού και τον κύλινδρο εκτοπισμού όπου έχουμε τις εναλλαγές των πιέσεων, καθώς και στο έμβολο και τον κύλινδρο ισχύος όπου οι μεταβαλλόμενες πιέσεις παράγουν το απαιτούμενο έργο. Το έμβολο εκτοπισμού συνδέεται με το έμβολο ισχύος μέσω συνδέσμου προκειμένου να διατηρηθεί μια σχέση φάσης έτσι ώστε η πίεση να εφαρμόζεται και εκτονώνεται την κατάλληλη στιγμή. Θεωρητικά το έμβολο εκτοπισμού προπορεύεται του εμβόλου ισχύος κατά 90° . Αλλά το πρακτικό βέλτιστο αποδεικνύεται να είναι στις 80° ή λιγότερες μοίρες($^\circ$) στην πρακτική εφαρμογή. Ο σκοπός μας φυσικά είναι να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή πίεση καθώς το έμβολο ισχύος οδεύει προς το στροφαλοφόρο άξονα και τη χαμηλότερη πιθανή πίεση κατά την αντίθετη,(δηλ. καθώς οδεύει μακριά από το στροφαλοφόρο άξονα). Μια εσωτερική άποψη ενός ζευγαριού κυλίνδρων θα βοηθήσει στην διευκρίνιση των πραγμάτων.

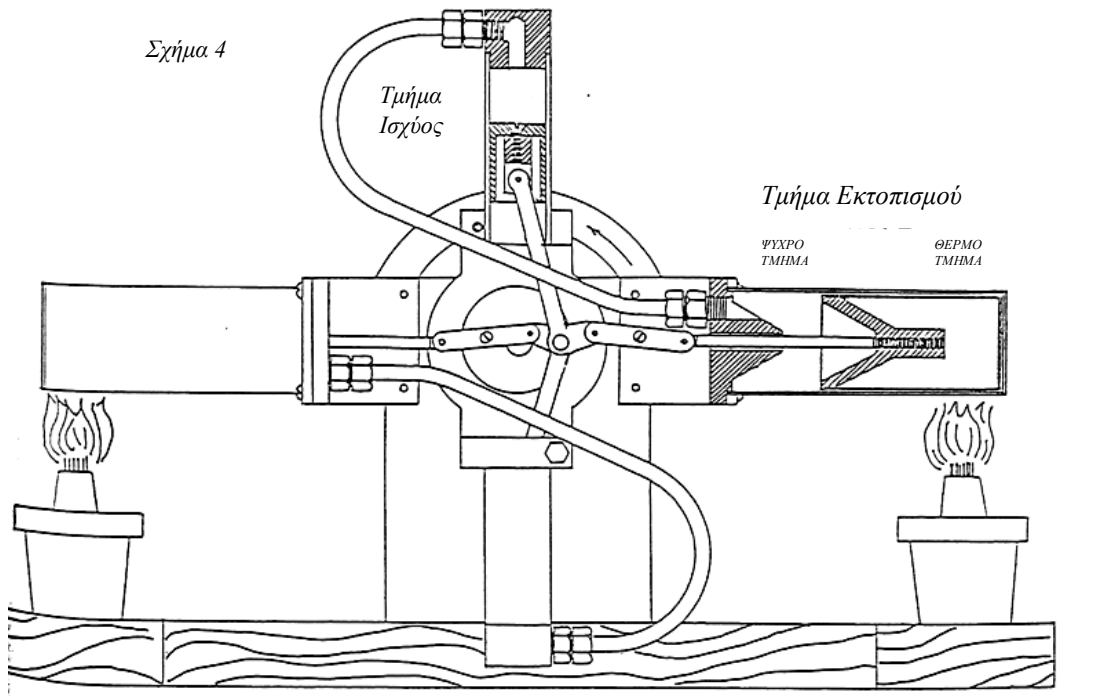
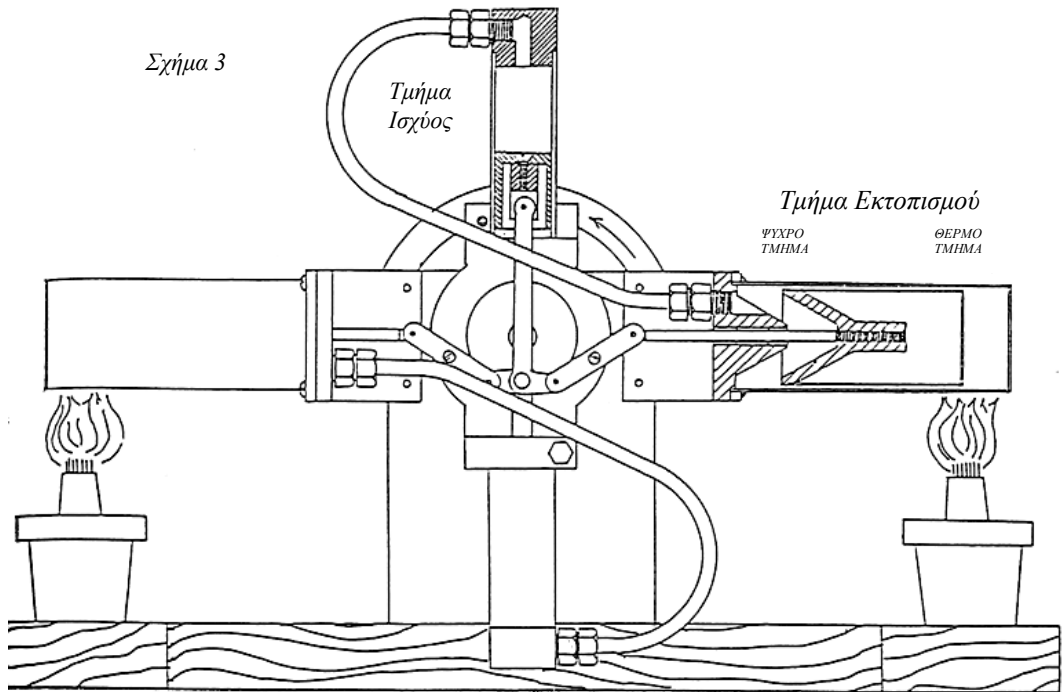
Προσέξτε στο σχήμα 1 ότι το έμβολο ισχύος είναι στο άνω νεκρό σημείο όταν το έμβολο μεταφοράς βρίσκεται στο μέσον της διαδρομής του. Ο μισός από τον αέρα στον κύλινδρο μεταφοράς έχει μετατοπιστεί προς την ζεστή άκρη και έχει αρχίσει να διαστέλλεται και να αυξάνει την πίεσή του. Στο σχήμα 2 που μετά από μία περιστροφή έχουν φθάσει στο τέλος της διαδρομής του και όλα εκτός από ένα μικροσκοπικό ποσό του αέρα έχει μετατοπιστεί στο καυτό τέλος. Η πίεση είναι τώρα στο μέγιστό της όπως το έμβολο ισχύος αναγκάζεται να κατευθυνθεί προς το κάτω νεκρό σημείο.

Στο σχήμα 3 το έμβολο ισχύος είναι στο κατώτατο νεκρό κέντρο και το έμβολο εκτοπισμού είναι ήδη στη μισή απόσταση προς το 'θερμό' τέλος έτσι ώστε ο αέρας μετατοπίζεται προς την άκρη 'χαμηλής θερμοκρασίας' για να ρίξει την πίεση. Στο σχήμα 4 όλο εκτός από ένα μικροσκοπικό μέρος του αέρα έχει μετατοπιστεί στη 'ψυχρή' άκρη έτσι ώστε η πίεση της να είναι σε χαμηλότερη στάθμη δεδομένου ότι ο σφόνδυλος φέρνει το έμβολο ισχύος προς το άνω νεκρό σημείο για να αρχίσει ο κύκλος πάλι από την αρχή. Φυσικά το αντίθετο γεγονός εμφανίζεται ανά το άλλο ζευγάρι των κυλίνδρων σε κάθε στιγμή.

Είναι αληθινά καταπληκτικό το να δει κανείς αυτό το στοιχειώδες 'τρέξιμο' των μηχανών με τις ταχύτητες των εκατοντάδων επαναλήψεων ανά λεπτό (R.P.M.) και να συνειδητοποιήσει ότι η διαστολή-έκταση- και συστολή-συρρίκνωση- του 'θερμαινόμενου' και 'ψυχομένου' αέρα εμφανίζονται τόσο γρήγορα. Βέβαια οι σύγχρονες μηχανές που βασίζονται στον κύκλο του Stirling 'εργάζονται' πλέον σε χιλιάδες (R.P.M.) και αποδίδουν μεγάλη ισχύ με καταπληκτική αποδοτικότητα. Επιπλέον είναι πολύ καθαροί στη λειτουργία τους και προσαρμόσιμοι σε καύσιμα και πηγές θερμότητας, δεδομένα μη πρακτικά για τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Έτσι αυτές οι αρχές χρίζουν στενής διερεύνησης για την εποχή μας. Δείτε πόσο ιδανικά αυτές οι αρχές μπορούν να ισχύσουν για την ηλιακή και πυρηνική ενέργεια, καθώς επίσης και στα συμβατικά καύσιμα εφόσον παραμένουν διαθέσιμα.



Σχήμα 1-2



Σχήμα 3-4

ΠΩΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΕΤΑΙ ΜΗΧΑΝΗ

Αυτό είναι ουσιαστικά ένα πρόγραμμα τόννευσης μετάλλων όπου κάθε μέρος θα μπορούσε πραγματικά να γίνει από “παλιοσίδερα” με την προϋπόθεση ότι τα αρκετά μεγάλα κομμάτια αλουμινίου θα ήταν διαθέσιμα. Όμως αυτό θα ήταν μια εξαιρετική σπατάλη υλικού και χρόνου, και για τον λόγο αυτό μια πιο ικανοποιητική ανταμοιβή θα ήταν εάν στο συγκεκριμένο πρόγραμμα χρησιμοποιούσαμε χυτά για τα περισσότερα μέρη της μηχανής μας. Κατά την διάρκεια της συγγραφής του παρόντος, μερικοί προγραμματίζουν να προσφέρουν Kit χύτευσης και αυτός είναι βεβαίως ένας πρακτικός τρόπος να γίνει η δουλεία μας. Αλλά για τους πιο φιλόδοξους και αφιερωμένους μηχανουργούς περιλαμβάνουμε τις λεπτομέρειες των σχεδίων και των φορμών ώστε να παραχθούν τα εκμαγεία-χυτά που μας χρειάζονται.

Ενδεχομένως μια πτυχή ‘εκφοβισμού-καταπτόησης’ εφαρμογής του προγράμματος θα ήταν η παραγωγή των χυτών. Υπάρχει μια μάλλον διαδεδομένη αντίληψη, σύμφωνα με την οποία η μεταλλοχοΐα είναι υψηλά τεχνική, τρομακτικά επικίνδυνη, πολύ δαπανηρή και απλά μη πρακτική σε μια μικρής κλίμακας εργασία. Στην πραγματικότητα τα εμπόδια είναι κάπως υπερβολικά και ελπίζω να σας πείσω ότι η προσθήκη αυτών των απλών διαδικασιών και δεξιοτήτων στο ρεπερτόριό σας θα επέκτεινε πολύ τη μεταλλουργική εμπειρία του εργαστηρίου σας. Μια στοιχειώδης λειτουργία χυτηρίων μπορεί να βγάλει πολλά σύνολα χυτών με εξαιρετικά χαμηλότερο κόστος έτσι ώστε αυτό και πολλά άλλα προγράμματα να γίνονται πιο προσιτά. Εάν δεν έχετε ήδη μια οργάνωση χυτηρίων μπορείτε εύκολα να στήσετε μια μαζί με την βοήθεια διάφορων καλών βιβλίων στο θέμα. Μπορείτε επίσης να αγοράσετε το “small units ideal” για το ιδιόκτητο εργαστήριό σας από τους Pyramid Products co. 3736 South 7th Ave.,Phoenix AZ 85041.

Είναι αλήθεια ότι υπάρχουν συγκεκριμένοι κίνδυνοι σε ένα εργαστήριο χυτηρίων ακριβώς όπως υπάρχει και σε όλα τα εργαστηριακά επαγγέλματα. Βεβαίως το να εργαστεί κανείς με αρκετά υψηλές θερμοκρασίες για να λιώσει τα μέταλλα θα περιελάμβανε ασυνήθιστους κινδύνους και θα απαιτούσε τις ανάλογες προφυλάξεις. Και σπεύδω να προσθέσω προς χάριν του νέου και άπειρου σπουδαστή ότι η καθοδήγηση και η επίβλεψη από ενήλικες είναι ουσιαστικές σε όλες τις διαδικασίες σε αυτό το βιβλίο. Μόνο το γεγονός ότι μπορείτε να διαβάσετε και να καταλάβετε τις κατευθύνσεις δεν είναι αρκετό επειδή υπάρχει πολύς λόγος για την ασφάλεια εργαστηρίων που δεν συζητείται. Θα συζητήσουμε την ασφάλεια αυτών με κάποιες λεπτομέρειες λίγο αργότερα.

Ένας στιβαρός πάγκος εργασίας με μια βαριά μέγγενη θα χρησιμοποιηθεί σε όλο το πρόγραμμα. Η συνηθισμένη κατάταξη των εργαλείων χειρός συμπεριλαμβάνουν ένα σιδηροπρίονο, φίλλερ, ένα χαράκτη μετάλλων, έναν τετραγωνικό κανόνα με παχυμετρικό διαβήτη, μικρόμετρο με βερνιέρο, τρυπάνια, αλεξούαρ κλπ. Ένας τόρνος θα απαιτηθεί για τις περισσότερες διαδικασίες. Ο σφόνδυλος-στρόφαλος και η 'στάση' θα απαιτήσουν μια 'ακτίνα ταλάντευσης' παραπάνω από 3½ ίντσες αλλά τα εναπομείναντα τεμάχια μας μπορούν να γίνουν σε μια μικρότερη μηχανή. Αν και δεν το έχω κάνει έτσι σκέφτομαι ότι όλα τα μέρη θα μπορούσαν να γίνουν σε έναν τόρνο Sherline, Unimat ή Taig με σκοπό την κατασκευή των επιμέρους κομματιών-τεμαχίων. Όλο το κατασκευαστικό κομμάτι του έργου έγινε σε έναν τόρνο (ταλάντευσης) τύπου Atlas 6". Ένα 'πάτο' γωνιακής μορφής θα ήταν χρήσιμο στην κατεργασία των προσαρμογών του κυλίνδρου εκτοπισμού οπότε ένας στιβαρός άξονας με ένα γείσο εγκατεστημένο θα είναι ζωτικής σημασίας. Επίσης ένας κεντροφορέας τόρνου θα απαιτηθεί για την σπειροτόμηση της οπής του στροφάλου και των πρόσθετων κεφαληφόρων κοχλιών. Τα παραπάνω πρέπει να συμπληρώσουν τον κατάλογο εξοπλισμού. Για τις διαδικασίες κατασκευής των εκμαγείων/χυτών μία πριονοκορδέλα θα ήταν πολύ χρήσιμη αλλά όχι εξολοκλήρου απαραίτητη. Το ποσό(αριθμητικά) των πριονίσεων δεν είναι μεγάλο και θα μπορούσε να γίνει με ένα πριόνι χειρός. Τριβείς ζωνών ή δίσκων θα επιτάχυναν μερικές από τις διαδικασίες μας αλλά και πάλι ο όγκος της εργασίας δεν είναι τόσο μεγάλος που δεν μπορεί να γίνει χειρονακτικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι μερικά μέσα μπορούν συνήθως να επινοηθούν για να κάνουν την εργασία ακόμα και όταν ο προτιμητέος εξοπλισμός δεν είναι διαθέσιμος.

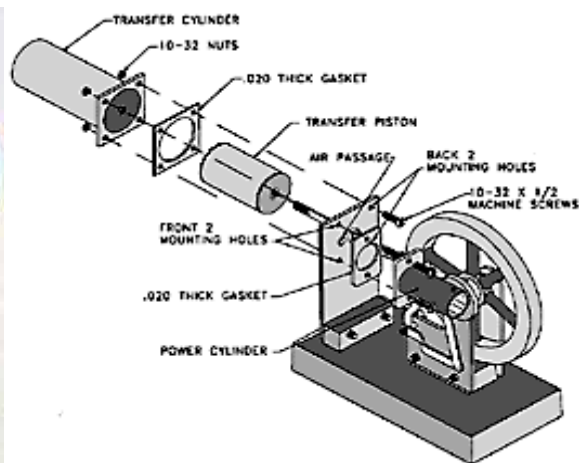
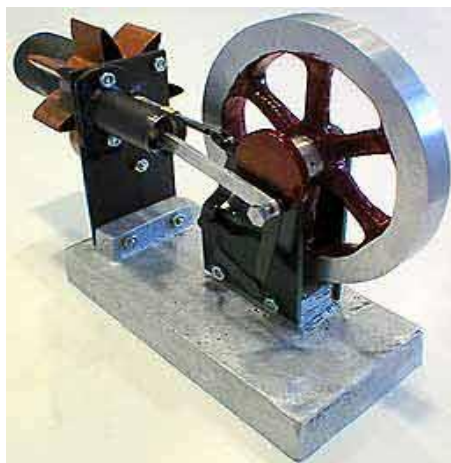
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Καμία προσπάθεια δεν θα γίνει ώστε να επισημανθούν όλοι οι κίνδυνοι που μπορεί να αντιμετωπισθούν σε αυτό το πρόγραμμα. Πρέπει να είστε πολύ προσεκτικοί στις λεπτομέρειες και 'άγρυπνοι' στον κίνδυνο πάντα. Η σωστή προσέγγιση στο θέμα της ασφάλειας, σε οποιαδήποτε περίπτωση, είναι να σταματήσει κανείς, τόσο όσο χρειάζεται, για κάποιο διάστημα ώστε να εξετάσει τους πιθανούς κινδύνους. Συλλογίζεστε απλά για κάποιο εργαλείο, τη μηχανή ή άλλη συσκευή ή πράγμα και αναρωτιέστε ότι «πώς αυτό το πράγμα μπορεί να με βλάψει;» Όταν ο κίνδυνος αναγνωρίζεται είναι εύκολο να ληφθούν οι προφυλάξεις. Οι πιο κοινοί τραυματισμοί σε όλες τις διαδικασίες μηχανών είναι ξένα σωματίδια στο μάτι και άσχημα κοψίματα ή και διαμελισμός δακτύλων ή και χεριών. Εάν συνειδητοποιήσετε με τι θανάσιμη δύναμη μια άκρη καρβιδίου αφήνει την λεπίδα ενός πριονιού δεν θα λειτουργούσατε ποτέ μια τέτοια μηχανή χωρίς την ενδεικνυόμενη μάσκα προστασίας. Εάν πλήρως συνειδητοποιήσετε ότι ένα μικρό κομμάτι ξύλου, μετάλλου ή του λειαντικού μπορεί να προσκολληθεί στο μάτι σας και να καταστρέψει ενδεχομένως την όρασή σας δεν θα χρησιμοποιούσατε ποτέ μια τέτοια μηχανή χωρίς προστασία οφθαλμών.

Εάν πάλι συνειδητοποιούσατε με πόσο ξαφνική και μεγάλη δύναμη μια μηχανή μπορεί να αρπάξει ένα κατεργαζόμενο τεμάχιο της μηχανής σας και να τραβήξει το χέρι σας στη λεπίδα του θα χρησιμοποιούσατε πάντα ένα “βοηθητικό εξάρτημα προώθησης” και δεν θα βάζατε ποτέ τα δάχτυλά σας σε κίνδυνο. Μακριά μαλλιά ή κοσμήματα που πιάνονται σε μια μηχανή μπορεί να προκαλέσουν φοβερό τραυματισμό ή και θάνατο, όπως μπορεί και ο μη σωστός ματισμός στο χώρο εργασίας. Και υπάρχουν δεκάδες άλλων κινδύνων που θα είναι προφανείς στον έμπειρο και “στοχαστικό” βιοτέχνη. Μελετήστε κάθε στοιχείο στο εργαστήριό σας και κατανοήστε πλήρως τη χρήση του. Διαβάστε τις οδηγίες προσεκτικά και λάβετε υπόψη κάθε προφύλαξη. Να κάνετε σαφείς προειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις για σας και τους επισκέπτες σας.

Κρατήστε το πάτωμα του εργαστηρίου σκουπισμένο καλά από θραύσματα, σκουπίδια, που μπορούν να προκαλέσουν ατύχημα. Και σιγουρευτείτε ότι κάθε κομμάτι του εξοπλισμού είναι σε κορυφαία κατάσταση. Σκεφτείτε κάθε λειτουργία κατευθείαν μέχρι το πέρας της, προτού να την αρχίσετε. Και πάρτε κάθε προφύλαξη για να εξασφαλίσετε τη μη έκθεσή σας ή οποιουδήποτε άλλου σε έναν κίνδυνο.

Εάν πρόκειται να αγοράσετε κάποιο Kit εκμαγείων(χυτών) μπορείτε τώρα να περάσετε στο επόμενο κεφάλαιο. Αλλά εάν θέλετε πραγματικά να έχετε τη διασκέδαση και να αναπτύξετε την εργαστηριακή σας ικανότητα ξεκινήστε αμέσως για την κατασκευή των καλουπιών σας και ετοιμαστείτε για το δικό σας καλούπι.



Η μηχανή του Haynes

– ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΕΚΜΑΓΕΙΩΝ –

ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΕΚΜΑΓΕΙΩΝ

Ο στόχος μας σε αυτό το κεφάλαιο είναι να παραχθούν τα σχέδια που αντιπροσωπεύουν τα εκμαγεία των χυτών που θέλουμε. Υποτίθεται ότι ο αναγνώστης έχει κάποιες γνώσεις και εμπειρία στην τέχνη της χύτευσης και ότι ο διαθέσιμος εξοπλισμός είναι διαθέσιμος ώστε να κατασκευαστεί το καλούπι που θα διαμορφώσει μια χύτευση. Εάν αυτή δεν είναι η περίπτωση κάποια πρόσθετη μελέτη και προετοιμασία θα είναι απαραίτητη προτού να μπορέσουν να παραχθούν τα εκμαγεία(καλούπια). Εάν βρισκόσαστε σε δίλημμα για το εάν θα πρέπει να εγκατασταθεί ένα “εγχώριο” χυτήριο ίσως αυτό το κεφάλαιο θα βοηθήσει να επιλυθούν οι αμφιβολίες σας.

Υπάρχουν πολλές διαδικασίες(μέθοδοι) χύτευσης αλλά σε αυτό το πρόγραμμα θα συζητήσουμε μόνο τη σχηματοποίηση με άμμο. Αυτό περιλαμβάνει τη συναρμογή ενός σχεδίου με άμμο σε μια διμερή φόρμα και έπειτα την αφαίρεση του τυπώματος ώστε να δημιουργηθεί μια κοιλότητα στην οποία το λειωμένο μέταλλο ‘ρέει’ προς παραγωγή του χυτού. Επειδή η φόρμα πρέπει να ανοίξει και να κλείσει ώστε να αφαιρεθεί το τεμάχιο, και πρέπει να διατηρήσει τη μορφή του προτύπου-σχεδίου αφότου αφαιρεθεί, η άμμος που χρησιμοποιούμε είναι συγκεκριμένης φύσης. Προφανώς η ξηρά άμμος, όπως αυτή που βρίσκουμε στην παραλία, δεν θα εξυπηρετούσε τον σκοπό αυτό. Οι κόκκοι της άμμου “μορφοποίησης” είναι επενδυμένοι με ένα συγκολλητικό υλικό έτσι ώστε να κολλήσουν μαζί και να διατηρήσουν μια καθορισμένη μορφή. Το συγκολλητικό υλικό μπορεί να είναι Άργιλος και νερό όπως στην περίπτωση της GREEN SAND, ή να είναι από πετρελαιοειδή προϊόντα όπως στην περίπτωση ενός (πρότυπου-πατενταρισμένου) εμπορικού σήματος αποκαλούμενου PETRO-BOND. Κάθε τύπος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του αλλά το καθένα θα παραγάγει ικανοποιητικά εκμαγεία για αυτό το πρόγραμμα.

Για να μπορεί το καλούπι να αφαιρεθεί εύκολα από τη φόρμα χωρίς την καταστροφή του οι κάθετες επιφάνειες είναι ελαφρά κεκλιμένες. Αυτό αποκαλείται DRAFT(επιφόρτιση). Draft 1° είναι το ελάχιστο για έναν εξειδικευμένο χυτευτή. Ένας αρχάριος θα χρειαστεί Draft της τάξης των 3° με 5° για να εξασφαλίσει μια καθαρή κοιλότητα χυτού. Και μερικοί τύποι σχεδίων θα απαιτήσουν μεγαλύτερο Draft από άλλα ακόμα κι αν οι μορφές τους είναι αρκετά απλές.

Επειδή η άμμος μορφοποίησης δεν είναι πολύ ισχυρή, στην καλύτερη περίπτωση αποφεύγουμε τις ‘ισχνές’ περιοχές στη φόρμα όπως και τα πολύ λεπτά και περίπλοκα τμήματα. Στις εξωτερικές γωνίες δίνεται μια ‘ακτίνα - σκαλοπάτι’ και στις εσωτερικές γωνίες μια ‘κυκλική περιοχή - κερκίδα’. Δηλαδή στρογγυλεύονται ούτως ώστε να αποβληθούν οι αιχμηρές γωνίες στις άκρες.

Το λειωμένο μέταλλο συρρικνώνεται κατά την στερεοποίηση και την ψύξη. Και τα εκμαγεία πρέπει συνήθως να υποστούν κάποια επεξεργασία στη μηχανή μέχρι λήψης του τελικού μεγέθους-σχήματός τους. Έτσι οι ανοχές δίνονται στο σχέδιο για τη διακένωση και την κατεργασία. Σε μικρά, ελαφρού τύπου χυτά, όπου το ποσοστό της συρρίκνωσης(shrinkage) είναι μικρό, μπορεί κάλλιστα να αγνοηθεί ή να συμπεριληφθεί στην ανοχή της εργαλειομηχανής. Η ανοχή της εργαλειομηχανής πρέπει να είναι αρκετά επαρκής ώστε να επιτρέπει την αναπόφευκτη εκκεντρότητα στο μοντάρισμα καθώς και για τις επιφανειακές ατέλειες κατά τη χύτευση. Μια υπερβολική ανοχή στην εργαλειομηχανή μας θα εξασφαλίσει συχνά την επιτυχία αλλά θα μεγαλώσει ταυτόχρονα κατά πολύ τη χρονική διάρκεια περάτωσης της όλης εργασίας μας. Η πραγματική ανοχή πρέπει να καθοριστεί από την ποιότητα του διαθέσιμου εξοπλισμού καθώς και την ικανότητα του μηχανουργού. Οι ανοχές που προτείνονται σε αυτό το πρόγραμμα υποθέτουν ότι ο μηχανικός δεν είναι πολύ εξειδικευμένος και ότι ο εξοπλισμός μπορεί να είναι ‘παλαιός’ και ‘φθαρμένος’. Ένας εξειδικευμένος χειριστής-μηχανουργός με καλό εξοπλισμό μπορεί να μειώσει αυτές τις ανοχές για ταχύτερη και οικονομικότερη κατασκευή.

Το Αλουμίνιο ‘συρρικνώνεται’ περίπου 3/16" ανά πόδι σε όλες τις κατευθύνσεις έτσι, εάν θέλετε ένα χυτό από Αλουμίνιο 12" σε μήκος θα προετοιμάζατε ένα πρότυπο με μήκος $12 \frac{3}{16}$ " περίπου. Ένα πρότυπο μήκους $4 \frac{1}{16}$ " θα παρήγαγε ένα χυτό μήκους 4" . Με εξαίρεση τη χύτευση της βάσεως στήριξης κανένα από τα χυτά σε αυτό το πρόγραμμα δεν υπερβαίνει τις 4 ίντσες σε μήκος και έτσι η συρρίκνωση-‘διακένωση’(shrinkage) δεν είναι ένας σοβαρός παράγοντας.

Το λεπτόκοκκο και σκληρό ξύλο είναι το ιδανικό υλικό κατασκευής εκμαγείων και το λευκό πεύκο(που χρησιμοποιούν οι μαραγκοί) είναι εύκολα διαθέσιμο και κατεργάσιμο με τα συνηθισμένα εργαλεία και τεχνικές ικανότητες. Η συνηθισμένη άσπρη κόλλα (μαραγκών) είναι επαρκής για την ένωση των μερών του εκμαγείου μας. Χρησιμοποιώ πολυεστέρα για την πλήρωση των ατελειών και για την πλήρωση των μικρών ‘λωρίδων’ στις εσωτερικές γωνίες. Μετά το πέρας των παραπάνω, και της συναρμολόγησης των εκμαγείων πρέπει να χρωματίσουμε ή να λουστράρουμε(τις επιφάνειες) ώστε να αποτραπεί η απορρόφηση υγρασίας κατά τη διάρκεια της χρήσης.

Η παραγωγή των εκμαγείων είναι μια απλή διαδικασία που απαιτεί συνηθισμένες δεξιότητες. Θα έχετε λιγότερη δυσκολία μετά από τις συγκεκριμένες κατευθύνσεις-οδηγίες για κάθε σχέδιο, στις ακόλουθες σελίδες.

ΜΕΡΙΚΑ ΤΕΧΝΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Είναι γενικά εύκολο να σχεδιάσουμε και να κόψουμε ένα κομμάτι ξύλου στην επιθυμητή μορφή και το μέγεθος καθώς η λειτουργία όλων των συνηθισμένων εργαλείων θα μας χρησιμεύσει για να γίνει αυτή μερίδα της εργασίας. Αλλά δεδομένου ότι η σύγκλιση(draft) είναι το πιο σημαντικό στοιχείο στην κατασκευή των προτύπων(εκμαγείων), η όλη δουλειά γίνεται λίγο πιο προκλητική. Φυσικά η λεπίδα της πριονοκορδέλας μας μπορεί να καμφθεί(στρεβλώσει). Αλλά το τελικό κομμάτι που θα πάρουμε θα είναι τραχύ και κάποιο φινίρισμα θα απαιτηθεί. Τριβέας ζωνών ή δίσκων μπορεί να είναι πολύ χρήσιμος αλλά δεν είναι διαθέσιμος σε κάθε εργαστήριο. Και μερικά σχέδια-πρότυπα είναι τόσο μικρά και λεπτά που ακόμη και μια στιγμιαία επαφή της μηχανής μας κατά τη στρώση με άμμο να το καταστρέψει. Έτσι μερικά μέσα χειρονακτικής επιστρώσεως –ακριβείας – άμμου πρέπει να χρησιμοποιηθούν ακόμη και στο καλύτερα εξοπλισμένο εργαστήριο. Οπότε κάποια μέσα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ώστε να καθοριστεί εάν το Draft(σύγκλιση) είναι σωστό και επαρκές μετά το φινίρισμα. Ένα σύνολο τεμαχισμένων κομματιών στις επιθυμητές γωνίες θα χρησιμεύσει στις με ακρίβεια συγκεκλιμένες(drafted) με άμμο επιφάνειες. Και ένα μικρό δοκιμαστικό-τετράγωνο κομμάτι- τάκος, θα επιτρέψει σε σας να εξετάσετε τη γωνία της σύγκλισης (Draft).

Από ‘απορρίμματα’ κοινής ξυλείας, κομματιών διαστάσεων (2 × 4) με μια πλευρά ‘γωνιασμένη’ όπως στο σχήμα 5. Με κάθε μια από τις γωνίες των (1½ και 3) μοιρών θα χρησιμοποιηθούν για τα πρότυπα σε αυτό το πρόγραμμα. Προσδιορίστε το κάθε τεμάχιο ξύλου με την αποτύπωση της γωνίας στην πρόσοψη καθενός από αυτά. Τα κομμάτια μας είναι ονομαστικά 1 ½" τετράγωνα και 4" σε μήκος. Μια ακμή κόβεται στις 90° και η απέναντι κόβεται στην επιθυμητή γωνία. Να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα θα είναι μια ΟΞΕΙΑ γωνία (λιγότερο από 90°) στη μία άκρη και μία ΑΜΒΛΕΙΑ γωνία (μεγαλύτερη από 90°) στην εξωτερική γωνία. Οι άλλες δύο άκρες – ακμές θα είναι 90 μοιρών.



Σχήμα 5 Τριβέας διαμόρφωσης γωνιακής μορφής

Όταν θα είναι να χρησιμοποιήσουμε φύλλο υαλόχαρτου το τοποθετούμε στον πάγκο εργασίας και το γωνιασμένο τεμάχιο μας χρησιμοποιείται ως οδηγός ή ‘φράκτης’ για να κρατήσει το κομμάτι προς κατεργασία στην επιθυμητή γωνία καθώς κινείται (μπρος-πίσω) πάνω από το υαλόχαρτό μας όπως φαίνεται στο σχήμα 6. Το χονδροειδές υαλόχαρτο (60άρι) θα χρησιμεύσει ώστε να αφαιρεθεί γρήγορα ο στόκος και αυτό της κατηγορίας (120) θα χρησιμεύσει για πιο λεπτομερές φινίρισμα της επιφάνειάς μας. Η ανάλογη περίπτωση θα μας καθορίσει για το αν θα χρησιμοποιήσουμε την οξεία ή αμβλεία γωνία.

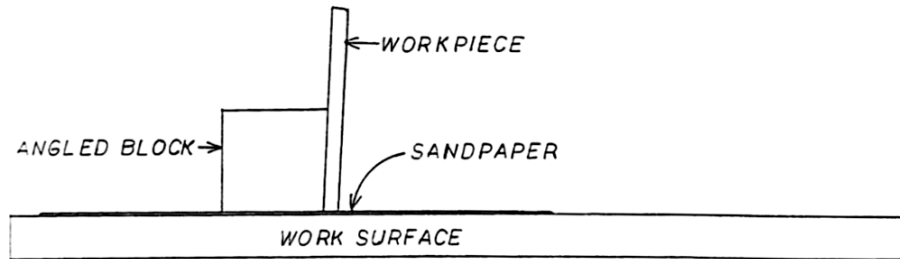
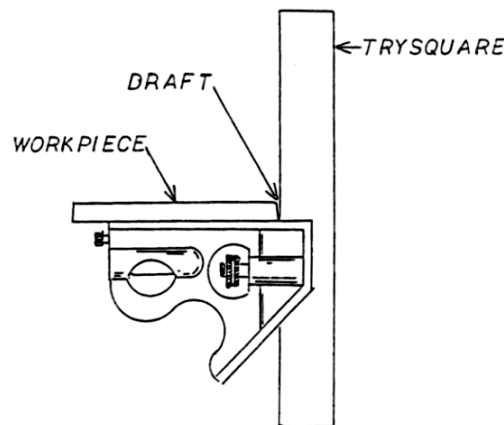


FIGURE 6- USING THE ANGLE BLOCK

Figure 7 illustrates the use of a try-square to check the draft angle on all vertical surfaces of the pattern.



Σχήμα 7. Έλεγχος σύγκλισης(Draft)

Κόβοντας απλά σε μορφή και μέγεθος και ‘φινιρίζοντας’ με τα γωνιακής μορφής ‘ξύλινα τεμάχια με υαλόχαρτο’ θα εξυπηρετηθούν σχεδόν όλες οι ορθογώνιες μορφές. Οι στρογγυλές μορφές μπορούν να παραχθούν στον τόρνο και οι σύνθετες μορφές μπορούν να συναρμολογηθούν με κόλλα. Σε μερικές περιπτώσεις μικρά ακέφαλα καρφιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με κολλημένες ενώσεις για να συναρμολογηθούν τα πρότυπα-εκμαγαεία.

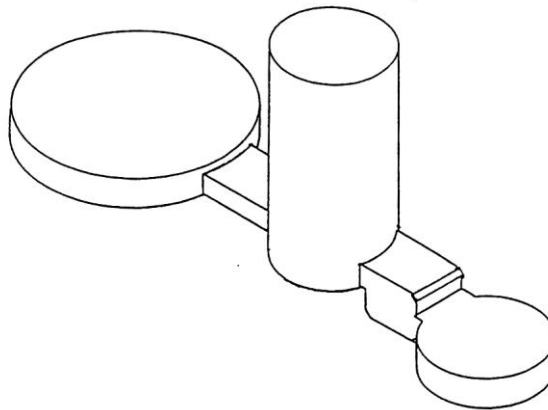
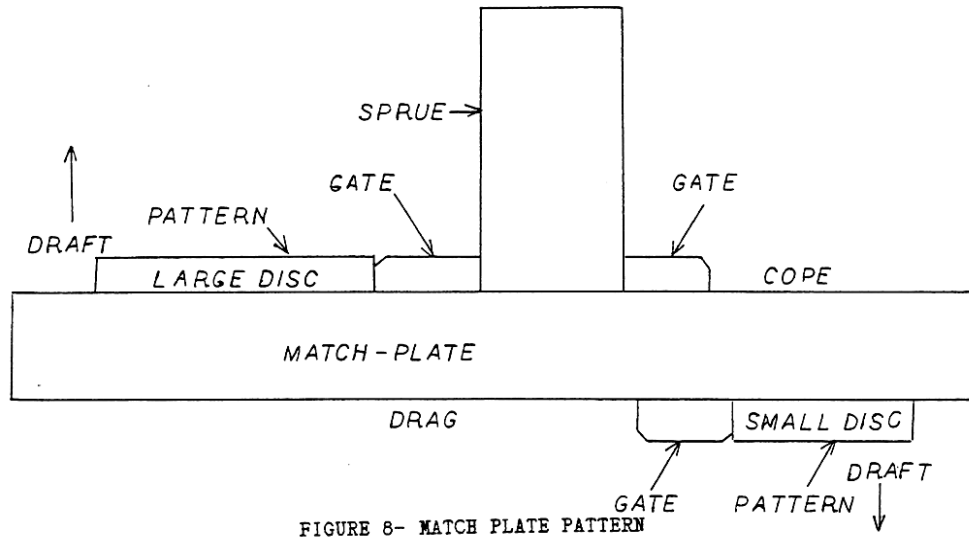
Λεπτό σμυριδόχαρτο τυλιγμένο γύρω από ένα ξύλινο τεμάχιο-γόμφο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά για τη στρογγύλευση των εξωτερικών γωνιών. Οι κεφαλόδεσμοι(γραμμικές προεξοχές στην επιφάνεια) μπορούν να ‘καθαριστούν’ στις εσωτερικές γωνίες με το δάχτυλο, και το γυαλόχαρτο μπορεί να τυλιχτεί γύρω από μια ράβδο ή ένα ξύλινο πείρο-γόμφο ώστε να ολοκληρωθεί η επιφάνεια των ‘κεφαλόδεσμων’.

Ο πολυεστερικός στόκος είναι ένα ιδανικό υλικό για τέτοια εργασία δεδομένου ότι εφαρμόζει επάνω σταθερά (σχεδόν απόλυτα) σε σύντομο χρονικό διάστημα και μπορεί να υποστεί επεξεργασία εύκολα ακόμα και μετά από αρκετό χρονικό διάστημα της αρχικής τοποθετήσεώς του. Όταν 'στερεωθεί' πλήρως είναι πολύ ανθεκτικό.

Σε μερικές περιπτώσεις πρόσθετα εργαλεία πρέπει να επινοηθούν ώστε να ολοκληρωθούν όλες οι επιφάνειες που είναι σχετικά όχι εύκολα προσβάσιμες. Οι μικρές περιγραμμένες ή επίπεδες μεταλλουργικές ξύστρες μπορούν εύκολα να γίνουν από ελαφρά μεταλλικά φύλλα. Και μερικές φορές λειτουργούν καλά για το ακόνισμα της κεφαλής ενός καρφιού καθώς και για την εγκατάσταση ενός γόμφου για μια λαβή ώστε να κατασκευάσουμε μια απλή μεταλλουργική ξύστρα.

Σημαντικό πράγμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι τα πρότυπα-εκμαγεία πρέπει να υποστούν σύγκλιση(draft) και λείανση έτσι ώστε να αποσύρονται εύκολα από τη φόρμα χωρίς σπάσιμο στην άκρη της κοιλότητας.

Σε αυτό το πρόγραμμα μερικά από τα πρότυπα θα χρησιμοποιηθούν χωριστά και άλλα θα τοποθετηθούν σε έναν πίνακα-πάγκο- αποκαλούμενο MATCH-PLATE (πρότυπος πίνακας ταιριάσματος). Ένα πλεονέκτημα του παραπάνω πάγκου είναι ότι τα διάφορα πρότυπα μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα ενιαίο εκμαγείο-πρότυπο, κερδίζοντας κατά συνέπεια πολύ χρόνο και εργασία. Αλλά, το πιο σημαντικό, μερικά από αυτά τα πρότυπα θα είναι αρκετά δύσκολο ή αδύνατο να χυτευθούν εκτός αν πρώτα εγκατασταθούν-τοποθετηθούν επί της MATCH-PLATE. Το εξωτερικά κολλημένο κοντραπλακέ κατηγορίας AC, των 3/4" εξυπηρετεί πολύ καλά για την τοποθέτηση των προτύπων. Οι λεπτομέρειες τοποθέτησης των προτύπων στην MATCH-PLATE θα καλυφθούν αργότερα. Το σχήμα 8 επεξηγεί την μορφή μίας MATCH-PLATE με ένα μεγάλο 'σχέδιο'-'δίσκο' που τοποθετείται από τη COPE πλευρά (αντιγραφής) και ένα μικρό πρότυπο-δίσκων που τοποθετείται από τη χαμηλότερη πλευρά, πλευρά έλξης (DRAG). Παρατηρήστε εκείνη την κατεύθυνση του DRAFT (σύγκλισης/απόκλισης) στην άνω και κάτω πλευρά της MATCH-PLATE. Η πορεία του λειωμένου μετάλλου που θα εισαχθεί στο καλούπι καθορίζεται από τον SPRUE (εγχυτήρα) και της ΠΥΛΕΣ ή (ΔΡΟΜΕΙΣ). Παρατηρήστε ότι οι πύλες για το μικρό δίσκο επικαλύπτουν και της δύο πλευρές της MATCH-PLATE έτσι ώστε μια συνεχής πορεία διαμορφώνεται για το λειωμένο μέταλλο. Το σχήμα 9 παρουσιάζει το χυτό που προκύπτει από τη χύτευση της Match-Plate (πρότυπο πίνακα ταιριάσματος).



Σχ.9 Χύτευση 2 δίσκων

Όταν τελικά περαστούν μια ή δύο στρώσεις βερνικιού ή χρώματος, το εκμαγείο μας θα μονωθεί ενάντια στη διείσδυση υγρασίας. Το χρώμα ή το βερνίκι συχνά τείνει να “φουσκώσει” τους κόκκους του ξύλου έτσι λοιπόν ίσως χρειαστεί να τρίψουμε κάποιες επιφάνειες μετά το στέγνωμα. Οποιοσδήποτε υπόλοιπες πληροφορίες στην παραγωγή των “εκμαγείων-προτύπων” προκύψουν θα συζητηθούν ξεχωριστά. Καθώς και η χύτευση των εκμαγείων θα συζητηθεί χωριστά.

Η επεξήγηση των επιμέρους Τεμαχίων

Πριν συζητήσουμε για τα διάφορα, μεμονωμένα πρότυπα-εκμαγεία, θα ήταν σκόπιμο να εξοικειωθούμε με τα ονόματα των επιμέρους τεμαχίων. Ασφαλώς δεν θα είναι όλα τα τεμάχια χυτά, αλλά θα τα παρουσιάσουμε με λεπτομέρεια προτού προχωρήσουμε παρακάτω.

Με την εξέταση των επιμέρους τεμαχίων στο σχήμα 10 και στην πάνω όψη του σχήματος 11 θα γίνει περισσότερο αντιληπτή η σχέση μεταξύ των διάφορων μερών. Παρατηρήστε ότι οι συναρμογές προσαρμοσέων των γραμμών αέρα παρουσιάζονται 90° εκτός θέσεως σύμφωνα με το βασικό σχεδιασμό των τεμαχίων. Αυτό γίνεται έτσι ώστε η ράβδος(μπιέλα) των εμβόλων μεταφοράς να είναι ορατή σε αυτό το σχέδιο. Αλλά η σωστή θέση παρουσιάζεται στην πάνω όψη και επίσης στο μεμονωμένο – σχέδιο λεπτομερειών. Παρατηρήστε επίσης ότι και οι κύλινδροι μεταφοράς και οι κύλινδροι ισχύος αντισταθμίζονται στο $\frac{1}{8}$ " έτσι ώστε οι μπιέλες να μπορέσουν να υπερκαλύψουν τον οδηγό του στροφείου (στροφάλου). Δείτε πώς το έμβολο ισχύος είναι σε στενή επαφή με τον κύλιντρό του αλλά το έμβολο του εκτοπιστή δεν έρχεται σε επαφή με τα τοιχώματα των κυλίνδρων καθόλου. Φυσικά τα εσωτερικά μέρη είναι τα ίδια ανά ζευγάρι(αντικριστών) κυλίνδρων. Λεπτομέρειες όσον αφορά την μηχανουργική του θέματος και το φινίρισμα θα δοθούν σε αυτό το κεφάλαιο, όπου απαιτείται.

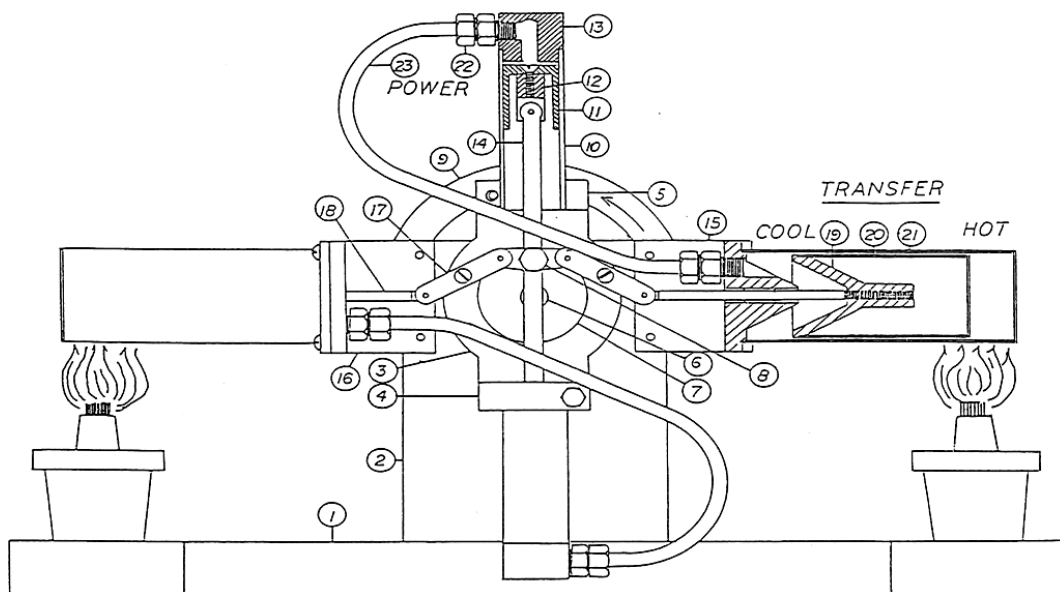
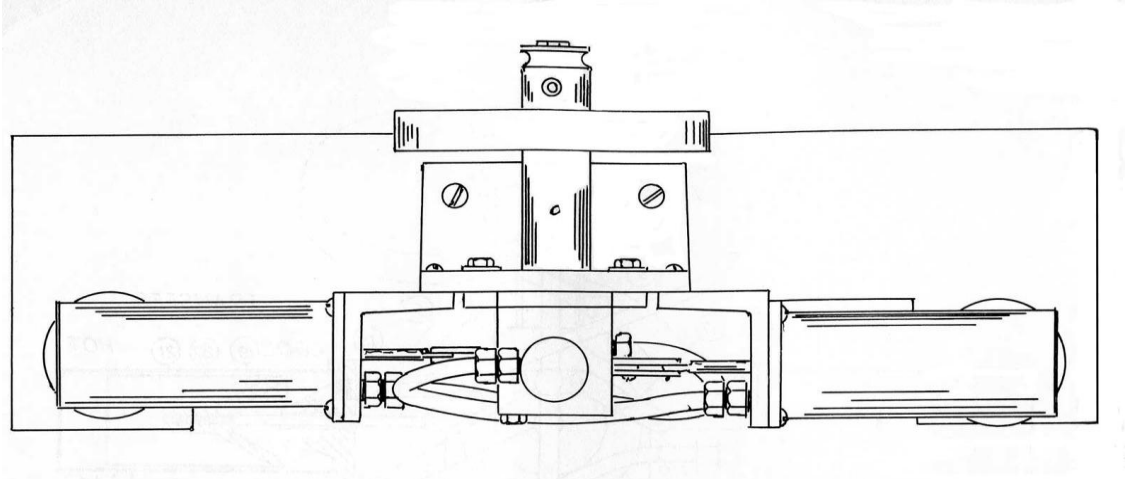


FIGURE 10- PARTS KEY

1- WOODEN STAND	14- CONNECTING ROD
2- BASE CASTING	15- RIGHT TRANSFER CYLINDER MOUNT
3- POWER CYLINDER PLATE	16- LEFT TRANSFER CYLINDER MOUNT
4- LOWER POWER CYLINDER MOUNT	17- TRANSFER PISTON ROD LINK
5- UPPER POWER CYLINDER MOUNT	18- TRANSFER PISTON ROD
6- CRANK PLATE	19- TRANSFER PISTON BASE
7- CRANK SHAFT	20- TRANSFER PISTON
8- CRANK PIN	21- TRANSFER CYLINDER
9- FLYWHEEL	22- AIR LINE ADAPTER
10- POWER CYLINDER	23- AIR LINE
11- POWER PISTON	24- ALCOHOL LAMP
12- GUDGEON & WRIST PIN	25- COOLING FINS
13- POWER CYLINDER HEAD	

Σχήμα 10

Μερικά τεμάχια, όπως μικρές βίδες, δακτύλιοι-ροδέλες, δεν είναι αριθμημένα αλλά θα συζητηθούν αργότερα όταν θα είναι να κατασκευαστούν. Πιο λεπτομερή σχέδια, φωτογραφίες θα παρουσιαστούν παρακάτω όταν αυτό απαιτηθεί καθώς το πρόγραμμα θα προοδεύει.



Σχήμα 11

ΤΟ “ΠΡΟΤΥΠΟ-ΕΚΜΑΓΕΙΟ” ΤΟΥ ΧΥΤΟΥ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ

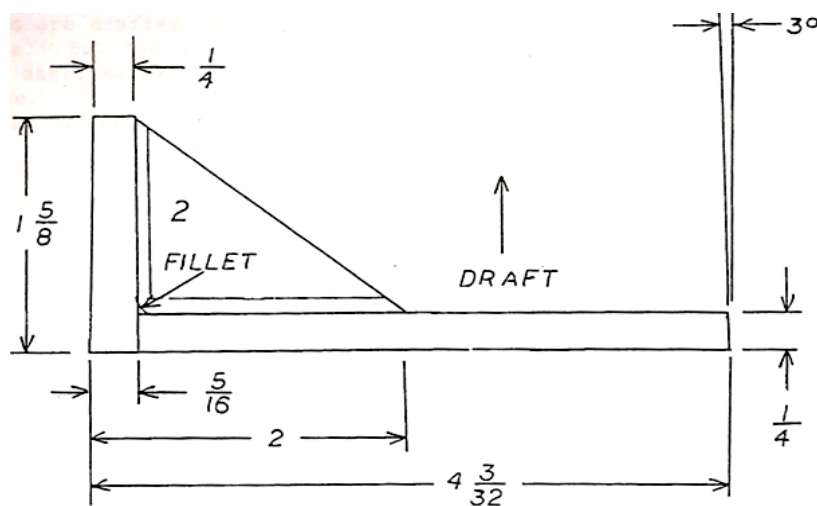
Αναφερόμενοι στο σχήμα 12, το συγκεκριμένο σχέδιο κατασκευάζεται ευκολότερα από τρία κομμάτια που μπορούν να φινιριστούν σε μορφή και διάσταση προτού αρχίσει η συναρμολόγηση. Μόνο μια πλάγια και μια πίσω όψη δίνεται αλλά κάθε ουσιαστική λεπτομέρεια για την συνολική εικόνα μπορεί να συγκεντρωθεί από αυτό που παρουσιάζεται έτσι ώστε να μπορείτε να διαμορφώσετε εκείνη την εικόνα στο μυαλό σας. Φυσικά μια κάτοψη θα παρουσιάζει ένα ορθογώνιο $3 \frac{1}{16}$ " πλάτους και $4 \frac{3}{32}$ " μήκους με τον σύνδεσμο των $5/16$ " από το τέλος. Και η πάνω όψη θα ήταν ένα ορθογώνιο της ίδιας διάστασης αλλά θα έδειχνε επίσης τους συνδέσμους των ενώσεων καθώς και τις λωρίδες στο πόδι και την ενισχυτική διαμόρφωση. Εάν δεν είστε εξοικειωμένοι στην μετάφραση-κατανόηση αυτών των προτύπων όψεων πρέπει να κάνετε εδώ μία παύση για αρκετό διάστημα ώστε να εξοικειωθείτε με αυτό το τμήμα της τεχνικής.

Συγκρίνετε αυτό το σχέδιο με το σχέδιο του προτύπου και θα δείτε το πού η μέριμνα έχει ληφθεί για την συστολή στο μήκος και το πλάτος, αλλά έχει αγνοηθεί στο πάχος και το ύψος των μελών επειδή δεν είναι σημαντικό σε αυτήν την περίπτωση.

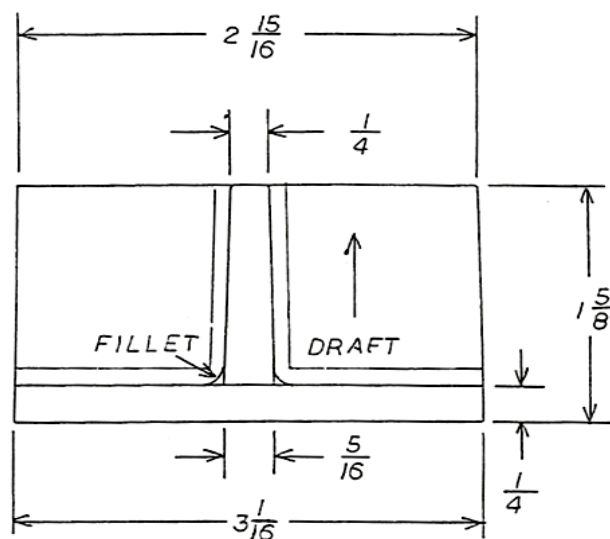
Έχει επιτραπεί 3° draft (σύγκλιση) του σχεδίου ενώ 1° draft θα ήταν πραγματικά επαρκές για ένα ειδικευμένο ‘χυτευτή’. Εάν είστε αρχάριος θα εκτιμήσετε το πλεονέκτημα που δίνεται από το πρόσθετο σχέδιο και θα είναι ακόμα μια αποδεκτή χύτευση. Στην πραγματικότητα περισσότερο draft θα μπορούσε να επιτραπεί χωρίς κανένα πρόβλημα.

Παρατηρήστε ότι το βέλος που δείχνει το «DRAFT» (σύγκλιση) δείχνει προς τα πάνω και στις δύο όψεις, το οποίο δείχνει ότι όλες οι διαστάσεις επάνω από τη βασική γραμμή είναι μικρότερες από τη διάσταση των 'βασικών γραμμών'.

Η μεγαλύτερη ορθογώνια μερίδα είναι ομοιόμορφης πυκνότητας πάχους $1/4$ " ενώ το πόδι και η ενισχυτική διαμόρφωση, που στέκονται κάθετα κατά τη διάρκεια της σχηματοποίησης, είναι πάχους $5/16$ " στη βασική γραμμή και $1/4$ " στην ανώτερη διάσταση. Οι ανώτερες διαστάσεις είναι κατά προσέγγιση και όχι τόσο κρίσιμες. Αλλά δίνονται για να τονίσουν τον παράγοντα της σύγκλισης(draft) και για να υποδείξουν μια κατευθυντήρια γραμμή/δρόμο. Το σημαντικό πράγμα είναι ότι όλες οι κάθετες επιφάνειες κλίνουν προς το εσωτερικό έτσι ώστε το πρότυπο να αποσυρθεί εύκολα από το καλούπι.



BASE CASTING PATTERN, SIDE VIEW



BASE CASTING PATTERN, TOP END VIEW

Σχήμα 12

Καθώς μορφοποιείτε το κύριο ορθογώνιο μέρος θυμηθείτε ότι η ακμή των εξωτερικών όψεων και οι δύο πλευρές έχουν σύγκλιση τρεις μοίρες (3°), η οποία θα είναι μια οξεία γωνία από τη βασική γραμμή. Αλλά το τέλος “της ακμής” που ενώνει με το πόδι είναι μια οξεία γωνία. Επίσης η γωνία μεταξύ των οριζόντιων και κάθετων ακμών της ενισχυτικής διαμόρφωσης θα είναι οξεία. Εάν αυτά τα μέλη δεν στέκονται πραγματικά κάθετα το πλεονέκτημα της “σύγκλησης-draft” του σχεδίου θα χαθεί.

Η μόνη πρακτική μέθοδος να ενωθούν αυτά τα λεπτά τμήματα είναι με αυτήν της κόλλησης. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να στερεωθούν τα μέρη, με σφικτήρα ασφαλώς έως ότου η κόλλα στερεοποιηθεί. Θα ήταν εύκολο να αυτοσχεδιαστεί ένας σφικτήρας τοποθετημένος στην κορυφή του πάγκου σας ή ένα κομμάτι ξύλου κοντραπλακέ. Απλά φτιάξτε ένα ευθύ δοκάρι και ένα οξύληκτο όπως φαίνεται στο σχήμα 13, και κάνετε μια σφήνα για να το ταιριάξετε με τη γωνία του οξύληκτου δοκαριού. Καρφώστε το ευθύ δοκάρι στην επιφάνεια. Χαλαρά συναρμολογήστε το εκμαγείο-πρότυπο και καρφώστε το εκλεπτυσμένο δοκάρι στην επιφάνεια με τη σφήνα ευθυγραμμίζοντας το. Κατόπιν αφού κολλήσετε την ένωση και αναγκάσετε τη σφήνα να μπει στη θέση της τα μέρη θα στερεωθούν ασφαλώς. Μπορεί να κριθεί απαραίτητο να πακτωθεί ελαφρώς με ένα καρφί το πρότυπο-εκμαγείο στην επιφάνεια εάν τείνει να “πεταχτεί” στην ένωση. Πρέπει επίσης να βάλετε από κάτω ένα φύλλο κυρωμένου χαρτιού ή να τρίψετε το κερί στην επιφάνεια έτσι ώστε η συναρμογή μας να μην κολλήσει στην επιφάνεια καθώς θα στάζει η κόλλα από την ένωση πάνω στη στερέωση. Η επιπρόσθετη, βοηθητική ενίσχυση μπορεί να είναι υπάρχει έως ότου στερεοποιηθεί η κόλλα ή τα καρφιά μπορούν να αφεθούν μόνιμα στο πρότυπο-εκμαγείο. Θα ήταν προτιμότερο να προτρυπηθούν οπές για τα καρφιά ώστε να αποφευχθεί ο διαχωρισμός των λεπτών τμημάτων. Μπορείτε απλά να κόψετε το κεφάλι από ένα καρφί και να το τοποθετήσετε στο τσοκ των τρυπανιών για να τρυπήσετε τις αρχικές τρύπες με αυτό. Επιβεβαιωθείτε ότι το συνδετικό έλασμα και το μέλος των ποδών είναι ακριβώς κάθετα μεταξύ τους και ότι το πρότυπο συντάσσετε(Drafted) καλά σε όλες τις πλευρές.

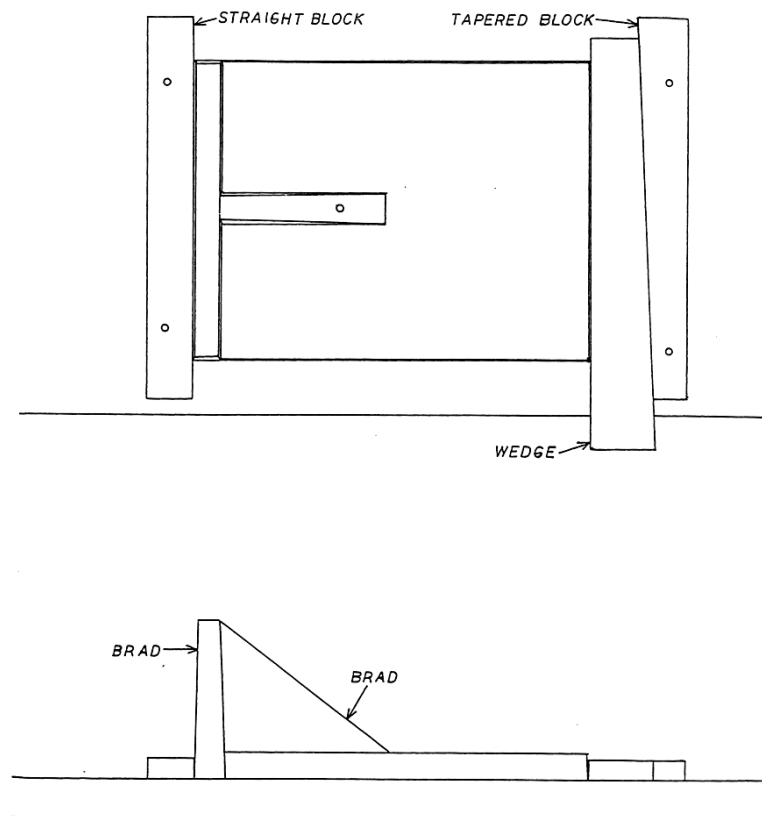
Όταν η κόλλα θα έχει ‘καθίσει’ λεπτομερώς αφαιρέστε τη σφήνα και χρησιμοποιείτε τον ‘τάκο’ ώστε να τριφτούν με υαλόχαρτο όλες οι κάθετες επιφάνειες. Σκουπίστε μια λωρίδα σε όλες τις εσωτερικές γωνίες και ελαφρά γύρω από όλες τις γωνίες εξωτερικών όψεων. Ξύστε όπως απαιτείται με υαλόχαρτο για να παραγάγετε ομαλές επιφάνειες. Σφραγίστε το εκμαγείο με βερνίκι ή χρώμα και ελέγξτε για ‘φουσκωμένους κόκκους-εξογκώματα’ μόλις στεγνώσει το ‘βερνίκι-χρώμα’.

Όταν τελειώσετε επιτυχώς με αυτό το πρότυπο-εκμαγείο έχετε κατακτήσει πραγματικά το σημαντικότερο μέρος της τεχνικής του κατασκευαστή προτύπων-εκμαγείων. Άλλα σχέδια-πρότυπα θα είναι βεβαίως πιο περίπλοκα αλλά θα έχετε εφαρμόσει όλες τις σημαντικές αρχές σε αυτήν την άσκηση.

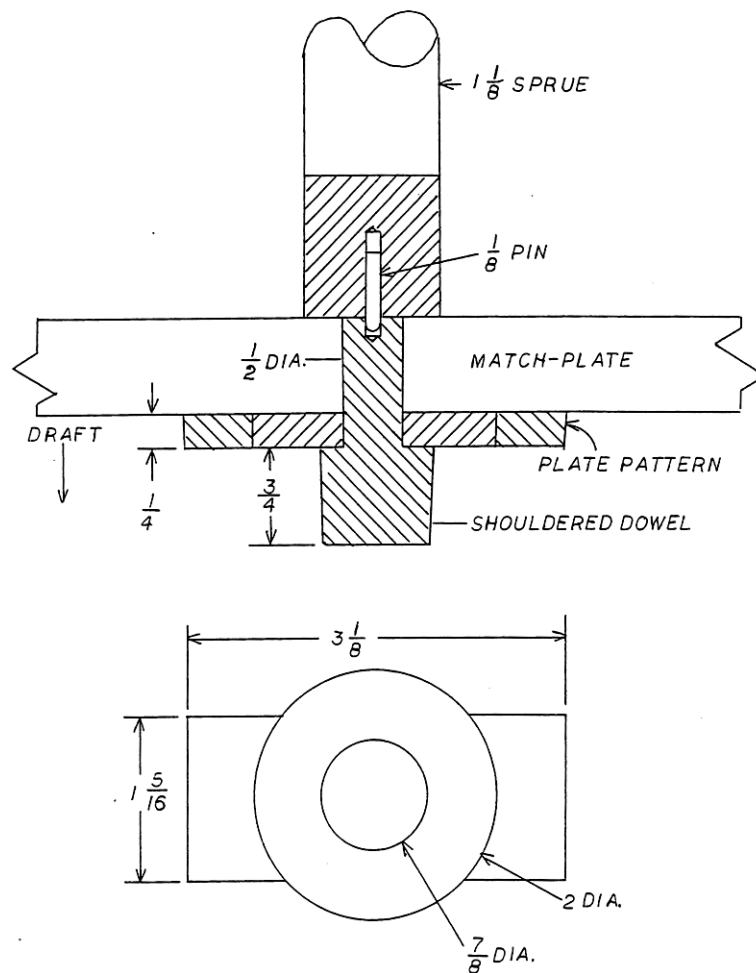
ΤΟ 'ΠΡΟΤΥΠΟ-ΕΚΜΑΓΕΙΟ' ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΙΣΧΥΟΣ.

Αυτό θα είναι το πρώτο παράδειγμα μας χρήσεως μιας MATCH-PLATE αλλά για τώρα απλά θα αρκεστείτε στην κατασκευή των επιμέρους τεμαχίων και θα τα τοποθετήσουμε-προσαρμόσουμε με τα άλλα εκμαγεία-πρότυπα αργότερα. Όπως το χυτό του εκμαγείου της βάσης, θα είναι ευκολότερο, και εδώ, να γίνει σε αρκετά κομμάτια.

Η πρόκληση στην εργασία με τη MATCH-PLATE είναι να επιτευχθεί το τέλει μητρώο και στις δύο πλευρές της πλάκας. Αυτό είναι : το τμήμα του σχεδίου που είναι φορμαρισμένο στην COPE(ΑΝΩ) πλευρά πρέπει να ευθυγραμμιστεί απόλυτα με αυτήν από την πλευρά έλξης(DRAG) ειδάλως μια απόκλιση θα εμφανιστεί κατά τη χύτευσή μας. Αυτό θα αύξανε πολύ τον χρόνο περάτωσης της εργασίας μας και ενδεχομένως να καθιστούσε άχρηστο το αποτέλεσμά της. Ο εύκολος τρόπος είναι να τρυπηθεί με τρυπάνι μια τρύπα μέσω του δίσκου(plate) έτσι ώστε έχετε μια ακριβή αναφορά και στις δύο πλευρές. Δεδομένου ότι αυτό το σχέδιο είναι συμμετρικό μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το κεντρικό μέλος για να εντοπίσετε ταυτόχρονα το σχέδιο στο δίσκο καθώς και το τέλος στην αντίθετη πλευρά έτσι ώστε θα κεντραριστεί ακριβώς. Σε αυτήν την περίπτωση που ο εγχυτήρας θα γίνει μέρος-κομμάτι του εκμαγείου έτσι ώστε, η θέση, το μέγεθος, και η κάθετη ευθυγράμμισή της να είναι κρίσιμες.



Σχήμα 13



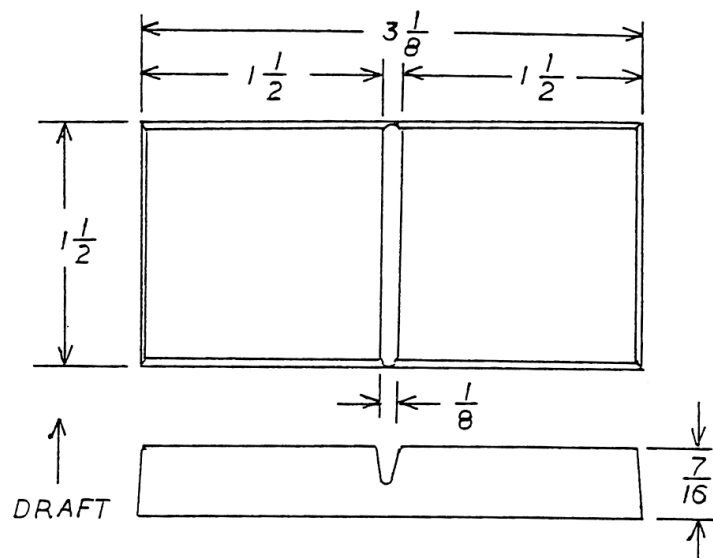
Σχήμα 14 - Το πρότυπο-εκμαγείο του κυλίνδρου ισχύος

Έτσι τοποθετήστε ένα κομμάτι σκληρού ξύλου* στο τσοκ του τόρνου και τορνάρεται έναν πείρο ευθυγράμμισης με την εξωτερική άκρη σε διάμετρο $\frac{1}{2}$ " και μήκος 1". Τρυπήστε στο κέντρο την εξωτερική άκρη με μήκος $\frac{1}{8}$ " με περίπου $\frac{1}{4}$ " βάθος. Τορνάρατε την εσωτερική άκρη στα $\frac{7}{8}$ " με 3° σύγκλιση(draft) και ξεχωρίστε την στα $\frac{3}{4}$ " από τον πείρο ευθυγράμμισης . Προσέξτε τις κατευθύνσεις των συγκλίσεων(drafting) στο σχήμα 14. Ο πείρος ευθυγράμμισης θα περάσει εν τω μέσω του εκμαγείου και της MATCH-PLATE καθώς και της κεντρικής οπής του $\frac{1}{8}$ " και θα ευθυγραμμιστούν επακριβώς με το διάκενο στην (COPE)άνω πλευρά. Το μήκος των $\frac{3}{4}$ " της μερίδας διαμέτρων των $\frac{7}{8}$ " θα φανεί να είναι υπερβολικό δεδομένου ότι αντιστοιχεί στον πείρο συγκράτησης διαστάσεων-διαμέτρων των $\frac{3}{16}$ " \times $\frac{3}{4}$ " που αργότερα θα επεξεργαστούμε στον τόρνο. Αλλά θα διαπιστώσετε ότι το επιπρόσθετο μήκος θα είναι απαραίτητο για να μονταριστεί το χυτό ως μέρος των διαδικασιών της κατεργασίας.

*ξύλο ή ξυλεία από φυλλοβόλα και μη κωνοφόρα δένδρα.

Το τμήμα των δίσκων (PLATES) του εκμαγείου θα μπορούσε να πριονιστεί από ένα μόνο κομμάτι αλλά αυτό αποδεικνύεται ως μια γεμάτη παγίδες εργασία όταν εμπλέκεται και η σύγκλιση(DRAFT). Επίσης δύσκολο είναι να κεντροθετηθεί ακριβώς μια τρύπα της $\frac{1}{2}$ " σε ένα τέτοιο κομμάτι. Έτσι τοποθέτησα ένα οκτάγωνο χονδρό δοκάρι του $\frac{1}{4}$ " σε έναν σπειροτομημένο άξονα της $\frac{1}{2}$ " και το τόννευσα στη διάμετρο των 2" με 3° σύγκλιση(draft). Κατόπιν τοποθετούμε ένα μεγαλύτερο δοκάρι του $\frac{1}{4}$ " στο υποστήριγμα των τεσσάρων σιαγόνων(του τόννου) και το πέρασα με μορφή σφικτής συναρμογής για το δίσκο των 2". Τελικά κόβουμε τα κομμάτια(άκρες) μήκους 1—" από το ήδη τρυπημένο κομμάτι για να διαμορφώσουμε τις άκρες του δίσκου. Τα κομμάτια προσαρμόστηκαν χρησιμοποιώντας τα γωνιακής μορφής κομμάτια ξύλου(τάκους) και έπειτα ευθυγραμμίστηκαν και συναρμολογήθηκαν με κόλλα όπως χρησιμοποιήσαμε στη μέθοδο των σφικτήρων σφηνών.

Αργότερα θα τρυπήσουμε μία τρύπα $\frac{1}{2}$ " διαμέσω της MATCH-PLATE (δίσκου αντιστοιχιών) και θα τοποθετήσουμε το πρότυπο όπως φαίνεται στην τμηματική άποψη του σχήματος 14.



Σχήμα 15. Σχέδιο βάσης του κυλίνδρου ισχύος

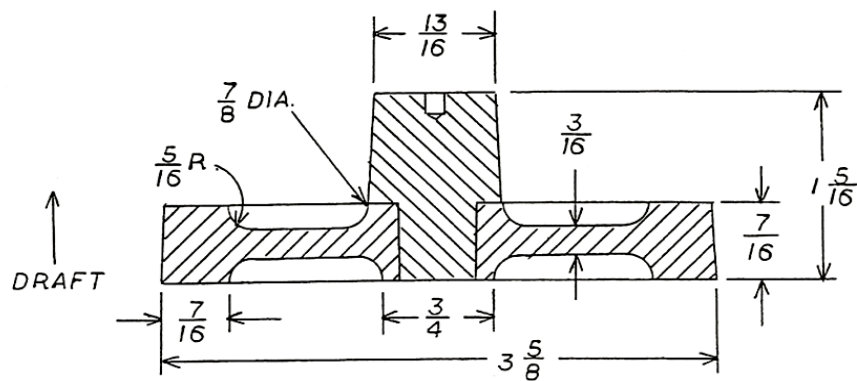
ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ-ΕΚΜΑΓΕΙΟ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Αυτό θα είναι το απλούστερο σχέδιο, απλά γιατί αποτελείται μόνο από ένα ορθογώνιο με 3° σύγκλιση και στις τέσσερις πλευρές του, με καλά συντεταγμένο(drafted) αυλάκι στο κέντρο. Το θέμα μας είναι να παραχθεί ένα τραχύ επίπεδο τεμάχιο από το οποίο θα επεξεργαστούμε τα ορθογώνια υποστηρίγματα για να τοποθετήσουμε τους κυλίνδρους ισχύος της μηχανής μας στο δίσκο. Το αυλάκι θα καταστήσει εύκολο τον διαχωρισμό του “τεμαχίου” στο μισό.

Οι διαστάσεις θα είναι όπως δείχνει το σχήμα 15 για ένα τεμάχιο αρκετά μεγάλο και για τα δύο υποστηρίγματα.

ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ-ΕΚΜΑΓΕΙΟ-ΤΟΥ ΣΦΟΝΔΥΛΟΥ/ΒΟΛΑΝ

Θα είναι ευκολότερο να τοποθετηθεί ένα προκατεργασμένο κομμάτι ξύλου πάχους $7/16''$ στον τόρνο με έναν σπειροτομημένο άξονα για να τονάρει το κύριο σώμα του σφονδύλου όπως φαίνεται λεπτομερώς στο σχήμα 16. Τώρα τονάρετε την πλήμνη του τεμαχίου που τοποθετείται στο τσοκ και κολλήστε το στην κεντρική οπή του κύριου σώματος. Η τρύπα του $1/8''$ του πείρου θα εντοπίσει την πλήμνη, η οποία θα έχει μία ακίδα κεντροθετημένη στην άκρη της.

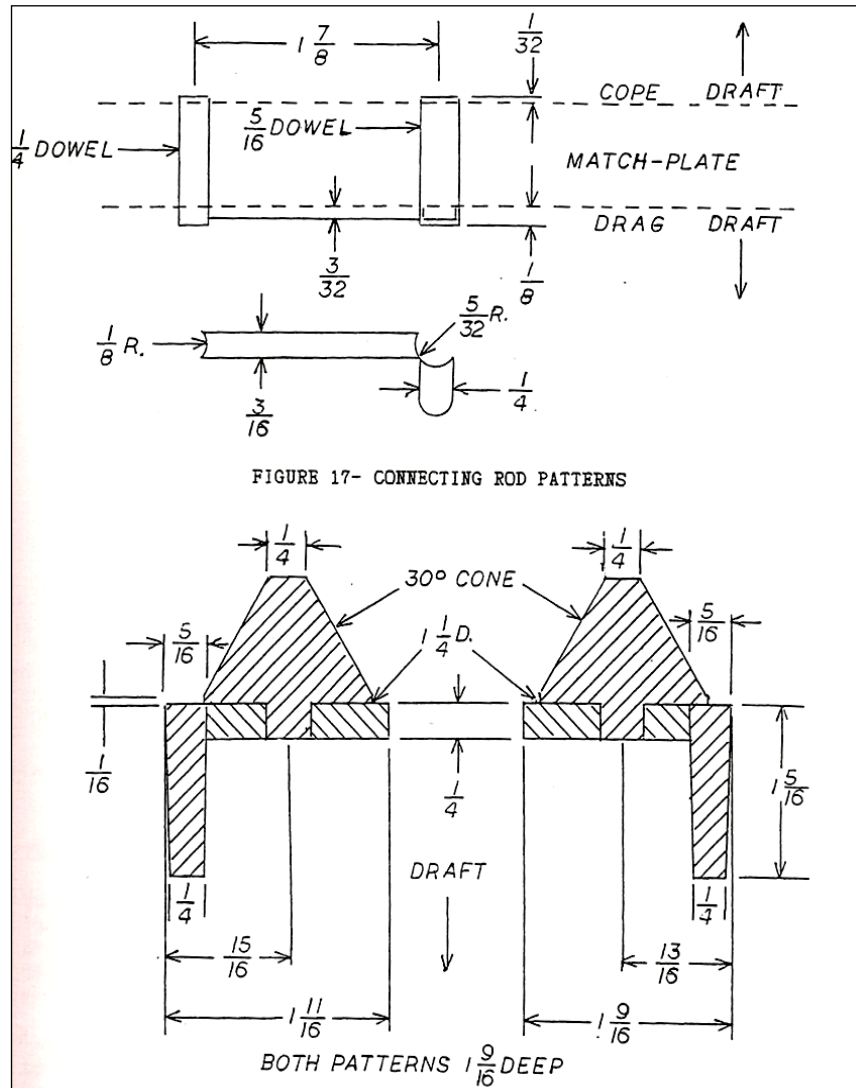


Σχήμα 16 Το σχέδιο του βολάν

ΤΑ ΣΧΕΔΙΑ-ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΩΝ ΜΠΙΕΛΩΝ / ΔΙΩΣΤΗΡΩΝ

Οι μπιέλες/διωστήρες είναι το πιο 'εκλεπτυσμένο' μέρος του προγράμματος. Το να μορφοποιήσει κανείς αυτές τις μορφές σε ξύλο απαιτεί ιδιαίτερη ικανότητα και θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη η χύτευση ως χαλαρό(πρότυπο)-μοδέλο. Αλλά είναι εύκολη υπόθεση να τρυπηθεί επακριβώς ένα ζευγάρι οπών και να κολληθεί ένα ζευγάρι γόμφων. Κατόπιν το σώμα της μπιέλας κόβεται από χονδρό ξύλο διάστασης $3/32$ ιντσών και κολλιέται εν τω μέσω των γόμφων. Η επέκταση για τη σύνδεση των μπιελών εμβόλων μεταφοράς είναι επίσης κολλημένη. Σημειώστε στο σχήμα 17 ότι ολόκληρο το σώμα είναι μόνο σε μια πλευρά του (πιάτου αντιστοιχιών) MATCH-PLATE αλλά οι άκρες των γόμφων προεξέχουν και στις δύο πλευρές. Ένας γόμφος θα είναι διαμέτρου $5/16''$ και άλλος θα είναι του $1/4''$. Το μήκος των γόμφων θα είναι $5/32''$ πιο μακρύ από το πάχος της MATCH-PLATE (δίσκου αντιστοιχιών). Θα προεξέχουν ακριβώς $1/32''$ από την COPE(άνω) πλευρά και $1/8''$ από την (DRAG)κάτω πλευρά-έλξης-. Κατά συνέπεια θα υπάρχει μια ανακύρτωση(εξόγκωμα) σε κάθε πλευρά του σώματος. Παρατηρήστε επίσης ότι η επέκταση για τη συνδετήρια ράβδο(μπιέλα) των εμβόλων μεταφοράς θα είναι $3/32$ ιντσες πάχους όπως το σώμα.

Μερικά τριψίματα με μία λίμα θα μειώσουν εύκολα το πάχος του χυτού αργότερα. Προετοιμάστε δύο set προτύπων-εκμαγείων που θα τοποθετηθούν αργότερα στη MATCH-PLATE (δίσκος αντιστοιχιών) με άλλα σχέδια.

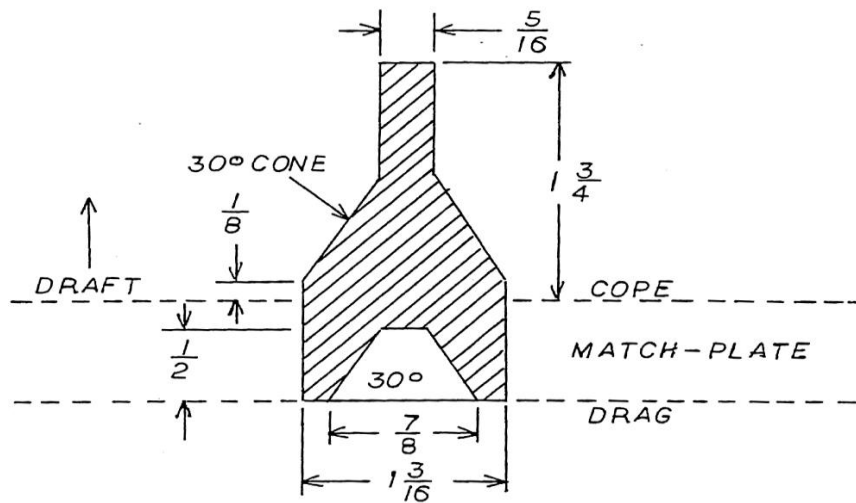


Σχήμα 17-18. Τα σχέδια των βάσεων στήριξης των εκτοπιστών

ΤΑ 'ΚΑΛΟΥΠΙΑ' - ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΤΗ

Το σχήμα 18 επεξηγεί το σχεδιάγραμμα αυτών των δύο σχεδίων. Οι μερίδες των κόνων θα ανοιχτούν εύκολα στον τόρνο και η μερίδα των υποστηριγμάτων θα γίνει καλύτερα σε δύο κομμάτια όπως έγινε στο σχέδιο της βάσης. Για άλλη μια φορά ο (σφηνοειδής σφιγκτήρας) WEDGE CLAMP θα κάνει εύκολη την εργασία μας ώστε να κολληθούν επάνω τα κομμάτια. Παρατηρήστε ότι τα οριζόντια μέρη του υποστηρίγματος είναι ομοιόμορφου πάχους $\frac{1}{4}$ " ενώ η κάθετη μερίδα εκλεπτυσμένη προς σύγκλιση (draft). Φυσικά και οι τέσσερις πλευρές της μερίδας υποστηριγμάτων πρέπει να συνταχθούν (drafted).

Και τα δύο σχέδια θα είναι βάθους $1\frac{9}{16}$ " επί της βασικής γραμμής. Ειδικά παρατηρήστε ότι υπάρχει μια διαφορά του $1/8$ " στις κεντρικές αποστάσεις. Αυτό θα είναι σημαντικό αργότερα κατά την επεξεργασία των χυτών στη μηχανή.



Σχήμα 19. Το βασικό σχέδιο του εμβόλου εκτοπισμού

ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ-ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΕΜΒΟΛΑ ΕΚΤΟΠΙΣΜΟΥ

Με μια πρώτη ματιά τα σχέδια αυτών των match plate φαίνεται να στερούνται τις σημαντικές διαστάσεις. Αλλά είναι μόνο το πάχος του δίσκου-πιάτου που έχει αφαιρεθεί εκτός. Τα αρχικά σχέδια είχαν τοποθετηθεί σε κοντραπλακέ $3/4$ " αλλά εσείς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διαφορετικές διαστάσεις. Απλά προσθέστε το πάχος του δίσκου(πλάκας) σας για τη συνολική/τελική διάσταση κάθε σχεδίου. Το σχήμα 19 μας δίνει ένα σαφές σχεδιάγραμμα για τη βάση των εμβόλων εκτοπισμού. Δύο όμοια σχέδια θα απαιτηθούν. Ο μίσχος των $5/16$ " σε διάμετρο γίνεται μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο για να μας παρέχει μια 'λαβή' στην κατεργασία της χύτευσης. Τοποθετήστε το τεμάχιό σας στο τσοκ του τόνου και 'γυρίστε' τη βασική διάμετρο της εξωτερικής όψης και τον εσωτερικό κώνο πρώτα.

Με την ίδια στροφή να κάνετε και τον εξωτερικό κώνο και τελικά το μίσχο. Θυμηθείτε να δώσετε στο μίσχο μια μικρή σύγκλιση(draft) και στρώστε με άμμο πολύ ομαλά πριν τον αποχωρισμό.

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΥΤΕΥΣΗ ΤΩΝ ΕΚΜΑΓΕΙΩΝ

Όλα αυτά που απαιτούνται για την επίτευξη ενός ικανοποιητικού εργαστηριακού εκμαγείου είναι να εμβαπτισθεί το πρότυπο στην άμμο σχηματοποίησης και να αποχωριστεί από αυτήν χωρίς καταστροφή της εσωτερικής του κοιλότητας. Μια απλή δήλωση αλλά η πράξη είναι όχι πάντα τόσο απλή. Μερικές μορφές προκύπτουν “αδέξιες”, το λιγότερο!.

Και άλλες πρέπει απλά να τοποθετηθούν επάνω σε μια ευρύτερη επιφάνεια για να χυτευθούν τουλάχιστον. Έτσι λοιπόν αρκετά από αυτά τα σχέδια θα τοποθετηθούν και θα γίνουν σε μια ενιαία φόρμα. Αυτά θα είναι δίσκος-βάση του κυλίνδρου ισχύος, οι συνδετήριοι ράβδοι(μπιέλες-διωστήρες), οι βάσεις του εμβόλου εκτοπισμού και οι λαμπτήρες αλκοόλης μαζί με τα καπάκια τους. Θα ήταν πραγματικά δυνατό να τοποθετηθούν όλα αυτά τα πρότυπα, για αυτό το πρόγραμμα, σε μία ενιαία MATCH-PLATE (δίσκο-αντιστοιχιών) και να “παραχθούν” όλα τα χυτά από μια φόρμα. Αλλά μία τέτοια περίπλοκη MATCH-PLATE θα απαιτούσε σίγουρα μια μηχανή χύτευσης ή το ελάχιστο κάποια μηχανική ενίσχυση για να εξασφαλίσει μια τελειώς ευθεία ανέλκυση κατά το άνοιγμα της φόρμας και την απόσυρση της MATCH-PLATE (δίσκου-αντιστοιχιών). Έτσι μερικά από τα σχέδια θα αφηθούν “ξεκαλούπωτα”. Αυτά καλούνται ΧΑΛΑΡΑ ΣΧΕΔΙΑ/ΠΡΟΤΥΠΑ. Η χύτευση της βάσης, ο σφόνδυλος και τα υποστηρίγματα κυλίνδρων ισχύος μπορούν εύκολα να κατασκευαστούν ως χαλαρά σχέδια.

Τα υποστηρίγματα των κυλίνδρων μεταφοράς είναι σε μια άλλη ακόμα ταξινόμηση επειδή το έμβολο των κώνων παρεμποδίζει την τοποθέτησή τους στο πίνακα χύτευσης για την αρχική λειτουργία. Έτσι τρυπάμε ένα ζευγάρι οπών στον πίνακα χύτευσης για να εισαχθούν οι κώνοι και έπειτα γίνεται εύκολο να φορμαριστούν αυτά τα σχέδια ακριβώς όπως οποιαδήποτε “χαλαρό σχέδιο”. Ο τρυπημένος πίνακας χύτευσης καλείται FOLLOW BOARD (ακόλουθος πίνακας). Μπορείτε να καταστήσετε τον πίνακα αρκετά μεγάλο έτσι ώστε τα άλλα χαλαρά σχέδια να μπορούν να φορμαριστούν με τα πρότυπα του κυλίνδρου μεταφοράς έτσι ώστε η προμήθεια δύο εκμαγείων – προτύπων θα είναι αρκετά για τη μηχανή μας.

ΟΙ «ΦΙΑΛΕΣ» ΤΩΝ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ {ΠΡΟΤΥΠΑ}

Εάν έχετε ήδη μια κατάταξη φιαλών δεν θα είναι δύσκολο να προσαρμοστεί/τροποποιηθεί το σχεδιάγραμμα της MATCH-PLATE(πίνακα αντιστοιχιών) και της FOLLOW BOARD(ακόλουθος πίνακας) ώστε να τοποθετηθεί πάνω σε αυτές ότι έχετε ήδη έτοιμο. Αλλά εάν θέλετε εκ νέου (την δημιουργία των παραπάνω) θα χρειαστείτε δύο μεγέθη φιαλών: 8"×12" και 10"×12". Το σχήμα 21 παρουσιάζει τη μικρότερη φιάλη. Φυσικά μεγαλύτερες φιάλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ή τα σχεδιαγράμματα μπορούν να αλλάξουν για να χρησιμοποιήσουμε τις μικρότερες φιάλες.

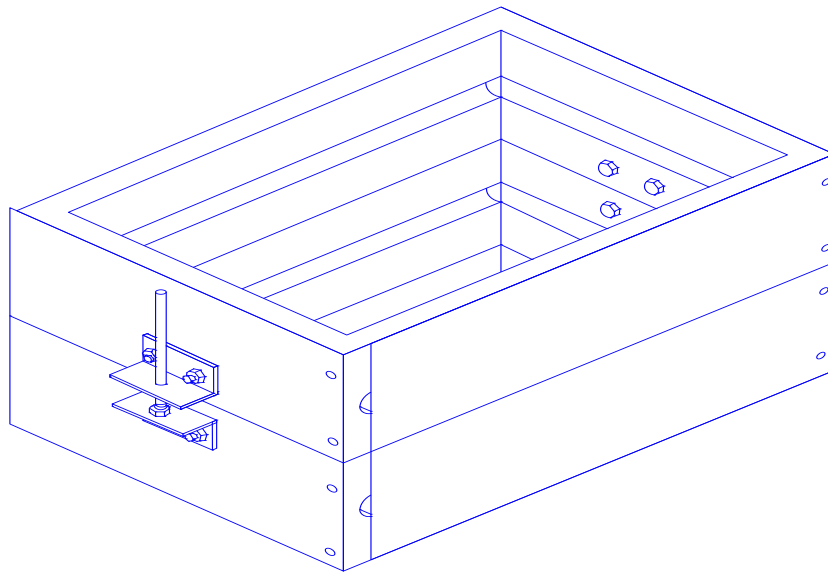
Κοινό απόθεμα του 1×4 είναι επαρκές και μπορείτε να ενώσετε τα μέλη με ήλους ή βίδες. Η κόλληση θα κάνει μια πιο στιβαρή φιάλη.

Τα υποστηρίγματα για τους οδηγούς γόμφους κόβονται από κοινό σίδηρο γωνίας $1'' \times \frac{1}{8}''$, περίπου $2''$ μήκους. Οι γόμφοι είναι σπειροτομημένοι στα $\frac{1}{4}'' \times 4''$, άνευ κεφαλής. Τα υποστηρίγματα είναι βιδωμένα επί των φιαλών με σπείρωμα του $\frac{1}{4}''$.

Το κοινό απόθεμα του 1×4 έχει $\frac{3}{4}''$ πάχος και $3 \frac{1}{2}''$ μήκος. Προσθέστε $\frac{3}{4}''$ επί της ονομαστικής διαστάσεως της φιάλης για το μήκος των πλευρών. Έτσι τέσσερα κομμάτια μήκους $8 \frac{3}{4}''$ και τέσσερα κομμάτια μήκους $12 \frac{3}{4}''$ θα είναι αρκετά για την άνω -COPE- και κάτω -DRAG- πλευρά μιας φιάλης των $8'' \times 12''$.

Τα αυλάκια μπορούν να κοπούν με ένα “σκαλιστήρι” μετάλλων, με έναν ‘πασαμέντο’ ή με πολλαπλά περάσματα από το σιδηροπρίονο μας. Εάν στερεώσετε μια οξύληκτη σφήνα περίπου $2''$ ανά πόδι η οποία θα «διασχίζει» το όριο του φράχτη μπορείτε να περάσετε το «τεμάχιό» σας πάνω από την πριονοκορδέλα σε τέτοια γωνία που θα σας επιτρέψει να κόψετε διαγωνίως ένα ημικυκλικό αυλάκι. Σηκώστε τη λεπίδα λιγότερο από το βάθος των δοντιών του πριονιού σε κάθε πέρασμα. Κάνετε τις διαγώνιες κοπές ακριβώς τετράγωνες και συναρμολογήστε τις φιάλες προσεκτικά έτσι ώστε να συνταχθούν καλά κατά τον διαχωρισμό.

Κάντε τους οδηγούς(γόμφους) ανά αντιστοιχημένα ζευγάρια, στερεώνοντας τα μαζί, για την περαιτέρω διάτρηση. Διευρύνετε τις τρύπες ελαφρώς, εάν είναι απαραίτητο, για να εξασφαλίσετε την ολίσθηση των γόμφων μέσα και έξω ελεύθερα. Εντούτοις θέλετε έναν ελάχιστο τζόγο για την αποφυγή της μετατόπισης κατά το “πάρσιμο-πέρασμα” με την πλάνη.



Σχήμα 21

Σφραγίστε τις ολοκληρωμένες φιάλες με βερνίκι ή χρώμα ώστε να αποφευχθεί η απορρόφηση υγρασίας.

ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ MATCH-PLATE [ΠΙΝΑΚΑΣ – ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ]

Ο σκοπός της MATCH-PLATE (πίνακας-αντιστοιχησης) είναι να εξασφαλισθούν τα σχέδια στην κατάλληλη θέση για τη σχηματοποίηση και να επιτραπεί το “τίναγμα” του προτύπου ώστε να απελευθερωθεί αυτό από την άμμο προτού ανοιχθεί η φόρμα. Έτσι ο πίνακάς μας (Match-Plate) πρέπει να είναι λίγο μεγαλύτερος από τις διαστάσεις των εξωτερικών όψεων της φιάλης και πρέπει να είναι αρκετά άκαμπτος έτσι ώστε να μην στρεβλώσει υπό πίεση κατά τη διαδικασία του εμβολισμού. Φυσικά πρέπει επίσης να είναι λογικού και ομοιόμορφου πάχους και με στις δύο πλευρές τις ομοιόμορφα στρωμένες με άμμο. Το εξωτερικά κολλημένο κόντρα - πλακέ κατηγορίας AC των 3/4" είναι ιδανικό για την εργασία αυτή. Σιγουρευτείτε ότι το απόθεμα που θα επιλέξετε είναι πραγματικά επίπεδο έτσι ώστε μην ‘ταλαντευθεί’ κατά την τοποθέτηση της φιάλης.

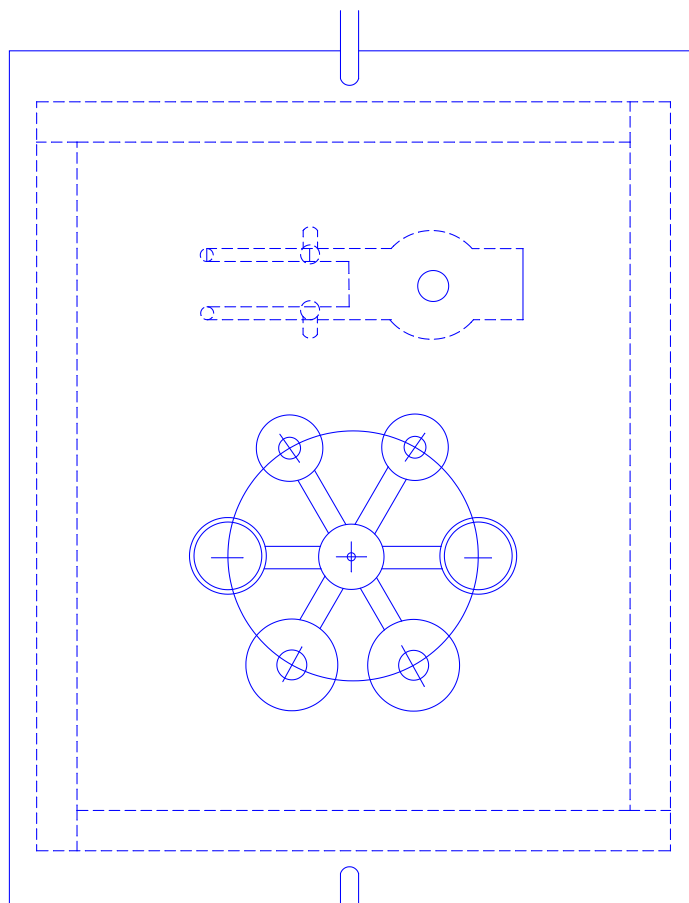
Οι εξωτερικές διαστάσεις της φιάλης των 10" × 12" είναι 11 1/2" × 13 1/2". Έτσι λοιπόν προετοιμάστε μία MATCH-PLATE (πίνακα αντιστοιχιών) με διαστάσεις περίπου στα 12 1/2" × 15 1/2". Οι εγκοπές κόβονται σε κάθε άκρη ώστε να είναι ελεύθεροι οι οδηγοί-γόμφοι.

Σχεδιάστε επί της MATCH-PLATE (δίσκο αντιστοιχιών) και τρυπήστε όπως εκτίθεται λεπτομερώς στο σχήμα 22. Τα κομμάτια για τις βάσεις των εμβόλων μεταφοράς και οι λαμπτήρες αλκοόλης θα εγκατασταθούν στον κύκλο των οπών. Μια κυκλική πύλη -δίοδος - θα τροφοδοτήσει τους έξι ακτινικούς δρομείς-διόδους. Το σχέδιο-πρότυπο του δίσκου των κυλίνδρων ισχύος και τα σχέδια των διωστήρων-μπιελών θα ενωθούν μαζί για να τροφοδοτηθούν κατάλληλα από ξεχωριστό εγχυτήρα.

Ο πρακτικότερος τρόπος να τρυπηθούν οι μεγαλύτερες τρύπες είναι με ένα ρυθμιζόμενο πριονοτύπανο. Η κατηγοριοποίηση της κοινής ‘ποικιλίας’ δεν είναι αρκετά αξιόπιστη για ακριβή εργασία έτσι πρέπει να τρυπήσετε δοκιμαστικές τρύπες καθώς θα προσαρμόζετε το μέγεθος. Σιγουρευτείτε ότι τα έτοιμα σχέδια θα γλιστρήσουν εύκολα στις δοκιμαστικές τρύπες προτού να τρυπήσετε την MATCH-PLATE. Μια ‘χαλαρή’ ανοχή είναι Ο.Κ. γιατί μπορείτε να τοποθετήσετε τα σχέδια στη MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) ώστε να επικαλύψετε το πρότυπο με πολυεστέρα τύπου (auto body-putty) το οποίο θα καλύψει οποιαδήποτε κενά υπάρχουν.

Σημειώστε ότι στο σχήμα 22 οι εγκοπές των 5/16" κόβονται σε κάθε της άκρη της MATCH-PLATE ώστε να είναι εμφανείς οι ακίδες-οηγοί της φιάλης. Το περίγραμμα της φιάλης ορίζεται ως σημείο αναφοράς και οι διαστάσεις του σχεδιαγράμματος δίνονται από την εσωτερική γραμμή. Ξεκινήστε σημειώνοντας το κέντρο του κύκλου των 4 1/2" επάνω στον οποίο τα έξι πρότυπα θα τοποθετηθούν. Διαρέστε τον κύκλο σε έξι ίσα διαστήματα για να εντοπίσετε τα κέντρα καθενός από τα πρότυπα. Κατόπιν φτιάξτε τις τρύπες για κάθε ένα από τα σχέδια. Επίσης σχεδιάστε και τρυπήστε μία οπή της 1/2" η οποία θα είναι το κέντρο του προτύπου του κυλίνδρου ισχύος και οι τρύπες των 5/16" και 1/4" για τη στήριξη τροχών των.

Βάλτε το δίσκο-πίατο σε μια επίπεδη επιφάνεια με ένα κυρτωμένο φύλλο ώστε να αποφευχθεί η συγκόλληση με χημικό δεσμό με την επιφάνεια εργασίας. Επικαλύψτε κάθε σχέδιο με πολυεστέρα τύπου auto body-putty και τοποθετήστε τα στις αντίστοιχες τρύπες τους, έτσι ώστε η DRAG-κάτω πλευρά(έλξης) να είναι ομοιόμορφη και ότι στηρίζονται ασφαλώς και τα σχέδια-πρότυπα θα στέκονται ακριβώς κάθετα. Ξύστε μακριά (απομακρύνετε) το υπερβολικό putty και σιγουρευτείτε ότι τα σχέδια δεν κινούνται έως ότου έχει στερεοποιηθεί καλά ο στόκος. Πληρώστε οποιαδήποτε κενά με επιπλέον 'στόκο' και στρώστε ομαλά με άμμο. Προετοιμάστε έναν δίσκο με διάμετρο της τάξης του $1\frac{1}{8}$ " και βάθους $3/8$ " με μία τρύπα που θα έχει την κεντρική τρύπα στο $1/8$ " και κολλήστε το στο κέντρο του κύκλου. Χωρίστε έναν γόμφο στα $3/8$ " και κόψτε τα στηρίγματα ώστε να προσαρμοστούν μεταξύ του δίσκου και του κάθε σχεδίου-προτύπου. Κολλήστε τα στόμια εκροής μεταλλόμαζας στη θέση τους.

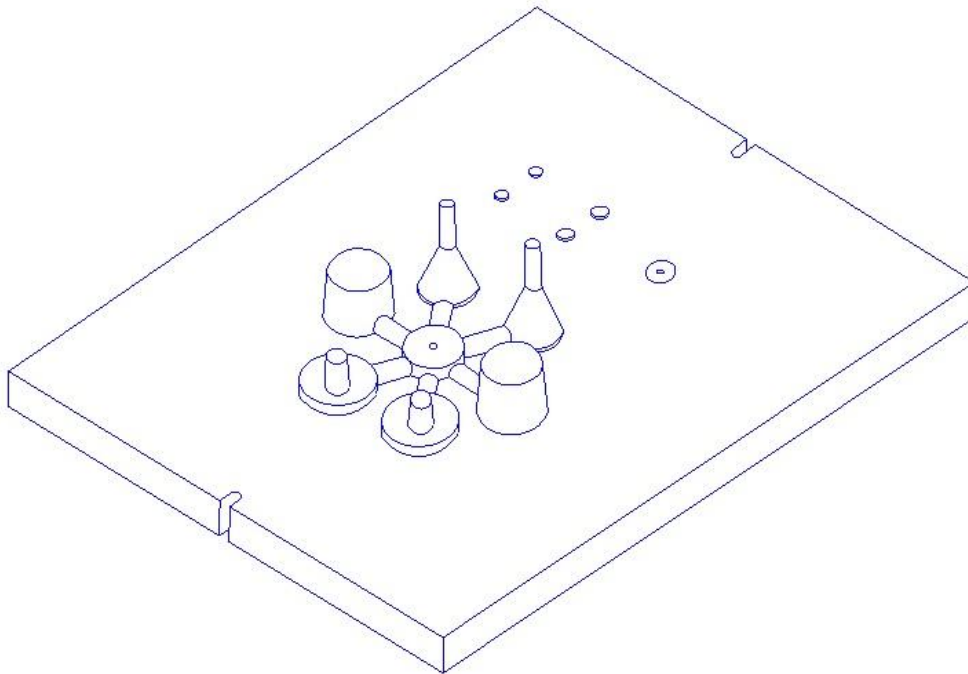


Σχήμα 22. Πίνακας Αντιστοίχισης

Σημειώστε ότι τα σχέδια του δίσκου(plate) για τον κύλινδρο ισχύος και τα σχέδια των (διωστήρων-μπιελών) καταδεικνύονται με διαστιγμένες γραμμές. Αυτό σημαίνει ότι τοποθετούνται από την πλευρά έλξης (Drag) του δίσκου. Κολλήστε το σχέδιο των δίσκων για τους κυλίνδρους ισχύος με τον επωμισμένο γόμφο στην τρύπα της $1/2$ ".

Κολλήστε τους γόμφους που διαμορφώνουν τα στηρίγματα των σχεδίων για τις μπιέλες στις αντίστοιχες τρύπες τους με μια προεξοχή του $\frac{1}{32}$ " προς την (core) πλευρά του δίσκου-πίατου-. Κολλήστε τα "σώματα" και τις επεκτάσεις σχεδίων-προτύπων των μπιελών στην πλευρά έλξης (Drag) του πιάτου. Χωρίστε έναν γόμπο $\frac{5}{16}$ " και προετοιμάστε τους δρομείς-πύλες για την τροφοδοσία των προτύπων-εκμαγείων για τις μπιέλες που θα γίνει από το τέλος του σχεδίου-δίσκου των κυλίνδρων ισχύος. Οι άκρες των δρομέων που ενώνουν τα στηρίγματα των μπιελών πρέπει να εκλεπτυνθούν και να διαμορφωθούν σύμφωνα με το περίγραμμα ώστε να εγκατασταθούν τα στηρίγματα. Κολλήστε τα στη θέση τους για να ολοκληρώσετε τη MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών).

Όταν όλες οι επιφάνειες είναι καθαρές και ομαλές σφραγίστε τη MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) με βερνίκι ή χρώμα. Ελέγξτε για φουσκωμένους κόκκους ή οποιεσδήποτε ρωγμές αφού στεγνώσει η επικάλυψη(βλέπε προηγουμένως) και συνδέστε ανάλογα με τις ανάγκες. Το σχήμα 23 δίνει μια σαφή άποψη της κάτω (core) πλευράς μίας ολοκληρωμένης MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών). Φυσικά η πλευρά έλξης θα καταδεικνύει το σχέδιο των δίσκων του κυλίνδρου ισχύος, τα σχέδια μπιελών/διωστήρων και οι απέναντι λεπτομέρειες που είναι ορατές από την κάτω(core) πλευρά.

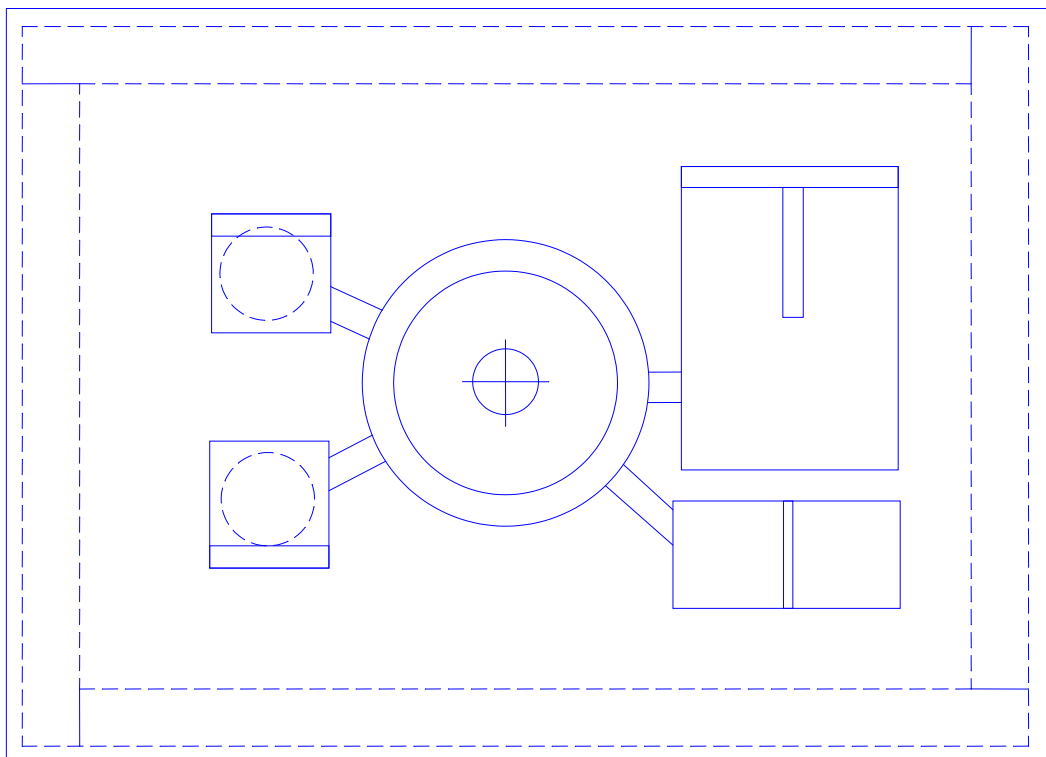


Σχήμα 23. Κάτω (core) πλευρά μίας ολοκληρωμένης MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών)

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΤΕ ΤΟΝ 'ΠΙΝΑΚΑ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ'

Η φιάλη των 8"×12" θα είναι επαρκής σε μέγεθος για τα υπόλοιπα σχέδια. Ο παραπάνω πίνακας προετοιμάζεται όμοια με τη MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) εκτός από το ότι τα σχέδια δεν στερεώνονται(βιδώνονται) σε αυτήν μόνιμα. Και ότι ο ακόλουθος πίνακας δεν 'κτυπιέται' προτού ανοιχτεί η φόρμα, έτσι χρειάζεται μόνο να είναι αρκετά μεγάλη για να καλύψει τη φιάλη. 10"×14" θα είναι επαρκή. Σε αυτήν την περίπτωση θα εξυπηρετήσει και ως 'ακόλουθος πίνακας' για τα σχέδια-πρότυπα του κυλίνδρου του εκτοπιστή αλλά και ως ένας απλός πίνακας για τα εναπομείναντα 'χαλαρά' σχέδια-πρότυπα.

Το σχήμα 24 δείχνει ολόκληρη την ιστορία. Απλά ανοίξτε δύο τρύπες του 1/4" για να δεχτεί τους κώνους των κυλίνδρων μεταφοράς. Ο σφόνδυλος(βολάν), τα χυτά των βάσεων και ο κύλινδρος ισχύος τοποθετούνται στον πίνακα όπως υποδεικνύεται. Όλα τα χυτά μπορούν να τροφοδοτηθούν από το σφόνδυλο. Οι δρομείς θα κοπούν αφότου ανοιχθεί η φόρμα(εκμαγείο) και τα σχέδια αναιρεθούν.



Σχήμα 24. Πίνακας Ακολουθιών

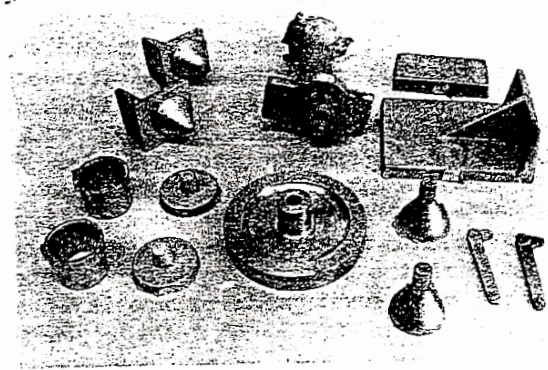
ΚΑΛΟΥΠΩΣΗ & ΧΥΤΕΥΣΗ

FIGURE 25- A SET OF CASTINGS

Τα τεμάχια αυτά είναι ελαφρώς αλλαγμένα ως αναφορά τη λεπτομέρεια τους διότι τα πρότυπά τους έχουν τροποποιηθεί. Το σχήμα 26 παρουσιάζει μερικά χυτά ακριβώς όπως αυτά 'τινάζονται' από τη φόρμα. Αυτά έγιναν επάνω σε μία MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) παρόμοια με αυτήν που παρουσιάζεται σε αυτό το εγχειρίδιο. Σημειώστε το μεγάλο 'σκάλισμα' στο κέντρο του κυλίνδρου ισχύος και τους 'δρομείς' που συνδέουν τις άλλες φόρμες με αυτό. Σε αυτήν την περίπτωση τα υποστηρίγματα κυλίνδρων μεταφοράς έγιναν με μία MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) αλλά αποδείχθηκε αρκετά δύσκολο να ανυψωθεί το πιάτο(δίσκος) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας 'ακόλουθος πίνακας'.

Η σχηματοποίηση μίας MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) διαφέρει ελαφρώς από τη σχηματοποίηση των 'χαλαρών σχεδίων'. Αλλά θα απαιτήσει ένα πρόσθετο μέτρο ικανότητας για να ανοιχτεί η φόρμα και να ανυψωθεί η MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) έτσι λοιπόν μην αποθαρρύνεστε εάν οι πρώτες προσπάθειές σας δεν βγάλουν τόσο καλά αποτελέσματα. Η ανύψωση της MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) αντιστοιχία-πιάτου είναι πραγματικά το ίδιο με την απόσυρση ενός χαλαρού σχεδίου. Γίνεται σε μία ενιαία, ευθεία-επάνω κίνηση, η οποία είναι μια επίκτητη ικανότητα όπως ο χορός. Εσείς απλά εξασκηθείτε μέχρι να το κάνετε σωστά.

Τώρα που έχουμε τα σχέδια μπορούμε να αρχίσουμε να προετοιμάζουμε τις φόρμες καθώς και την παραγωγή των χυτών. Το σχέδιο 25 παρουσιάζει ένα πλήρες σύνολο χυτών για μια μηχανή. Μόνο ο σφόνδυλος(βολάν) έχει κατασκευαστεί μηχανουργικά. Τα άλλα τεμάχια παρουσιάζονται στην τραχεία τους μορφή.

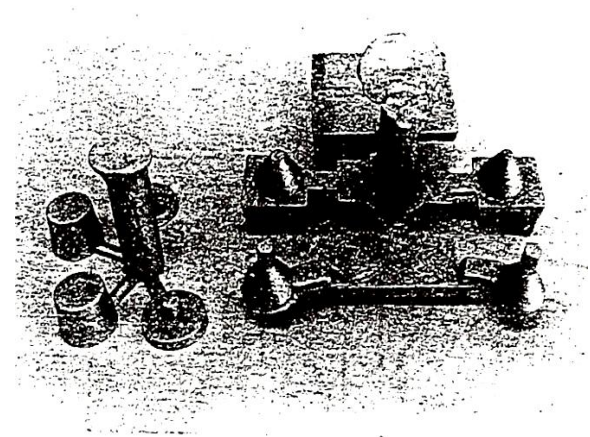


FIGURE 26

Ξεκινήστε τοποθετώντας τη φιάλη στο ήμισυ με τους γόμφους-οδηγούς να δείχνουν προς τα πάνω. Βάλτε τη MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) στη φιάλη με την (COPE)επάνω πλευρά και σύρατε την άλλη φιάλη κατά το ήμισυ επάνω στους γόμφους-οδηγούς.

Αναστρέψτε ολόκληρο το group, ξεσκονίστε τη MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) με τα χωριστά κομμάτια και γεμίστε συμπιέζοντας την κάτω πλευρά(drag) έλξης. Πιέστε την άμμο πολύ ελαφριά στις δεξαμενές λαμπτήρων αλκοόλης με το δάχτυλο αλλά μην το παρακάνετε. Επίσης πιέστε την άμμο και στα άλλα «βαθουλώματα» και γωνίες με τα δάχτυλα. Στη συνέχεια προχωρήστε συμπιέζοντας με το συνηθισμένο τρόπο για να χτυπήσει τελικά από το επίπεδο και να τρίψετε σε έναν κατοπίνακα. Ανατρέψτε ολόκληρο το χυτό.

Σημειώστε ότι δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ των δύο ομάδων σχεδίων-προτύπων. Οπότε δύο κοιλότητες απαιτούνται για τη χύτευση της φόρμας. Η κοιλότητα των $\frac{3}{4}$ " θα παράσχει επαρκώς τον κύκλο των σχεδίων, και έπειτα θα εφοδιάσει το 'απόθεμα' για τη στροφή των εμβόλων. Μία κοιλότητα-ακίδα του $\frac{1}{8}$ " παρέχει τα υπόλοιπα σχέδια και γίνεται η κνήμη της χύτευσης των δίσκων για του κυλίνδρους ισχύος.

Θέστε και τις δύο ακίδες των εγχυτήρων, ξεσκονίστε με το διαχωρισμό και προχωρήστε στον εμβολισμό της άνω(core) πλευράς. Πάλι πιέστε την άμμο στις στενές γωνίες με τα δάχτυλα, πρώτα, και εμβολίστε-χτυπήσατε από μακριά με το συνηθισμένο τρόπο. Αφαιρέστε κατά τη χύτευση τις ακίδες του εγχυτήρα και επενδύστε σωστά έτσι ώστε η άμμος να μην ξεπλυθεί εντός της φόρμας κατά τη χύτευση.

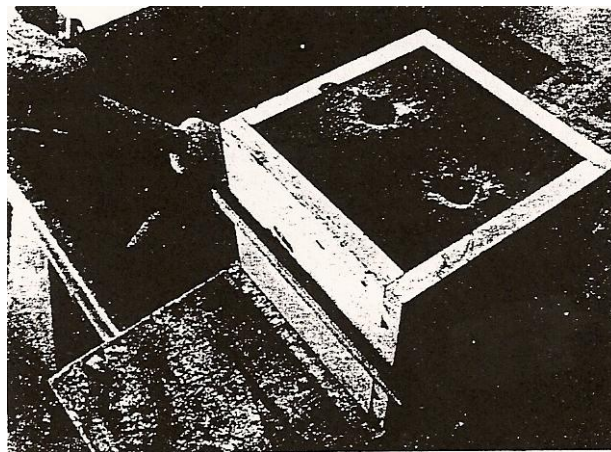


FIGURE 27- RAPPING THE MATCH-PLATE

Με έναν εμβολιστή ή μια σφύρα, κτυπήστε το πιάτο στις τέσσερις πλευρές και τις τέσσερις γωνίες. Η ιδέα είναι να ελευθερωθούν τα σχέδια από την άμμο και διευρυνθούν ελαφρώς οι κοιλότητες. Χτυπώντας πετυχαίνουμε επίσης το κλείσιμο επάνω στις άκρες των κοιλοτήτων. Πιάστε τα υποστηρίγματα των οδηγών-γόμφων σταθερά και ανυψώστε την άνω(core) πλευρά κατ' ευθεία επάνω με μια ενιαία κίνηση και θέστε αυτό στην άκρη πίσω από

την πλευρά έλξης (drag). Φυσικά εάν επιτραπεί να γείρετε μία η περισσότερες μοίρες (°) τα δύο μέρη της φόρμας θα σπάσουν (αποκοπούν) μεταξύ τους.

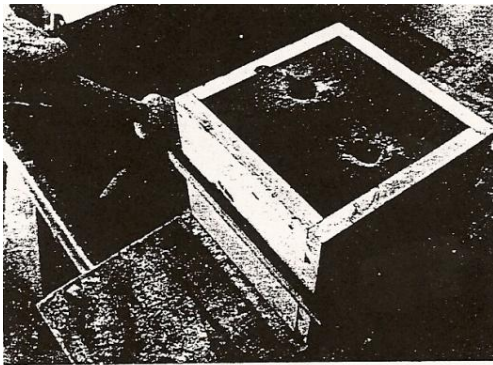


FIGURE 27- RAPPING THE MATCH-PLATE

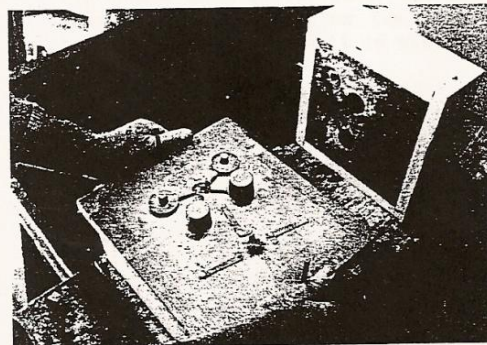


FIGURE 28- LIFTING THE MATCH-PLATE

Ανυψώστε τη MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) με την ίδια επιδέξια ενιαία κίνηση που έχετε εμπειρώσει όπως και για το άνοιγμα της φόρμας. Αξίζει το χρόνο και την προσπάθεια να αποκτηθούν αυτές οι δεξιότητες. Σε περίπτωση αποτυχιών μην ξεχάσετε να ελέγξετε τα σχέδια για τραχιά-‘άγρια στην αφή’ σημεία.

Θυμηθείτε ότι οι χειρονακτικές φόρμες-εκμαγεία δεν είναι τόσο καθαρές και τέλειες όσο αυτές των μηχανών και δεν είναι απαραίτητο να είναι. Τη στιγμή που θα πετύχετε ένα αρκετά ικανοποιητικό καλούπι προχωρήστε κατευθείαν στη χύτευσή του. Μία χονδροειδής λίμα θα καθαρίσει τις άκρες μιας τραχιάς χύτευσης και οι διαδικασίες κατεργασίας- μηχανουργικές- θα κάνουν τα υπόλοιπα.

Το σημαντικότερο είναι να αποφευχθούν οι εγκλεισμοί άμμου κατά τη χύτευση έτσι κρίνεται ιδιαίτερα σκόπιμο να καθαριστούν οι κοιλότητες, οι δρομείς και οι εγχυτήρες προτού ξεκινήσει η χύτευση. Και γυρίστε πάντα την άνω (core) πλευρά οριζόντια ώστε να πετάξει έξω οποιαδήποτε ‘εγκλείσματα’ προτού τη μεταστρέψουμε επί της πλευράς έλξης (drag) για να κλείσει το καλούπι.

Το σχήμα 29 παρουσιάζει μια πλήρη φόρμα που χρησιμοποιεί την MATCH-PLATE (πίνακα-αντιστοιχιών) με λεπτομέρεια σε αυτό το εγχειρίδιο. Σημειώστε ότι οι κοιλότητες των συνδετήριων ράβδων (μπιελών) εμφανίζονται μόνο κατά το ήμισυ στην πλευρά της έλξης (κάτω πλευρά) της φόρμας και ότι η τροφοδοσία γίνεται από την κοιλότητα των δίσκων-κυλίνδρων ισχύος. Σημειώστε επίσης τον μικρότερο εγχυτήρα στον κυκλικό τομέα του δίσκου καθώς ο μεγάλος εγχυτήρας τροφοδοτεί τον δίσκο-πίατο των κυλίνδρων ισχύος. Η

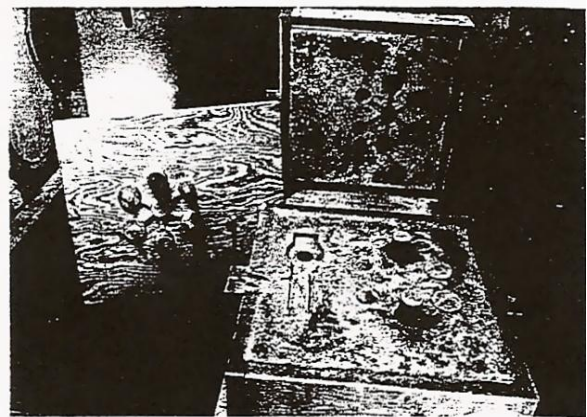


FIGURE 29- A COMPLETED MOLD

συγκεκριμένη MATCH-PLATE (πίνακας-αντιστοιχιών) είναι εύκολα ‘σχηματοποιήσιμη’ και εύκολη στον καθαρισμό της.

Είναι μάλλον δύσκολο να αεριστεί μια MATCH-PLATE (πίνακας-αντιστοιχιών) με το ‘σύρμα’ επειδή τα στοιχεία των σχεδίων είναι μικρά και η θέση τους είναι δύσκολο να τη θυμάσαι αφότου ‘χώνεται’ επάνω η φόρμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο αερισμός με το σύρμα δεν θα είναι απαραίτητος. Αλλά λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους οι μπιέλες-διωστήρες θα χρειαστούν κάποια βοήθεια. Μπορείτε να διατρυπήσετε τη φόρμα με το καλώδιο κοντά στο τέλος κάθε κοιλότητας αφότου ανυψώσετε τη MATCH-PLATE (πίνακας-αντιστοιχιών). Διατρυπήστε μόνο την κάτω πλευρά (έλξης) δεδομένου ότι βλέπει την κατώτατη πλευρά του πίνακα. Μην προσπαθήσετε ποτέ να ωθήσετε το σύρμα-‘καλώδιο’ πέρα από την (Core) πλευρά καθώς αυτή βρίσκεται στην άκρη και μπορεί να σπάσετε τη φόρμα.

Λόγω του λεπτού τμήματός τους μπιέλες θα τείνουν να ψυχθούν προτού να γεμίσουμε την κοιλότητα, έτσι σιγουρευτείτε ότι το λειωμένο μέταλλο σας είναι αρκετά καυτό. Και χύστε γρήγορα, φροντίζοντας ο εγχυτήρας σας να είναι συνέχεια γεμάτος(πλημμυρισμένος) κάθε στιγμή. Όπως στις περισσότερες από τις διαδικασίες στα εργαστήρια χυτηρίων, αυτό είναι μια επίκτητη κρίση. Φαίνεται εκφοβιστικό καταρχάς αλλά είναι απλό θέμα: Εάν σταθεροποιεί προτού να γεμίσουμε την κοιλότητα είναι πάρα πολύ κρύο, ο εξαερισμός είναι ανεπαρκής ή η έγχυση έγινε πάρα πολύ αργά.

Ο ακόλουθος πίνακας(follow-board) γίνεται σχεδόν με τον ίδιο τρόπο αυτού της MATCH-PLATE (πίνακας-αντιστοιχιών) εκτός από το ότι ο πίνακας δεν κτυπιέται πριν ανοιχτεί η φόρμα. Τα σχέδια του κυλίνδρου μεταφοράς τοποθετούνται στις αντίστοιχες τρύπες τους και τα άλλα σχέδια τοποθετούνται στον πίνακα όπως φαίνεται στο σχήμα 24. Μια ακίδα έγχυσης $\frac{3}{4}$ " ή $\frac{7}{8}$ " τίθεται στο κέντρο της πλήμνης του σχεδίου του βολάν (σφόνδυλος).

Ξεσκονίστε το χώρισμα και εμβολίστε το μανδύα (άνω πλευρά) πρώτα. Παράγουμε εύκολα, αναιρούμε την ακίδα του εγχυτήρα και λειαινουμε σε έναν ‘κατοπίνακα’. Αναποδογυρίστε ολόκληρο το χυτό και ανασηκώστε στο ήμισυ την πλευρά έλξης (κάτω πλευρά) από το καλούπι και τον ακόλουθο πίνακα. Θα δείτε όλα τα ομοιότυπα εμβαπτισμένα στην ‘έλξη’ με τους κώνους των κυλίνδρων μεταφοράς να προεξέχουν υπεράνω της επιφάνειας προς πλάνισμα.

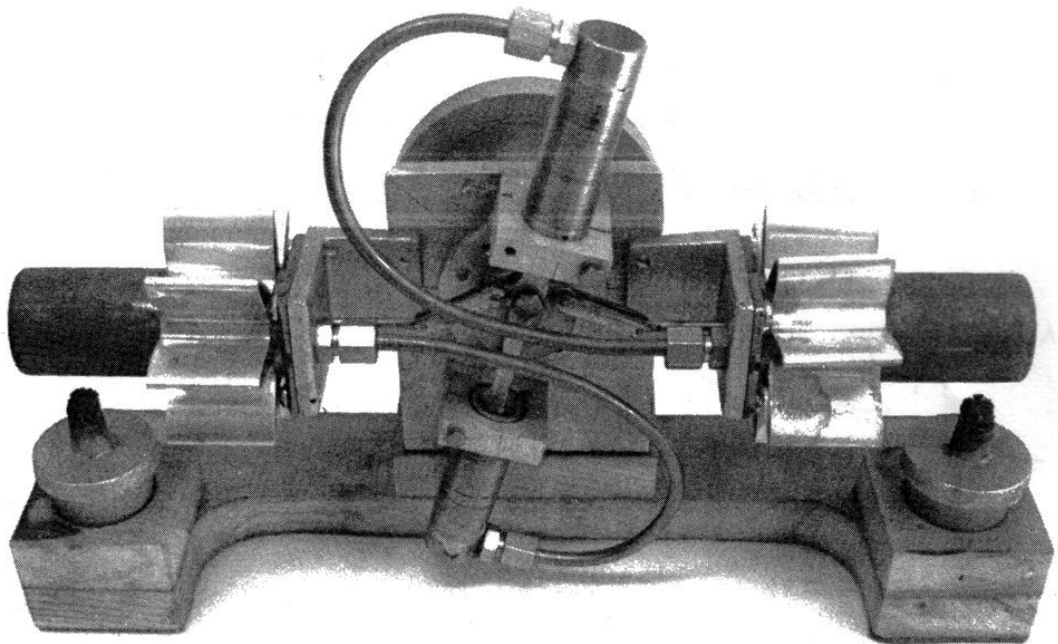
Ξεσκονίστε την παραπάνω επιφάνεια, θέστε την πλευρά της έλξης στο μισό του ομοιότυπου και εμβολίστε την πλευρά της έλξης με το γνωστό τρόπο. Παράγουμε κανονικά, λειαινουμε εύκολα σε έναν κατοπίνακα και αναποδογυρίζουμε ολόκληρο το χυτό. Ανασηκώστε την πλευρά του μανδύα (core πλευρά) και τοποθετήστε την σε έναν κατοπίνακα για σκούπισμα(καθαρισμό), χτυπήσατε για απόσυρση των σχεδίων. Κόψτε τους δρομείς όπως υποδεικνύεται στο σχήμα 24 και σκουπίστε οποιοσδήποτε περιοχές μπορεί να ‘ξεπλυθούν’ κατά την έγχυση. Καθαρίστε όπως απαιτείται, ειδικά τον εγχυτήρα(sprue), και κλείστε από

επάνω τη φόρμα για την έκχυση. Ξαναγυρίστε σε οριζόντια θέση τον μανδύα (core πλευρά) προτού αρχίσουμε την ταλάντευσή με σκοπό τον 'εκδιωγμό' ανεπιθύμητων εγκλεισμάτων.

Και φυσικά εάν αντιμετωπίστε ξεκαλούπωμα του μανδύα (core/άνω πλευράς) θα χρειαστεί μόνο να κάνετε έναν νέο μανδύα παρά μία ολόκληρη φόρμα.

Να είστε υπομονετικός εάν αποκτάτε πρόσφατα – δηλ. τώρα – αυτές τις δεξιότητες χυτηρίων. Θυμηθείτε ότι τίποτα παρά μόνο λίγη σκόνη χάνεται όταν μια φόρμα δε βγαίνει σωστή. Αλλά κερδίσατε πολύ περισσότερο πρακτική εμπειρία κατά τη διάρκεια του εμβολισμού που προηγήθηκε και σύντομα θα κατακτήσετε αυτήν τη δεξιότητα. Θα είναι καλύτερο να παραχθούν δύο ή τρία σύνολα χυτών(εκμαγείων) ακόμα κι αν προγραμματίζετε να κατασκευάσετε μόνο μια μηχανή. Μπορεί να 'χαλάσει' - καταστραφεί το ένα κατά τη διάρκεια της μηχανουργικής κατεργασίας ή να εμφανιστεί κάποια εσωτερική ρωγμή. Εάν σκοπεύετε να φτιάξετε κάποιον αριθμό από αυτές τις μηχανές πρέπει να εξοπλιστείτε με όλα τα χυτά που απαιτούνται καθώς κάποια επιπλέον σετ για την επανεκκίνηση των εργασιών σας.

Τώρα λοιπόν με τα χυτά που έχουμε στα χέρια μας μπορούμε να ξεκινήσουμε τις μηχανουργικές διαδικασίες.

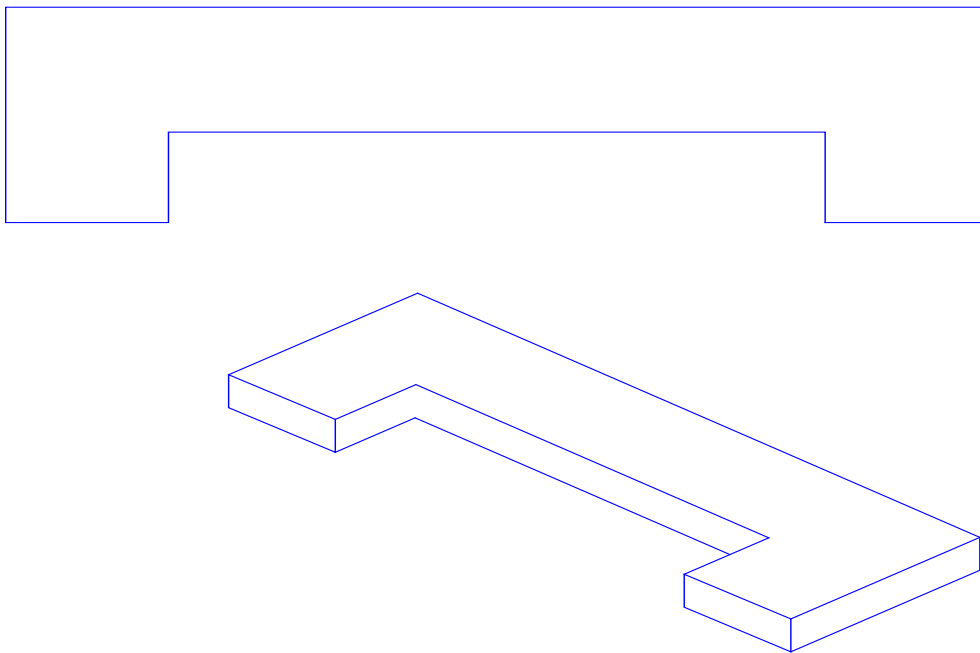


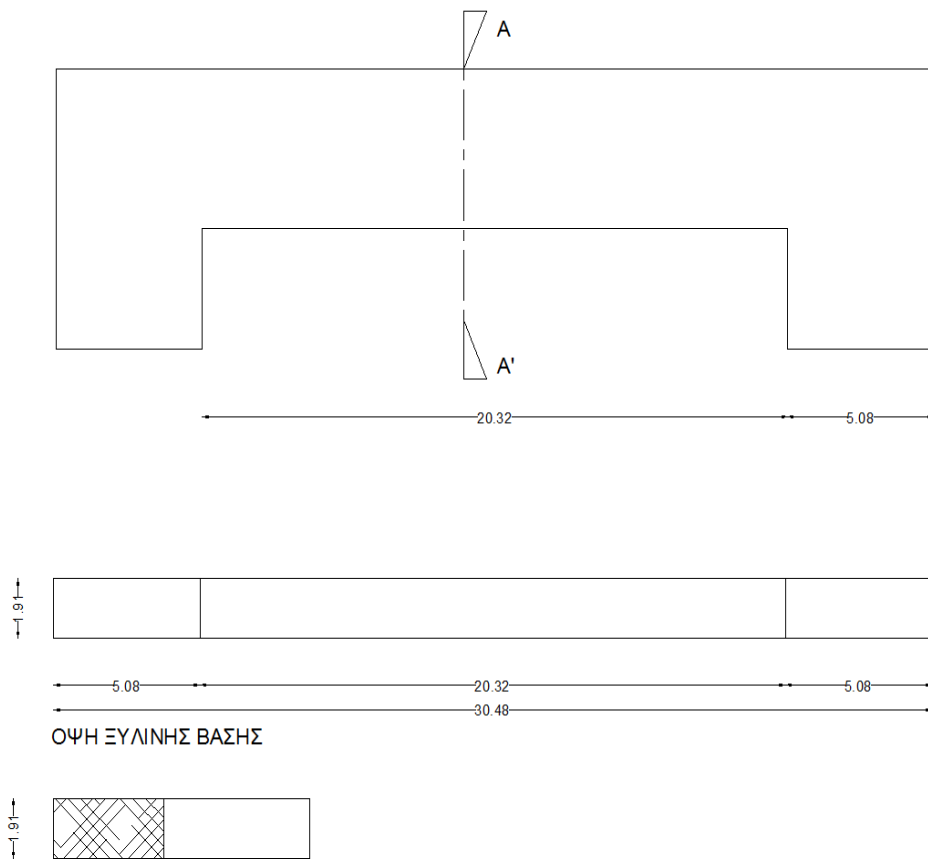
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΕΜΑΧΙΩΝ

Πρακτικά όλα τα μέρη δεν θα παραχθούν από τις διαδικασίες του μηχανουργικού εργαστηρίου υπό την ακριβέστερη έννοια, και η ξύλινη στάση-βάση της μηχανής μας- είναι η προκείμενη περίπτωση. Βέβαια θα συζητήσουμε κάθε μέρος στην αριθμημένη ακολουθία οπωσδήποτε. Η πρόσθετη σχεδίαση θα παρουσιαστεί αργότερα όταν αυτό θα κριθεί απαραίτητο.

Λεπτομέρεια I^η– Η ΞΥΛΙΝΗ ΒΑΣΗ (stand)

Το σχήμα 30 δίνει όλες τις απαραίτητες διαστάσεις. Έτσι κόψτε από ένα κομμάτι αποθέματος σκληρής ξυλείας και στρώστε με άμμο ομοιόμορφα όλες τις επιφάνειες προτού σφραγίσετε με χρώμα ή βερνίκι. Είναι μια καλή ιδέα να κολληθεί ένα τετράγωνο κομμάτι τσόχας σε κάθε άκρη από την κάτω πλευρά της βάσης, έτσι ώστε να μην χαλάσει το τραπέζι ή ο πάγκος του γραφείου όταν καταδεικνύετε τη μηχανή στους φίλους σας.



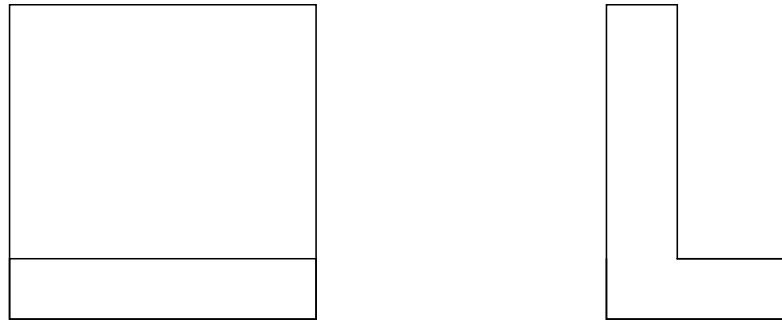


Σχ.30 Η ζύλινη βάση

ΦΤΙΑΞΤΕ ΕΝΑΝ ΠΑΓΚΟ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΜΟΡΦΗΣ

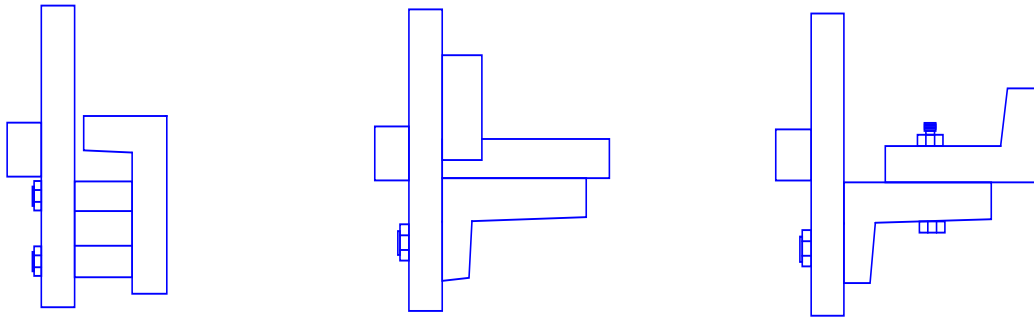
Διάφορες διαδικασίες που ακολουθούν θα απαιτήσουν τη χρήση ενός πάγκου γωνιακής μορφής επί του πάγκου εδράσεως(βάσης). Ένα ακριβό αντικείμενο στην αγορά. Αλλά μπορείτε εύκολα να κάνετε ένα δικό σας από χυτά Αλουμινίου με ασήμαντο κόστος.

Στην πραγματικότητα απαιτείται ένας ‘γωνιακός πάγκος’ για να κατασκευαστεί ένας τέτοιος πάγκος στον τόρνο έτσι θα πρέπει να κάνετε ένα ζευγάρι από αυτούς. Αλλά είναι ένα τόσο πολύτιμο εξάρτημα για το εργαστήριο οπότε θα είστε σύντομα ευτυχείς που θα έχετε τουλάχιστον ένα ζευγάρι. Το πρώτο βήμα είναι να γίνει ένα ομοιότυπο-εκμαγείο και να χυτευτεί ένα ζευγάρι στο μέγεθος που θα ταιριάζει με τον τόρνο σας. Το πλάτος πρέπει να είναι στο ήμισυ της ταλάντευσης του τόρνου αλλά όχι λιγότερο από 3½". Και το μήκος πρέπει να είναι 3 έως 4 ίντσες. 2" θα είναι αρκετό μήκος ώστε να μας δόση επαρκή επιφάνεια για τη τοποθέτηση του ποδός.



Σχήμα 31. Γωνιακός Πάγκος

Προσέξτε ότι το μεγαλύτερο πόδι του σχεδίου είναι ομοιόμορφου πάχους ενώ το μικρότερο πόδι συντάσσεται (drafted) στην εσωτερική επιφάνεια. Η γωνία εξωτερικών όψεων μπορεί να αφηθεί πολύ κοντά στις 90° επειδή ένα τέτοιο απλό σχέδιο μπορεί εύκολα να αποσυρθεί από τη φόρμα με μικρή γωνία προσβολής. Μπορεί πολύ εύκολα να σχηματίσει ως χαλαρό σχέδιο. Χυτεύσατε δύο.



Σχ.32- Μηχανολογική οργάνωση

Τρυπήστε και βάλτε βίδες μέσω του μεγαλύτερου ποδιού έτσι ώστε να μπορεί στερεωθεί στο γείσο για να ‘συμβιβαστεί-ταιριάζει’ με τη μεγαλύτερη επιφάνεια της χύτευσης. Χρησιμοποιήστε ‘διακενωτικά’ έτσι ώστε το κοντό πόδι να ‘καθαρίσει’ και η επεξεργασμένη στη μηχανή επιφάνεια να είναι παράλληλα στην επιφάνεια των γείσων. Προγραμματίστε τη θέση των τρυπών έτσι ώστε να μπορούν αργότερα να χρησιμοποιηθούν για το βίδωμα των δύο δίσκων μαζί για να ταιριάζει και το κοντό πόδι. Ταιριάζετε τη μεγαλύτερη επιφάνεια και των δύο χυτών.

Τρυπήστε και βάλτε βίδες στα κοντά πόδια ώστε να στερεώστε τους αντίστοιχους δίσκους στο γείσο όπως φαίνεται στο σχήμα 32. Βιδώστε έναν πάγκο γωνιακής μορφής στο γείσο και βάλτε μία ροδέλα για να έρθει όπως απαιτείται η μεγαλύτερη επιφάνεια ακριβώς σε 90° όπως υποδεικνύεται με ένα ακριβές ‘αλφάδι’. Αυτό το βήμα καθορίζει την απόλυτη ακρίβεια των πάγκων γωνιακής μορφής.

Βιδώστε το δεύτερο πιάτο γωνίας στο πρώτο όπως φαίνεται στο σχήμα 32 και ταιριάξτε το πρόσωπο από το κοντό πόδι. Εάν το πρώτο πιάτο κάθετα κατάλληλα(σωστά) η γωνία εξωτερικών όψεων του δεύτερου πιάτου θα είναι ακριβώς 90°.

Χωρίς χωρισμό των πιάτων γωνιακής μορφής, αναστρέψτε ολόκληρη το σύνολο επί του γείσου. Δεδομένου ότι η γωνία βάσεων του δεύτερου πιάτου έχει ταιριάξει κανονικά δεν υπάρχει καμία ανάγκη για χρήση ροδελών αυτή τη φορά. Ταιριάξτε το κοντό πόδι του πρώτου πιάτου γωνίας. Και οι δύο γωνίες εξωτερικών όψεων θα είναι τώρα ίδιες. Τώρα μπορείτε προσεκτικά να τοποθετήσετε τα 'πιάτα-δίσκους' γωνιακής μορφής ώστε να ταιριάξετε τις πλευρές και ακμές έτσι ώστε να έχετε τις ακριβείς επιφάνειες αναφοράς για μελλοντικές ρυθμίσεις.

Τα παραπάνω θα αποτελέσουν ένα στιβαρό εξάρτημα για το εργαστήριο και θα εξυπηρετήσουν στον τόρνο, τροχό, διαμορφωτή, πρεσσοτρύπανο ή οπουδήποτε χρειάζεται το κομμάτι προς κατεργασία να προσανατολιστεί σε 90°. Δεδομένου ότι στη μορφή είναι εύκολο να τα κατασκευάσει κάποιος μπορεί να του θεωρηθούν ως "εξιλαστήρια" εργαλεία. Με τα παραπάνω είναι πολύ εύκολο να φτιάξετε τρύπες, να σπειροτομήσετε και να κόψετε τα αυλάκια και τις εγκοπές ή μετά, στο τέλος να προσαρμοστεί μια εργασία. Μετά από πολλές χρήσεις μπορούν να μοιάσουν με "ελβετικό τυρί" οπότε δεν έχετε παρά να τα λειώστε και να κάνετε απλά ένα νέο ζευγάρι.

ΜΑΖΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Συνήθως θεωρείται πως η μαζική παραγωγή είναι ένα φαινόμενο της σύγχρονης εποχής και ότι αποτελεί προϊόν της βιομηχανικής επανάστασης. Αλλά ακόμη και μια περιπτωσιολογική μελέτη της ιστορίας αποκαλύπτει ότι και οι μεσαιωνικοί και πρωτόγονοι πολιτισμοί έχουν εφαρμόσει τις μεθόδους μαζικής παραγωγής στις 'βιομηχανίες' τους. Μπορείτε να το κάνετε στο εργαστήριό σας επίσης. Και μπορεί να είναι μια πολύ διδακτική και ευχάριστη εμπειρία. Αυτό το πρόγραμμα κατασκευής μηχανών είναι ιδανικό για μικρή μαζική παραγωγή επειδή οι υλικές δαπάνες είναι πολύ χαμηλές και οι ανάγκες εξοπλισμού είναι αρκετά βασικές. Ακόμη και ένας περιορισμένος προϋπολογισμός θα μπορούσε να αντέξει οικονομικά την κατασκευή διαφόρων μηχανών όπου καθεμία θα μπορούσε να πουληθεί ή να παρουσιαστεί σαν δώρο. Προς το παρόν όμως προτείνετε η ολοκλήρωση και κατασκευή μίας μηχανής ώστε να εξοικειωθείτε λεπτομερώς με όλες τις διαδικασίες και λειτουργίες. Έπειτα θα εξοπλιστείτε πλήρως και θα είστε ικανός να παραγάγετε όσες εσείς θέλετε φτηνά και γρήγορα.

Ένα απαραίτητο στοιχείο στη μαζική παραγωγή είναι *ΕΞΕΙΛΙΚΕΥΣΗ*. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις τα άτομα ασχολούνται με μία μόνο στενή πτυχή ενός προϊόντος/τεμαχίου και έτσι γίνονται ιδιαίτερα αποδοτικοί. Φυσικά οποιοδήποτε άτομο μπορεί να γίνει πολύ ειδικευμένο σε πολλές ή και όλες τις πτυχές, αλλά οποιαδήποτε δοθείσα στιγμή θα εργαστεί μόνο σε έναν ή δύο σταθμούς για τη μέγιστη αποδοτικότητα.

Παραδείγματος χάριν ένας διαχειριστής ή ένας επιστάτης θα κάνει μία στάση εργασίας στη γραμμή παραγωγής ενώ οι κανονικοί χειριστές κάνουν απλά διάλλειμα. Οπότε στο μικρό μας εργαστήριο πρέπει να είστε επιστάτης (επικεφαλής) ώστε τελικά και κύριος όλων των διαδικασιών. Αλλά να γίνεται η κάθε διαδικασία μία, μία κάθε φορά. Είναι αξιοθαύμαστα αποτελεσματικό και θα σας επιτρέψει να κατασκευάσετε αρκετές μηχανές σε σύντομο χρονικό διάστημα. Είναι κοινό μυστικό πως η γνώση αποκτιέται με τη μελέτη καθώς και η ικανότητα κατακτιέται με την εξάσκηση/εμπειρία. Οπότε μόνο κατανοώντας καλά μια διαδικασία και κάνοντας την επανειλημμένα θα καταφέρουμε να έχουμε έναν ‘εμπειρογνώμονα’ (διακεκριμένο στο είδος του) σε σύντομο χρονικό διάστημα. Υπάρχει μια αυστηρή πειθαρχία στην κατάκτηση οποιασδήποτε τέχνης.

Ένα ζωτικής σημασίας στοιχείο στην επιτυχία της λειτουργίας μίας μαζικής παραγωγής είναι ακρίβεια. Ανεξάρτητα από το πόσο γρήγορα ή ‘οικονομικά’ κατασκευάζονται τα επιμέρους τεμάχια (μέρη), θα είναι άχρηστα εκτός εάν αυτά εναρμονίζονται(ταιριάζουν) μεταξύ τους κατάλληλα. Η ταχύτητα προκύπτει από τη χρησιμοποίηση της ίδιας οργάνωσης(στήσιμο μηχανών) και σχεδίασης όλων, επαναλαμβανόμενα. Αλλά εάν το αρχικό στήσιμο δεν είναι σωστό το πιο πιθανό είναι να βγάξετε μόνο έναν μεγάλο σωρό από άχρηστα απορρίμματα. Ήταν η έννοια της *ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΗΣ* παραγωγής των επιμέρους *ΤΕΜΑΧΙΩΝ* που έδωσε στη βιομηχανική επανάσταση τέτοια επιτυχία/ορμή. Γιατί έπειτα ήταν δυνατό στην αγορά, παντού στον κόσμο και με εγγύηση, ότι τα μέρη προς επισκευή ή αντικατάσταση που στέλνονται θα ταίριαζαν-λειτουργούσαν τέλεια. Εάν η λειτουργία αυτή δούλευε κατάλληλα κάθε τεμάχιο/ανταλλακτικό θα ήταν όμοιο(ίδιο) με το αρχικό. Έτσι πρέπει να εξετάσετε το πρώτο μέρος για να εξασφαλίσετε την όπως θα έπρεπε εγκατάστασή του. Η καλύτερη δοκιμή είναι το κανονικό ταίριασμα(των επιμέρους τεμαχίων-ανταλλακτικών) ή ένας μετρητής με ένα προσάρτημα που θα προσομοίωνε επακριβώς το κανονικό ταίριασμα.

Στο περιορισμένο εργαστήριό μας δεν θα είναι πρακτικό να παραχθούν όλα τα μέρη με την ανταλλάξιμη ακρίβεια έτσι μερικοί συμβιβασμοί πρέπει να γίνουν. Στην πραγματικότητα δεν είναι πρακτικό να παραχθεί κάθε μέρος των περισσότερων μηχανών με τέτοια ακρίβεια έτσι μερικά πράγματα παράγονται με κομμάτια που απαιτούν μερική συναρμολόγηση. Παραδείγματος χάριν δεν θα μπορούσατε να αγοράσετε έναν υδραυλικό ακόλουθο(κοκοράκι) για τον ανυψωτή βαλβίδων στο αυτοκίνητό σας, αλλά θα μπορούσατε να αγοράσετε τον πλήρη ανυψωτή βαλβίδων ως συναρμογή-ανταλλακτικό. Αυτός είναι επειδή ο παραπάνω ‘ακόλουθος’ πρέπει να αγκαλιάσει τον κεντροφόρο άξονα και οι ανοχές είναι πάρα πολύ στενές για ανταλλάξιμη παραγωγή. Για τον ίδιο λόγο θα πρέπει να δώσετε χειρονακτικά κάποια ανοχή ή να επικαλύψετε κάθε κύλινδρο ισχύος(με ενισχυτικό έλασμα από μέταλλο ή πλαστικό) για να παραγάγετε έπειτα ένα έμβολο που να ταιριάζει. Έτσι δεν θα είστε σε θέση να βγάλετε διάφορα έμβολα τόσο απλά σε ένα δεδομένο μέγεθος. Αλλά μπορείτε να αποκομίσετε το πλεονέκτημα των πολλών οργανώσεων επανειλημμένα, οι οποίες θα γλιτώσουν πολύ χρόνο και εργασία.

Δεδομένου ότι σε κάθε μέρος/τεμάχιο που θα παρουσιάζεται θα γίνεται συζήτηση για τους παράγοντες που καθορίζουν έναν πρόσθετο χειρισμό.

Ο όλος σημαντικός παράγοντας στην παραγωγή κάθε μέρους είναι η *ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ*. Σε μερικές περιπτώσεις το να κάνουμε το σωστό πράγμα σε λανθασμένο χρόνο θα οδηγήσει σε άχρηστο απόρριμμα. Σε άλλες περιπτώσεις διάφορες διάμετροι σε ένα ενιαίο μέρος πρέπει να είναι τέλεια ομόκεντρες οπότε το τεμάχιο πρέπει να παραμείνει στο τσοκ του τόρνου έως ότου όλες οι διαδικασίες ολοκληρωθούν. Είναι σπάνια δυνατό να αναιρεθεί ένα κομμάτι από το τσοκ ή το γείσο και να επιστραφεί στην αρχική ρύθμισή του. Έτσι πρέπει να επιβεβαιώσετε ότι η οργάνωση προέλευσής σας θα επιτρέψει σε σας να ολοκληρωθούν όλες οι απαραίτητες διαδικασίες προτού να αρχίσετε. Και η οργάνωση πρέπει να είναι αρκετά ασφαλής να αντισταθεί στις δυνάμεις των εφαρμοσμένων εργαλείων χωρίς την ολίσθηση ή μετατόπιση. Έτσι θα μιλάμε μερικές φορές για μια σειρά διαδικασιών σε ένα ξεσκαρτάρισμα ή μια αρχική ρύθμιση.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κάθε μέρος/τεμάχιο υπόκειται σε μία σχέση με ένα ή περισσότερα άλλα μέρη. Θα πρέπει να κάνετε δοκιμές, από καιρό σε καιρό, για να εξασφαλίσετε, το ότι, ότι παράγετε θα λειτουργεί όπως ακριβώς εσείς θέλετε και όπως θα έπρεπε. Υπάρχουν μόνο δύο κρίσιμες συναρμογές στο πρόγραμμα, και αυτές είναι το έμβολο ισχύος στον κύλινδρο του και οι (διωστήρες-μπιέλες) του κυλίνδρου εκτοπισμού στους δακτυλίους του. Εάν αυτοί εγκαθιστούν χαλαρά ή πάρα πολύ σφιχτά η μηχανή θα λειτουργούσε όχι καλά εάν όχι καθόλου. Δεν υπάρχει αρκετή δύναμη να υπερνικηθεί η υπερβολική τριβή και οποιαδήποτε διαρροή αέρα μειώνει σοβαρά την ισχύ. Άλλες σημαντικές περιοχές είναι οι προσαρμογές των δακτυλίων των κεφαλών κυλίνδρων, του δίσκου/πλάκας του βολάν/στροφείο στον στροφαλοφόρο άξονα και των οδηγών του στροφάλου με τις ασφάλειες(πείρους ασφαλείας). Λίγο περισσότερη συζήτηση σχετικά με τις τροποποιήσεις αυτές θα γίνουν καθώς προχωρούμε.

Με τα χυτά μας έτοιμα και ένα 'πιάτο-δίσκο' γωνίας επί του 'πιάτου-δίσκου' προσώπου μπορούμε να αρχίσουμε να παράγουμε τα μέρη-τεμάχια για τη μηχανή.

Λεπτομέρεια – 2 – ΤΟ ΧΥΤΟ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ

Το πρώτο βήμα θα είναι να λιμάρουμε μακριά οτιδήποτε 'άχρηστο' στις άκρες και να καθαριστεί γενικά το χυτό. Μία διπλή λίμα κοπής των 16" είναι ιδανική για το Αλουμίνιο. Μερικά περάσματα αυτής(της λίμας) πέρα από την επιφάνεια του μεγάλου 'ποδιού' θα εξυπηρετήσουν στον καθαρισμό αυτής. Μόνο η μικρή φλάντζα θα χρειαστεί επεξεργασία στη μηχανή έτσι ώστε η κάθετη επιφάνεια να ενώσει 'πραγματικά' κάθετα. Αυτό μπορεί να γίνει στον τόρνο ή το διαμορφωτή εάν είναι διαθέσιμος. Και μπορεί ακόμη να γίνει με μία μεγάλη χονδροειδή λίμα αν και αυτή θα απαιτούσε περισσότερο χρόνο και προσπάθεια.

Αλλά στα περισσότερα ‘περιορισμένα’ εργαστήρια ο πρακτικότερος τρόπος θα είναι με τον “πάγκο γωνιακής μορφής” επί του τόννου.

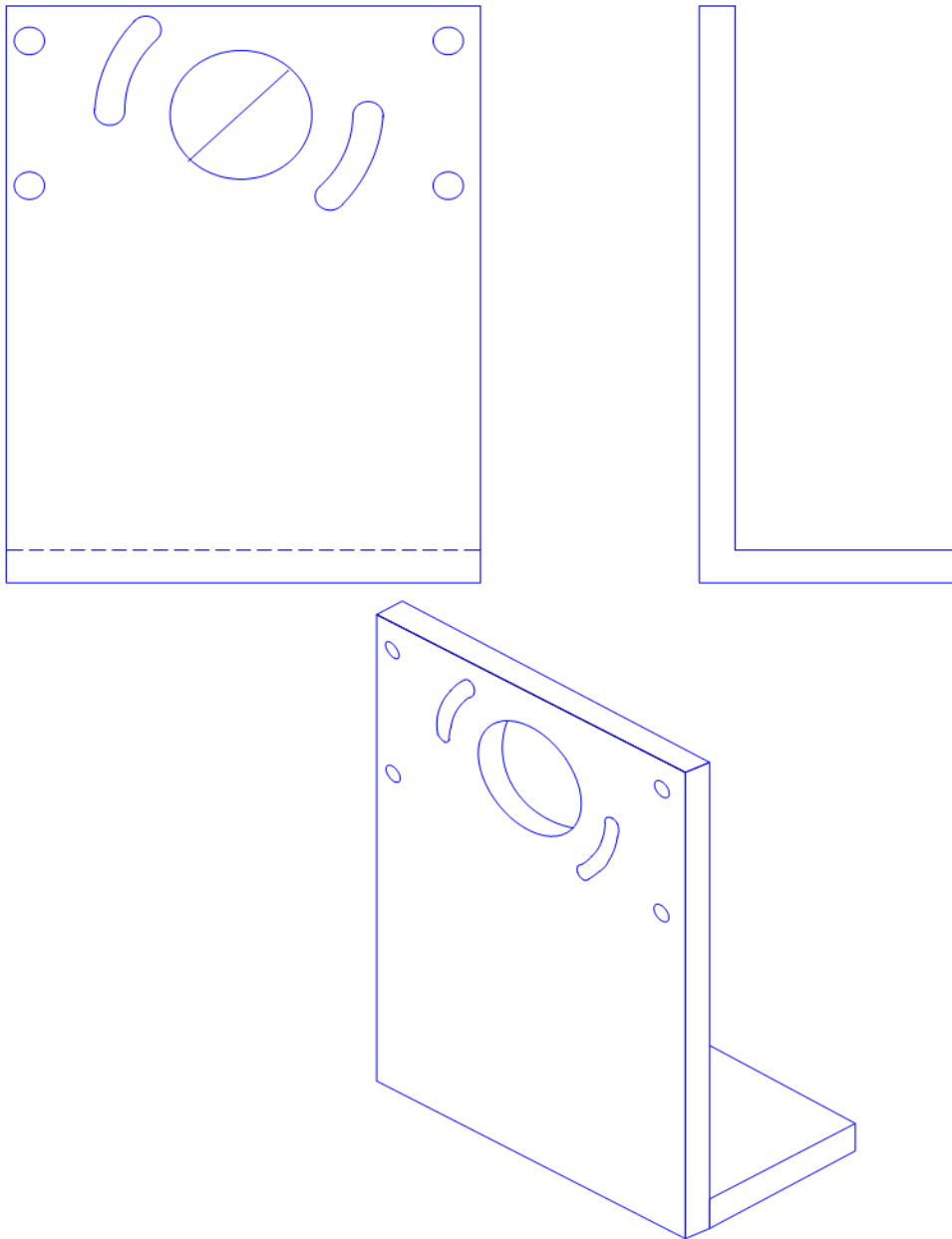
Οι δύο αυλακώσεις και οι τέσσερις μικρές τρύπες θα διαμορφωθούν αργότερα κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης, χρησιμοποιώντας τα μέρη/τεμάχιά μας για πρότυπα. Για την ώρα χαράζετε τις οριζόντιες και κάθετες κεντρικές γραμμές για την τρύπα των $\frac{7}{8}$ " που εκτείνονται πέρα από τη διάμετρο της τρύπας για μετέπειτα αναφορές. Εάν ένας τόννος με μεγάλο εύρος επεξεργασίας είναι διαθέσιμος το σύνολο των $\frac{7}{8}$ " μπορεί να τρυπηθεί. Ένα τρυπάνι υψηλής ταχύτητας χρησιμοποιήθηκε στα αρχικά πρότυπα και ήταν εξ ολοκλήρου ικανοποιητικό. Σιγουρευτείτε για την καλή στερέωση του κομματιού (με ασφάλεια) στο γείσο ή στον πάγκο του τρυπανιού για την ιδιαίτερη δύναμη που θα εφαρμοστεί για να κόψει, ώστε να αντέξει να τρυπηθεί μια τέτοια μεγάλη τρύπα. Η τρύπα δεν είναι απαραίτητο να είναι ακριβής δεδομένου ότι η κνήμη του κυλίνδρου ισχύος μπορεί να υποστεί επεξεργασία στη μηχανή για την εγκατάστασή της.

Η τρύπα των $\frac{7}{8}$ " μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση του χυτού στον πάγκο γωνιακής μορφής (πρόσοψη) για την τοποθέτηση της φλάντζας. Κατόπιν τρυπήστε δύο τρύπες των $\frac{3}{16}$ " στη φλάντζα της βάσης για τις ξυλόβιδες(στριφόνια) που θα στερεωθούν επί της ξύλινης βάσης.

Αναφερθείτε στο σχήμα 33 για όλες τις διαστάσεις και λεπτομέρειες χύτευσης της βάσης. Δεδομένου ότι αυτό είναι το πρώτο τεμάχιο που παράγεται, όλα τα μέρη ‘συγκρότησης-ταιριάσματος’ μπορούν να τροποποιηθούν εάν είναι απαραίτητο, έτσι είναι ασφαλές να παραχθούν όσο περισσότερα κομμάτια επιθυμείτε.

Βάλτε τη βάση στην άκρη προς το παρόν. Όταν η πλάκα του κυλίνδρου ισχύος και τα υποστηρίγματα του κυλίνδρου εκτοπισμού ολοκληρωθούν, θα χρησιμοποιηθούν ως πρότυπα για την υπόλοιπη δουλειά.

Μία εμπορική διαδικασία μαζικής παραγωγής είναι μια περιοχή όπου η κατεργασία με ειδικό εργαλείο ή ένα προσάρτημα θα χρησιμοποιούταν για να τρυπήσει τις υπόλοιπες τρύπες και να διαμορφώσει τις αυλακώσεις. Αλλά σε μια περιορισμένη λειτουργία το κόστος και η εργασία της παραγωγής του σκοπού δεν δικαιολογούνται. Εντούτοις σε πρόγραμμα που εντάσσεται στα πλαίσια μίας τάξης θα ήταν αρκετά εποικοδομητικό να επινοηθούν τα απαραίτητα εργαλεία χάριν της εμπειρίας και μόνο. Ένα απλό πρότυπο τρυπάνι με σκληρυμένους δακτυλίους και ένα προσάρτημα που θα χρησιμοποιεί τον ώμο/γόμφο διαμέτρου $\frac{7}{8}$ " για να τοποθετήσει την εργασία μας προς χάραξη των αυλακώσεων είναι όλα αυτά που θα απαιτούνταν.



Σχήμα 33.

Λεπτομέρεια -3- Η ΠΛΑΚΑ(Βάση) ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Υπάρχουν διάφορες διαδικασίες τόννου σε αυτό το μέρος και οι περισσότερες από τις οποίες πρέπει να γίνουν με την ίδια ρύθμιση στην κεφαλή σύσφιξης του τρυπανιού έτσι ώστε να είναι ομόκεντρες. Ο εξοπλισμός που έχουμε διαθέσιμο θα καθορίσει την ακολουθία των διαδικασιών οπότε μελετήστε λεπτομερώς προτού φτιάξετε την πρώτη περικοπή. Και θυμηθείτε να ταιριάζετε με την πραγματική διάμετρο του ώμου διαμέτρου $\frac{7}{8}$ " στην τρύπα επί του χυτού της βάσης. Να το κάνετε 0.001" μικρότερο για μια σφιχτή αλλά ελεύθερη συναρμογή.

Προσέξτε στο σχήμα 34 ότι η μακριά κνήμη είναι διαμέτρου $\frac{3}{4}$ " με έναν ώμο διαμέτρου $\frac{7}{8}$ " παρακείμενα/δίπλα στο δίσκο. Και ολόκληρη η κνήμη έχει κοπεί ακριβώς στη διάμετρο της $\frac{1}{2}$ ". Αυτές οι τρεις διαμέτροι είναι ομόκεντρες έτσι γίνονται χωρίς αλλαγή στη ρύθμιση του τσοκ. Και η πίσω πλευρά του πιάτου/δίσκου αντιμετωπίζεται(θα καθαριστεί) επίσης με την ίδια οργάνωση-ρύθμιση(του τσόκ). Αφότου γίνουν αυτές οι διαδικασίες το τεμάχιό μας αντιστρέφεται-‘ανατροπή’ στο τσοκ ώστε να επεξεργαστούμε την πρόσοψη του πιάτου/δίσκου, να καθαρίσουμε την τελευταία καθώς και το επιπλέον μήκος της κοντής κνήμης(τον καθαρισμό αυτής) ώστε να μας μείνει ο ώμος διαμέτρου των $\frac{3}{4}$ ".

Το χυτό έχει σχεδιαστεί με την κοντή κνήμη αρκετά μεγάλη(σε μήκος) έτσι ώστε μπορεί να πιαστεί στο τσοκ του τόννου για να κάνει τις ζωτικής σημασίας ομόκεντρες διαδικασίες στο πίσω μέρος του πιάτου/δίσκου πρώτα. Όταν αυτές γίνουν το τεμάχιο ανατρέπεται στο τσοκ του τόννου για την υπόλοιπη εργασία. Ακόμα κι αν το τσοκ του τόννου έχει ξεφεύγει ‘αρκετά’ χιλιοστά της ίντσας δεν θα πειράξει δεδομένου ότι κανένα άλλο κομμάτι δεν θα χρειαστεί να ταιριάζει με τη διάμετρο της εξωτερικής όψης του ώμου των $\frac{3}{4}$ ".

Τώρα το επεξεργασμένο στη μηχανή πιάτο/δίσκος του κυλίνδρου ισχύος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός ‘διάτρησης’ για να διαμορφώσει τις κυρτές αυλακώσεις στο χυτό της βάσης.

Πρώτα τρυπιούνται οι δύο τρύπες διαμέσω του πιάτου/δίσκου ώστε να σπειροτομηθούν οι βίδες των 8-32, το οποίο είναι ένα #29 μέγεθος τρυπανιών. Ένα τρυπάνι του $\frac{9}{64}$ " είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από το #29 και θα ήταν αποδεκτό σε αυτήν την περίπτωση. Μην τρυπήσετε τις τρύπες προτού τρυπηθούν οι τρύπες στο χυτό της βάσης.

ΑΥΛΑΚΩΣΗ ΤΟΥ ΧΥΤΟΥ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ

Στερεώστε το χυτό της βάσης επί της μέγγενης με το πιάτο/δίσκο του κυλίνδρου ισχύος επίσης στερεωμένο σε θέση. Χρησιμοποιήστε πρεσσοτρύπανο για να φτιάξετε τις τρύπες των βιδών σε μια στενή σειρά ώστε να διαμορφωθούν οι κυρτές αυλακώσεις στο χυτό της βάσης. Αυτές οι τρύπες θα διευρυνθούν αργότερα στα $\frac{11}{64}$ " έτσι δεν θα τρυπηθούν με το τρυπάνι τόσο πολύ ώστε να σπάσουν τις παρακείμενες τρύπες ειδήλλως η εργασία μας θα είναι ακανόνιστη καθώς μπορεί και να κάνουμε ζημιά και στο ίδιο το πιάτο/δίσκο.

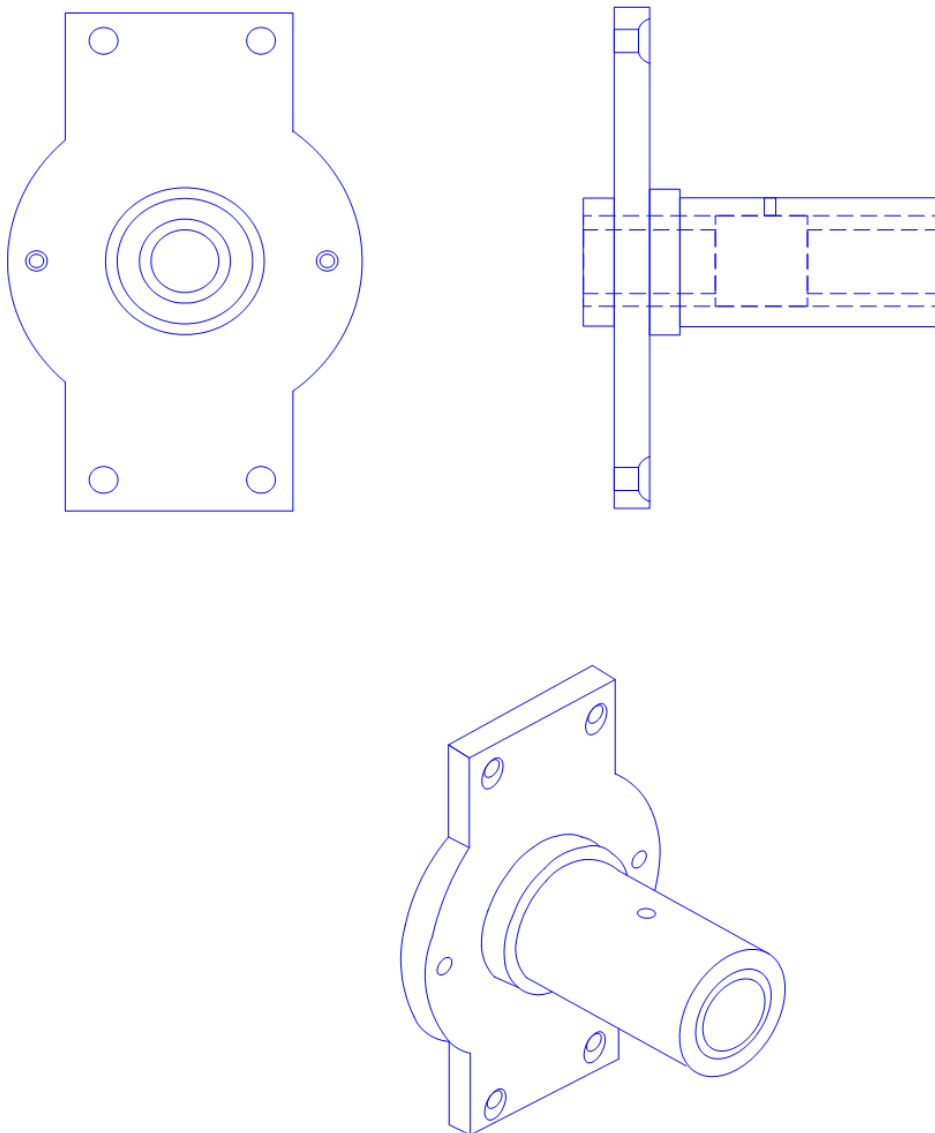
Οι τρύπες στο χυτό της βάσης διευρύνονται στα $\frac{11}{64}$ " και οι κυρτές αυλακώσεις έπειτα θα φινιριστούν με μία μικρή λίμα. Οι τρύπες στο πιάτο του κυλίνδρου ισχύος σπειροτομούνται ως 8-32. Οι υπόλοιπες τέσσερις τρύπες θα τρυπηθούν αργότερα, με τη χρήση των υποστηριγμάτων των κυλίνδρων ισχύος ως οδηγούς.

Φυσικά οι κυρτές αυλακώσεις μπορούν γρήγορα και εύκολα να γίνουν με έναν τροχό εάν κάποιος είναι διαθέσιμος. Πριόνια ακριβείας με λεπτή κάθετη λεπίδα μπορούν να επινοηθούν για κάθε λειτουργία διάτρησης.

ΤΑ ΚΟΥΖΙΝΕΤΑ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ

Αυτοί είναι τυποποιημένοι δακτύλιοι χαλκού ($\frac{3}{8} \times \frac{1}{2}$)" λιπαινόμενοι, που μπορούν να αγοραστούν σε πολλά καταστήματα υλικών ή στα καταστήματα αγροτικού ανεφοδιασμού. Συνήθως έχουν μήκος περίπου $1\frac{1}{2}$ " το πολύ έτσι εσείς μπορείτε να κόψετε για να πάρετε δύο μικρούς. Κάντε μία λοξοτομή τις άκρες των περικοπών για να αφαιρέσετε τα σκαλίσματα. Πιέστε τους δακτυλίους(κουζινέτα) εντός των 'τρημάτων' και χρησιμοποιήστε ένα γλύφανο οπών της $\frac{1}{2}$ " εάν χρειαστεί. Ο άξονας πρέπει να κινείται πολύ ελεύθερα.

Η τριβή είναι ένας ζωτικής σημασίας παράγοντας έτσι αποφεύγουμε έδρανα μεγάλου μήκους εδώ. Μία ελαιότρυπα διάστασης του $\frac{1}{16}$ " στην κνήμη θα τροφοδοτεί τη δεξαμενή μεταξύ των δύο κουζινέτων.



Σχήμα 34.

Λεπτομέρειες 4 και 5 –ΟΙ ΒΑΣΕΙΣ (ΥΠΟΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ) ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Αυτά είναι μάλλον απλά στην εμφάνιση αλλά οι ορθογώνιες μορφές είναι μια πρόκληση όταν χρησιμοποιούμε έναν τόρνο που φαίνεται προσανατολισμένος μόνο προς την παραγωγή των στρογγυλών ή κυλινδρικών αντικειμένων. Φυσικά η εργασία θα ήταν πολύ ευκολότερη εάν το απόθεμα ‘ξυλείας’ των τεμαχίων πάχους $\frac{3}{8}$ " ήταν διαθέσιμο. Αλλά αυτή η περίπτωση δεν θα συμβεί στα περισσότερα εργαστήρια. Η κρίσιμη διάσταση είναι η απόσταση από την επιφάνεια έδρασης έως το κέντρο της εσωτερικής διαμέτρου. Και φυσικά οι μικρές τρύπες για τις βίδες συναρμογής, καθώς και η βίδα του σφιγκτήρα κρύβουν δυσκολίες. Μια μέγγενη με τρυπάνι είναι ζωτικής σημασίας για αυτό καθώς και για πολλές από τις διαδικασίες διάτρησης σε αυτό το πρόγραμμα. Αυτές θα χρησιμοποιηθούν ως οδηγοί δεδομένου ότι θα τρυπηθούν και οι υπόλοιπες τέσσερις διευρυμένες με φρέζα τρύπες στο πιάτο/δίσκο του κυλίνδρου ισχύος. Έτσι λοιπόν υπάρχει μια ακολουθία διάτρησης.

Εάν χρησιμοποιείτε τα χυτά “τραχείας” μορφής που εκτίθενται λεπτομερώς σε αυτό το εγχειρίδιο θα πρέπει αρχικά να τα μορφοποιήσετε επί του τόρνου, του διαμορφωτή ή το ‘μυλωνά’ σύμφωνα με το μέγεθος και το σχήμα. Διάφορες τραχιές ρίψεις μπορούν να στερεωθούν στο τσοκ των τεσσάρων σιαγώνων στον τόρνο ή στη μέγγενη του διαμορφωτή ή του μυλωνά. Παρατηρήστε ότι και τα δύο υποστηρίγματα είναι $1\frac{1}{4}$ " σε πλάτος αλλά υπάρχει η διαφορά του $\frac{1}{8}$ " στο ύψος. Υπάρχει επίσης μία διαφορά του $\frac{1}{8}$ " στο κεντρικό ύψος των οπών.

Όταν τετραγωνιστούν και ταξινομηθούν τα τεμάχιά μας σε μέγεθος, η θέση του κέντρου διάτρησης μπορεί να σημειωθεί(εύκολα) και να τρυπηθεί σε διατρητική μηχανή. Ένα κινητός δείκτης ή το τέλος του κέντρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κεντροθετηθεί το τεμάχιο στο τσοκ των τεσσάρων σιαγώνων για το τρύπημα. Σιγουρευτείτε ότι είναι καλά ακτινικώς αγκιστρωμένα έτσι ώστε η διάτρησή μας να είναι παράλληλη με την επιφάνεια προσαρμογής μας. Διατηρήστε μία αρχική οπή στον κεντροφορέα (στην κουκουβάγια) του τόρνου με διαμέτρημα 0.750".

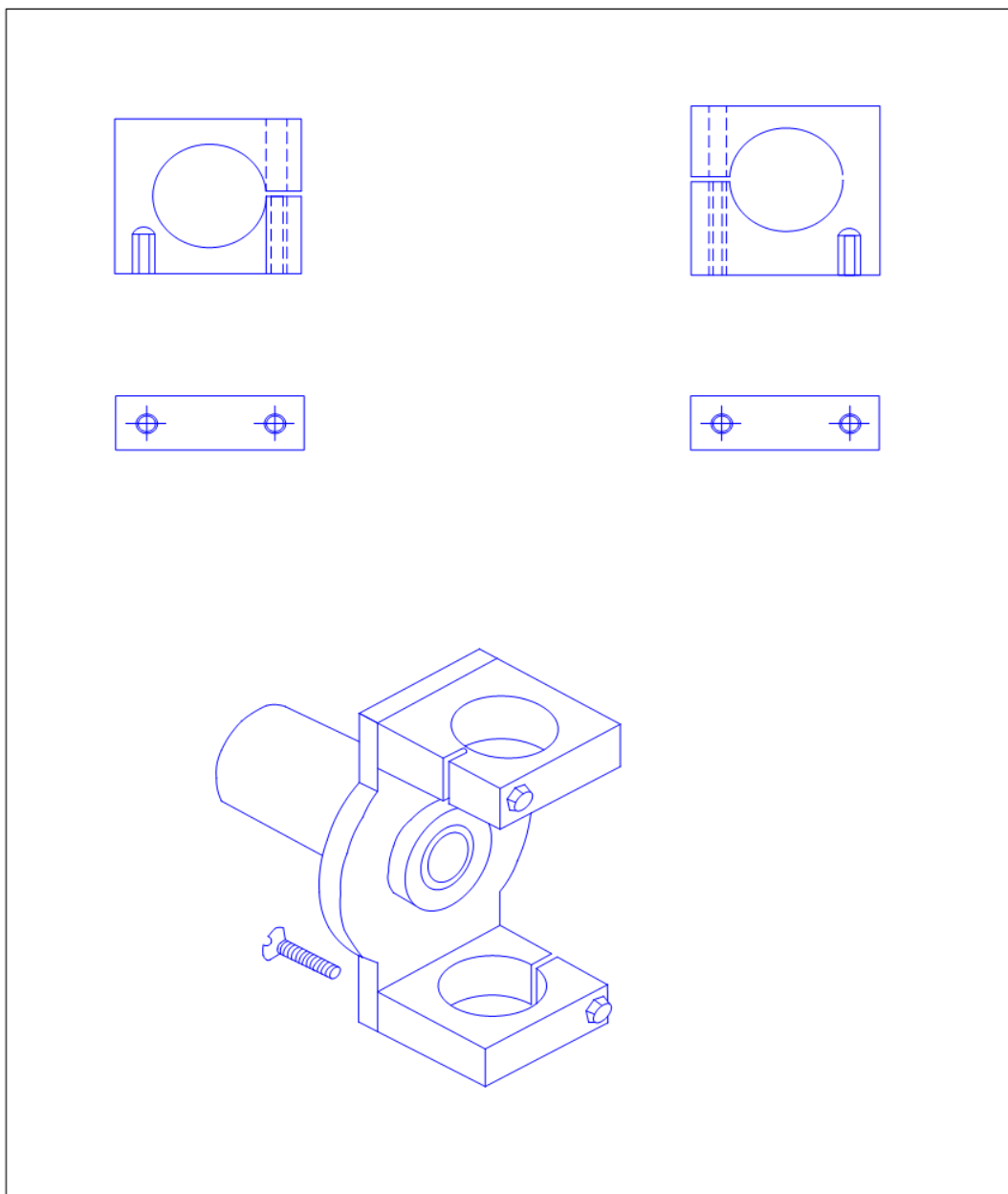
Έπειτα η σπειροτομημένη οπή για τη βίδα τύπου 8-32 τρυπιέται σε όλο το μήκος της μίας πλευρές του ανοίγματος. Μην τρυπήσετε τη δεύτερη ρηχή τρύπα αυτή τη στιγμή. Χρησιμοποιήστε μια μέγγενη διάτρησης για να εξασφαλίσετε ότι η τρύπα είναι ευθεία και αληθινά κάθετη.

Κόψτε τη σχισμή στο κεντρικό ύψος της τρύπας με σιδηροπρίονο ή ‘διατμήστε’ την στο μυλωνά. Γλιστρήστε ένα φύλλο μετάλλου στη σχισμή και διευρύνετε στο ανώτερο-μισό τη διαμπερή τρύπα στο $11/64$ ". Χρησιμοποιήστε την ανώτερη τρύπα για να καθοδηγήσετε τον σπειροτόμο ώστε να κοπούν τα σπειρώματα των 8-32 μέσω του κατώτερου-ήμιση από την τρύπα. Μπορείτε τώρα να το τοποθετήσετε σε έναν άξονα των $3/4$ " ώστε να φρεζαριστεί και από τις δύο πλευρές έως ότου φτάσουμε στο τελικό πάχος. Τα υποστηρίγματα είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν για την τελείωση της τοποθέτησης-συναρμογής των κυλίνδρων ισχύος.

Η ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Εντοπίστε τη θέση και τρυπήστε δύο τρύπες του 11/64" διαγώνια και απέναντι από τις γωνίες του πιάτου/δίσκου του κυλίνδρου ισχύος έτσι ώστε τα υποστηρίγματα να τοποθετηθούν όπως φαίνεται στο σχήμα 35. Φρεζάρατε τις τρύπες έτσι ώστε οι επίπεδες 'μηχανόβιδες' να είναι ελαφρώς κάτω από την πίσω επιφάνεια.

Εγκαταστήστε τα υποστηρίγματα με μία 8-32 × 1/2" μηχανόβιδα, έναστο, και ευθυγραμμίστε τα έτσι ώστε να είναι παράλληλα. Τώρα μπορείτε εύκολα να εντοπίσετε τη δεύτερη τρύπα. Τρυπήστε με τρυπάνι #29, σπειροτομήστε το υποστήριγμα και φρεζάρατε την τρύπα στο πιάτο/δίσκο.



Σχήμα 35.

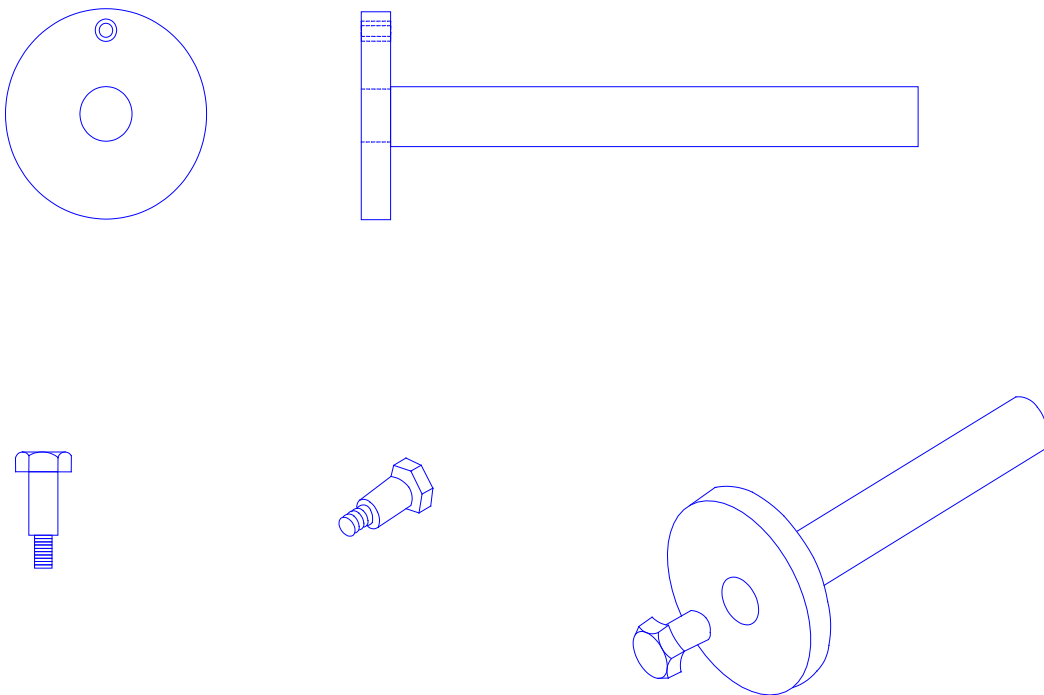
Η ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ.

Ο ίδιος ο άξονας είναι απλά μία διάτρητη ράβδος των $\frac{3}{8}$ " κοινού χάλυβα, μήκους $3\frac{1}{2}$ " με έναν επωμισμένο γόμφο τέτοιον ώστε να ταιριάζει σε μια τρύπα των $\frac{5}{16}$ " στο πιάτο/δίσκο. Το πιάτο/δίσκος μπορεί να είναι ένα κομμάτι από παχύ κοινό χάλυβα του $\frac{1}{4}$ " στη μορφή οκταγώνου και πιεσμένο επάνω στον ώμο/γόμφο για να το κλείσει κυκλικά στην πρόσοψη και να το γωνιάσει.

Είναι καλύτερο να ανοιχθεί η τρύπα στο πιάτο σε μικρότερο μέγεθος και να φρεζαριστεί στα $\frac{5}{16}$ ". Είναι πάντα ευκολότερο να προετοιμαστεί ένας άξονας που να ταιριάζει σε μια τρύπα παρά να προετοιμαστεί μια τρύπα που να ταιριάζει σε έναν άξονα.

Όταν το πιάτο/δίσκος προσαρμοστεί σε μέγεθος και έχει 'γωνιαστεί' και στις δύο επιφάνειες προσαρμόστε το στον σφιγκτήρα της μέγγενης και διατρήστε/σπειροτομήστε την τρύπα 8-32 έτσι ώστε να είναι παράλληλη στον άξονα.

Αναφερθείτε στο παρακάτω σχήμα 36 για λεπτομέρειες.



Σχ.36 - Ο στροφαλοφόρος άξονας

ΤΟ ΚΟΜΒΙΟ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΥ

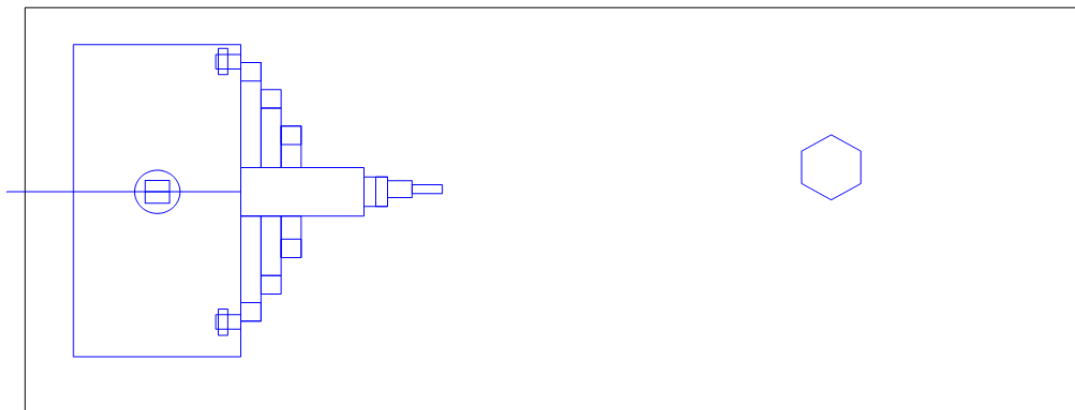
Με την πρώτη ματιά αυτό το μικρό μέρος είναι εκφοβιστικό για τον αρχάριο αλλά είναι πραγματικά πολύ εύκολο να κατασκευαστεί. Οι διαστάσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 36.

Φυσικά εάν το επιλέξετε θα μπορούσατε απλά το κενό διάστημα όπως φαίνεται στο σχέδιο, να το κοχλιοτομήσετε με έναν ελικοτόμο ώστε να διαχωριστεί ένα μέρος για να αφήσετε ένα στρογγυλό κεφάλι που θα μπορούσατε να το τελειώσετε με μια αυλάκωση για κεφαλή κατσαβιδιού. Αλλά θα είναι πιο 'ευχάριστο' να το φτιάχνετε με μία εξαγωνική κεφαλή.

Θα απαιτήσει κάποια απλά εργαλεία(επιπρόσθετα) που θα βελτιώσουν(σαν εργαλείο) τον 'σφυριδοτρόχο' του πάγκου σας. Θα επιτρέψει επίσης σε σας να γίνει κάποιο άλλο 'εξαγωνικό' για τις επικεφαλής βίδες που απαιτούνται για αυτό το πρόγραμμα και για οποιαδήποτε μελλοντικά προγράμματα.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΚΕΦΑΛΗΣ ΕΞΑΓΩΝΙΚΕΣ ΒΙΔΕΣ

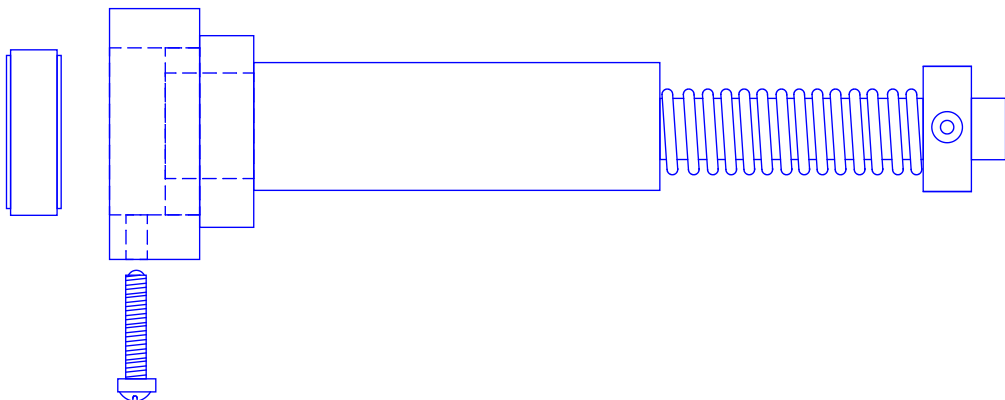
Θα είναι απλό να βάλουμε στο τσόκ του τόννου ένα κομμάτι διάτρητης ράβδου ή κοινού χάλυβα και να τονάρουμε τον γόμφο και την κεφαλή όπως φαίνεται στο σχήμα 37. Ύστερα σπειροτομούμε και γωνιάζουμε την κεφαλή.



Σχήμα 37.Κατασκευή των επικεφαλής εξαγωνικών βιδών.

Δεν είναι πρακτικό να κοπούν τέτοια ισχρά τεμάχια σε ένα τόσο λεπτό κομμάτι με τον μηχανισμό σπειροτόμησης του τόννου. Αυτό που απαιτείται εδώ είναι ένας κεντροφορέας τόννου(κουκουβάγια) ο οποίος θα καταστήσει το κομμάτι μας σε πραγματικά ακτινική θέση δεδομένου ότι θα 'κόβει' τα σπειρώματα. Ένα τέτοιο εργαλείο μπορεί να γίνει γρήγορα και εύκολα με μερικά τυποποιημένα σετ ροδελών για βίδες κοινού χάλυβα και ένα ελατήριο που μπορεί να βρεθεί και στο καλάθι των 'αχρήστων'. Αναφερθείτε στο σχήμα 38 για μια γενική άποψη του εργαλείου.

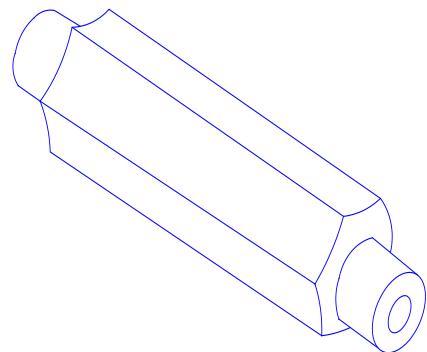
Ξεκινήστε με κοινό χάλυβα των 3" με μήκος ακτίνας $\frac{3}{4}$ " και γυρίστε έναν γόμφο των 0.627" και μήκους της $\frac{1}{2}$ " το πολύ σε μία άκρη. Αφαιρέστε το σετ των ροδελών από ένα 'κολάρο' των $\frac{5}{8}$ " και πιέστε το επί του γόμφου. Τρυπήστε ή διευρύνετε μια τρύπα των $\frac{3}{8}$ " μέσω του άξονα και γωνιάστε στο 1.002" τον γόμφο 'ώμο' στη ροδέλα των $\frac{5}{8}$ ". Αφαιρέστε το σετ από το περιλαίμιο της 1" και διατρήσατε μια τρύπα 8-32 κεντροθετημένη στα $\frac{3}{16}$ " από την άκρη. Πιέστε το 'περιλαίμιο' της 1" επάνω στον ώμο του περιλαίμιου των $\frac{5}{8}$ ". Προετοιμάστε έναν άξονα των $\frac{3}{8}$ ", μήκους 3" με ένα κέντρο στις 60° για να ταιριάζει στο διάμετρο του άξονα των $\frac{3}{4}$ ". 'στερεώστε' το κολάρο-ροδέλα των $\frac{3}{8}$ " κοντά στην κεντροθετημένη άκρη και εγκαταστήστε την μαζί με το ελατήριο για να ολοκληρώσετε το εργαλείο. Αυτή η ρύθμιση θα παράσχει μια υποδοχή για έναν τυποποιημένο κοχλιοτομέα της 1" που θα 'κλειδωθεί' από τη βίδα 8-32. Η πίεση του ελατηρίου ασκείται καθώς η εργασία μας προχωρά με το ένα χέρι καθώς το άλλο συγκρατεί το εργαλείο.



Σχήμα 38. Ειδικό εργαλείο σπειροτόμησης

Εάν θέλετε μία εξαγωνική κεφαλή απλά μετρήστε δύο διαγώνια σημεία για να βρείτε τη διάμετρο του κενού που θέλετε να καλύψετε. Κατόπιν χρειαζόμαστε ένα προσαρμογέα καθώς και τα μέσα για να διαμορφώσουμε την εξαγωνική κεφαλή. Άνευ συμβατικού εξοπλισμού φρέζας/τόρνου, μπορείτε εύκολα να προσαρμόσετε τον πάγκο εργασίας σας για να κάνετε αυτή τη δουλειά.

Ο 'προσαρμογέας' μας είναι μία συσκευή με μικρό μήκος από το εξαγωνικό μας απόθεμα που έχει διατρηθεί/σπειροτομηθεί στο κέντρο για να δεχτεί το σπείρωμα όπως δείχνει το σχήμα 39. Το εξαγωνικό απόθεμα μπορεί να έχει οποιοδήποτε μέγεθος που είναι μεγαλύτερο από την κεφαλή που αναμένετε να κάνετε. Απλά τοποθετήστε το μέσα στο τσοκ των τριών σιαγώνων, διατρήστε και σπειροτομήστε αυτό.



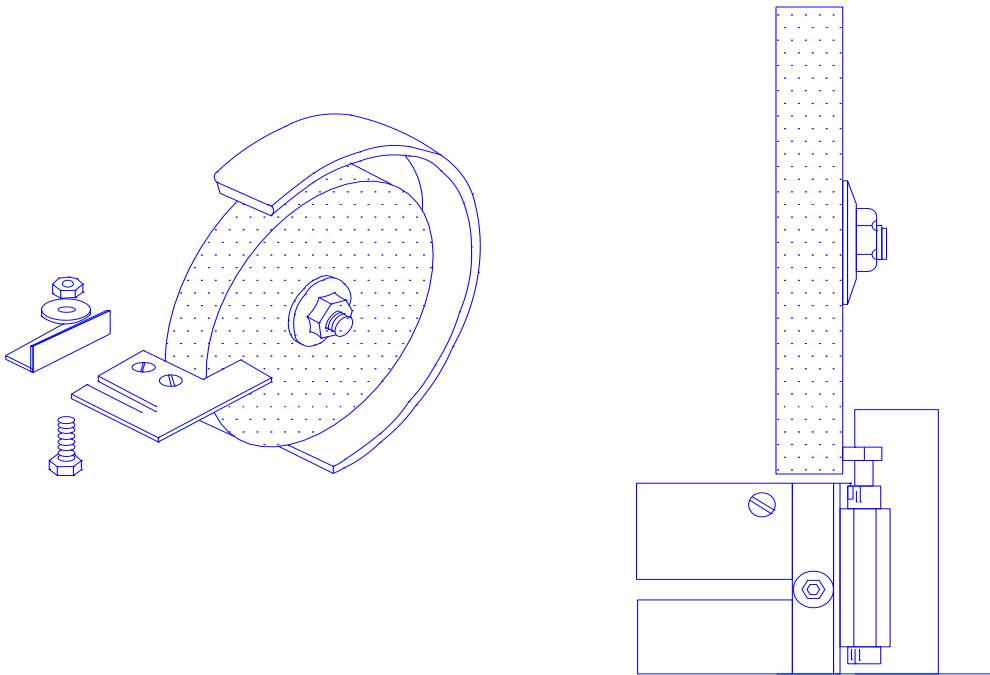
Σχήμα 39.

Φτιάξτε έναν γόμφο έτσι ώστε η υποδοχή να καλύψει τον ακονιστικό τροχό. Μπορείτε να προετοιμάσετε κάθε άκρη για διαφορετικό μέγεθος. Η μόνη τροποποίηση στον ακονιστικό τροχό μας είναι η προσθήκη μίας πλάκας και ενός οδηγού στο στήριγμα των εργαλείων/πάγκο μας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 40. Αυτό όχι μόνο παρέχει έναν κατάλληλο 'πάγκο' εργασίας για τον συγκρατητή/βάση του προσαρμογέα μας, αλλά θα είναι και χρήσιμο για άλλες εργασίες λείανσης. Το μέγεθος δεν είναι κρίσιμο και θα ποικίλει σύμφωνα με το μέγεθος και το σχέδιο του τροχού σας. Η αυλάκωση στο πιάτο επιτρέπει σε σας τη ρύθμιση του οδηγού για το βάθος της κοπής.

Σημειώστε ότι η ρύθμιση χρησιμοποιεί τη δεξιά πλευρά του τροχού, έτσι ώστε η τριβή που εφαρμόζεται στο κεφάλι της βίδας (λόγο προέντασης του ελατηρίου) τείνει να την σφίξει επί του προσαρμογέα. Το έτοιμο τεμάχιο μετάλλου 'βιδώνεται' στον προσαρμογέα με την κυρτή(στρογγυλή) κεφαλή να εφαρμόζεται στον τροχό με τον οδηγό να περιορίζει το βάθος της κοπής.

Το βάθος της κοπής θα βρεθεί έπειτα από δοκιμή με την πρώτη βίδα. Και οι έξι 'όψεις' φρεζάρονται και έπειτα η 'εξαγωνικότητα' τους ελέγχεται χρησιμοποιώντας μία 'θήκη' ή ένα σωληνωτό κλειδί ως πρότυπο. Όταν η σωστή ρύθμιση βρεθεί μπορείτε να παραγάγετε πολλές ίδιες κεφαλές βιδών γρήγορα. Φυσικά η εργασία πρέπει να ψύχεται με νερό. Εννοείται βέβαια ότι η προστασία των οφθαλμών κρίνεται απαραίτητη. Και κάθε τροχός πρέπει να έχει μια προστατευτική 'καλύπτρα'. Όλοι οι κατασκευαστές τροχών συμβουλεύουν ενάντια στη χρησιμοποίηση της πλευράς του τροχού όπως και εμείς κάνουμε εδώ. Αλλά αυτό είναι πολύ 'ελαφριά' εργασία και δεν θα επιβαρύνει πολύ έναν ασφαλή τροχό. Εντούτοις, να μην βρίσκεστε στην ίδια ευθεία με τον τροχό κατά την διάρκεια της εργασίας επί αυτού σε περίπτωση που αυτός σπάσει.

Το κατάλληλο εξαγωνικό μέγεθος για το κομβίο του στροφάλου είναι τα 5/16", και το 1/4" φάνηκε ιδανικό για τις βίδες των 8-32 που χρησιμοποιούνται στα προσαρτήματα του κυλίνδρου ισχύος και τις βίδες των σφιγκτήρων για την πλάκα του κυλίνδρου ισχύος. Η διάμετρος των 0.290" παρέχει αρκετό απόθεμα για να διαμορφωθεί μία εξαγωνική κεφαλή του 1/4" και το 0.360" είναι Ο.Κ. για εξαγωνικά των 5/16".

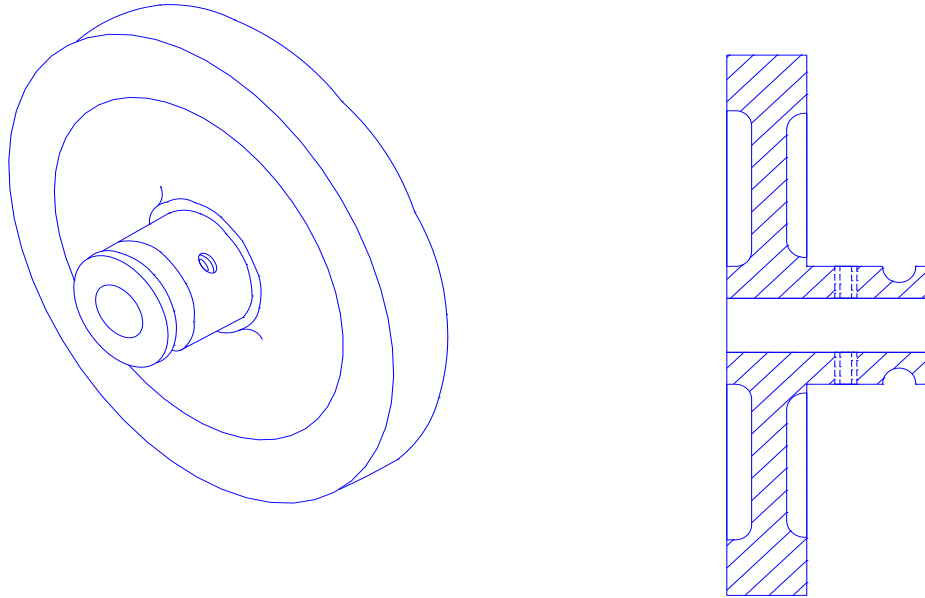


Σχήμα 40.

Παρόλο που αυλακωτές βίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να στερεώσουν τον κύλινδρο ισχύος τοποθετούνται καλύτερα επικεφαλής εξαγωνικές βίδες,. Ο σφόνδυλος θα κάνει τις βίδες που στερεώνουν την πλάκα στη βάση απρόσιτες με ένα κατασαβίδι έτσι οι εξαγωνικές βίδες προτιμώνται και για εκείνη την θέση επίσης.

Λεπτομέρεια 9 - Ο ΣΦΟΝΔΥΛΟΣ (βολάν)

Όλη η διαστασιολογική λεπτομέρεια για το σφόνδυλο βρίσκεται στο σχήμα 41. Η συνηθισμένη διαδικασία θα ήταν να προσαρμοστεί το δυνατό πιο κεντραρισμένο ώστε να διατρυθεί(διαμορφωθεί) η πλήμνη. Είναι καλύτερο να γίνεται η διάτρηση σε όμοια μεγέθη και να τελειώνει με το φινίρισμα ενός γλυφάνου. Κατόπιν εγκαταστήστε το παραπάνω σύνολο και τοποθετήστε το σε έναν άξονα ώστε να ευθυγραμμιστούν οι διάμετροι των εξωτερικών όψεων, τονάρατε την βαθειά πλήμνη αυλάκι της τροχαλίας. Το πόσο θα γίνει συμβιβασμός/γώνιασμα στις πλευρές θα εξαρτηθεί από την ποιότητα του χυτού και την προτίμησή σας.



Σχήμα 41. Η λεπτομέρεια του Σφονδύλου/Βολάν.

ΤΟ 'ΡΕΚΤΙΦΙΕ' ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

Οι τόρνοι γενικά κατά την διάνοιξη σπών τείνουν προς μία σταδιακή εκλέπτυνση γύρω από τις τρύπες και υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό κωνικότητας στις περισσότερες περιπτώσεις. Και το καλύτερο εργαλείο 'φινιρίσματος' δεν θα ήταν αποδεκτό για την (ολοκλήρωση) του κυλίνδρου ισχύος. Έτσι πρέπει να φινίρουμε ακονίζοντας ή φτιάχνοντας κάποιο ακόνι, και αυτή η εργασία γίνεται καλύτερα προτού φτιάξουμε το έμβολο. Πολλά εργαστήρια δεν έχουν πρόσβαση σε ένα ακόνι του τύπου που θα χρειαστούμε έτσι θα πρέπει πιθανώς να κάνουμε μία λείανση.

Μια λείανση γίνεται με ένα επιχρισμένο(με ειδικό λιπαντικό-μπράσο) λειαντικό εργαλείο που εφαρμόζεται στην εργασία. Μπορεί να γίνει για την εργασία εσωτερικών ή εξωτερικών όψεων και σε οποιαδήποτε πρακτική μορφή. Αποτελείται από υλικό που είναι μαλακότερο από το κομμάτι προς κατεργασία έτσι ώστε οι λειαντικοί κόκκοι να μην συναρμολογούνται στο κομμάτι προς κατεργασία.

Τα λειαντικά κατασκευάζονται συνήθως από χυτοσίδηρο, χαλκό, μόλυβδο και ακόμη από σκληρό ξύλο. Ο μόλυβδος είναι πιθανώς η πρακτικότερη επιλογή για το περιορισμένο μας εργαστήριο. Θα είναι εύκολο να χυτεύσουμε σε καλούπι, μόλυβδο, της τάξης περίπου των 3/4" ώστε να παραχθούν τα κομμάτια που θέλουμε. Είναι αναλώσιμα έτσι λοιπόν να είμαστε έτοιμοι να κάνουμε καινούργια από καιρό σε καιρό.

Διαστασιολογικές λεπτομέρειες παρουσιάζονται στο σχήμα 42. Προετοιμάστε την μασγάλη στον άξονα του τόρνου πρώτα για την κατασκευή μίας λαβής του 1/4" × 3/8" σε μήκος στην πλευρά του άξονα από κοινό χάλυβα των 3/8" × 4".

Σπειροτομήστε τον γόμφο στο $\frac{1}{4}$ " - 20. Κόψτε ένα κομμάτι ακατέργαστου μετάλλου, τρυπήστε το σε βάθος $\frac{1}{2}$ " και σπειροτομήστε ως $\frac{1}{4}$ " - 20. Προσαρμόστε το κομμάτι αυτό επί της λαβής του τόννου και διαμορφώστε το σε μορφή και μέγεθος επί των αρπαγών αυτού(του τόννου). Δεδομένου ότι ο κύλινδρος διευρύνεται βαθμιαία η διαδικασία της λείανσης του κυλίνδρου πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη. Έτσι κόβουμε μια αυλάκωση με σιδηροπρίονο και τοποθετούμε μία ακέφαλη βίδα ώστε να μπορούμε να την επεκτείνουμε όπως απαιτείται. Η οπή του $\frac{1}{8}$ " στο τέλος της αυλάκωσης βοηθά στην αποτροπή σπασίματος.

Κατά τη λείανση το γλύφανο καλύπτετε με ένα λειαντικό μίγμα βάζοντας μία μικρή ποσότητα σε μία σκληρή επιφάνεια και κυλώντας το εργαλείο σας επάνω. Τα σωματίδια του λειαντικού συναρμολογούν στο μαλακό μολύβδο.

Τοποθετήστε τη μασγάλη στον άξονα του τόννου με το τρυπάνι, και οδηγήστε το κομμάτι του μετάλλου προς επεξεργασία με μέτρια ταχύτητα(περιστροφής). Ένα μικρό δοχείο "κηροζίνης" κάτω από τον πάγκο του τρυπανιού μας θα χρησιμοποιηθεί για την κατακράτηση των σταλαγμάτων καθώς εσείς ξεπλένετε το συγκεκριμένο τεμάχιο. Αυτό θα γίνει με το στάλαγμα της "κηροζίνης" δια μέσω του κυλίνδρου με μια μικρή βούρτσα(πινέλο). Η εργασία κρατιέται σε κάθετη κίνηση καθ' όλη τη διάρκεια ώστε να αποτραπεί ο 'καμπανισμός', ο οποίος είναι ένα βαθύ αυλάκι σε ορισμένη θέση. Το γλύφανο δεν επιτρέπεται να πάει περισσότερο από το $\frac{1}{8}$ " πέρα από κάθε άκρη του κυλίνδρου ώστε να αποφευχθεί το "χειλίσμα του καμπανισμού", το οποίο σημαίνει μια διεύρυνση στις άκρες της διεργασίας μας.

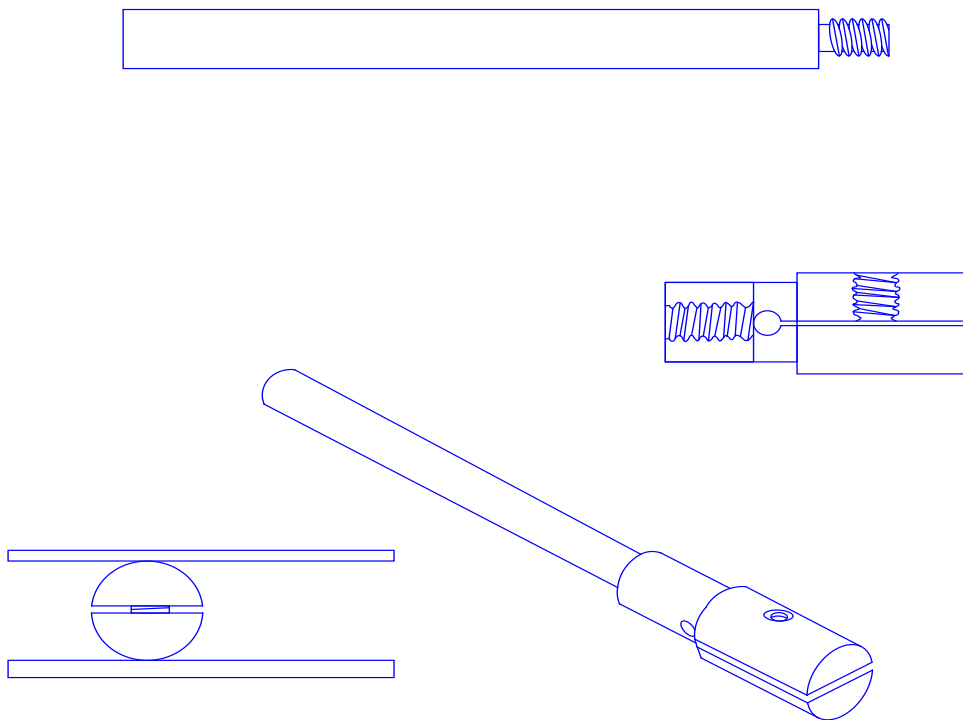
Η τοποθέτηση των κυλίνδρων ισχύος στη συναρμογή μας παρέχει ένα ιδανικό προσάρτημα για τη συγκράτηση των κυλίνδρων προς 'γλύφανση'. Η λείανση επεκτείνεται ώστε να μας δώσει λίγη έως μέτρια αντίσταση στις περιορισμένες περιοχές του κυλίνδρου. Στο ξεκίνημα θα αισθανθείτε περισσότερη αντίσταση σε μερικές περιοχές. Έτσι συνεχίζετε να λειάνετε έως ότου εκείνες οι 'δύσκολες' περιοχές "ομαλοποιηθούν" και έπειτα συνεχίζετε για λίγο ακόμα. Σύντομα η αντίσταση θα έχει ομοιόμορφη αίσθηση από τη μία άκρη έως την άλλη και τότε θα ξέρετε ότι το άνοιγμα της οπής μας θα είναι αληθινά παράλληλο. Κατόπιν συνεχίζετε να λειάνετε έως ότου μια οπτική επιθεώρηση αποκαλύψει μια ομοιόμορφη 'υφή' από άκρη με άκρη. Το αντικείμενο μας είναι να παραχθεί ένας κύλινδρος που να είναι πραγματικά κυκλικός γύρω από τα παράλληλα τοιχώματα.

Θα είναι απαραίτητο να 'επαναφορτίζεται', το γλύφανο* κάθε στιγμή. Είναι το λειαντικό που εμβαπτίζεται το γλύφανο που κάνει την όλη εργασία, έτσι μην σπαταλάμε την ουσία με την τοποθέτηση μεγάλων ποσοτήτων στον κύλινδρο. Όταν η εργασία τελειώσει ξεπλύνετε τον κύλινδρο λεπτομερώς ώστε να αφαιρεθούν όλα τα ίχνη του λειαντικού(μπράσο).

Το απόλυτο φινίρισμα θα εξαρτηθεί κάπως από την κατάσταση της οπής μας κατά την έναρξη. Η λείανση είναι μια αργή διαδικασία και μπορεί να πάρει ώρες για να αυξήσει το μέγεθος της οπής, έστω και μερικά χιλιοστά της ίντσας.

Οι μικροσκοπικές ρωγμές ή ένας 'πόρος' δεν θα επηρεάσουν σοβαρά τη λειτουργία της μηχανής. Αλλά οποιαδήποτε ρωγμή που εκτείνεται στο μήκος μίας οπής θα σημαίνει σίγουρα μια σοβαρή διαρροή αέρα.

Τα λειαντικά μίγματα είναι όλο και περισσότερο δύσκολο να βρεθούν σε πολλές περιοχές. Μπορείτε να είστε σε θέση να βρείτε λειαντικό βαλβίδων σε ένα τοπικό κατάστημα-προμηθειών για συνεργεία αυτοκινήτων-, και θα λειτουργήσει πολύ καλά. 2 δοχεία της μίας ούγκιας αυτού του μίγματος μπορούν να διατεθούν από την εταιρία Co. Campbell, οδός 2100 Selma, Springfield, Ohio 45505, και από την Power model supply Co., Rte 1, Box 177, DeSoto MO 63020. #120 χονδροειδούς τριβής(λειαντικό) εξυπηρετεί τις ανάγκες σας για αυτό το πρόγραμμα

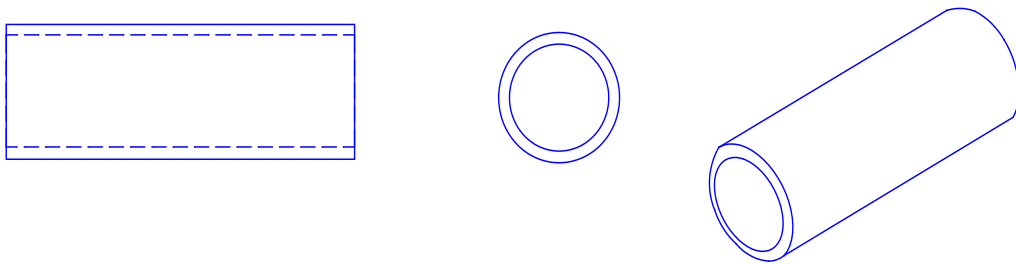


Σχήμα 42. Εργαλείο Λείανσης Κυλίνδρων(Ρεκτιφιέ)..

Λεπτομέρεια 10 - Ο ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΙΣΧΥΟΣ

Τοποθετήστε σωλήνα της 1/2" και μήκους 3" στο τσοκ του τόννου καλά κεντραρισμένα. Δεδομένου ότι και η μέσα και η έξω πλευρά θα υποστούν επεξεργασία στη μηχανή δεν υπάρχει κανένας λόγος για χρησιμοποίηση γαλβανισμένου σωλήνα εκτός και αν συμβαίνει να τον έχετε διαθέσιμο. Χρησιμοποιημένος σωλήνας θα είναι Ο.Κ. εάν είναι καθαρός. Αλλά ο χρησιμοποιημένος σωλήνας από κάποιες εφαρμογές του (παρελθοντικά) μπορεί να έχει υποστεί σκλήρυνση ή να έχει επηρεαστεί από υλικά τα οποία μετέφερε. Θα είναι δύσκολο να παραχθεί μία καθαρή και ευθεία οπή εάν υπάρχουν σκληρά σημεία στο υλικό μας.

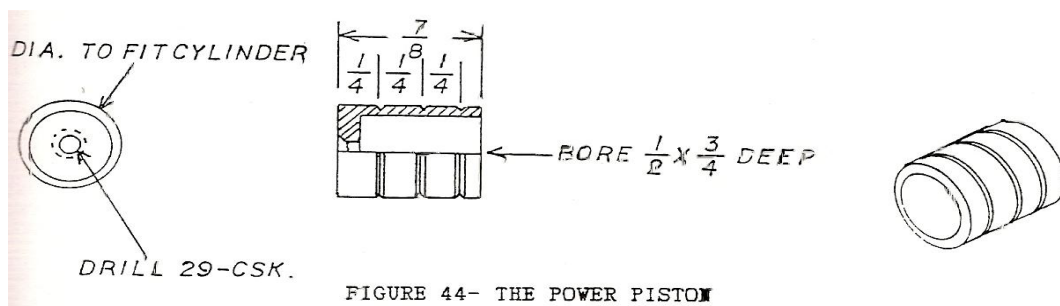
Εάν είναι καλά κεντροθετημένος στο τσόκ του τόννου ο τυποποιημένου βάρους σωλήνας της $\frac{1}{2}$ " θα καθαρίσει πολύ καλά μόλις διατρηθεί στο 0.650". Αυτό είναι μόνο 0.025" μεγαλύτερο από τα $\frac{5}{8}$ " και δεν αποτελεί μεγάλη διαφορά ώστε να επηρεάσει το λόγο μεγέθους μεταξύ των κυλίνδρων μεταφοράς και ισχύος. Στα πρώτα δύο, τρία περάσματα του δραπεάνου(σπειροτόμου) μας η ένωση(οπή) μας έχει ένα πολύ καλό σπείρωμα. Χρησιμοποιήστε το πιο σκληρό τρυπάνι που έχετε διαθέσιμο με την μικρότερη το δυνατό προεξοχή. Δώστε μεγαλύτερη προσοχή στα τελευταία δύο περάσματα για να έχετε μικρότερη εμφάνιση 'λοβίων' αργότερα. Γωνιάστε την εξωτερική διάμετρο στα 0.750" αφού τελειώσει η διάτρηση. Ταιριάξτε(γώνιασμα) την εξωτερική άκρη και στρογγυλέψτε ελαφρά την μέσα και έξω πλευρά. Ξεχωρίστε ανάλογα με το μέγεθος και λειάνετε τη συγκολλητική ραφή.



Σχήμα 43.- Ο Κύλινδρος Ισχύος

Λεπτομέρεια 11. ΤΟ ΕΜΒΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ

Αναφερθείτε στο σχήμα 44 για όλες τις διαστατικές λεπτομέρειες. Τα έμβολα μπορούν να γίνουν με απόθεμα τεμαχίων Αλουμινίου ή από έναν μικρό σε μήκος κομμάτι ερυθρελάτη, πικέα (ή το ξύλο της). Μπορούν επίσης να είναι και από ορείχαλκο εάν συμβαίνει να έχετε κάποιο απόθεμα από αυτόν διαθέσιμο.



Σχήμα 44- Το Έμβολο Ισχύος.

Οι εξωτερικές διαμέτροι απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή δεδομένου ότι το έμβολο πρέπει να είναι σε μια πολύ σφικτή αλλά χωρίς τριβή συναρμογή εντός του κυλίνδρου.

Τα περισσότερα εγχώρια εργαστήρια δεν θα έχουν τους μικρούς μετρητές οπών και είναι μια εργασία που κρύβει δυσκολίες για να μετρήσει κανείς μία τόσο μικρή οπή/διάτρηση με τους παχυμετρικούς διαβήτες με βερνιέρο. Μια πρακτική μέθοδος είναι να φτιαχτεί ένας μετρητής οπών τύπου “Περνάει δεν Περνάει”. Απλά βάλτε στο τσόκ του τόννου ένα χυτό κομμάτι από Αλουμίνιο και γωνιάστε έναν γόμφο περί του 1/4" (το πολύ) σε μήκος που θα γλιστρήσει στον λοβό του κυλίνδρου. Κατόπιν γωνιάσατε έναν άλλο κοντύτερο γόμφο παρακείμενο σε αυτόν που είναι 0.001" μεγαλύτερος. Εάν και ο δεύτερος γόμφος γλιστρήσει πάλι στον λοβό του κυλίνδρου φτιάξτε και δεύτερο γόμφο μεγαλύτερο κατά 0.001". Συνεχιστείτε έως ότου φθάσετε σε μια διάμετρο που δεν θα γλιστράει εντός της διάτρησης. Ο προηγούμενος γόμφος θα είναι πολύ κοντά στο σωστό μέγεθος. Σιγουρευτείτε ότι στο τέλος του κυλίνδρου έχει γίνει λοξοτομή και ότι δεν υπάρχουν ‘μικροπροεξοχές’ ώστε να παρεμποδίσουν την συναρμολόγηση. Όταν σιγουρευτείτε ότι ο μετρητής(ελεγκτής) εγκαθιστά κατάλληλα μπορείτε να κάνετε την μέτρησή σας για να ανακαλύψετε την απαραίτητη εξωτερική διάμετρο για το έμβολο. Και ο ίδιος ο κύλινδρος θα χρησιμεύσει ως μετρητής/ελεγκτής, που θα εξετάσει αν το έμβολο είναι εντάξει κατά την εκλέπτυνση της εξωτερικής διαμέτρου.

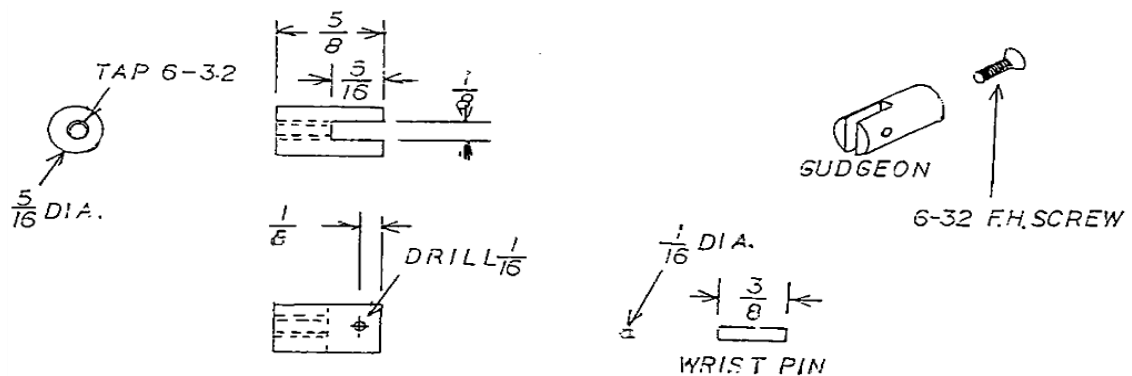
Θα είναι μια εύκολη εργασία να βάλουμε στο τσόκ του τόννου το τεμάχιο μας, να γωνιάσουμε την άκρη και να ‘σπειροτομήσουμε’ μία οπή της 1/2" σε διάμετρο και βάθους 3/4". Χρησιμοποιήστε το κεντρικό τρυπάνι στον ελικοτόμο του τόννου για να φτιάξετε μία τρύπα #29 ώστε να εξασφαλίσετε την όχι γρήγορη απόσυρσή του. Η τρύπα θα φρεζαριστεί μετά την σπειροτόμησή της. Κατόπιν προχωρήστε στο ‘γώνιασμα’ των εξωτερικών διαμέτρων-όψεων, ελέγχοντας με τον κύλινδρο καθώς θα προσεγγίζετε το τελικό μέγεθος. Τέλος, χρησιμοποιήστε σπειροτόμο με αιχμηρή άκρη για να κόψετε τα τρία αυλάκια. Διαιρέστε σε μήκος 7/8" και λοξοτομήστε προτού ολοκληρωθεί ο ‘αποχωρισμός’. Φρεζάρουμε την τρύπα στην κορυφή του εμβόλου έτσι ώστε η κεφαλή των βιδών 6-32 να είναι επίπεδη.

Η τελική δοκιμή του εμβόλου γίνεται όταν εγκαθίσταται το κομβίο αυτού. Κατόπιν πρέπει να παραμείνει στην κορυφή του κυλίνδρου όταν κλείσουμε το κατώτατο σημείο με ένα δάχτυλο, και η ελεύθερη πτώση με το βάρος του όταν επιτραπεί να δραπετεύσει ο αέρας. Αυτή η δοκιμή γίνεται με το έμβολο και τον κύλινδρο ‘στεγνούς’.

Και το έμβολο και ο κύλινδρος πρέπει να είναι απολύτως απηλαγμένοι από λάδι ή σκόνη ρύπου. Εάν η τακτοποίηση αποδεικνύεται πάρα πολύ σφιχτή μπορείτε να προετοιμάσετε έναν κοντό άξονα με μια τρύπα 6-32 στην άκρη και να βιδώσετε το έμβολο ώστε να κάνετε ένα μικρό κόψιμο με μία λίμα. Μην καθαρίσετε το έμβολο με λειαντικό ύφασμα διότι μερικές από τις ίνες αυτού μπορεί να συναρμόσουν σε αυτό και να χαλάσουν τον κύλινδρο.

Λεπτομέρεια 12 ΤΟ ΑΝΩ ΚΟΜΒΙΟ ΤΟΥ ΔΙΩΣΤΗΡΑ

Προσπάθησα να βρω ένα διαφορετικό όνομα για αυτό το εξάρτημα, αλλά η λέξη αναφέρεται στον άξονα ή τον στροφέα και αυτός είναι ακριβώς ο λόγος που τα παράτησα στην αναζήτηση άλλης λέξης. Παρέχει στον στροφέα το σύνδεσμο της μπιέλας και κάνει τη συναρμολόγηση πολύ πιο εύκολη. Το κομβίο έχει ένα μήκος το πολύ $\frac{3}{8}$ " με διάκενο οπής του $\frac{1}{16}$ " ώστε να κάνει το βάκτρο μας να κινείται ελεύθερα εντός του διωστήρα. Τα τοιχώματα του εμβόλου αποτρέπουν την πλευρική κίνησή του τόσο όσο το επιτρέπουν οι ανοχές του. Οι διαστατικές λεπτομέρειες είναι στο σχήμα 45. Απλά βάζουμε στο τσόκ του τόννου ένα κομμάτι ορειχάλκινης ράβδου και μορφοποιούμε την εξωτερική διάμετρο. Γωνιάζουμε την άκρη, κεντροθετήστε μία οπή #33 και σπειροτομήστε την ως 6-32. Ξεχωρίστε σε μήκος $\frac{5}{8}$ ". Μπορεί να βιδωθεί σε ένα σιδερένιο τεμάχιο-γωνιακής μορφής ώστε να στερεωθεί στη μέγγενη για την κοπή της αυλάκωσης του $\frac{1}{8}$ ", η οποία μπορεί να γίνει με σιδηροπρίονο και λίμα ή έναν τόννο. Το ίδιο προσάρτημα της 'σιδερογωνιάς' μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάτρηση της οπής του κομβίου του $\frac{1}{16}$ ".



Σχήμα 45. Ο Διωστήρας και το Άνω κομβίο.

Σημαντικός παράγοντας είναι να είναι τετραγωνισμένος καλά στην άκρη του ο διωστήρας έτσι ώστε να τοποθετηθεί ακριβώς παράλληλα στην περιφέρεια του εμβόλου. Και η τρύπα της σφήνας/κομβίο να είναι ακριβώς κάθετη στον περιστροφικό άξονα έτσι ώστε να μην δεσμεύσει την κίνηση της μπιέλας/διωστήρα.

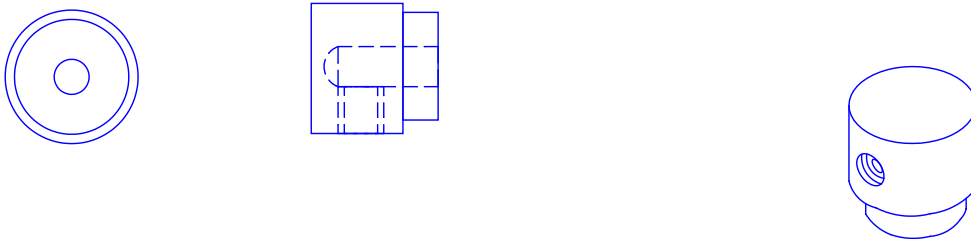
Τώρα ο διωστήρας μπορεί να εγκατασταθεί επί του εμβόλου έτσι ώστε να εξεταστεί η καταλληλότητα (της συναρμογής) εντός της λειασμένης κοιλότητας (κύλινδρος) που έχετε φτιάξει. Μία #6-32 επίπεδη-επικεφαλής βίδα με μήκος $\frac{5}{16}$ " το πολύ, απαιτείται για να εγκατασταθεί ο διωστήρας μας. Ένα πολύ πρακτικό εργαλείο για τις μικρές βίδες (βλήτρα/μπουλόνια) είναι ο 'κόφτης' για παράδειγμα που χρησιμοποιείται και στις κολλήσεις των ηλεκτρικών τερματικών.

Η βίδα απλά περνιέται εντός του δίσκου (πλάκα) και μια συμπίεση της λαβής (διάτμηση) την αποτέμνει σε μήκος χωρίς καταστροφή του σπειρώματος. Είναι πιθανό ότι θα πρέπει να κόψετε διάφορες βίδες τέτοιου τύπου για αυτό το πρόγραμμα.

Λεπτομέρεια 13- Η ΚΕΦΑΛΗ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Η συγκεκριμένη λεπτομέρεια είναι αρκετά απλή και οι διαστασιολογικές λεπτομέρειες βρίσκονται στο σχήμα 47. Μπορεί να κατασκευαστεί από κοινό χάλυβα, αλουμίνιο ή ορείχαλκο και η μόνη κρίσιμη συναρμογή-τακτοποίηση είναι ο γόμφος-ώμος που ασκεί πίεση εντός του κυλίνδρου ισχύος. Έκανα το πρώτο μου σύνολο από χάλυβα και τα συγκόλλησα εσωτερικά. Αλλά αυτή είναι μια απαιτητική μικροδουλειά και ήμουν πολύ ευχαριστημένος όταν ο κύριος Ben Imbrock από το Anadarko της Oklahoma πίεσε προς τα μέσα το δικό του με μία ένωση-μίγμα-(lock tight) στεγανωτικό και αποδείχθηκε καθόλα ικανοποιητική δουλειά. Έκανα το δεύτερο μου σύνολο από χάλυβα και το πίεσα προς τα μέσα με το ίδιο στεγανωτικό και λειτούργησε ικανοποιητικά.

Οπότε γωνιάστε τον γόμφο στα 0.001" επιπλέον του μεγέθους της διαμέτρου του κυλίνδρου. Γωνιάστε την εξωτερική διάμετρο στα 3/4". Τρυπήστε την οπή των 3/16" διαμέτρου σε βάθος 5/8" και ξεχωρίστε στο μήκος των 11/16". Συσφίξτε στην μέγγενη διάτμησης και τρυπήστε την πλευρική οπή #3 ή 7/32". Σπειροτομήστε τη δευτερεύουσα τρύπα ως 1/4" - 28 και πιέστε την κεφαλή στην κορυφή του κυλίνδρου με την ένωση-μίγμα(lock tight) που αναφέραμε πιο πάνω.

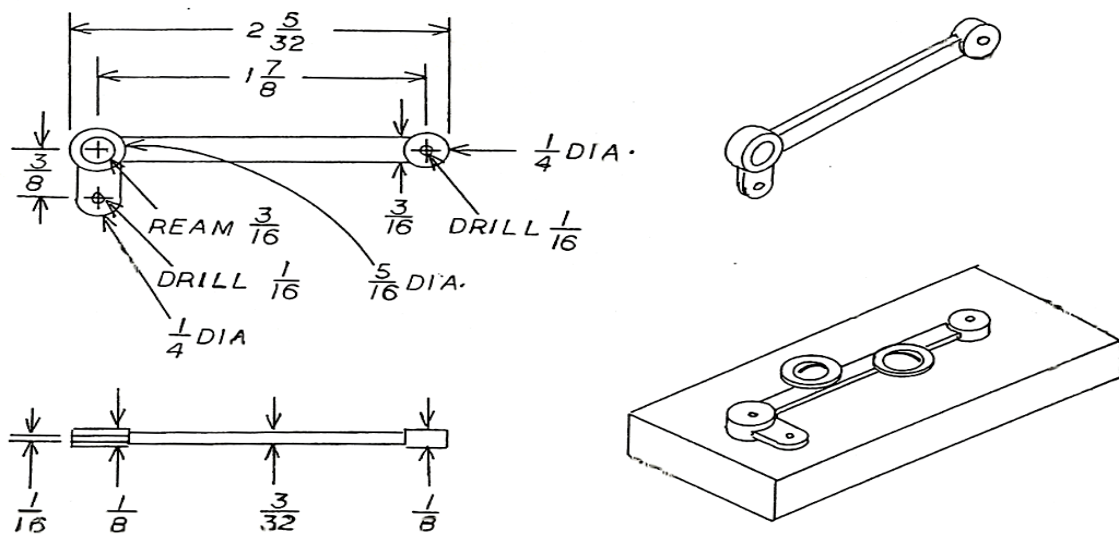


Σχήμα 47. Η κεφαλή του κυλίνδρου ισχύος

Λεπτομέρεια 14- Η ΜΠΙΕΛΑ / ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ

Πιθανώς το λεπτότερο τεμάχιο σε αυτό το πρόγραμμα αλλά αυτό θα γίνει εύκολα εάν προετοιμάζαμε ένα μικρό ξύλινο τεμάχιο* για να το υποστηρίξουμε κατά τη διάρκεια της διάτμησης και του 'στοκαρίσματος'. Θα πρέπει να εντοπίσετε τις τρύπες ακριβώς και να λεπτύνετε τα προεξέχοντα σημεία και στις δύο άκρες, και να λεπτύνετε επίσης το βραχίονα που τα συνδέει με το δεσμό.

*(ξύλο ή ξυλεία από φυλλοβόλα και μη κωνοφόρα δέντρα)

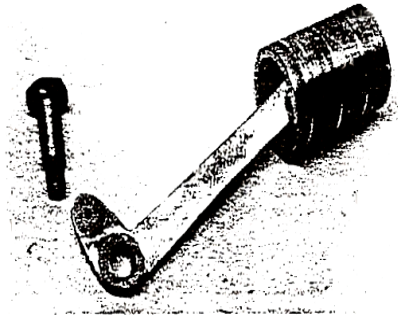


Σχήμα 48 - Ο Διωστήρας / Μπιέλα.

Αναφερθείτε στο σχήμα 48 για λεπτομέρειες και προετοιμάστε το μικρό σας τεμάχιο σκληρού ξύλου με τα ελαφρού τύπου κοιλώματα ώστε να υποδεχθούν τις προεξοχές που προαναφέρθηκαν, σε κάθε άκρη. Αυτό θα επιτρέψει σε σας να στηριχτεί το χυτό σταθερά καθώς εσείς θα την τρυπάτε με το τρυπάνι. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα ζευγάρι μικρές βίδες με τις ροδέλες τους για να στερεώσετε το χυτό προσωρινά.

Πολύ προσεκτικά σημειώστε τα κέντρα των οπών και τρυπήστε τρεις τρύπες του $\frac{1}{16}$ " μέσω του χυτού και του ξύλινου τεμαχίου που αναφέραμε πιο πάνω. Κόψτε δύο ακίδες από βέργα τρυπανιών του $\frac{1}{16}$ " και ωθήστε αυτές μέσω των οπών στα προεξέχοντα τμήματα και στο ξύλινο τεμάχιο μας έτσι να ώστε είναι επίπεδες με την επιφάνεια των προεξοχών.

Τώρα μπορείτε να αφαιρέσετε τις βίδες στερέωσης και να βάλετε το 'τεμάχιο σας' στη μέγγενη της φρέζας για να λιμάρετε την πρώτη πλευρά των προεξοχών και να μειώσετε το πάχος της μπιέλας/διωστήρα από τη μια πλευρά.

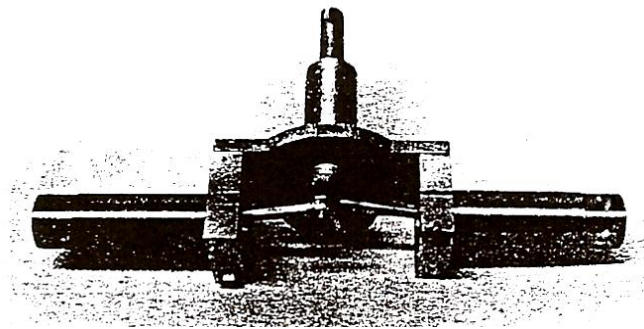


Σχήμα 49. Συναρμογή Εμβόλου

Μπορείτε επίσης να θελήσετε να λεπτύνετε λίγο τον ιστό αυτή τη στιγμή. Οπότε ανυψώστε τον από τις ακίδες, γυρίστε τον και πιέστε τον επάνω στις ακίδες για να κάνετε πάλι την αντίστροφη πλευρά.

Διευρύνετε σταδιακά την τρύπα με τη χαμηλότερη προεξοχή και τελειώστε με ένα γλύφانو των 3/16". Σιγουρευτείτε ότι είναι αληθινά κάθετο ειδικά το κομβίο μας θα καμφθεί και η επιφάνεια τριβής θα φθαρεί/φαγωθεί γρήγορα προς μεγαλύτερη διάσταση.

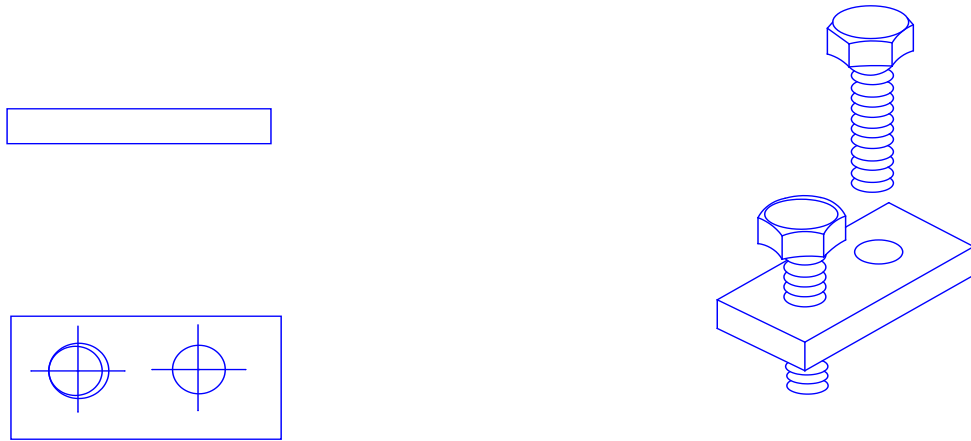
Συναρμολογείστε τα έμβολα, τους κυλίνδρους, μπιέλες/διωστήρες σύμφωνα με το παρακείμενο σχήμα 50, σιγουρεύονται ότι τα έμβολα και οι κύλινδροι ταιριάζουν επάνω και ότι η συναρμογή μας είναι πολύ σφικτή αλλά χωρίς τριβή. Τώρα είναι ο στιγμή να τελειοποιηθεί η συναρμογή μας.



Σχήμα 50- Συναρμογή των Κυλίνδρων Ισχύος.

Σφικτήρες - Ακρων

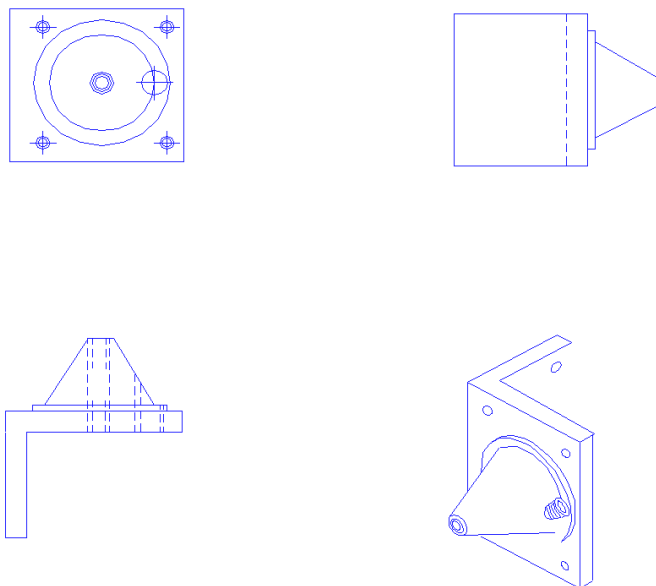
Αυτές οι απλές προκατασκευές θα συγκρατήσουν την εργασία μας με ασφάλεια εντός του πάγκου γωνιακής μορφής που έχουμε. Εμπορικά γίνονται σε πολλά μεγέθη και μορφές αλλά οι μικροί που χρειαζόμαστε εδώ είναι εύκολο να φτιαχτούν από απόθεμα τεμαχίων κοινού χάλυβα. Χρησιμοποίησα το τεμάχιο των 3/16" × 5/8" που χρησιμοποιείται για το τέντωμα της αλυσίδας του φράκτη για να κάνω το δικό μου. Αναφερθείτε στο σχήμα 51 για λεπτομέρειες και διαστάσεις. Η μια βίδα χρησιμοποιείται για να θέσει τον σφικτήρα παράλληλα στην επιφάνεια του κομματιού της εργασίας και η άλλη χρησιμοποιείται για να την σύρει βολικά επί του κομματιού προς κατεργασία. Οι επικεφαλής εξαγωνικοί κοχλίες είναι ενδεικνυόμενοι αλλά οι επικεφαλής βίδες με υποδοχή θα είναι καταλληλότερες εάν τις έχετε διαθέσιμες. Σημειώστε ότι η μία τρύπα είναι σπειροτομημένη και η άλλη έχει κατάλληλη διατομή για την υποδοχή της βίδας.



Σχήμα 51. Σφικτήρες Άκρων.

Λεπτομέρεια 15 & 16 ΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ-ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΤΟΥ
ΕΚΤΟΠΙΣΤΗ

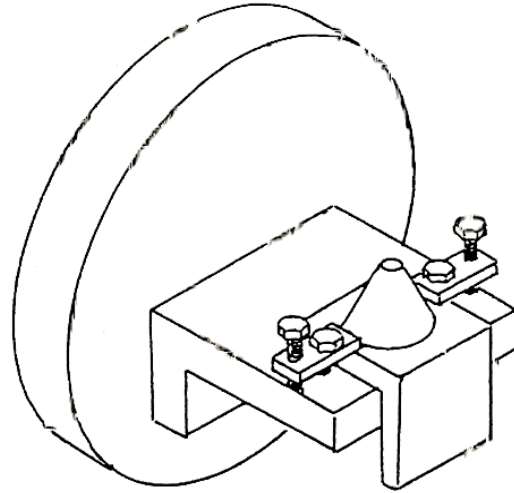
Τώρα έρχονται δύο από τα πιο απαιτητικά μέρη του προγράμματος. Αλλά δεν είναι δύσκολο να κατασκευαστούν μηχανουργικά εάν ακολουθείτε τη σωστή διαδικασία. Οι ακολουθίες είναι όλες πολύ βασικές και όλη η εργασία τήννου γίνεται μόνο με δύο οργανώσεις (ρυθμίσεις). Θα χρειαστείτε τον πάγκο γωνιακής μορφής και μερικούς σφικτήρες άκρων για να τοποθετήσετε τα χυτά.



Σχήμα 52. Υποστηρίγματα/Πλαίσια των Κυλίνδρων Εκτοπισμού.

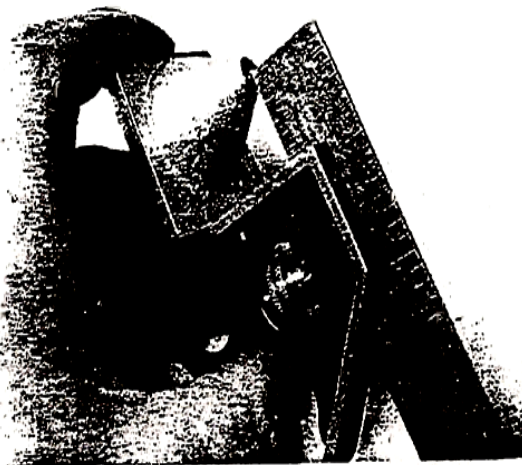
Η πρώτη λειτουργία μετά από τον καθαρισμό του χυτού θα είναι το γώνιασμα της επιφάνειάς για την τοποθέτηση της φλάντζας. Θυμηθείτε ότι η προσαρμογή της μερίδας των φλάντζών του προτύπου (σχεδίου) συντάχθηκε αλλά το πόδι της γωνίας που υποστηρίζει τον κώνο είναι σε ομοιόμορφο πάχος. Έτσι αυτή η επίπεδη επιφάνεια είναι η πρώτη επιφάνεια αναφοράς με την οποία θα εργαστούμε. Στερεώνουμε το υποστήριγμα στον πάγκο γωνιακής μορφής που έχουμε ώστε να γωνιάσουμε την εξωτερική επιφάνεια για την προσαρμογή της φλάντζας, η οποία θα γίνει έπειτα η επιφάνεια αναφοράς για επόμενες διαδικασίες.

Το σχήμα 54 επεξηγεί την οργάνωση για την αντιμετώπιση του γωνιάσματος, τοποθέτησεως - προσαρμογής της φλάντζας. Δύο τρύπες του 1/4"-20 σπειροτομούνται στο δίσκο γωνιακής μορφής για να δεχτούν τις βίδες των σφικτήρων ακρών (toe clamps). Καθαρίστε το χυτό με μία χονδροειδή λίμα προτού την τοποθέτηση. Και σιγουρευτείτε ότι υπάρχει στοιχειώδη καθαριότητα στην εσωτερική γωνία έτσι ώστε το κομμάτι να στηρίζεται κατάλληλα στον πάγκο σας.



Σχήμα 54.

Το πάχος της τοποθετούμενης φλάντζας δεν είναι κρίσιμο. Αλλά καθαρίστε αρκετά μόνο τόσο ώστε να ομαλοποιηθεί η επιφάνεια προσαρμογής. Η εσωτερική επιφάνεια της τοποθετούμενης φλάντζας δεν ταιριάζει με οποιοδήποτε άλλο μέρος έτσι δεν απαιτεί επιπρόσθετη κατεργασία.



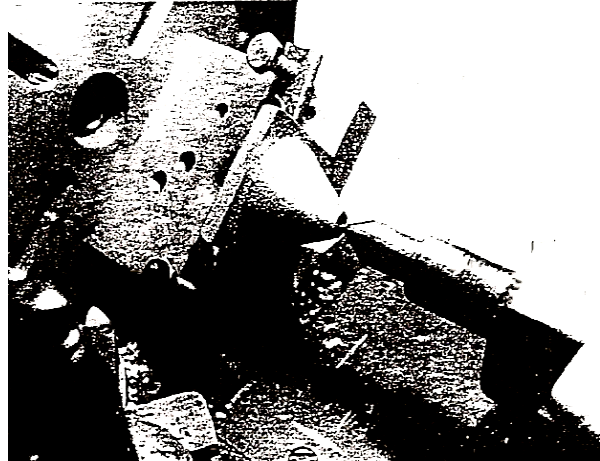
Σχήμα 55.

Έχοντας γωνιάσει την προσαρμογή της φλάντζας, μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί ένα αλφάδι ως μετρητής για την εύρεση του κέντρου του κώνου όπως φαίνεται στο σχήμα 55. Για τη δεξιά προσαρμογή η διάσταση είναι 7/8" και για την αριστερή 3/4", όπως ακριβώς υποδεικνύεται στα σχέδια. Η διάταξη του καλουπιού θα βοηθήσει να καταστήσει το σημάδι πιο ορατό. Φυσικά ένας επίπεδος πάγκος και ένα αλφάδι θα ήταν ακριβέστεροι αλλά

τέτοιες πολυτέλειες συνήθως δεν βρίσκονται στο εγχώριο εργαστήριο.

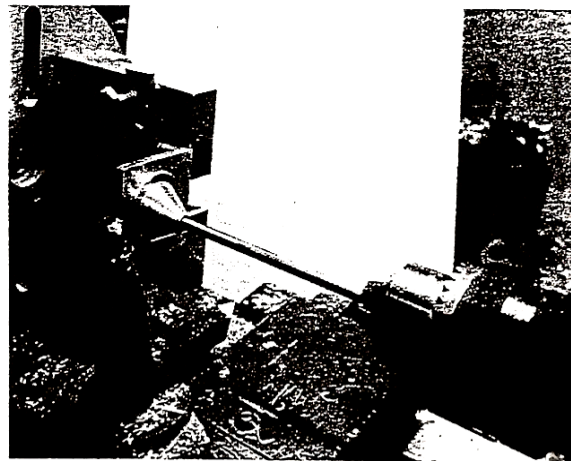
Χρησιμοποιήστε μια 'πόντα' για να σημαδέψετε το κέντρο σαφώς. Κατόπιν στερεώστε τη φλάντζα στον πάγκο γωνιακής μορφής με τους σφιγκτήρες ακρών (toe clamps) όπως στο σχήμα 56.

Ο πάγκος γωνιακής μορφής ξεβιδώνεται από τον πάγκο 'γωνιάσματος' και ο σπειροτόμος του τόρνου μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί ώστε να κεντροθετήσει την εργασία μας στο σημάδι που φτιάξαμε στην άκρη επί του κώνου. Περιστρέψτε το γείσο με το χέρι για να εξασφαλίσετε ότι η εργασία είναι σωστά τοποθετημένη προτού συσφίξετε το πάγκο γωνιακής μορφής σταθερά.



Σχήμα 56.

Σιγουρευτείτε ότι η εργασία προεξέχει αρκετά μακριά, πέρα από την άκρη του πάγκου σας -γωνιακής μορφής- έτσι ώστε όλες οι απαριθμημένες διαδικασίες να μπορούν να ολοκληρωθούν. Τώρα εξετάστε λεπτομερώς ολόκληρη την σειρά διαδικασιών προτού να αρχίσετε. Οι ακόλουθες διαδικασίες θα περιλάβουν, την κατεργασία του κώνου με το σύνθετο μίγμα (μπράσο) επί της γλίστρας που τίθεται στις 30°, τη διάτρηση-διεύρυνση της διαμερούς οπής καθώς και γώνιασμα της πλευράς πάνω στην οποία θα προσαρμοστεί η φλάντζα του εκτοπιστή. Θα υπάρξει επίσης ένας κοντός γόμφος που θα εντοπίσει τη διάμετρο του εκτοπιστή. Όλες αυτές οι διάμετροι πρέπει να είναι ομόκεντρες έτσι λοιπόν η δεύτερη οργάνωση (ρύθμιση των μηχανημάτων μας) πρέπει να είναι ακριβής και πολύ ασφαλής. Η σειρά στην οποία η εργασία-λειτουργία μας γίνεται δεν είναι σημαντική. Αλλά η οργάνωση-ρύθμισή-μας δεν μπορεί να αλλάξει έως ότου όλες οι διαδικασίες ολοκληρωθούν. Όταν είστε σίγουροι ότι η οργάνωση είναι ακριβής και ασφαλής προχωρήστε να κάνετε τις απαραίτητες διαδικασίες με οποιαδήποτε κατάλληλη-διαδοχή-σειρά.



Σχήμα 57.

Μπορείτε πρώτα να γωνιάσετε τον γόμφο του $1\frac{3}{16}$ " και να συμβιβάσετε (λείανση) την επιφάνεια πάνω στην οποία θα προσαρμοστεί η φλάντζα του εκτοπιστή. Κατόπιν επεξεργαστείτε τον κώνο με την ένωση-μίγμα (μπράσο) που τίθεται επί της γλίστρας στις 30° και συμβιβάστε τον γόμφο στο ύψος του $1/16$ ".

Χρησιμοποιήστε το κεντρικό τρυπάνι για να ξεκινήσετε τη διαμπερή οπή, διατρήστε πολύ προσεκτικά στο $\frac{1}{8}$ " σε όλο το μήκος της. Συνεχίστε με το τρυπάνι στα $11/64$ " και τελειώστε στα $3/16$ " με ένα γλύφανο όπως φαίνεται στο σχήμα 57.

Οι ακόλουθες διαδικασίες θα περιλάβουν, την κατεργασία του κώνου με το σύνθετο μίγμα (μπράσο) επί της γλίστρας που τίθεται στις 30° , τη διάτρηση-διεύρυνση της διαμπερούς οπής καθώς και γώνιασμα της πλευράς πάνω στην οποία θα προσαρμοστεί η φλάντζα του εκτοπιστή. Θα υπάρξει επίσης ένας κοντός γόμφος που θα εντοπίσει τη διάμετρο του εκτοπιστή. Όλες αυτές οι διάμετροι πρέπει να είναι ομόκεντρες έτσι λοιπόν η δεύτερη οργάνωση(ρύθμιση των μηχανημάτων μας) πρέπει να είναι ακριβής και πολύ ασφαλής. Η σειρά στην οποία η εργασία-λειτουργία μας γίνεται δεν είναι σημαντική. Αλλά η οργάνωση-ρύθμισή-μας δεν μπορεί να αλλάξει έως ότου όλες οι διαδικασίες ολοκληρωθούν. Όταν είστε σίγουροι ότι η οργάνωση είναι ακριβής και ασφαλής προχωρήστε να κάνετε τις απαραίτητες διαδικασίες με οποιαδήποτε κατάλληλη-διαδοχή-σειρά.

Τώρα μπορείτε να εντοπίσετε το κέντρο της οπής μεταφοράς του αέρα των $7/16$ " από το κέντρο της διαμπερούς οπής των $3/16$ ". Στερεώστε το χυτό ασφαλώς και τρυπήστε την οπή των $7/32$ " μεταφοράς του αέρα και ελικοτομήστε εσωτερικά ως $1/4$ "-28. Φυσικά πρέπει να γίνει από την εσωτερική επιφάνεια της γωνίας. Και είναι πάντα καλύτερο να αρχίζει κανείς με μια μικρή τρύπα, ας πούμε από το $\frac{1}{8}$ ", και να διευρύνουμε σταδιακά μέχρι το τελικό μέγεθος. Το σημαντικό πράγμα σε αυτό το βήμα είναι ότι η τρύπα παραμένει εντός της διαμέτρου του γόμφου των $1\frac{3}{16}$ " στη βάση του κώνου.

ΤΑ ΚΟΥΖΙΝΕΤΑ ΤΟΥ ΔΙΩΣΤΗΡΑ ΤΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΤΗ

Αυτοί οι δακτύλιοι δεν αποτελούν τυποποιημένα κατασκευαστικά στοιχεία, έτσι λοιπόν θα πρέπει να φτιαχτούν από εμάς. Δύο απαιτούνται σε κάθε προσαρμογή κυλίνδρου εκτοπισμού. Είναι διαμετρήματος του 1/8" εδώ, σφικτή συναρμογή εντός της διαμεπερούς οπής των 3/16" και μήκους το πολύ 1/4".

Απλά τοποθετήστε-συσφίξτε ένα κομμάτι ορείχαλκου στον τόρνο και συμβιβάστε – καθαρίστε το από το τέλος. Χρησιμοποιήστε το κέντρο του κεντροφορέα άξονα για να το κεντράρετε στο τσοκ ώστε να τρυπήσετε μια τρύπα μικρότερη της κανονικής διάστασης, για παράδειγμα 7/64" ή #33, περίπου 3/4" βάρους. υνεχίστε με ένα γλύφανο του 1/8". ωνιάστε την εξωτερική διάμετρο ως χαλαρή συναρμογή εντός της διαμεπερούς οπής, η οποία θα είναι περίπου 0.188" ή 0.189". Ελαφρά κάνετε λοξοτομή από το τέλος στο εσωτερικό και εξωτερικό μέρος σε απόσταση του 1/4". Πάλι κάντε μία ελαφριά λοξοτομή στο τέλος του εσωτερικού και εξωτερικού μέρους από τον δεύτερο δακτύλιο στο 1/4". Πιέστε τους δακτυλίους σε κάθε τέλος του υποστηρίγματος και περάστε με το γλύφανο του 1/8" αμέσως. Δοκιμάστε με ένα τρυπάνι του 1/8" κατά μήκος της οπής(διαμέτρημα) ώστε να εξασφαλίσετε μία δεδομένη χαλαρή συναρμογή. Δουλέψτε με το τρυπάνι έως ότου γυαλίσουν οι δακτύλιοι και η συναρμογή μας γίνει χωρίς τριβές όταν αυτή είναι χωρίς λίπανση(ξηρή). Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό βήμα διότι παρακάμπτοντας το μπορεί να αποτρέψουμε τη μηχανή από λειτουργία της ή τουλάχιστον να μειώσουμε την αποδοτικότητα της. Και εάν η συναρμογή μας είναι πάρα πολύ χαλαρή η διαρροή αέρα θα είχε την ίδια επίδραση.

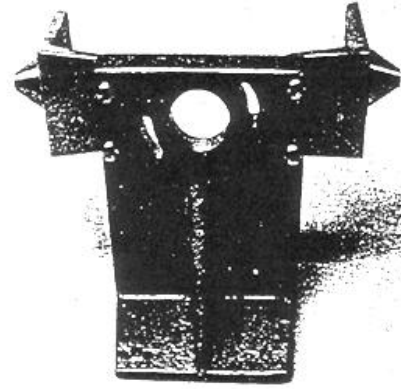


FIGURE 58

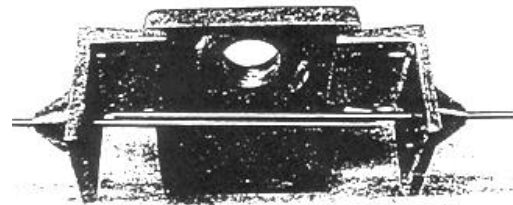


FIGURE 59

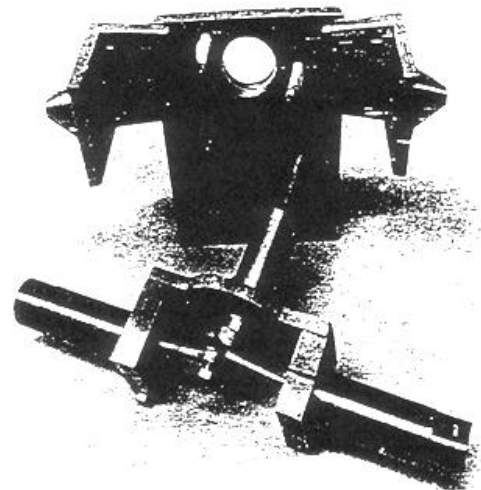


FIGURE 60

Αυτή τη στιγμή μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις συναρμογές του κυλίνδρου εκτοπισμού ως πρότυπο για να φτιάξετε τις σπειροτομημένες τρύπες στο χυτό της βάσης.

Προσεκτικά εντοπίστε και σημειώστε το οριζόντιο κέντρο της τρύπας των $\frac{7}{8}$ " στο χυτό της βάσης και συσφίξτε το υποστήριγμα στη θέση με το κέντρο του στην ίδια γραμμή. Τα υποστηρίγματα θα επικαλύψουν τις κάθετες άκρες της βάσης των $\frac{3}{8}$ ". Κατόπιν διευρύνετε την τρύπα στο χυτό της βάσης και εγκαταστήστε μια βίδα. Επαναλάβετε για τη δεύτερη τρύπα και θα σιγουρευτείτε για την ορθή της ευθυγράμμιση. Κάνετε το (επαναλάβετε) και για τα δύο χυτά ώστε να γίνει η συναρμολόγηση όπως στο σχήμα 58. Ένα ζευγάρι τρυπανιών του $\frac{1}{8}$ " δια μέσω των υποστηριγμάτων όπως φαίνεται στο σχήμα 59 θα είναι ένα βοήθημα στην ευθυγράμμισή τους για τη δεύτερη τρύπα προσαρμογής μας. Το αντικείμενο μας είναι να υπάρχουν οι ράβδοι εμβόλων εκτοπισμού έτσι ώστε να κινούνται παράλληλα και στο ίδιο κέντρο με τον στροφαλοφόρο άξονα. Αυτές οι βίδες δεν χρειάζεται να είναι προσιτές μετά τη συναρμολόγηση έτσι μπορούν να είναι με συνηθισμένο αυλάκι ή με σταυροειδείς κεφαλές (Phillips-head).

Σε αυτό το σημείο έχετε έναν σημαντικό αριθμό ολοκληρωμένων τεμαχίων και μπορείτε να κάνετε μια δοκιμαστική συναρμολόγηση όπως φαίνεται στο σχήμα 60. Μπορείτε επίσης να εγκαταστήσετε τη συναρμογή ισχύος στο χυτό της βάσης. Αυτό θα σας δώσει μια αναφορά δεδομένου ότι τελειώνετε τα μέρη και τα δοκιμάζετε στις αντίστοιχες θέσεις τους.

Οι μπιέλες/διωστήρες των εμβόλων εκτοπισμού τοποθετούνται/συναρμολογούνται δοκιμαστικά έτσι ώστε τα σπειρώματα να μην παρεμποδίζουν την κίνηση των μπιελών. Οι δύο εσωτερικά ελικοτομημένες τρύπες 8-32 επί της φλάντζας προσαρμογής μπορούν να γίνουν τώρα, αλλά οι υπόλοιπες τέσσερις (τα κέντρα τους) θα βρεθούν με την βοήθεια της φλάντζας του εκτοπιστή.

Λεπτομέρεια 17 - Ο ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΩΣΤΗΡΑ ΤΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΤΗ

Αυτοί (οι σύνδεσμοι) είναι ένα λεπτό μέρος αλλά απλό να φτιαχτούν. Δεδομένου ότι είναι πολύ μικροί και οι έτοιμες τρύπες πρέπει να έχουν ακριβείς αποστάσεις μεταξύ τους τα μέρη που ταιριάζουν (μεταξύ τους) πρέπει να συγκεντρωθούν για όλες τις διαδικασίες. Θα είναι ευκολότερο εάν εσείς σχεδιάζατε λεπτομερώς τις θέσεις των τρυπών στο απόθεμα σας κάπως μακρύτερο από το απαιτούμενο και έπειτα να αφαιρέσετε τα περισευούμενα μετά τη διάτρηση. Τα διάκενα-διαστήματα ειδικά, θα ήταν αρκετά δύσκολο σημείο για τη διάτρηση. Έτσι τρυπάτε απλά στα $\frac{7}{64}$ " με τρυπάνι μέσω του αποθέματος των $\frac{1}{16}$ " \times $\frac{1}{4}$ " και έπειτα αποκόβεται τα μικρά τετράγωνα με την κεντροθετημένη τρύπα. Οι πλάκες διαφέρουν δεδομένου ότι η πίσω πλευρά τρυπιέται με τρυπάνι όπως υποδεικνύεται στο σχέδιο και η κεντρική τρύπα είναι τύπου 4-40. Αλλά η μπροστινή πλευρά διευρύνει την κεντρική τρύπα στα $\frac{7}{64}$ " για να 'καθαρίσει' τη βίδα 4-40. Οι ακίδες είναι ράβδοι τρυπανιών του $\frac{1}{16}$ " και είναι ελαφρά συγκείμενες(κολλημένες) στις πίσω πλευρές.

Θα είναι ευκολότερο να γίνει όλη η διάτρηση, σπειροτόμηση και συγκόλληση εντός των ακίδων έτσι ώστε να μπορείτε να συναρμολογήσετε το σύνδεσμο προτού μορφοποιήσετε ακτινικά τις άκρες. Κατόπιν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον διευρυμένο πάγκο εργασίας στον τόρνο για να διαμορφώσετε τις ακτίνες εύκολα και ομοιόμορφα. Οι διαστατικές λεπτομέρειες είναι στο σχήμα 61.

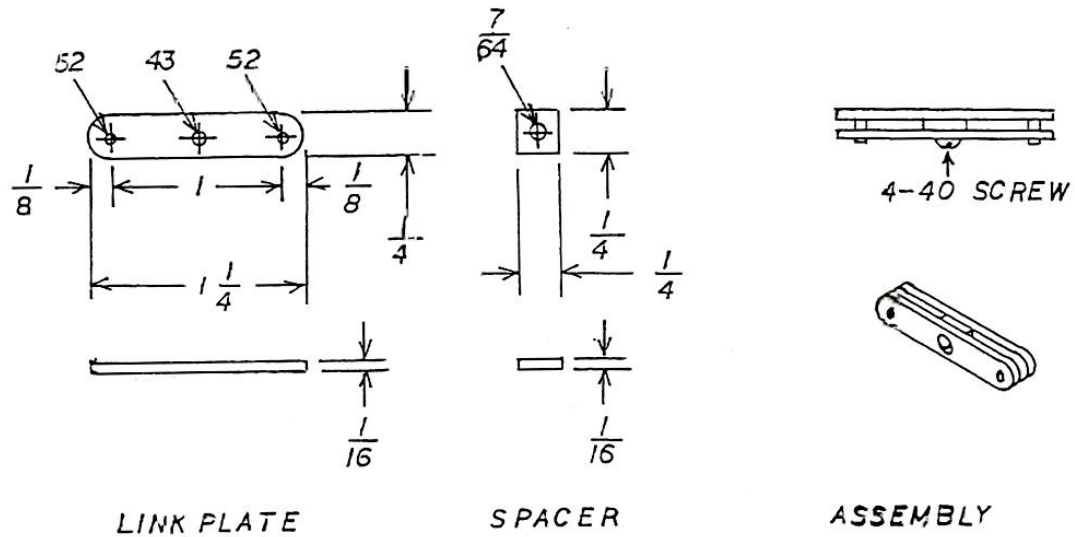


FIGURE 61- THE TRANSFER PISTON ROD LINK

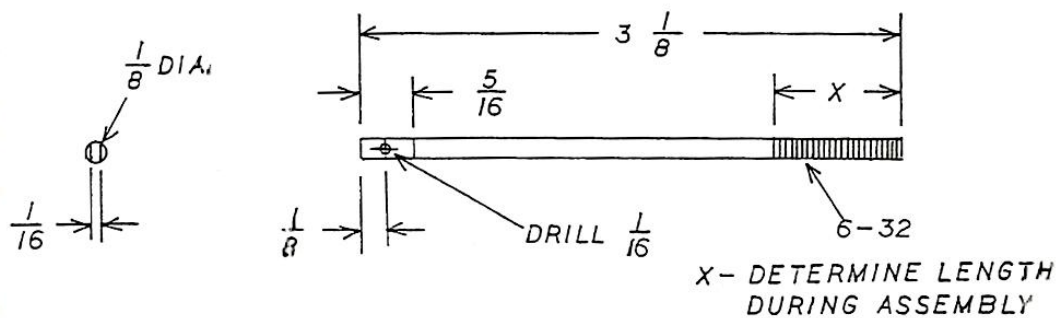
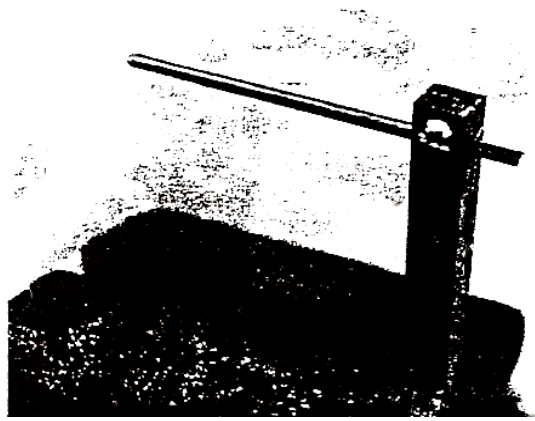


FIGURE 62- THE TRANSFER PISTON ROD

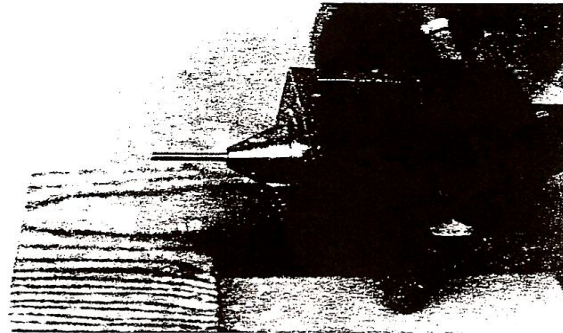
Σχήμα 61. & 62. Διωστήρας / Μπιέλα του Εκτοπιστή

Λεπτομέρεια 18 – Ο ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΤΗ

Σχήμα 63. Ο διωστήρας του Εκτοπιστή

Κόψτε τη ράβδο σε μήκος όπως εκτίθεται λεπτομερώς στο σχήμα 62 και στερεώστε την στο προσάρτημα όπως στο σχήμα 63. Με τα 5/16" της ράβδου εκτεθειμένα πέρα από το σφιγκτήρα, χρησιμοποιήστε μία λίμα άκρων με προσοχή για να μειώσετε το πάχος στο 0.94". Περιστρέψτε την εργασία στο σφιγκτήρα κατά 180° και λιμάρατε την αντίθετη πλευρά παράλληλα για να μειώσετε το πάχος στο 0.062", το οποίο είναι αρκετά κοντά στο 1/16". Πολύ προσεκτικά σημαδέψατε και 'ποντάρατε' τη θέση της τρύπας του 'οδηγού'. Περιστρέψτε την εργασία σας κατά 90° στο προσάρτημά επί της μέγγενης διατρήσεως για να τρυπήσετε την τρύπα του 1/16".

Η ράβδος και η σύνδεση αυτής μπορούν τώρα να εγκατασταθούν στη μηχανή για να καθορίσουν το μήκος του σπειρώματος. Με τη ράβδο των εμβόλων εκτοπισμού εγκατεστημένη όπως φαίνεται στο σχήμα 64 μπορείτε να μετρήσετε το εκτεθειμένο μέρος για πού υπολείπεται για σπειροτόμηση.



Σχήμα 64.

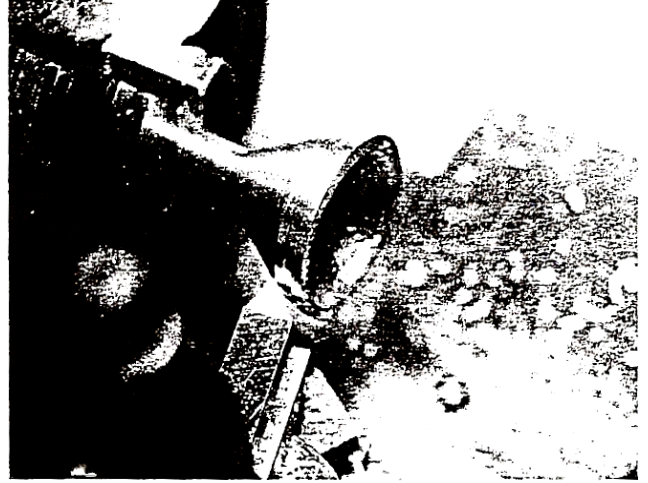
Το αντικείμενο μας είναι να σιγουρευτούμε ότι κανένα μέρος του σπειρώματος δεν θα εισαγάγετε στο δακτύλιο του κυλίνδρου εκτοπισμού. Μαρκάρετε τη ράβδο με τη λίμα ή ένα χαράκτη και αναιρέστε την για να κόψετε τα σπειρώματα των 6-32. Τελειώστε και εγκαταστήστε και τις δύο ράβδους τώρα.

Λεπτομέρεια 19- Η Βάση του Εμβόλου Εκτοπισμού

Όπως και στην συναρμογή του κυλίνδρου εκτοπισμού, έτσι και εδώ χρειάζεται λίγη μελέτη. Αλλά μην αισθανθείτε φόβο επειδή η οργάνωση(setup) είναι εύκολη και οι διαδικασίες είναι στερεότυπες. Το χυτό έχει σχεδιαστεί με το πρόσθετο μήκος στην κνήμη έτσι ώστε μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί στο τσοκ για την μηχανουργική κατεργασία.

Όλες οι διαδικασίες πρέπει να γίνουν με μία ρύθμιση στο τσόκ ώστε όλες οι διάμετροι να είναι ομόκεντρες. Εάν η κνήμη δεν είναι τόσο ομαλή και καθαρή όσο θα θέλατε να είναι, μπορείτε πρώτα να τοποθετήσετε το χυτό από τη βάση του κώνου και να το ομαλοποιήσετε ελαφρά. Αλλά το τέλος του εξωτερικού μέρους της κνήμης δεν είναι και πολύ σημαντικό ειδάλλως.

Έτσι με το χυτό τοποθετημένο στο τσοκ(του τόννου) όπως φαίνεται στο σχήμα 65 μπορείτε να αρχίσετε την επεξεργασία στη μηχανή για τις διαστάσεις του σχήματος 66. Η ακολουθία δεν είναι σημαντική εκτός από το να κρατάτε το εργαλείο σε ένα ελάχιστο όριο αποδοτικότητας. Το εσωτερικό του κώνου θα γίνει με μία ειδική ράβδο 'φρέζας'. Και θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσετε τον κύλινδρο του εκτοπιστή ως μετρητή για να



Σχήμα 65.

εξασφαλίσετε το σωστό διάκενο καθώς η βάση ακουμπά επί της προσαρμογής μας. Χρησιμοποιήστε το κεντρικό τρυπάνι για να φτιάξετε μία #33 διαμπερή οπή και σπειροτομήστε ως 6-32 προτού γίνει ο χωρισμός.

Αυτό είναι ένα μάλλον λεπτό μέρος, έτσι λοιπόν να πάρετε άφθονο χρόνο με κάθε βήμα και να προγραμματίζεται όλες τις κινήσεις σας προσεκτικά. Θυμηθείτε ότι η ανάπτυξη, βελτίωση ικανοτήτων-δεξιοτήτων είναι μέρος αυτού του προγράμματος και όχι μόνο. Η ζωτικής σημασίας διάσταση είναι η διάμετρος του κατευθείαν αυλακωμένου γόμφου που θα ωθηθεί στο χείλος των εμβόλων. Και φυσικά πρέπει να είναι όλα ομόκεντρα και παράλληλα επειδή το διάκενο στον κύλινδρο εκτοπισμού είναι μικρή.

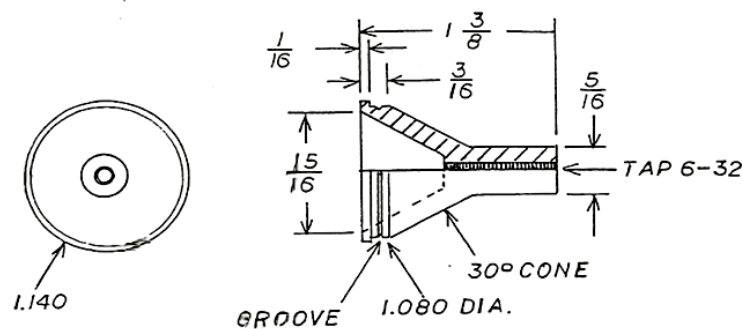
Λεπτομέρεια 20- Ο Εκτοπιστής

Αυτό είναι μια εύκολη εργασία διάτρησης και γωνιάσματος, αρχίζοντας με ένα μήκος τυποποιημένου σωλήνα της 1". Γίνεται παρόμοια με τον κύλινδρο ισχύος. Αλλά θα συγκολλήσουμε ένα πιάτο/δίσκο του 1/32" σε μία άκρη. Αναφερθείτε στο σχήμα 66 για τις διαστάσεις. Σημειώστε ότι η εσωτερική διάμετρος είναι η ίδια με την εξωτερική διάμετρο του γόμφου στη βάση των εμβόλων εκτοπισμού.

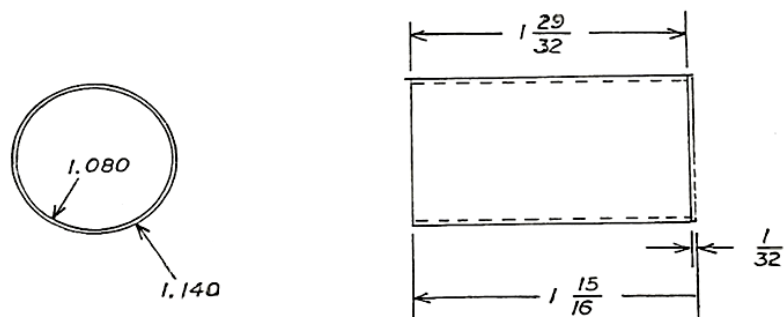
Χρησιμοποιήστε το βαρύτερο 'δράπανο' που έχετε για την εργασία με το ελάχιστο γείσο. Όπως με τον κύλινδρο ισχύος, στη ραφή θα γίνεται πιο τραχιά η κοπή στα πρώτα περάσματα αλλά θα καθαρίσει σύντομα.

Είναι πιθανό η λεπτή σωλήνωση να βρεθεί κοντά σε αυτό το μέγεθος και σε εκείνη την περίπτωση θα μπορούσαμε να γλιτώσουμε κάποια εργασία. Εντούτοις κατά τη γραφή του παρόντος μια γενική πηγή δεν βρέθηκε έτσι υιοθετήσαμε απόθεμα σωλήνων της 1" για το εγχειρίδιο. Αλλά δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο δεν θα μπορούσατε να τροποποιήσετε τη βάση για να προσαρμόσετε τη σωλήνωση εάν την έχετε διαθέσιμη. Και φυσικά θα μπορούσατε να βρείτε σωλήνωση που θα εξυπηρετούσε για τον κύλινδρο εξίσου ικανοποιητικά. Λάβετε υπόψη ότι η αύξηση του διακένου μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου θα μειώσει τη ισχύ και την αποδοτικότητα.

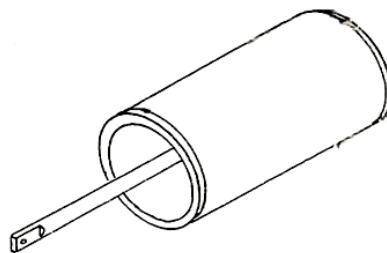
Αρχικά διανοίξατε την εσωτερική διάμετρο σε όχι μεγαλύτερο μέγεθος από 1.080" που δεν πειράζει εάν είναι τελείως καθαρό, αλλά η ραφή πρέπει να αναιρεθεί. Δεν θα πειράξει εάν υπάρχει μια μικρή διαρροή αέρα στη βάση.



THE TRANSFER PISTON BASE DETAIL



THE TRANSFER PISTON SLEEVE DETAIL



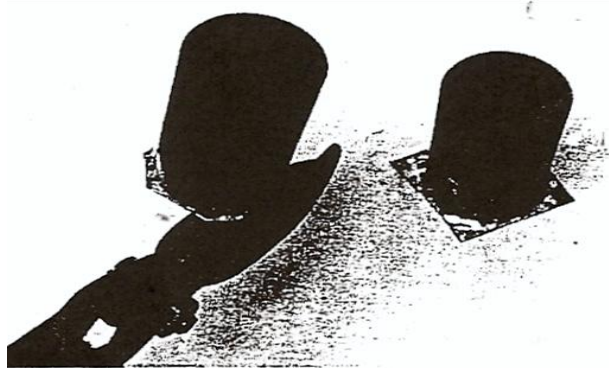
Σχήμα 66. Τα παρελκόμενα του κυλίνδρου του Εκτοπιστή.

Κατόπιν γυρίστε την εξωτερική διάμετρο στα 1.140", τα οποία θα αφήσουν ένα τοίχωμα πάχους της τάξης του 0.30" ή περίπου του 1/32". Λιμάρετε από την άκρη και λοξοτομήστε ελαφρώς προς τα μέσα. Ελέγξτε την συναρμογή της βάσης αλλά μην την εγκαταστήσετε ακόμα. Ξεχωρίστε προσεκτικά στο 1 29/32". Το συνολικό μήκος του συναρμολογημένου εμβόλου θα περιλάβει και το μήκος του χιτωνίου, το πάχος της επικάλυψης των άκρων, καθώς και τον γόμφο του 1/16" της βάσης.

ΣΥΓΚΟΛΗΣΗ ΤΩΝ ΑΚΡΩΝ ΤΩΝ ΑΚΡΩΝ ΤΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΤΗ

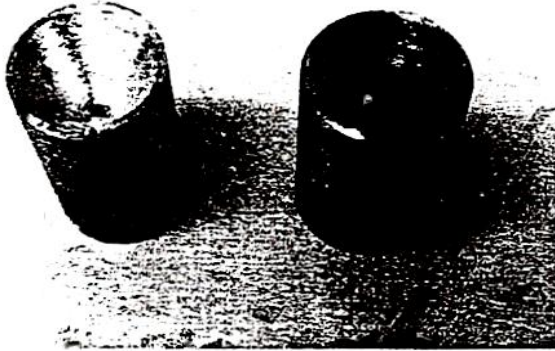
Κόψτε ένα τετράγωνο της 1½" από κοινό χάλυβα πάχους 1/32", αφού επιβεβαιωθούμε ότι αυτό παραμένει επίπεδο και μη στρεβλωμένο. Τοποθετήστε το πάνω σε ένα πυρότουβλο ή σε ένα πολύ ξηρό κοινό τούβλο και στηρίξτε το ξεχωριστό τέλος της άκρης του εμβόλου στο κέντρο του. Προσεκτικά απλώστε μια στρώση ορείχαλκου(μπρούντζου) γύρω από την ένωση.

Αυτή η εργασία απαιτεί μια ουδέτερη φλόγα του σωστού μεγέθους ώστε να αποφευχθεί η διάτρηση(κάψιμο) μέσω του μετάλλου του πάχους των 1/32". Ένας οξυακετυλενικός αυλός είναι το προτιμημένο εργαλείο για αυτήν την εργασία αλλά μπορεί να γίνει με μερικούς από τους νεότερους εμφιαλωμένους αυλούς αερίου. Για να επιτύχετε την τήξη του ορείχαλκου χρειάζεστε μια φωτεινή ερυθρά θερμότητα έτσι ώστε το 'τήγμα' να διατρέξει της ένωσης για λεπτομερή σύνδεση. Όταν η ένωση ψυχθεί αφαιρέστε όσο το δυνατό περισσότερο τις προεξοχές με ένα ψαλίδι λαμαρινών.



Σχήμα 67.

Να είστε προσεκτικός ώστε να αποφευχθεί το σπάσιμο ή στρέβλωση της ένωσης. Πιέστε την επεξεργασμένη στη μηχανή βάση στην ανοικτή άκρη και σημαδέψατε(με πόντα) περίπου τέσσερα σημεία στο πλαίσιο που 'κλειδώνει' το αυλάκι στη βάση. Κατόπιν στερεώστε έμβολο στη μέγγενη για να λιμάρετε μακριά το μέταλλο που περισσεύει. Αποφύγετε τις 'φαλτσογωνιές' ή τις στρογγυλεύσεις των ακρών, τα οποία λεπταίνουν και αποδυναμώνουν την ένωση.



Σχήμα 68.

Τα τελειωμένα έμβολα θα εμφανίζονται όπως στο σχήμα 68. Στον 'περιστασιακό' παρατηρητή αυτό θα φανεί ότι ένα τέτοιο στοιχείο δεν θα μπορούσε να γίνει στο εγχώριο εργαστήριο με το συνηθισμένο εξοπλισμό.

Τα έμβολα μπορούν να συναρμολογηθούν(βιδωθούν) επάνω στις μπιέλες/διωστήρες τους προσωρινά αλλά μην εφαρμόσετε στην ένωση lock-tight μέχρι της τελικής ρυθμίσεως και συναρμογής. Τα υποστηρίγματα των κυλίνδρων εκτοπισμού πρέπει να αφαιρεθούν ώστε να τρυπήσουμε τις τρύπες για τις βίδες των φλαντζών.

Λεπτομέρεια 21- Ο Κύλινδρος του Εκτοπιστή

Ένα μικρό μήκος του χιτωνίου των κυλίνδρων θα απαιτηθεί ως μετρητής για να τρυπηθούν οι προσαρμογές στον κύλινδρο εκτοπισμού, έτσι αρχίστε βάζοντας στο τσόκ της μέγγενης του τόννου, τυποποιημένο σωλήνα μήκους 4½" και διαμέτρου 1" και γωνιάστε την εξωτερική διάμετρο στο 1 1/4". Ομαλοποιήστε την επιφάνεια και λοξοτομήστε ελαφρά την άκρη αποχωρώντας στα 3/8". Συμβιβάστε πάλι και διαχωρίστε τα μέρη από το υπόλοιπο που χρησιμοποιείται ως οδηγός.

Οι φλάντζες αποτελούνται από "τετράγωνα τεμάχια" κοινού χάλυβα της 1½" πάχους. Κεντράρατε προσεκτικά στο τσοκ των τεσσάρων σιαγώνων και ανοίξτε μία οπή-τρήμα του 1 1/4" για μια χαλαρή συναρμογή κατάλληλη των χιτωνίων των κυλίνδρων. Οι φλάντζες θα χρησιμοποιηθούν ως 'πρότυπη' πλάκα έτσι οι τέσσερις τρύπες είναι τύπου #29 αυτή τη στιγμή. Θα διευρυνθούν αργότερα στα 11/64 για να εγκατασταθούν βίδες 8-32.

Προτού συναρμολογηθούν οι κύλινδροι εκτοπισμού χρησιμοποιήστε τις έτοιμες φλάντζες για να ανοίξετε τις τρύπες με εσωτερικό σπείρωμα όπως φαίνεται στο σχήμα 70. Συσφίξτε την προσαρμογή στη μέγγενη διάτρησης και γλιστρήστε το κοντό χιτώνιο στη φλάντζα έτσι ώστε να κεντροθετηθεί στον γόμφο του υποστηρίγματος. Σιγουρευτείτε ότι η φλάντζα δε μετατοπίζεται κατά τη διάρκεια της διάτρησης. Σημειώστε επί της φλάντζας ώστε να συγκληθεί στο χιτώνιο με το σωστό προσανατολισμό

Το υπόλοιπο της εργασίας για τους κυλίνδρους θα απαιτήσει μερικές δοκιμές καθώς προχωρούμε. Έτσι συναρμολογήστε τη μηχανή όπως φαίνεται στο σχήμα 71 και βιδώστε τις φλάντζες στον κύλινδρο εκτοπισμού χαλαρά. Τώρα ωθήστε τα χιτώνια των κυλίνδρων στις φλάντζες και βιδώστε χαλαρά τις βίδες. Ενεργοποιήστε το στρόφαλο με το χέρι για να βεβαιώσετε ότι τα έμβολα εκτοπισμού θα κινήσουν ολόκληρο τον εμβολισμό χωρίς τρίψιμο των τοιχωμάτων των κυλίνδρων.

Εάν η ευθυγράμμιση είναι Ο.Κ. τα χιτώνια μπορούν να συγκολληθούν στις φλάντζες όπως φαίνεται στο σχήμα 72. Βεβαιωθείτε ότι το χιτώνιο στηρίζεται στην ίδια επίπεδη επιφάνεια με τη φλάντζα έτσι ώστε η ευθυγράμμιση να είναι πραγματικά αληθινή. Θυμηθείτε ότι η φλάντζα είναι πάχους 1/8" ενώ ο κύλινδρος είναι μόνο 1/32" πάχους. Έτσι λοιπόν η φλόγα παίζει περισσότερο για το βαρύτερο μέταλλο ώστε να αποφευχθεί το 'κάψιμο-διάτρηση' μέσω του κυλίνδρου. Το αντικείμενο είναι εδώ να 'ιδρώσει' το βαθούλωμα έτσι ώστε το τήγμα να

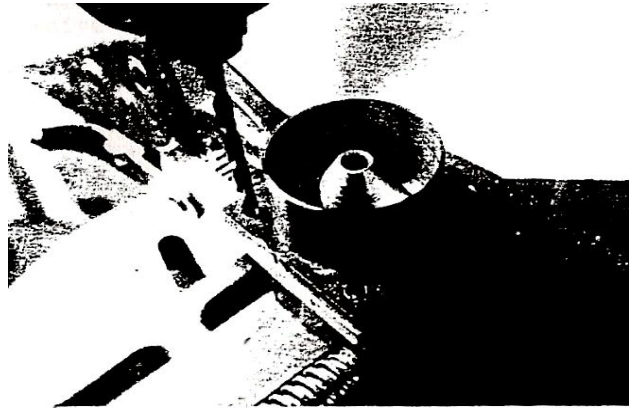
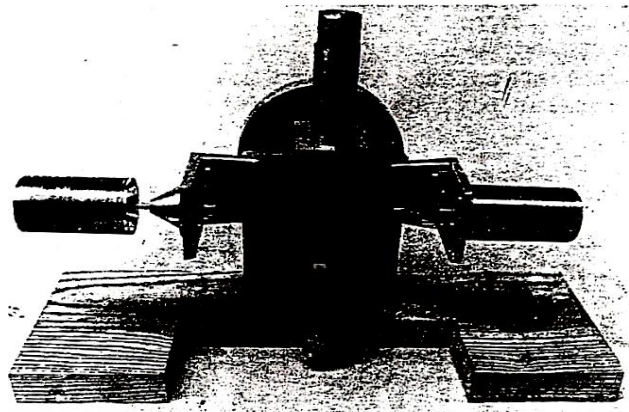
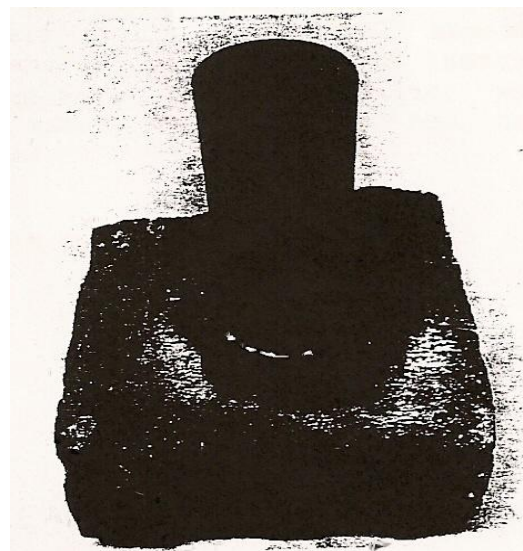


FIGURE 70



Σχήμα 70,71



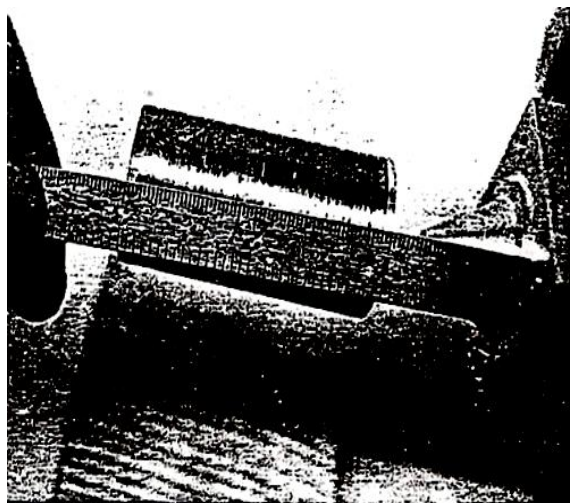
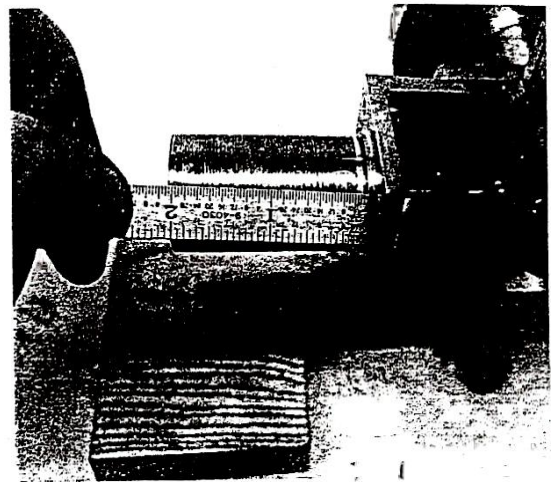
Σχήμα 72

διατρέξει εντός αυτού. Αλλά αποφύγετε μια υπερβολική ποσότητα τήγματος, η οποία θα προσθέσει μόνο υλικό προς καθαρισμό και μόνο. Επίσης αποφύγετε τήγμα στις τρύπες. Ασημοκόλληση ή ύλη συγκολλησεως ασημιού σε υγρή μορφή ή κόλλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ένωση. Και οι τρύπες θα μπορούσαν να γεμίσουν με 'στόκο' έτσι ώστε το τήγμα της κόλλησης δεν θα τα συνέδεε.

Το τέλος του κυλίνδρου γίνεται ακριβώς όπως και με το έμβολο. Κόψτε επίπεδα τετράγωνα της 1½" από κοινό χάλυβα του 1/32 και συγκολλήστε τα στη θέση τους. Αφαιρέστε τα περιττά με το ψαλίδι για τις λαμαρίνες και τελειώστε με μία λίμα και ένα στιλβωτικό πανί. Θυμηθείτε ότι οι ενώσεις στη βάση και το τέλος πρέπει να είναι αεροστεγείς. Κόψτε τα λεπτά παρεμβύσματα στεγανοποίησης για να εγκαταστήσετε τη φλάντζα, η οποία θα χρησιμοποιηθεί στο τέλος της συναρμολόγησης.

Τα έμβολα εκτοπισμού μπορούν τώρα να εγκατασταθούν μόνιμα. Εφαρμόστε την ένωση κλειδώματος σπειρωμάτων στη ράβδο(lock-tight) και βιδώστε το έμβολο επάνω έτσι ώστε όταν είναι στο κάτω άκρο εντός του χιτωνίου η βάση του να 'καθαρίσει' την επιφάνεια του υποστηρίγματος στο 1/16" όπως φαίνεται στο σχήμα 73. Ενεργοποιήστε το στρόφαλο με το χέρι μέσω διάφορων επαναλήψεων για να επιβεβαιώσετε τη ρύθμιση. Αφού το θέσετε μην πειράξετε τη ρύθμιση ή το δεσμό της ένωσης (lock tight) καθώς μπορεί να χαλάσουν.

Διαβάστε τις οδηγίες εάν δεν είστε εξοικειωμένοι με τη χρησιμοποίηση του. Περιστρέψτε το στρόφαλο ώστε να κινηθεί το έμβολο στο κάτω νεκρό σημείο για να σιγουρευτούμε ότι 'ταξιδεύει' μέσα στο όριο του μήκους του κυλίνδρου εκτοπισμού. Ελέγχετε πάντα το 'δέσιμο' και την τριβή σε κάθε στάδιο της συναρμολόγησης έτσι ώστε να ξέρετε τι να κάνετε εάν προκύψουν προβλήματα κατά τη λειτουργία της μηχανής.



Σχήμα 73 & 74

Εάν όλα είναι εντάξει σε αυτό το σημείο μπορείτε να αφαιρέσετε τους δακτυλίους των εμβόλων εκτοπισμού και να γεμίσετε το κενό της ράβδου με βαζελίνη για την τελική συναρμογή

Οι κύλινδροι εκτοπισμού μπορούν να εγκατασταθούν με τα παρεμβύσματα στεγανοποίησης αλλά χωρίς κανένα βερνίκωμα(γομαλάκα), τα οποία μπορεί να εισαχθούν στον κύλινδρο και να προκαλέσουν προβλήματα.

DETAIL 22 & 23- THE AIR LINE ADAPTER AND AIR LINE



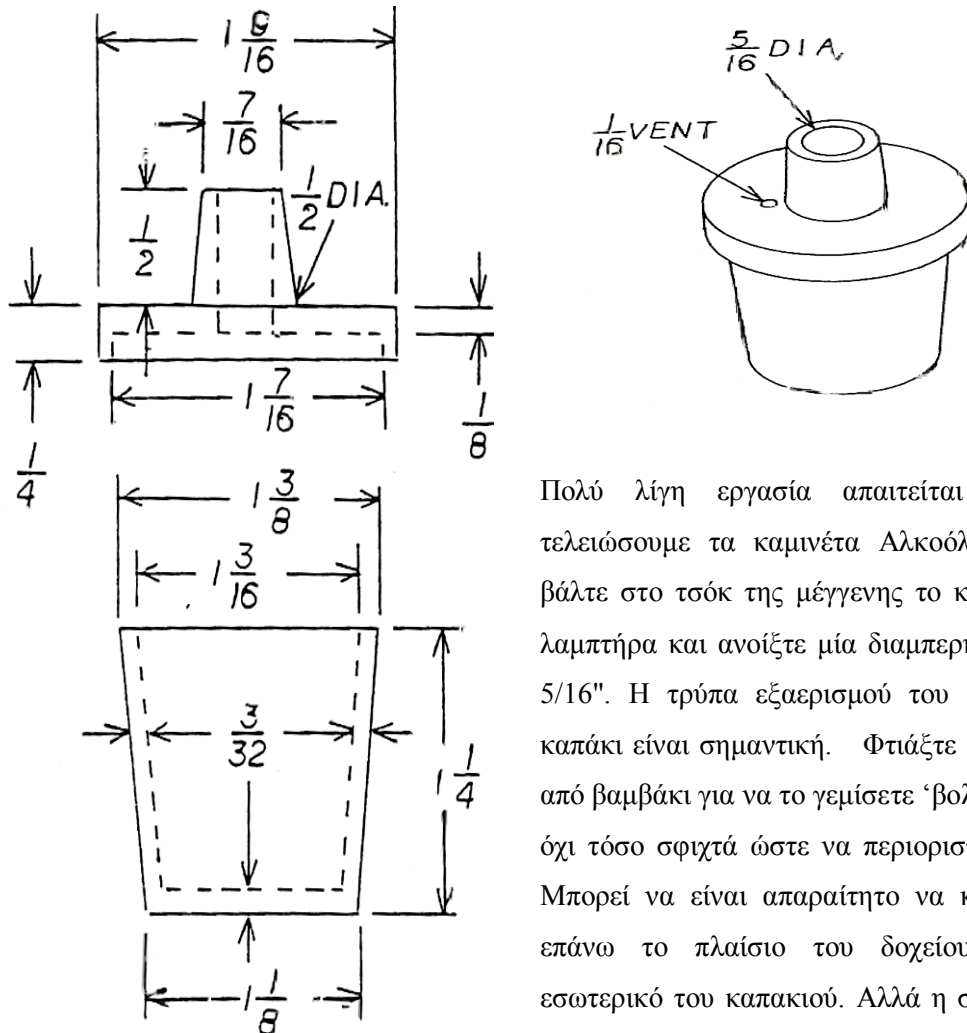
Σχήμα 75. Παροχέας γραμμής αέρα.

Η βάση μιας τυποποιημένης συναρμογής προσαρμογών χιτωνίων συμπίεσης των 3/16" είναι κοχλιοτομημένοι σωλήνες του 1/8"-27. Το τέλος των χιτωνίων είναι 3/8"-24, το οποίο είναι τυποποιημένο σπείρωμα κατά S.A.E. Βάλτε στο τσόκ του τόνου ένα απόρριμμα τεμάχιο και τρυπήστε το στα 3/8"-24. Βιδώστε τη συναρμογή ορείχαλκου στο προσάρτημα και ελαττώστε τη βάση στο 1/4", κοχλιοτομήστε στο 1/4"-28, που μπορείτε να κοχλιοτομήσετε μέχρι τον γόμφο, ανατρέποντας το καλούπι μετά από το πρώτο για να αρχίσετε την σπειροτόμηση. Αυτά θα είναι ί-



Σχήμα 76.

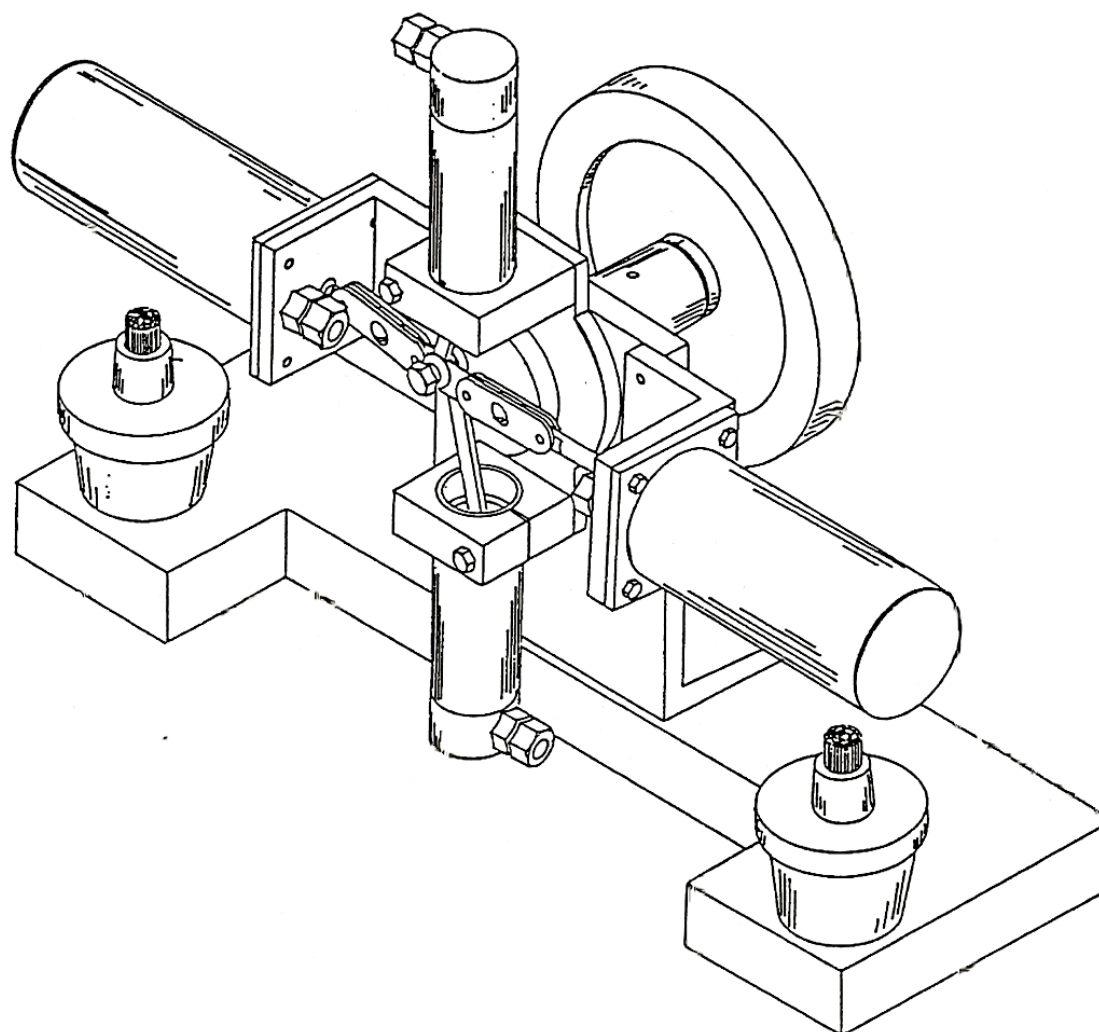
σια (ευθεία) σπειρώματα έτσι θα πρέπει να σφραγιστούν με την στεγανοποιητική ένωση (lock tight) ή 'γομαλάκα' στο τέλος της συναρμογής. Η γραμμή αέρα είναι μήκους 8" πρότυπων σωλήνων χαλκού των 3/16". Σιγουρευτείτε για τη διεύρυνση του εσωτερικού μετά την κοπή έτσι ώστε να μην υπάρχει κανένας περιορισμός στην ροή του αέρα.



Πολύ λίγη εργασία απαιτείται για να τελειώσουμε τα καμινέτα Αλκοόλης. Απλά βάλτε στο τσόκ της μέγγενης το καπάκι του λαμπτήρα και ανοίξτε μία διαμερή οπή των $5/16$ ". Η τρύπα εξαερισμού του $1/16$ " στο καπάκι είναι σημαντική. Φτιάξτε ένα φυτίλι από βαμβάκι για να το γεμίσετε 'βολικά' αλλά όχι τόσο σφιχτά ώστε να περιοριστεί η ροή. Μπορεί να είναι απαραίτητο να καθαριστεί επάνω το πλαίσιο του δοχείου και το εσωτερικό του καπακιού. Αλλά η συναρμογή μεταξύ του δοχείου και του καπακιού δεν είναι απαραίτητο να είναι τέλεια.

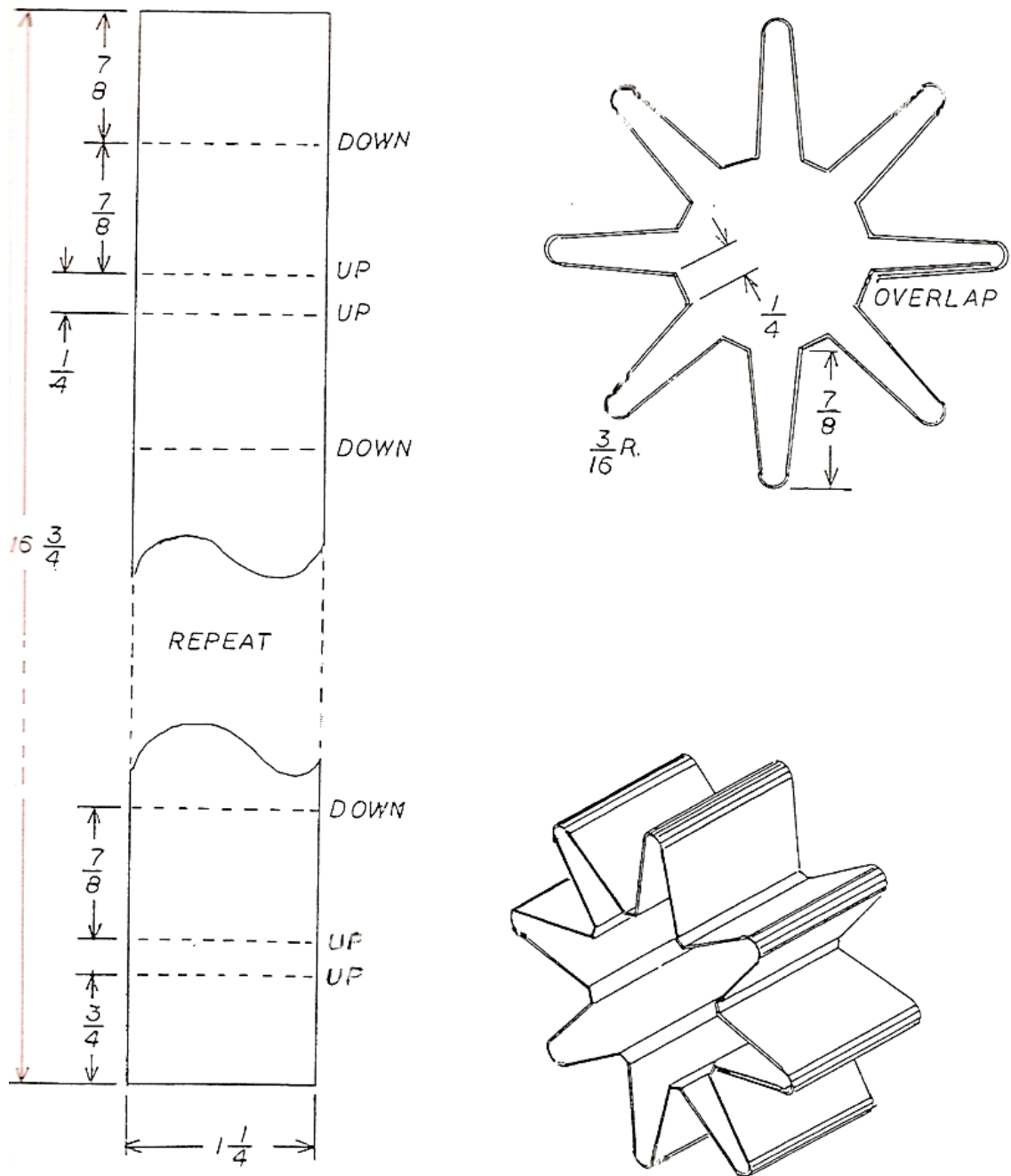
Σχήμα 77. Τα καμινέτα Αλκοόλης

Σε αυτό το σημείο έχετε ολοκληρώσει τη μηχανή όπως φαίνεται στο σχήμα 78. Οι γραμμές αέρα μπορούν να εγκατασταθούν τώρα. Κάμψτε τις σωλήνες των γραμμών αέρα προσεκτικά για να αποφύγετε τη δημιουργία 'κόμπων'. Και να αποφύγετε την επαναλαμβανόμενη κάμψη, η οποία θα λειτουργήσει ώστε να σκληραίνει το χαλκό και να αυξάνει την τάση του για 'συστροφή'. Ο χαλκός μπορεί να ανοπτηθεί με τη θέρμανση σε ερυθρά θερμότητα και την σβέση σε νερό. Αλλά εάν το κάνετε αυτό βεβαιωθείτε για την απομάκρυνση της 'κρούστας' αλάτων που διαμορφώνεται στο εσωτερικό και στεγνώστε το νερό. Εάν υπάρχει οποιοδήποτε 'τρίψιμο' ή 'δεσμός' διορθώστε το πρόβλημα τώρα. Είναι μια καλή ιδέα να 'δέσετε' τη μηχανή σε έναν μικρό κινητήρα και να την τρέξετε για μια χρονική περίοδο. Λαδώστε προτού να αρχίσετε με πολύ ελαφρύ λάδι γαζομηχανών.



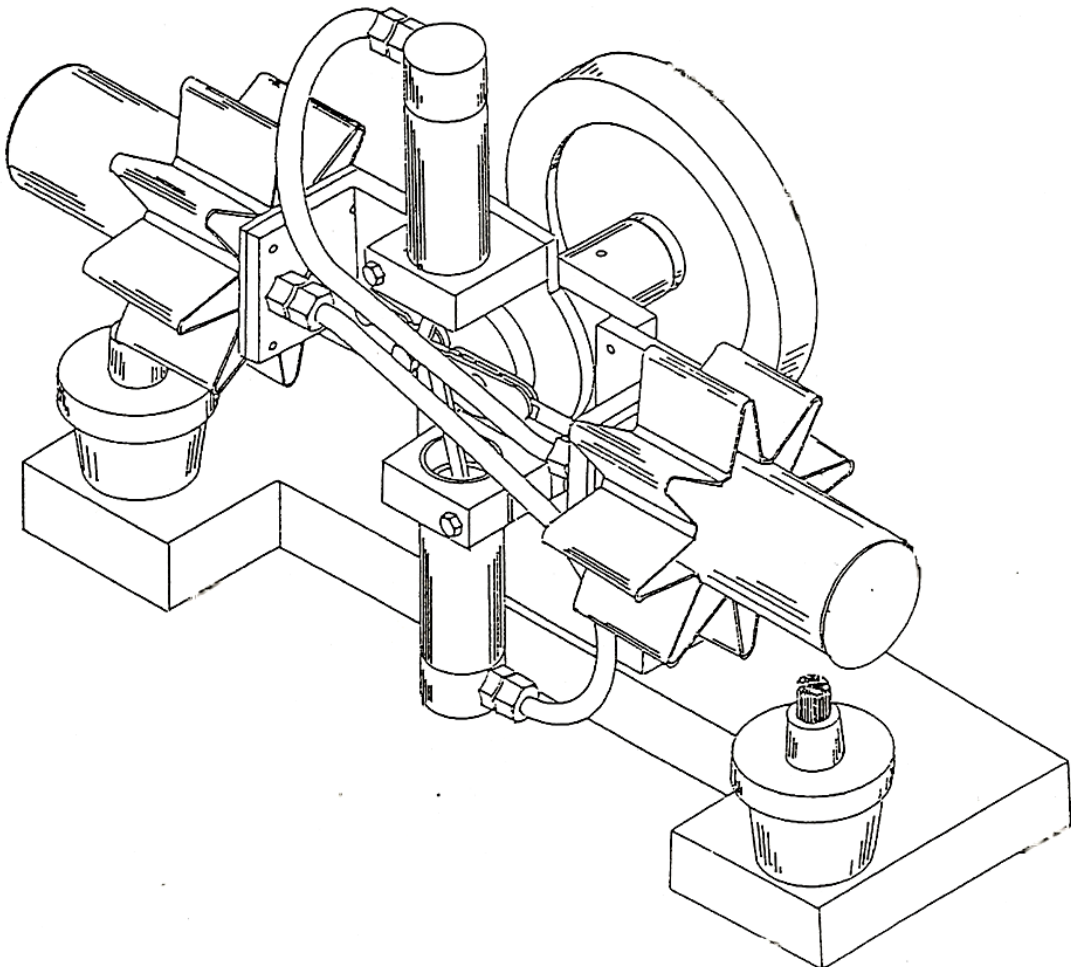
Σχήμα 78.

Λεπτομέρεια 25- ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΨΥΞΗΣ



Σχήμα 79. Τα πτερύγια Ψύξης.

Τα πτερύγια ψύξης είναι μια απλή κατεργασία με φύλλα μετάλλων. Χρησιμοποιήστε λεπτό φύλλο Αλουμινίου ή γαλβανισμένο μέταλλο. Το ανακλαστικό υλικό στεγών είναι ιδανικό. Απλά κόψτε μια λουρίδα του $1 \frac{1}{4}$ " σε πλάτος και $16 \frac{3}{4}$ " το πολύ σε μήκος. Σημειώστε τα σημεία 'καμπής' με μια 'πόντα' έτσι ώστε να μπορείτε να τα δείτε και από τις δύο πλευρές. Κάμψτε διαδοχικά πάνω-κάτω σύμφωνα με το επαναλαμβανόμενο σχέδιο που υποδεικνύεται στο σχήμα 79. Η επικάλυψη(κάλυμμα) δεν είναι απαραίτητο να στερεωθεί από καμιά άποψη. Εάν ένα φρένο δεν είναι διαθέσιμο χρησιμοποιήστε ένα μιτοσίμπιδο ή αυτοσχεδιάστε ένα εργαλείο με την κοπή μιας αυλάκωσης σε ένα απόρριμμα του βασικού αποθέματος για να κάνει τις αιχμηρές κάμψεις όπου έχουμε επαφή με τον κύλινδρο. Τα εξωτερικά σημεία μπορούν να είναι αιχμηρά ή στρογγυλά. Ρυθμίστε την προένταση με το χέρι και γλιστρήστε τα πτερύγια περί τον κύλινδρο.



Σχήμα 80. Η Μηχανή ολοκληρωμένη.

ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ II
(Υπολογιστικό μοντέλο προσομοίωσης)
Αδιαβατικό & Ισοθερμοκρασιακό μοντέλο

Στις παρακάτω σελίδες παρατίθενται οι δυο τροποποιημένοι κώδικες σε Mathcad* που θα μας δώσουν τα αριθμητικά αποτελέσματα της μηχανής που κατασκευάστηκε σύμφωνα με τα σχέδια του D.J.Gingery.

Ο πρώτος κώδικας περιγράφει την ημιτονοειδή κίνηση των εμβόλων και εξάγει τα αντίστοιχα αποτελέσματα-διαγράμματα σύμφωνα πάντα με τη χρήση των βασικών εξισώσεων της Ισοθερμικής ανάλυσης που χρησιμοποιούμε.

Στον δεύτερο κώδικα εφαρμόζεται η αδιαβατική ανάλυση στην περίπτωση της μηχανής αντικρυστών εμβόλων του D.J.Gingery. Οι κάθε μορφής απώλειες παραλείπονται. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της μηχανής αυτής ελήφθησαν από το βιβλίο (How Build a two cylinder Stirling cycle engine) του D.J.Gingery. "ISBN Number 1-878087-09-6"

Σύστημα μονάδων μέτρησης το SI.

Στο πρόγραμμα αυτό θα αναφερθούμε στη μηχανή κύκλου Stirling αντικρυστών εμβόλων του D.J.Gingery εφαρμόζοντας την θεωρία της ημιτονοειδούς ανάλυσης

Τα παρακάτω γεωμετρικά δεδομένα και οι τύποι που περιγράφουν τις μεταβολές των όγκων στους εργαζόμενους χώρους της μηχανής, υπάρχουν στην παράγραφο 2.4 του βιβλίου "STIRLING Cycle Engine Analysis" των Uieli - Berchowitz.

Οι όγκοι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

V_{swc} και V_{swe} : οι όγκοι σάρωσης των χώρων συμπίεσης και εκτόνωσης αντίστοιχα σε m^3 .

V_{clc} και V_{cle} : οι επιζήμιοι όγκοι στους χώρους συμπίεσης και εκτόνωσης είναι αντίστοιχα σε m^3 .

$$V_{clc} := 5.89 \times 10^{-7}$$

$$V_{cle} := 1.38 \times 10^{-6}$$

$$V_{swc} := 4.924 \times 10^{-6}$$

$$V_{swe} := 1.564 \times 10^{-5}$$

Επίσης οι όγκοι που περικλείονται στους εναλλάκτες θερμότητας, δηλαδή στον ψύκτη, τον αναγεννητή και τον αναθερμαντή είναι σε m^3 :

Για τον ψύκτη:

$$V_k := 1.763 \times 10^{-5}$$

Για τον αναγεννητή:

$$V_r := 0$$

Για τον θερμαντή:

$$V_h := 2.673 \times 10^{-5}$$

Η μάζα του εργαζόμενου αερίου (σε kgr):

$$M := 2 \cdot 10^{-3}$$

Η θερμοκρασία του θερμού χώρου (αναθερμαντή) σε (K):

$$T_h := 500$$

Η θερμοκρασία του ψυχρού χώρου (ψύκτη) (σε K):

$$T_k := 288$$

Η παγκόσμια σταθερά των αερίων $R(j/kg.K=Nt.m/kg.K)$
(Ατμοσφαιρικός αέρας)

$$R := 286.9$$

Οι στροφές λειτουργίας της μηχανής η σε RPM

$$\eta := 600$$

Τα ζητούμενα είναι:

Το έργο $W(\theta)$,

οι θερμότητες συμπίεσης $Q_c(\theta)$ και εκτόνωσης $Q_e(\theta)$,

καθώς και την παραγόμενη ισχύ $P(\theta)$

ο θερμικός βαθμός απόδοσης $\eta\%$

Ενας κύκλος λειτουργίας ολοκληρώνεται όταν συμπληρώσουμε 360 μοίρες στη

γωνία στροφάλου, δηλαδή $\theta=0-360$

Η διαφορά φάσης των δύο εμβόλων θεωρείται ότι είναι ίση με $a=90$ μοίρες.

$$\theta := 0..360$$

$$a := 90$$

Οι μεταβολές των όγκων των χώρων συμπίεσης και εκτόνωσης V_c και V_e αντίστοιχα, υπολογίζονται από τους παρακάτω απλούς τύπους :

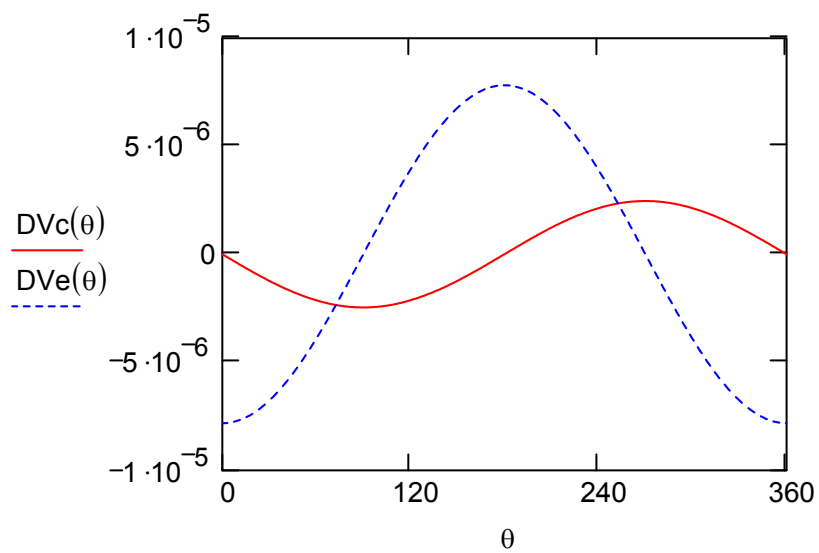
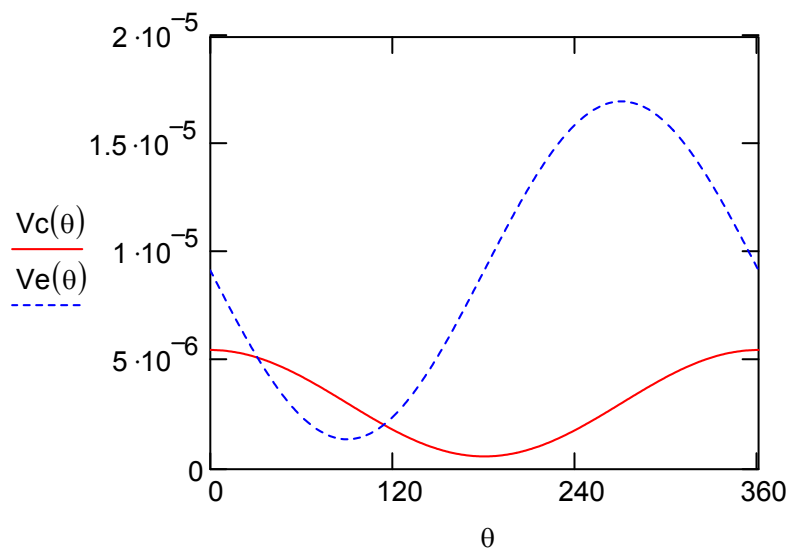
$$V_c(\theta) := V_{clc} + 0.5 \cdot V_{swc} \cdot (1 + \cos(\theta \cdot \text{deg}))$$

$$V_e(\theta) := V_{cle} + 0.5 \cdot V_{swe} \cdot [1 + \cos[(\theta + a) \cdot \text{deg}]]$$

$$DV_c(\theta) := -0.5 \cdot V_{swc} \cdot \sin(\theta \cdot \text{deg})$$

$$DV_e(\theta) := -0.5 \cdot V_{swe} \cdot \sin[(\theta + a) \cdot \text{deg}]$$

$$V_{ol}(\theta) := V_c(\theta) + V_e(\theta) + V_r + V_k + V_h$$



Από τους κλασσικούς τύπους της θερμοδυναμικής και με τα παραπάνω κατασκευαστικά δεδομένα, παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΙΣΟΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η ενεργός θερμοκρασία του αναγεννητή είναι:

$$T_r := \frac{T_h - T_k}{\ln\left(\frac{T_h}{T_k}\right)}$$

Η πίεση του εργαζόμενου μέσου είναι σε Nt/m^2 :

$$p(\theta) := \frac{M \cdot R}{\frac{V_c(\theta)}{T_k} + \frac{V_k}{T_k} + \frac{V_r \cdot \ln\left(\frac{T_h}{T_k}\right)}{T_h - T_k} + \frac{V_h}{T_h} + \frac{V_e(\theta)}{T_h}}$$

$$p_{\text{mean}} := \frac{\sum_{\theta=0}^{359} p(\theta)}{360}$$

Το έργο του παράγεται κατά ένα ολόκληρο κύκλο της μηχανής δίνεται από τον τύπο 2.6 της σελ. 22

$$W(\theta) := \int_0^{360} p \cdot \left(\frac{d}{d\theta} V_c + \frac{d}{d\theta} V_e(\theta) \right) d\theta$$

Για το ισοθερμικό μοντέλο μηχανής, η θερμότητα και το έργο κατά τη συμπίεση και την εκτόνωση είναι σύμφωνα με τον πίνακα 2.1 της σελ. 24:

$$W_c(\theta) := \int_0^{360} p(\theta) \cdot \frac{d}{d\theta} V_c(\theta) d\theta$$

$$W_e(\theta) := \int_0^{360} p(\theta) \cdot \frac{d}{d\theta} V_e(\theta) d\theta$$

$$Q_c := W_c(\theta)$$

$$\underline{Q_c} = W_c(\theta)$$

$$Q_e := W_e(\theta)$$

$$\underline{W} := W_c(\theta) + W_e(\theta)$$

$$\underline{W} := W_c(\theta) + W_e(\theta)$$

Η παραγόμενη ωφέλιμη Ισχύς P δίνεται από τον παρακάτω τύπο
(σε kW)

$$P := \frac{W \cdot \eta}{60} \cdot 10^{-3}$$

Ο βαθμός απόδοσης της μηχανής είναι: η (πάλι από τον πίνακα 2.1 της σελ. 24)

$$\eta := \frac{W}{Q_e}$$

Αποτελέσματα

Ο βαθμός απόδοσης είναι η :

$$\eta = 42.4 \cdot \%$$

Το έργο W σε J/κύκλο:

$$W = 2.5$$

Η θερμότητα στη συμπίεση Q_c σε J/κύκλο:

$$Q_c = -3.4$$

Η θερμότητα στην εκτόνωση Q_e σε J/κύκλο:

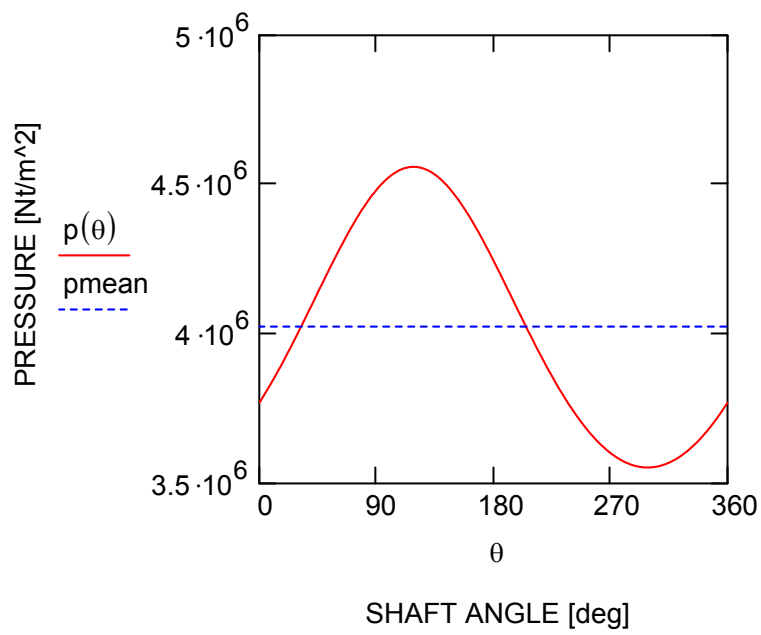
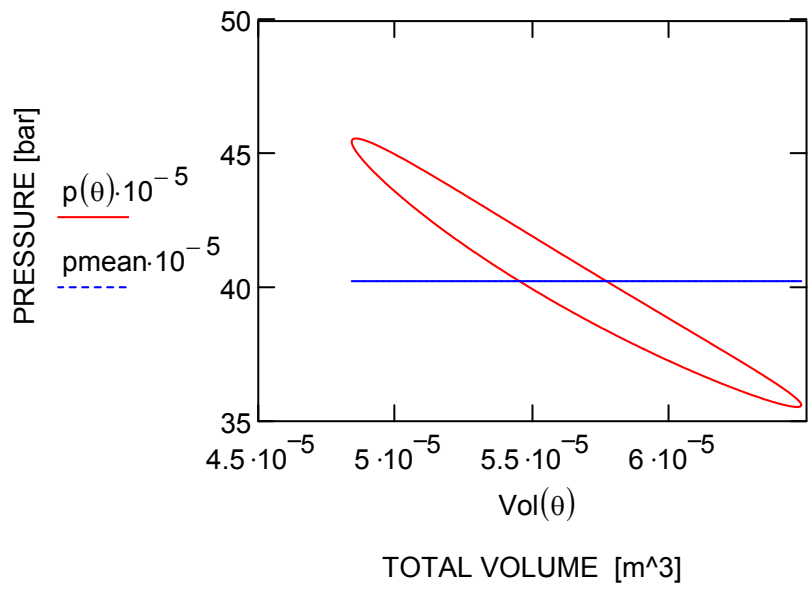
$$Q_e = 5.9$$

Η παραγόμενη ισχύς P σε W στις $\eta = 600$

$$P = 0.025$$

Μέση πίεση εργαζόμενου μέσου p_{mean} :
(σε Nt/m^2)

$$p_{mean} = 4.025 \times 10^6$$



Η ακτινική μετατόπιση των εμβόλων συναρτήσει της γωνίας στροφάλου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

$$\underline{\underline{Vc}}_{\theta} := Vc(\theta)$$

$$\underline{\underline{Ve}}_{\theta} := Ve(\theta)$$

$$\underline{(-Vc)}_{\theta}$$

$$\underline{(-Vc)}_{\theta} + Vswc$$

$$\underline{\max(-Vc)} + Vswc$$

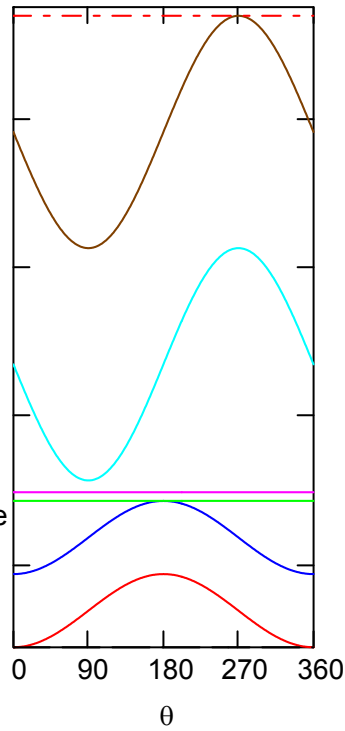
$$\underline{\max(-Vc)} + Vswc + Vclc$$

$$\underline{\max(-Vc)} + Vswc + Ve_{\theta}$$

$$\underline{\max(-Vc)} + Vswc + Ve_{\theta} + Vswe$$

$$\underline{\min(-Vc)}$$

$$\underline{\max(-Vc)} + Vswc + \max(Ve) + Vswe$$



Shaft angle [deg]

ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ D.J.GINGERY ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

Στο πρόγραμμα αυτό εφαρμόζεται η αδιαβατική ανάλυση στην περίπτωση της μηχανής αντικρυστών εμβόλων του D.J.Gingery. Οι κάθε μορφής απώλειες παραλείπονται. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της μηχανής αυτής ελήφθησαν από το βιβλίο "Build a two cylinder Stirling cycle engine του D.J.Gingery. "ISBN Number 1-878087-09-6".
 Σύστημα μονάδων μέτρησης το SI.

Στοιχεία Μηχανής

Τύπος μηχανής	BHTA
Αριθμός κυλίνδρων	ΤΕΣΣΕΡΙΣ
Μηχανισμός Οδήγησης	ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗΣ

Χαρακτηριστικά εργαζόμενου αερίου (Ατμοσφαιρικός αέρας) στη μηχανή

Μάζα αερίου	$M := 2 \times 10^{-3}$	
Παγκόσμια σταθερά αέρα	$R := 286.9$	
Λόγος θερμοχωρητικοτήτων	$\gamma := 1.4$	
Ειδική θερμότητα υπό σταθερά πίεση	$cp := \gamma \cdot \frac{R}{\gamma - 1}$	
Ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο	$cv := \frac{R}{\gamma - 1}$	
Θερμοκρασίες (σε K)		
Στο θερμαντήρα	$Th := 500$	
Στον ψύκτη	$Tk := 288$	
Στον αναγεννητή (Ενεργός)	$Tr := \frac{Th - Tk}{\ln\left(\frac{Th}{Tk}\right)}$	$Tr = 384.303$

Παράμετροι λειτουργίας της μηχανής

Γωνία στροφάλου σε deg	$\theta := 0 .. 360$	$n := 1 .. 360$
Μέση τιμή διαφοράς φάσης μεταξύ των δύο εμβόλων της μηχανής σε deg	$\alpha := 90$	
Συχνότητα μηχανής (Hz)	$f := 10$	

Επιζήμιοι όγκοι των εργαζόμενων χώρων

Συμπίεσης	$V_{c1c} := 5.89 \times 10^{-7}$
Εκτόνωσης	$V_{c2c} := 1.38 \times 10^{-6}$

Όγκοι σάρωσης των εργαζόμενων χώρων

$$\text{Εκτόνωσης} \quad \mathbf{V}_{\text{swe}} := 1.564 \times 10^{-5}$$

$$\text{Συμπίεσης} \quad \mathbf{V}_{\text{swc}} := 4.924 \times 10^{-6}$$

Μη μεταβαλλόμενοι όγκοι των εναλλακτών θερμότητας

$$\text{Ψύκτη} \quad \mathbf{V}_k := 1.763 \times 10^{-5}$$

$$\text{Αναγεννητή} \quad \mathbf{V}_r := 1.798 \times 10^{-4}$$

$$\text{Θερμαντήρα} \quad \mathbf{V}_h := 2.673 \times 10^{-5}$$

Μεταβολές των όγκων των εργαζόμενων χώρων

$$\text{Εξίσωση μεταβολής του όγκου του χώρου συμπίεσης} \quad \mathbf{V}_c(\theta) := \mathbf{V}_{\text{clc}} + 0.5 \cdot \mathbf{V}_{\text{swc}} \cdot (1 + \cos(\theta \cdot \text{deg}))$$

$$\text{Εξίσωση μεταβολής του όγκου του χώρου εκτόνωσης} \quad \mathbf{V}_e(\theta) := \mathbf{V}_{\text{cle}} + 0.5 \cdot \mathbf{V}_{\text{swc}} \cdot [1 + \cos[(\theta + \alpha) \cdot \text{deg}]]$$

$$\text{Εξίσωση μεταβολής της παραγώγου του όγκου του χώρου συμπίεσης} \quad \mathbf{DV}_c(\theta) := -0.5 \cdot \mathbf{V}_{\text{swc}} \cdot \sin(\theta \cdot \text{deg})$$

$$\text{Εξίσωση μεταβολής της παραγώγου του όγκου του χώρου εκτόνωσης} \quad \mathbf{DV}_e(\theta) := -0.5 \cdot \mathbf{V}_{\text{swe}} \cdot \sin[(\theta + \alpha) \cdot \text{deg}]$$

$$\text{Ολικός όγκος μηχανής} \quad \mathbf{V}_{\text{ω}}(\theta) := \mathbf{V}_c(\theta) + \mathbf{V}_e(\theta) + \mathbf{V}_k + \mathbf{V}_r + \mathbf{V}_h$$

Μεταβολή της πίεσης

Μεταβολή της πίεσης του αερίου συναρτήσει της γωνίας στροφάλου θ (έχει θεωρηθεί ότι η πίεση p έχει την ίδια τιμή μιά δοσμένη χρονική στιγμή σε όλη την έκταση της μηχανής, δηλαδή δεν υπάρχει πτώση πίεσης).

$$pr(\theta) := \frac{\mathbf{M} \cdot \mathbf{R}}{\frac{\mathbf{V}_c(\theta)}{\mathbf{T}_k} + \frac{\mathbf{V}_k}{\mathbf{T}_k} + \frac{\mathbf{V}_r}{\mathbf{T}_r} + \frac{\mathbf{V}_h}{\mathbf{T}_h} + \frac{\mathbf{V}_e(\theta)}{\mathbf{T}_h}}$$

Χρησιμοποιούμε αριθμητικές μεθόδους εξαιτίας των πολύπλοκων και πολυάριθμων διαφορικών εξισώσεων. Έτσι έχουμε ότι η μεταβολή του όγκου σε έναν εργαζόμενο χώρο ισούται με την διαφορά της τιμής του όγκου αυτού για δύο διαδοχικές χρονικές στιγμές, που στην προκειμένη περίπτωση εκφράζεται με τη διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών, ανά μοίρα, θέσεων του στροφαλοφόρου. Άρα :

$$\text{Για τον χώρο της συμπίεσης} \quad \mathbf{dV}_c(\theta) := \mathbf{V}_c(\theta + 1) - \mathbf{V}_c(\theta)$$

$$\text{Για τον χώρο της εκτόνωσης} \quad \mathbf{dV}_e(\theta) := \mathbf{V}_e(\theta + 1) - \mathbf{V}_e(\theta)$$

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΩΔΙΚΑ

```

Calc := "Section 1-----"
ind ← 1          Γραμμή 1: προσδιορισμός δείκτη
Pind-1 ← pr(0)  Γραμμή 2: αρχική τιμή πίεσης
Tcind-1 ← Tk    Γραμ. 3: αρχική τιμή θερμοκρασίας συμπεσστή
Teind-1 ← Th    Γραμ. 4: αρχική τιμή θερμοκρασίας εκτονωτή
Tckind-1 ← Tk   Γραμ. 5, 6: αρχική τιμή θερμοκρασίας
Theind-1 ← Th   διεπιφάνειας ck, he
mcind-1 ←  $\frac{P_{ind-1} \cdot Vc^{(0)}}{R \cdot Tc_{ind-1}}$  Γραμ. 7: μάζα αερίου στο συμπεσστή στην
έναρξη της επαναληπτικής διαδικασίας

"Section 2-----"
dpind-1 ←  $\frac{-\gamma \cdot P_{ind-1} \cdot \left( \frac{dVc(ind-1)}{Tck_{ind-1}} + \frac{dVe(ind-1)}{The_{ind-1}} \right)}{\frac{Vc(ind-1+0.5)}{Tck_{ind-1}} + \frac{Ve(ind-1+0.5)}{The_{ind-1}} + \gamma \cdot \left( \frac{Vk}{Tk} + \frac{Vr}{Tr} + \frac{Vh}{Th} \right)}$ 
dmcind-1 ←  $\frac{P_{ind-1} \cdot dVc(ind-1) + Vc((ind-0.5)) \cdot \frac{dp_{ind-1}}{\gamma}}{R \cdot Tck_{ind-1}}$ 

"Section 3-----"
mkind-1 ←  $\frac{P_{ind-1} \cdot Vk}{R \cdot Tk}$ 
mrind-1 ←  $\frac{P_{ind-1} \cdot Vr}{R \cdot Tr}$  Γραμ. 10, 11, 12: συσσωρευμένη μάζα
αερίου στον ψύκτη αναγεννητή και
θερμαντήρα στο τέλος της 1ης μοίρας
mhind-1 ←  $\frac{P_{ind-1} \cdot Vh}{R \cdot Th}$ 

"Section 4-----"
dmkind-1 ←  $mk_{ind-1} \cdot \frac{dp_{ind-1}}{P_{ind-1}}$  Γραμ. 13, 14, 15: μετ. μάζας αερίου
στον ψύκτη αναγεννητή και
θερμαντήρα στην έναρξη του βήματος
της γωνίας φάσης
dmrind-1 ←  $mr_{ind-1} \cdot \frac{dp_{ind-1}}{P_{ind-1}}$ 
dmhind-1 ←  $mh_{ind-1} \cdot \frac{dp_{ind-1}}{P_{ind-1}}$ 

"Section 5-----"
gAckind-1 ← -dmcind-1 Γραμ. 16, 17, 18, 19: παροχή μάζας
gAkrind-1 ← gAckind-1 - dmkind-1 στις διεπιφάνειες ck, kr, rh, he
gArhind-1 ← gAkrind-1 - dmrind-1 κατά τη διάρκεια του βήματος
της γωνίας φάσης
gAheind-1 ← gArhind-1 - dmhind-1

```

Γραμ. 8: μεταβ. πίεσης κατά τη διάρκεια του 1ου βήματος (μιας μοίρας) του αλγόρ.

Γραμ. 9: μεταβ. μάζας αερίου στο συμπεσστή για την 1η μοίρα του αλγόρ.

"Section 6-----"

$$\begin{aligned} \text{The}_{ind-1} &\leftarrow \begin{cases} \text{Th} & \text{if } gA_{he,ind-1} \geq 0 \\ \text{Te}_{ind-1} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{Tck}_{ind-1} &\leftarrow \begin{cases} \text{Tc}_{ind-1} & \text{if } gA_{ck,ind-1} \geq 0 \\ \text{Tk} & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

Γραμ. 20, 21: συνθήκες θερμοκρασιών στις διεπιφάνειες he, ck κατά τη διάρκεια του βήματος της γωνίας φάσης

"Section 7-----"

while ind < 10.360 Γραμ. 22: έναρξη επαναλ/νων εντολών (loop)

"Section 7.1-----"

$$\begin{aligned} p_{ind} &\leftarrow dp_{ind-1} + p_{ind-1} \\ dp_{ind} &\leftarrow \frac{-\gamma \cdot p_{ind} \cdot \left(\frac{dVc(ind)}{Tck_{ind-1}} + \frac{dVe(ind)}{The_{ind-1}} \right)}{\frac{Vc(ind + 0.5)}{Tck_{ind-1}} + \frac{Ve(ind + 0.5)}{The_{ind-1}} + \gamma \cdot \left(\frac{Vk}{Tk} + \frac{Vr}{Tr} + \frac{Vh}{Th} \right)} \end{aligned}$$

"Section 7.2-----"

$$dmc_{ind} \leftarrow \frac{p_{ind} \cdot dVc(ind) + Vc(ind + 0.5) \cdot \frac{dp_{ind}}{\gamma}}{R \cdot Tck_{ind-1}}$$

$$mc_{ind} \leftarrow dmc_{ind} + mc_{ind-1}$$

"Section 7.3-----"

$$\begin{aligned} mk_{ind} &\leftarrow \frac{p_{ind} \cdot Vk}{R \cdot Tk} \\ mr_{ind} &\leftarrow \frac{p_{ind} \cdot Vr}{R \cdot Tr} \\ mh_{ind} &\leftarrow \frac{p_{ind} \cdot Vh}{R \cdot Th} \\ me_{ind} &\leftarrow M - (mc_{ind} + mk_{ind} + mr_{ind} + mh_{ind}) \end{aligned}$$

Γραμ. 27, 28, 29, 30: μάζα στον ψύκτη, αναγεννητή, θερμαντήρα και εκτονωτή στην έναρξη του επομένου βήματος της γωνίας φάσης

"Section 7.4-----"

$$\begin{aligned} Tc_{ind} &\leftarrow \frac{p_{ind} \cdot Vc(ind + 0.5)}{R \cdot mc_{ind}} \\ Te_{ind} &\leftarrow \frac{p_{ind} \cdot Ve(ind + 0.5)}{R \cdot me_{ind}} \end{aligned}$$

Γραμ. 31, 32: θερμοκρασία στο συμπιεστή και εκτονωτή στην έναρξη του επομένου βήματος της γωνίας φάσης

"Section 7.5-----"

$$\begin{aligned} dm k_{ind} &\leftarrow mk_{ind} \cdot \frac{dp_{ind}}{p_{ind}} \\ dm r_{ind} &\leftarrow mr_{ind} \cdot \frac{dp_{ind}}{p_{ind}} \\ dm h_{ind} &\leftarrow mh_{ind} \cdot \frac{dp_{ind}}{p_{ind}} \end{aligned}$$

Γραμ. 33, 34, 35: μεταβολή μάζας στον ψύκτη, αναγεννητή και θερμαντήρα στην έναρξη του επομένου βήματος της γωνίας φάσης

Γραμ. 23: πίεση αερίου στο τέλος του βήματος της γωνίας φάσης

Γραμ. 24: μετ. πίεσ. αερίου στο τέλος του βήματος της γωνίας φάσης

Γραμ. 25, 26: μετ. μάζας και μάζα στο συμπιεστή στην έναρξη του βήματος της γωνίας φάσης

$s_{ind,2} \leftarrow T_{e,ind}$	Γραμ. 58, 59: αποτέλεσμα θερμοκρασίας στον εκτονωτή και συμπιεστή
$s_{ind,3} \leftarrow T_{c,ind}$	
$s_{ind,4} \leftarrow \frac{gAck_{ind} + gAkr_{ind}}{2} \cdot (360 \cdot f)$	Γραμ. 60, 61, 62: αποτέλεσμα παροχής μάζας στον ψύκτη, αναγεννητή και θερμαντήρα
$s_{ind,5} \leftarrow \frac{gAkr_{ind} + gArh_{ind}}{2} \cdot (360 \cdot f)$	
$s_{ind,6} \leftarrow \frac{gArh_{ind} + gAhe_{ind}}{2} \cdot (360 \cdot f)$	
$s_{ind,7} \leftarrow mc_{ind}$	
$s_{ind,8} \leftarrow mk_{ind}$	Γραμ. 63, 64, 65, 66, 67: αποτέλεσμα συσσωρευμένης μάζας στο συμπιεστή, ψύκτη, αναγεννητή, θερμαντήρα και εκτονωτή
$s_{ind,9} \leftarrow mr_{ind}$	
$s_{ind,10} \leftarrow mh_{ind}$	
$s_{ind,11} \leftarrow me_{ind}$	Γραμ. 68, 69, 70: αποτέλεσμα θερμότητας στον ψύκτη, αναγεννητή, και θερμαντήρα
$s_{ind,12} \leftarrow Qk_{ind}$	
$s_{ind,13} \leftarrow Qr_{ind}$	
$s_{ind,14} \leftarrow Qh_{ind}$	
$s_{ind,15} \leftarrow W_{ind}$	Γραμ. 71: αποτ. ολικού παραγ. έργου
$s_{ind,16} \leftarrow Wc_{ind}$	Γραμ. 72, 73: αποτ. παραγ. έργου στο συμπιεστή και εκτονωτή
$s_{ind,17} \leftarrow We_{ind}$	
$s_{ind,18} \leftarrow qk_{ind}$	Γραμ. 74, 75, 76: αποτ. ειδικής θερμότητας στον ψύκτη, αναγεννητή και θερμαντήρα
$s_{ind,19} \leftarrow qr_{ind}$	
$s_{ind,20} \leftarrow qh_{ind}$	
$s_{ind,21} \leftarrow w_{ind}$	Γραμ. 77: αποτ. ειδικού παραγ. έργου
$ind \leftarrow ind + 1$	Γραμ. 78: επόμ. βήμα επαναλ. διαδικ.
	Γραμ. 79: τέλος επαναλ. διαδικ.

Calc = s

	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0
1	$9.418 \cdot 10^5$	140.601	497.027	288.026	$-3.196 \cdot 10^{-5}$	$-4.987 \cdot 10^{-4}$	$-9.585 \cdot 10^{-4}$
2	$9.419 \cdot 10^5$	145.426	496.848	288.057	$-3.879 \cdot 10^{-6}$	$-4.866 \cdot 10^{-4}$	$-9.623 \cdot 10^{-4}$
3	$9.421 \cdot 10^5$	149.461	496.699	288.088	$2.463 \cdot 10^{-5}$	$-4.715 \cdot 10^{-4}$	$-9.603 \cdot 10^{-4}$
4	$9.422 \cdot 10^5$	153.443	496.551	288.12	$5.314 \cdot 10^{-5}$	$-4.562 \cdot 10^{-4}$	$-9.581 \cdot 10^{-4}$
5	$9.424 \cdot 10^5$	157.382	496.403	288.152	$8.165 \cdot 10^{-5}$	$-4.408 \cdot 10^{-4}$	$-9.555 \cdot 10^{-4}$
6	$9.425 \cdot 10^5$	161.275	496.254	288.184	$1.101 \cdot 10^{-4}$	$-4.252 \cdot 10^{-4}$	$-9.527 \cdot 10^{-4}$
7	$9.427 \cdot 10^5$	165.121	496.105	288.217	$1.386 \cdot 10^{-4}$	$-4.095 \cdot 10^{-4}$	$-9.496 \cdot 10^{-4}$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Στον κώδικα αυτό έχουν ορισθεί οι αρχικές τιμές που παίρνουν οι μεταβλητές του συστήματος. Κάθε μεταβλητή έχει κάτω δεξιά ένα δείκτη (**int**) που έχει ως αρχική τιμή το **1** και τελική την **10 x 359**. Αντιστοιχεί δηλαδή σε δέκα πλήρεις κύκλους.
Θα μπορούσαμε να επεκτείνουμε το πεδίο τιμών του δείκτη **int** και πέραν των δέκα κύκλων, αλλά θα χρειαζόμασταν περισσότερο υπολογιστικό χρόνο. Εξάλλου μετά τις έξι επαναλήψεις έχουν ήδη σταθεροποιηθεί οι συνθήκες.
2. Αφού έχουν ορισθεί όλες οι αρχικές τιμές των μεταβλητών αρχίζει η επαναληπτική διαδικασία, κατά την διάρκεια της οποίας υπολογίζονται οι μεταβολές των μεταβλητών καθώς και οι νέες τιμές τους.
3. Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε μια μεταβλητή με την ονομασία **s** με κάτω δεξιά δείκτη **ind**. Δίπλα στο δείκτη **ind**, μετά από ένα κόμμα υπάρχει ένας δεύτερος αριθμητικός δείκτης, ο οποίος αντιστοιχεί σε μια από τις μεταβλητές. Έτσι το **Sind** με αριθμητικό δείκτη:
0 αντιστοιχεί στην πίεση **p** του εργαζόμενου αερίου,
1 στη μεταβολή της πίεσης **dp**,
2 στη θερμοκρασία στο χώρο εκτόνωσης **Te**,
3 στη θερμοκρασία στο χώρο συμπίεσης **Tc**,
4 στην παροχή μάζας στον ψύκτη **gAk**,
5 στην παροχή μάζας στον αναγεννητή **gAr**,
6 στην παροχή μάζας στο θερμαντήρα **gAh**,
7 στη συσσωρευμένη μάζα στο χώρο συμπίεσης **mc**,
8 στη συσσωρευμένη μάζα στον ψύκτη **mk**,
9 στη συσσωρευμένη μάζα στον αναγεννητή **mr**,
10 στη συσσωρευμένη μάζα στο θερμαντήρα **mh**,
11 στη συσσωρευμένη μάζα στο χώρο εκτόνωσης **me**,
12 στην απαγόμενη θερμότητα από τον ψύκτη **Qk**,
13 στη συναλασσόμενη θερμότητα με τον αναγεννητή **Qr**,
14 στην παραγόμενη θερμότητα στο θερμαντήρα **Qh**,
15 στο παραγόμενο ολικό έργο **W**,
16 στο καταναλισκόμενο έργο στο χώρο συμπίεσης **We**,
17 στο παραγόμενο έργο στο χώρο εκτόνωσης **Wc**,
18 στην ειδική θερμότητα στον ψύκτη **qk**,
19 στην ειδική θερμότητα στον αναγεννητή **qr**,
20 στην ειδική θερμότητα στο θερμαντήρα **qh**,
21 στο ειδικό παραγόμενο έργο **w**.
4. Μπορούμε να εισάγουμε όσες μεταβλητές ακόμα επιθυμούμε, αρκεί να έχουμε προηγουμένως δηλώσει τόσο την αρχική τους τιμή όσο και τον τύπο μεταβολής τους. Επίσης μπορούμε να ζητήσουμε από τον κώδικα ταυτόχρονα περισσότερες από μία μεταβλητές για κάποια θέση της γωνίας στροφάλου ή για κάποιο πλήθος κύκλων λειτουργίας της μηχανής. Τότε όμως ο κώδικας γίνεται περισσότερο "βαρύς".
5. Τρέχοντας τον κώδικα εξάγουμε διάφορα χρήσιμα συμπεράσματα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

1. **Διάγραμμα συνολικού όγκου V, όγκου χώρου εκτόνωσης Ve και όγκου χώρου συμπίεσης Vc ως προς τη γωνία θ.**

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλεται ο συνολικός όγκος **V**, ο όγκος **Ve** του χώρου εκτόνωσης και **Vc** του χώρου συμπίεσης συναρτήσει της γωνίας **θ**. Επίσης υπολογίζονται οι ακρότατες τιμές (**max** και **min**) του συνολικού όγκου **V** και οι τιμές της γωνίας **θ** για τις οποίες αυτό συμβαίνει.

$$V(\theta) := V_e(\theta) + V_c(\theta) + V_k + V_r + V_h$$

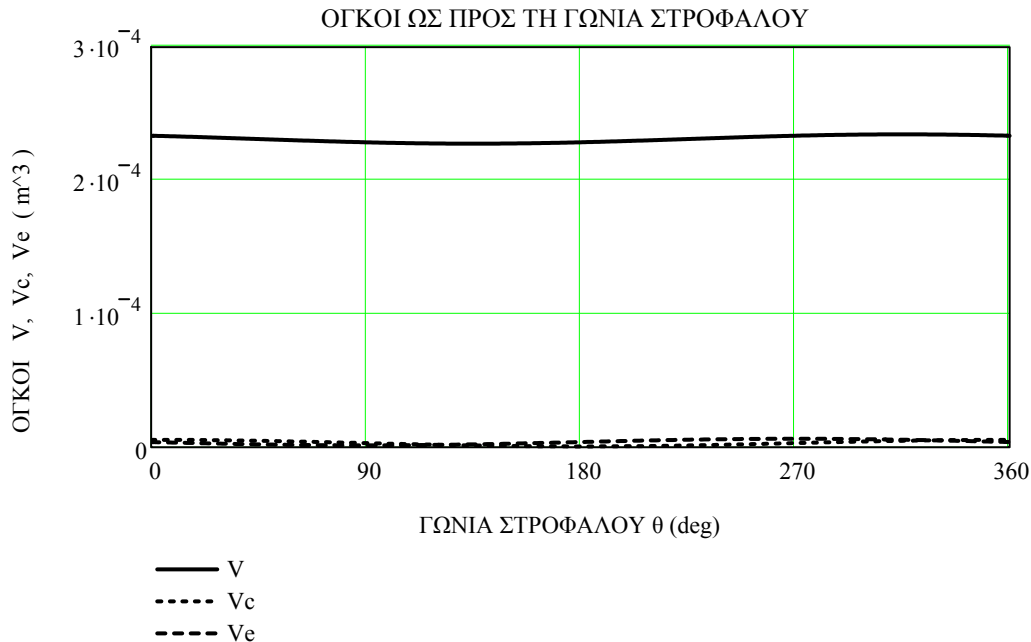
$$V'(\theta) := \frac{d}{d\theta} V(\theta)$$

$$\theta_{\min} := \text{root}(V'(\theta), \theta, 90, 180) \quad V_{\min} := V(\theta_{\min}) \quad \theta_{\min} = 135$$

$$V_{\min} = 2.276 \times 10^{-4}$$

$$\theta_{\max} := \text{root}(V'(\theta), \theta, 270, 330) \quad V_{\max} := V(\theta_{\max}) \quad \theta_{\max} = 315$$

$$V_{\max} = 2.34535 \times 10^{-4}$$



2. Διάγραμμα πίεσης p ως προς τη γωνία θ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλεται η πίεση p (δείκτης 0) του εργαζόμενου αερίου συναρτήσει της γωνίας θ για τους έξι πρώτους κύκλους λειτουργίας.

Φαίνεται η σταθεροποίηση των αποτελεσμάτων από τον έκτο κύκλο λειτουργίας και μετά. Ορίζονται οι έξι πρώτοι κύκλοι (1, 2, 3, 4, 5, 6). Υπολογίζεται σε bar η μέση αριθμητική τιμή της πίεσης p κατά τη διάρκεια του έκτου κύκλου.

$$pr1(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 0,0}}{10^5}$$

$$pr2(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 1,0}}{10^5}$$

$$pr3(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 2,0}}{10^5}$$

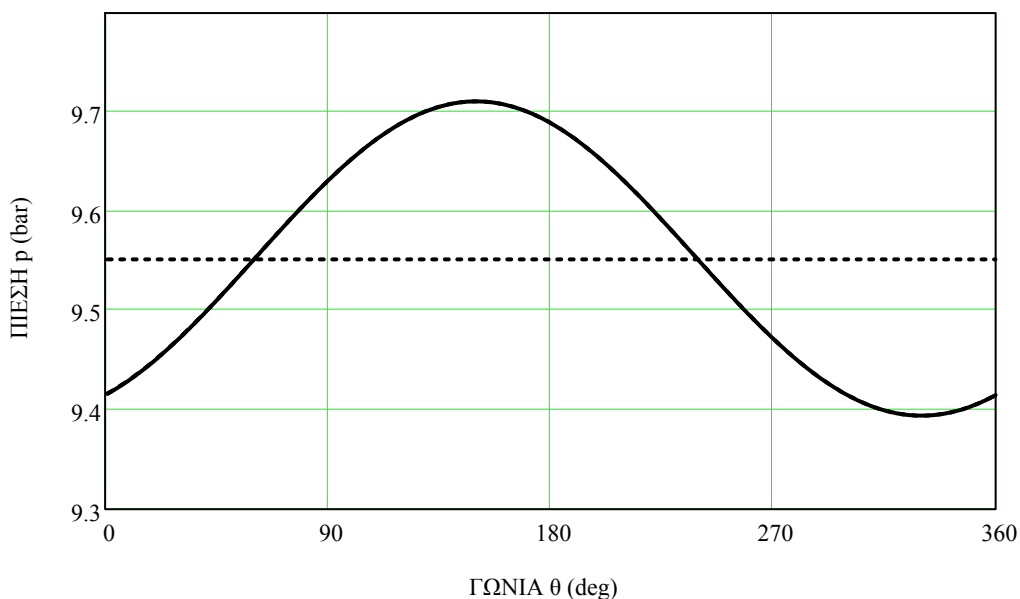
$$pr4(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 3,0}}{10^5}$$

$$pr5(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 4,0}}{10^5}$$

$$pr6(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 5,0}}{10^5}$$

$$pr6_{n+360 \cdot 5} := pr6(n) \quad pr6_{\text{mean}} := \frac{\sum pr6_{n+360 \cdot 5}}{n} \quad pr6_{\text{mean}} = 9.552 \quad p_{\text{max}} := 146.51 \quad p_{\text{min}} := 39.484$$

ΠΙΕΣΗ p ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΓΩΝΙΑ θ



- 1ος κύκλος
- 2ος κύκλος
- — — 3ος κύκλος
- - - 4ος κύκλος
- 5ος κύκλος
- 6ος κύκλος
- ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ

3. Διάγραμμα εκατοστιαίας μεταβολής της πίεσης p ως προς τη γωνία θ.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η διακύμανση της απόλυτης τιμής της % μεταβολής της πίεσης p συναρτήσει της γωνίας θ:

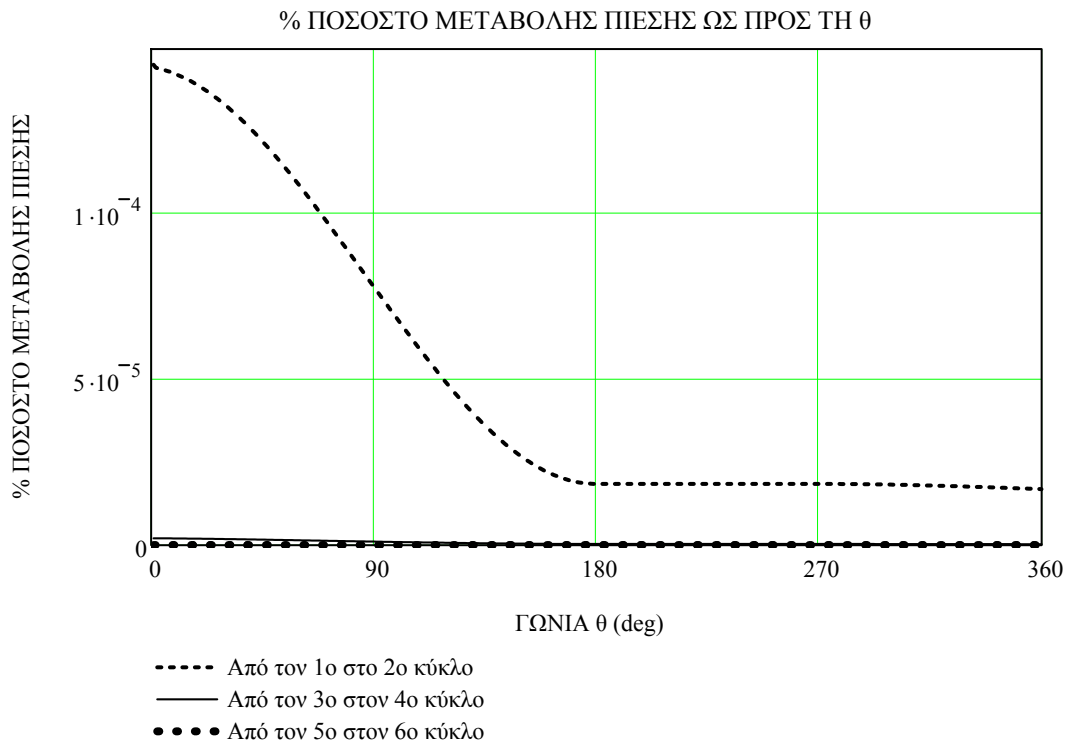
1. Μεταξύ πρώτου και δεύτερου κύκλου λειτουργίας.
2. Μεταξύ τρίτου και τέταρτου κύκλου λειτουργίας.
3. Μεταξύ πέμπτου και έκτου κύκλου λειτουργίας. Η σύγκλιση είναι εμφανής.

$$\text{pr1}(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 0,0}}{10^5} \quad \text{pr2}(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 1,0}}{10^5} \quad \text{pr3}(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 2,0}}{10^5}$$

$$\text{pr4}(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 3,0}}{10^5} \quad \text{pr5}(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 4,0}}{10^5} \quad \text{pr6}(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot 5,0}}{10^5}$$

$$\pi\%1_2p(n) := \left| \frac{\text{pr2}(n) - \text{pr1}(n)}{\text{pr1}(n)} \cdot 100\% \right| \quad \pi\%3_4p(n) := \left| \frac{\text{pr4}(n) - \text{pr3}(n)}{\text{pr3}(n)} \cdot 100\% \right|$$

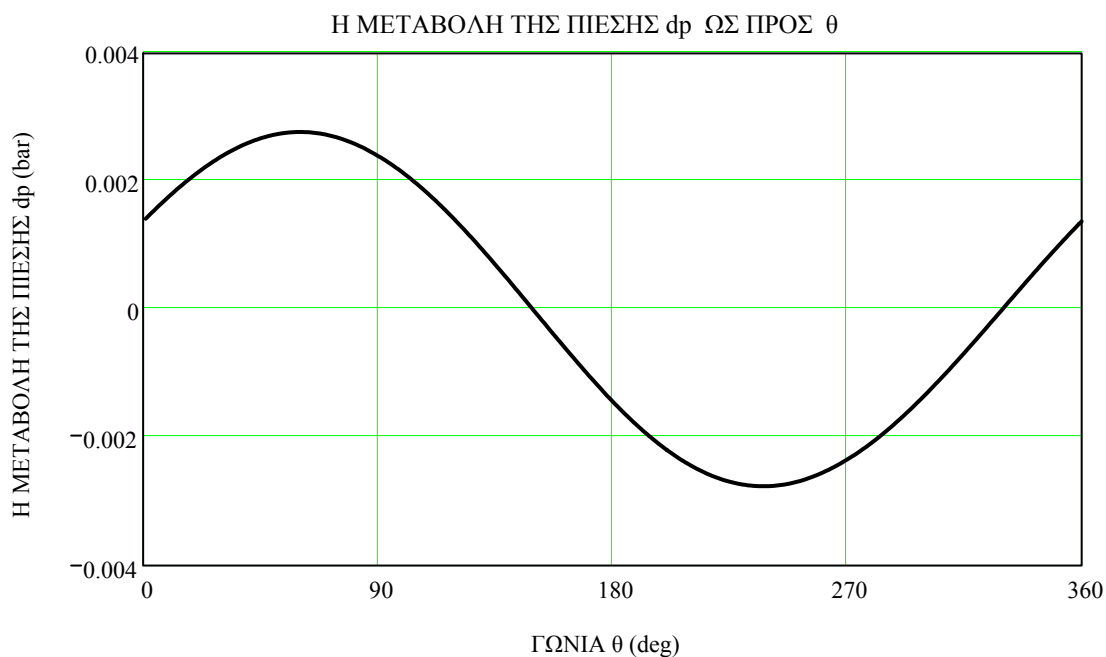
$$\pi\%5_6p(n) := \left| \frac{\text{pr6}(n) - \text{pr5}(n)}{\text{pr5}(n)} \cdot 100\% \right|$$



4. Διάγραμμα μεταβολής πίεσης dp ως προς τη γωνία θ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η διακύμανση της μεταβολής της πίεσης dp (δείκτης 1) του εργαζόμενου αερίου μετρούμενη σε bar, συναρτήσει της γωνίας θ κατά τον **έκτο κύκλο** λειτουργίας, οπότε ουσιαστικά έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση.

$$k := 5 \quad dp(n) := \frac{\text{Calc}_{n+360 \cdot k, 1}}{10^5}$$



$$k := 5$$

$$Tc1(n) := Calc_{n+360 \cdot 0, 3}$$

$$Tc2(n) := Calc_{n+360 \cdot 1, 3}$$

$$Tc3(n) := Calc_{n+360 \cdot 2, 3}$$

$$Tc4(n) := Calc_{n+360 \cdot 3, 3}$$

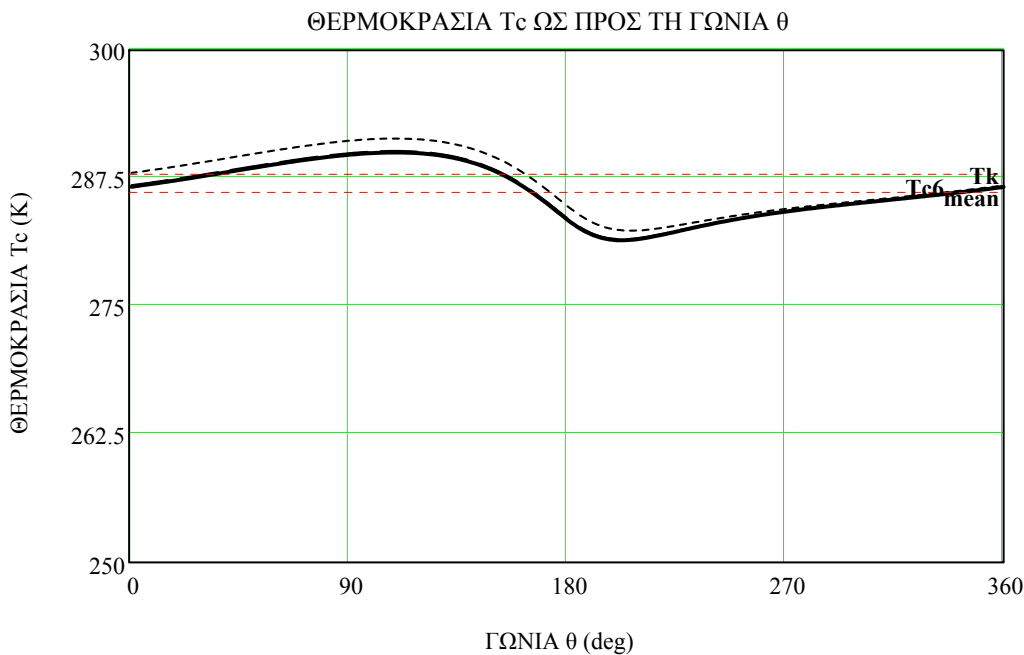
$$Tc5(n) := Calc_{n+360 \cdot 4, 3}$$

$$Tc6(n) := Calc_{n+360 \cdot 2, 3}$$

$$Tc6_{n+360 \cdot k} := Calc_{n+360 \cdot k, 3} \quad Tc6_{mean} := \frac{\sum Tc6_{n+360 \cdot k}}{n} \quad Tc6_{mean} = 286.199$$

Προσεγγιστικά με τη βοήθεια του trace: $\theta_{cmin} \equiv 320$ $T_{cmin} \equiv 300$

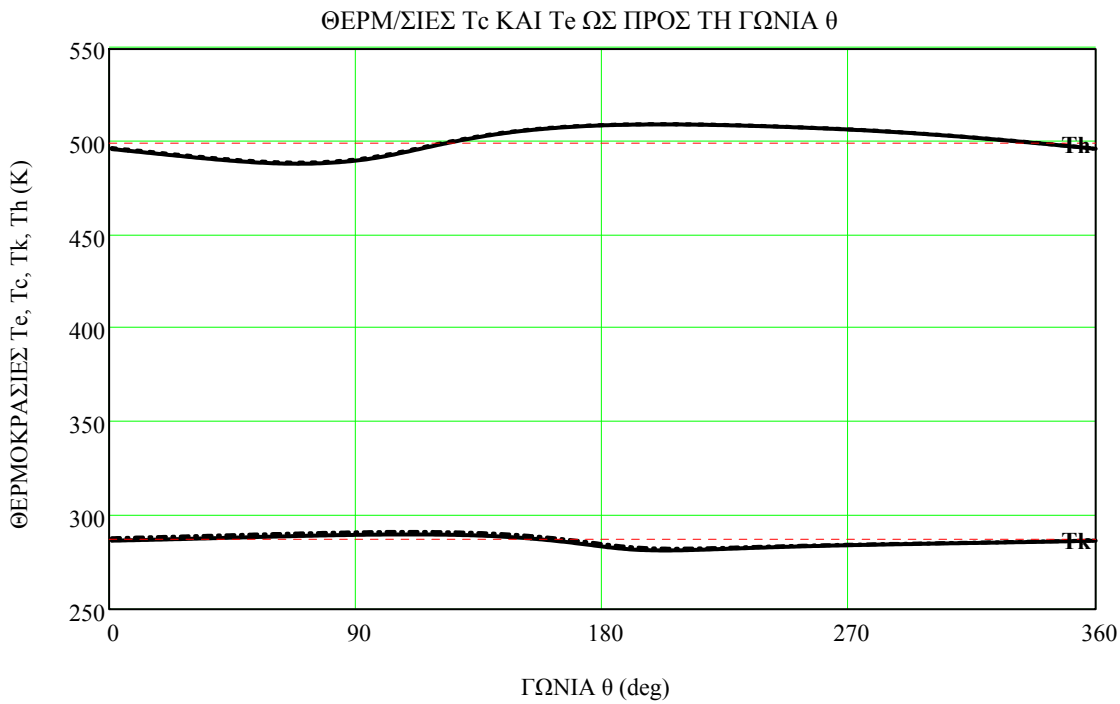
$\theta_{cmax} \equiv 152$ $T_{cmax} \equiv 400$ $T_k = 288$



7. Διάγραμμα θερμοκρασιών του χώρου συμπίεσης T_c και του χώρου εκτόνωσης T_e ως προς τη γωνία θ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλεται η θερμοκρασία T_c του χώρου συμπίεσης και η σύγκλιση της συναρτήσεως της γωνίας θ κατά τον **έκτο κύκλο** λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση. Επίσης στο ίδιο διάγραμμα η θερμοκρασία T_e του χώρου εκτόνωσης.

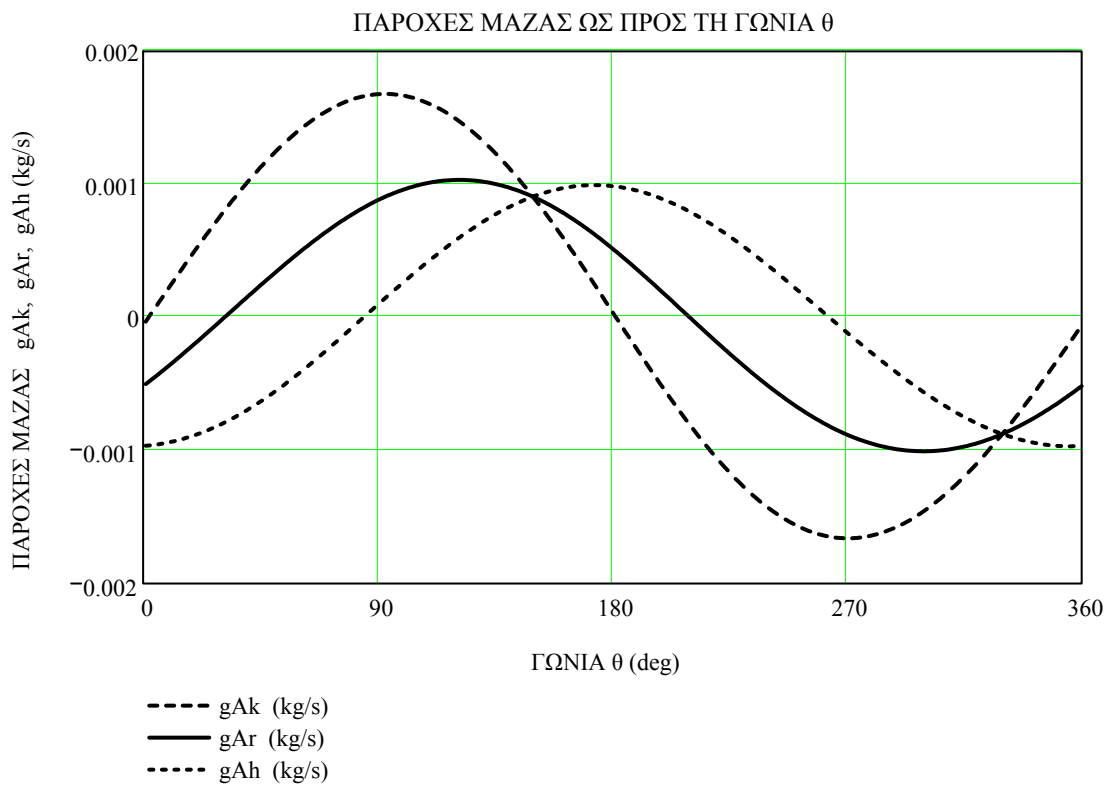
$$k := 8$$



8. Διάγραμμα παροχών μάζας (mass flow) g_{Ak} , g_{Ar} , g_{Ah} συναρτήσει της γωνίας θ.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλονται οι παροχές μάζας (mass flow) στον ψύκτη g_{Ak} (δείκτης 4), στον αναγεννητή g_{Ar} (δείκτης 5) και στο θερμαντήρα g_{Ah} (δείκτης 6) συναρτήσει της γωνίας θ κατά τον **έκτο κύκλο** λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση.

$$\theta := n \quad k := 5 \quad g_{Ak}_n := \text{Calc}_{n+360-k,4} \quad g_{Ar}_n := \text{Calc}_{n+360-k,5} \quad g_{Ah}_n := \text{Calc}_{n+360-k,6}$$



9. Διάγραμμα συσσωρευμένης μάζας στα πέντε κελιά συναρτήσει της γωνίας θ.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλονται οι συσσωρευμένες μάζες στο χώρο συμπίεσης **mc** (δείκτης 7) στον ψύκτη **mk** (δείκτης 8), στον αναγεννητή **mr** (δείκτης 9) στο θερμαντήρα **mh** (δείκτης 10) και στο χώρο εκτόνωσης **me** (δείκτης 11) συναρτήσει της γωνίας θ , κατά τον **έκτο κύκλο** λειτουργίας. Λόγω της διάταξης της μονοκύλινδρης μηχανής οι συσσωρευμένες μάζες στον ψύκτη και στο θερμαντήρα μεταβάλλονται διαφορετικά, σε αντίθεση με την τετρακύλινδρη τύπου A, Ford-Philips 4-215 όπου μεταβάλλονται ακριβώς όμοια..

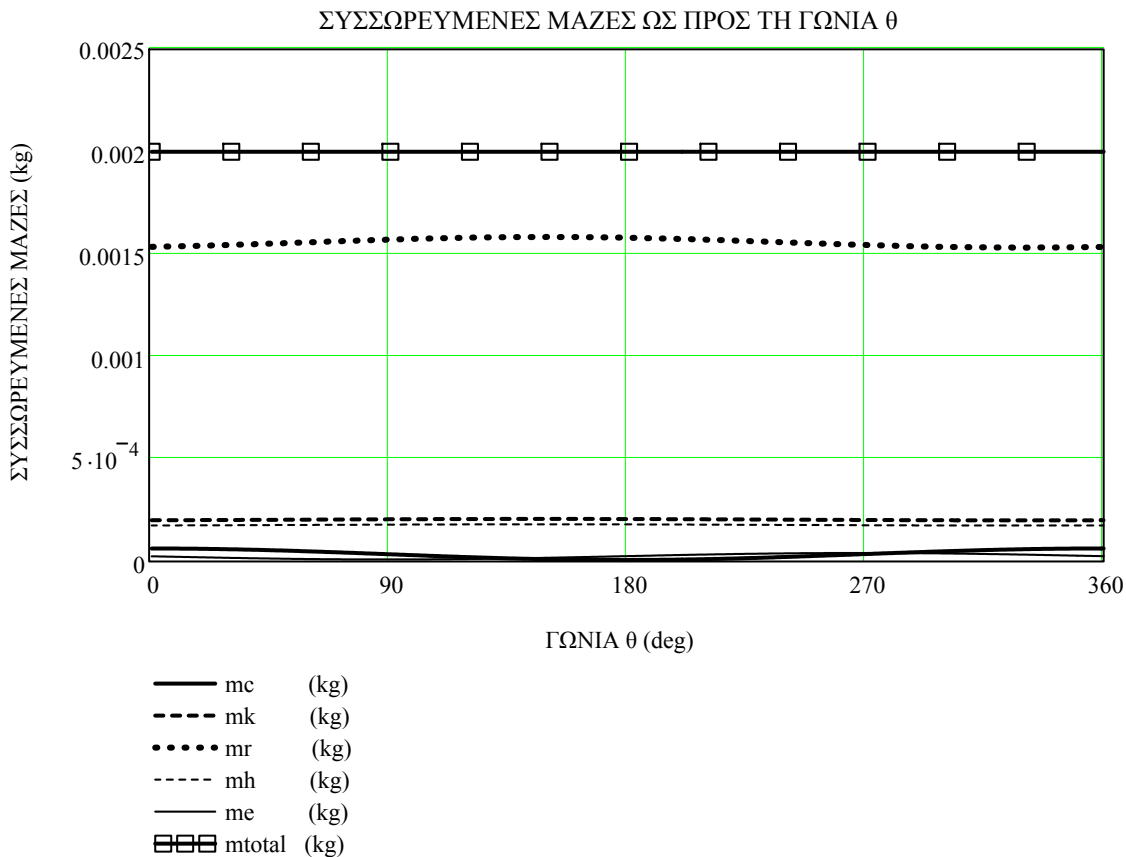
$$\begin{aligned}
 \underline{\underline{k}} &:= 5 & \mathbf{m}_c(\mathbf{n}) &:= \text{Calc}_{\mathbf{n}+360 \cdot \mathbf{k}, 7} & \mathbf{m}_k(\mathbf{n}) &:= \text{Calc}_{\mathbf{n}+360 \cdot \mathbf{k}, 8} \\
 & & \mathbf{m}_r(\mathbf{n}) &:= \text{Calc}_{\mathbf{n}+360 \cdot \mathbf{k}, 9} & & \\
 & & \mathbf{m}_h(\mathbf{n}) &:= \text{Calc}_{\mathbf{n}+360 \cdot \mathbf{k}, 10} & \mathbf{m}_e(\mathbf{n}) &:= \text{Calc}_{\mathbf{n}+360 \cdot \mathbf{k}, 11}
 \end{aligned}$$

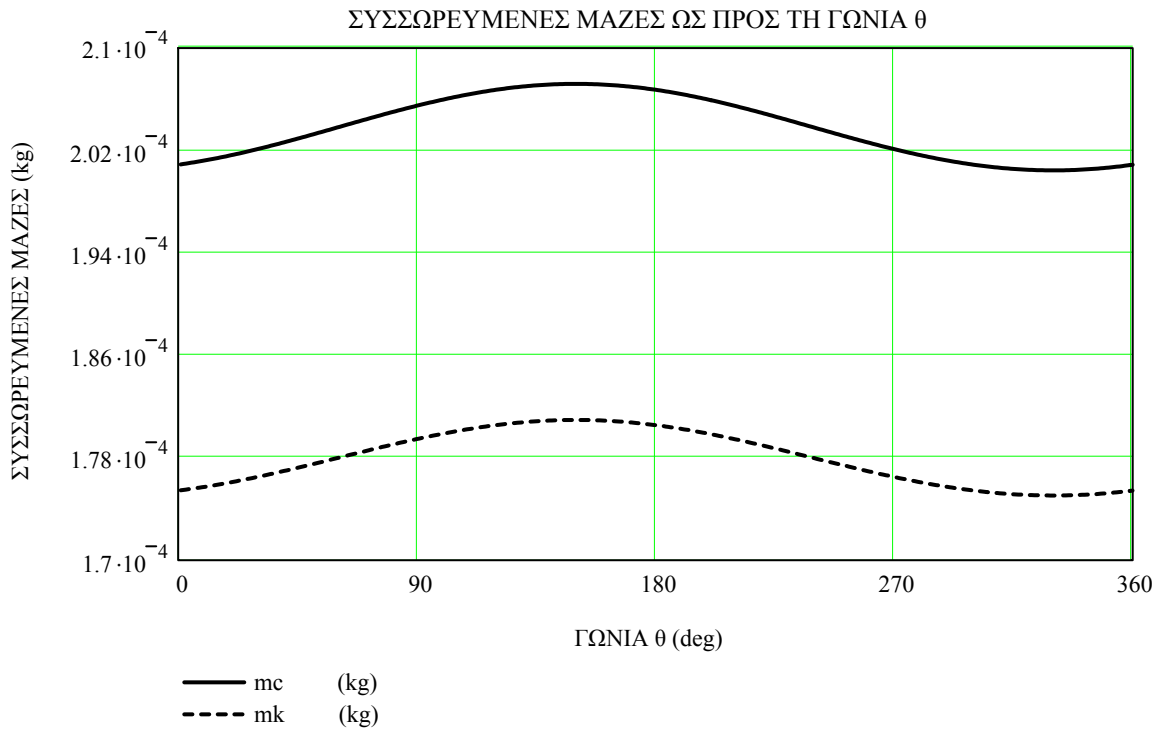
Η ολική μάζα θα είναι: $\mathbf{m}_{\text{total}}(\mathbf{n}) := \mathbf{m}_c(\mathbf{n}) + \mathbf{m}_k(\mathbf{n}) + \mathbf{m}_r(\mathbf{n}) + \mathbf{m}_h(\mathbf{n}) + \mathbf{m}_e(\mathbf{n})$

$\mathbf{m}_{\text{total}}(\mathbf{n}) =$

$2 \cdot 10^{-3}$
$2 \cdot 10^{-3}$
$2 \cdot 10^{-3}$

Πράγματι ελήφθη σε kgr: $\mathbf{M} = 2 \times 10^{-3}$





Παρατήρηση

Με το συντελεστή x που ακολουθεί υπολογίζονται οι ρυθμοί των ενεργειακών μεγεθών σε (kW). Για παράδειγμα ο ρυθμός θερμότητας στον ψύκτη Q_k υπολογίζεται σε (kW).

Συντελεστής μετατροπής x (το 10^3 για να πάρουμε το αποτέλεσμα σε K) :

$$x := \left(\frac{360 \cdot f}{10^3} \right)$$

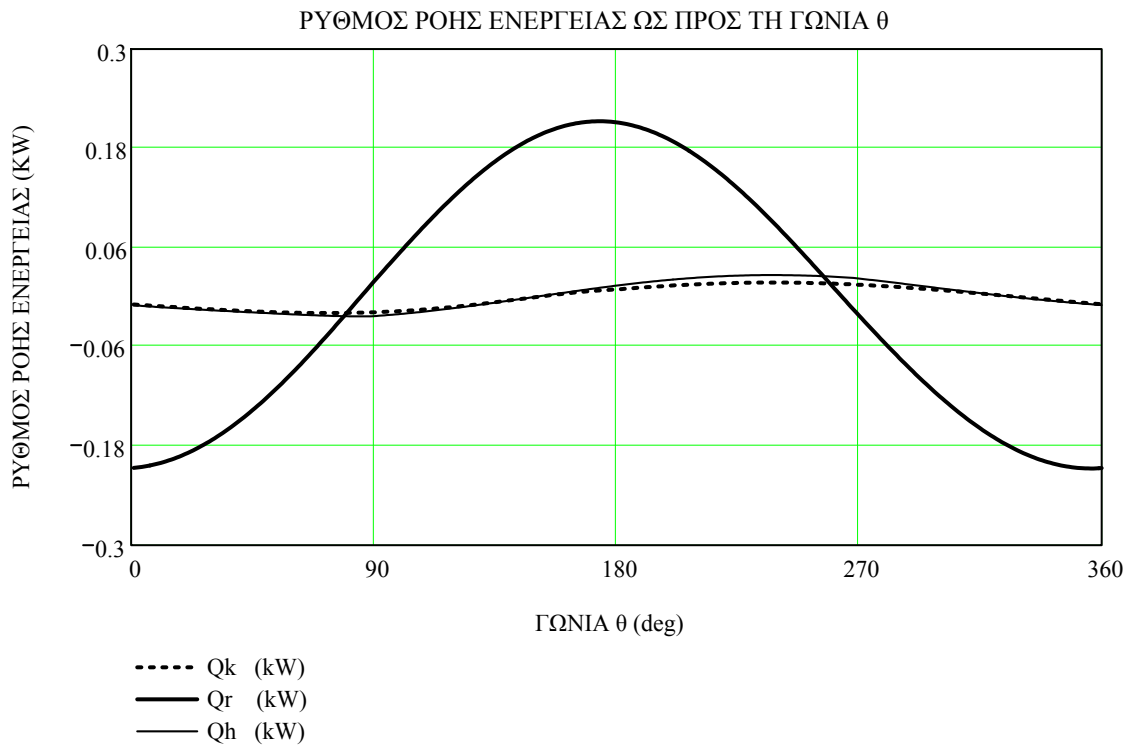
10. Διάγραμμα ρυθμού ροής ενέργειας (Heat-flow rate) στους τρεις εναλλάκτες συναρτήσει της γωνίας θ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλονται οι ρυθμοί ροής ενέργειας (Heat-flow rate) στους τρεις εναλλάκτες κατά τον **έκτο** κύκλο λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση.

- i. Η απαγόμενη από τον ψύκτη Q_k (δείκτης 12).
- ii. Η συναλασσύμενη στον αναγεννητή Q_r (δείκτης 13).
- iii. Η προσφερόμενη από τον θερμαντήρα Q_h (δείκτης 14).

$k := 5$

$Q_k(n) := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 12} \cdot x$ $Q_r(n) := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 13} \cdot x$ $Q_h(n) := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 14} \cdot x$



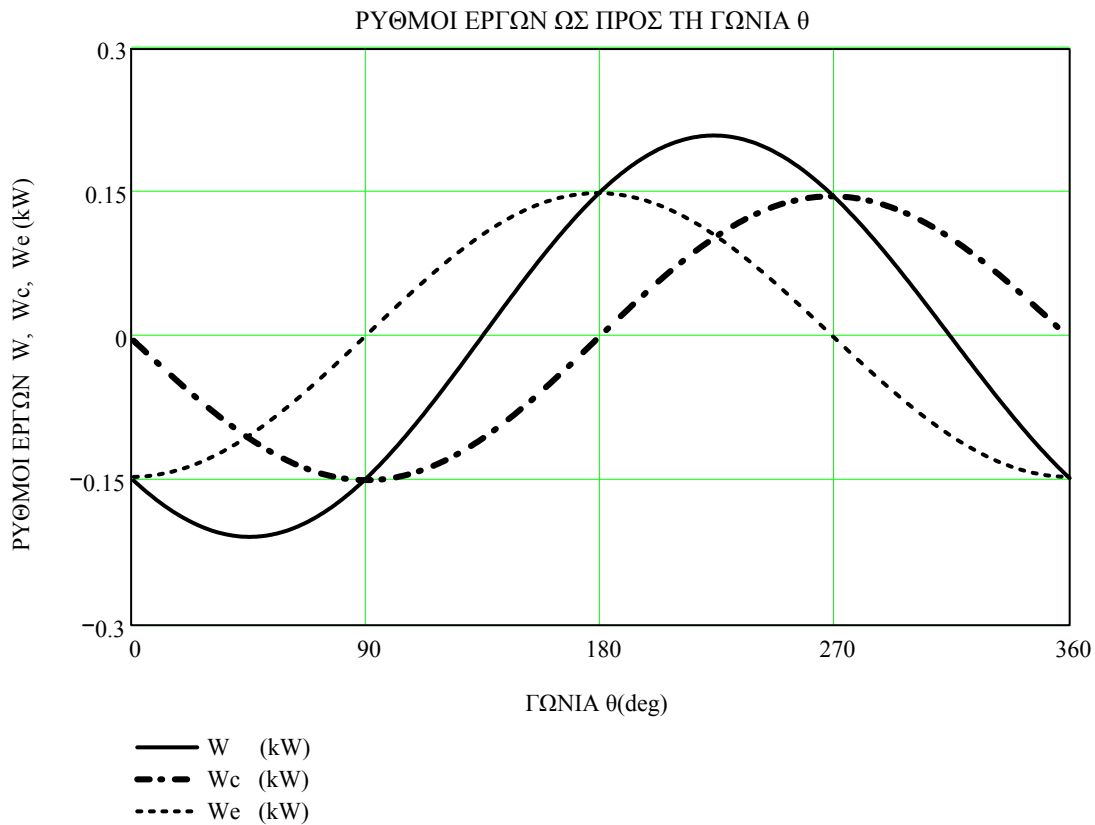
11. Διάγραμμα ρυθμού έργων W , W_c και W_e συναρτήσει της γωνίας θ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλονται οι ρυθμοί έργων κατά τον **έκτο** κύκλο λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση:

- i. Ο ρυθμός του συνολικού έργου W (δείκτης 15).
- ii. Ο ρυθμός έργου στο χώρο συμπίεσης W_c (δείκτης 16).
- iii. Ο ρυθμός έργου στο χώρο εκτόνωσης W_e (δείκτης 17).

$k := 5$

$W(n) := \text{Calc}_{n+360-k, 15} \cdot x$ $W_c(n) := \text{Calc}_{n+360-k, 16} \cdot x$ $W_e(n) := \text{Calc}_{n+360-k, 17} \cdot x$



12. Διάγραμμα ρυθμών ειδικών θερμοτήτων q_k , q_r , q_e και ρυθμού ειδικού έργου w συναρτήσει της γωνίας θ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλονται οι ρυθμοί ειδικών θερμοτήτων και ο ρυθμός ειδικού έργου κατά τον **έκτο κύκλο** λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση:

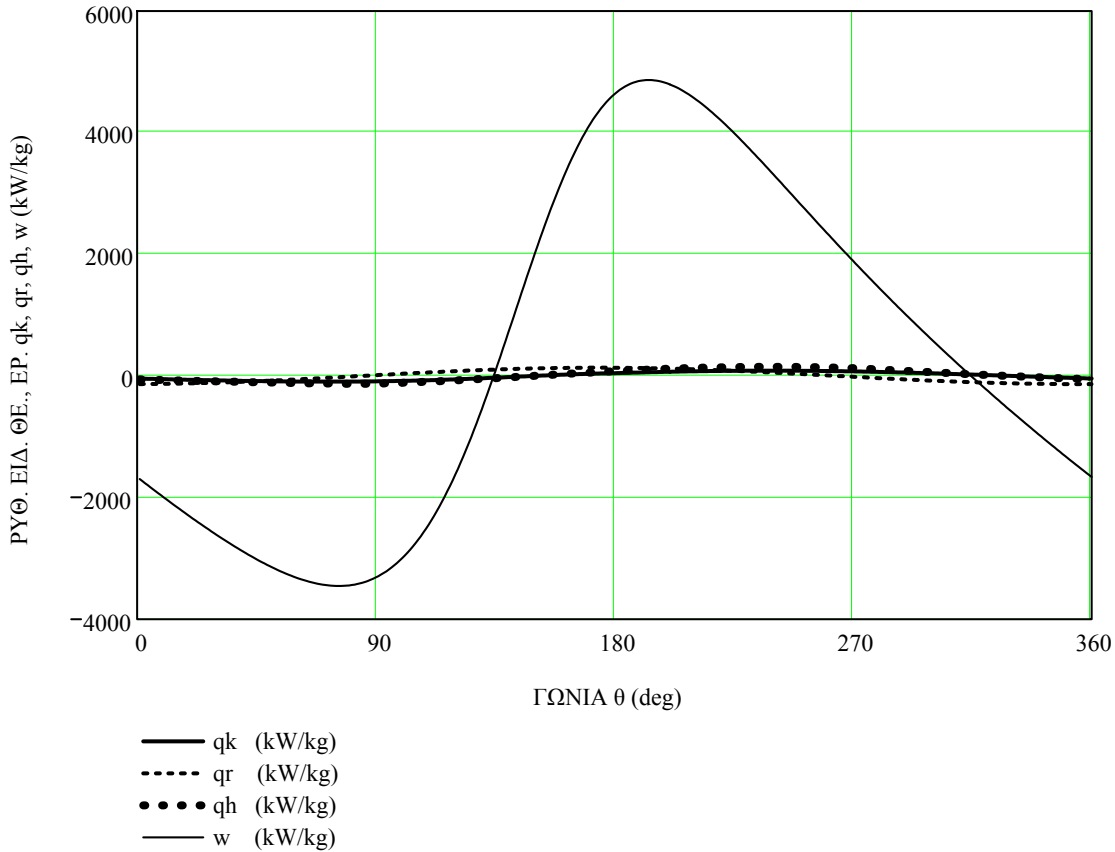
- i. Ο ρυθμός ειδικής θερμότητας στον ψύκτη q_k (δείκτης 18).
- ii. Ο ρυθμός ειδικής θερμότητας στον αναγεννητή q_r (δείκτης 19).
- iii. Ο ρυθμός ειδικής θερμότητας στο θερμαντήρα q_h (δείκτης 20).
- iv. Ο ρυθμός ειδικού έργου στους εργαζόμενους χώρους συμπίεσης και εκτόνωσης w (δείκτης 21).

$k := 5$

$q_k(n) := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 18} \cdot x$ $q_r(n) := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 19} \cdot x$

$q_h(n) := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 20} \cdot x$ $w(n) := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 21} \cdot x$

ΡΥΘ. ΕΙΔ. ΘΕΡ. ΚΑΙ ΕΙΔ. ΕΡΓΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ θ



13. Διάγραμμα ενεργειών συναρτήσει της γωνίας θ.

Ορίζουμε τα ακόλουθα ενεργειακά μεγέθη ανά κύκλο λειτουργίας της μηχανής:

1. Απορριπτόμενη θερμότητα Q_k από τον ψύκτη σε J / κύκλο:

$$Q_k(n) := \sum_{j=1}^n \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 12}$$
2. Συναλασσόμενη θερμότητα Q_r με τον αναγεννητή σε J / κύκλο:

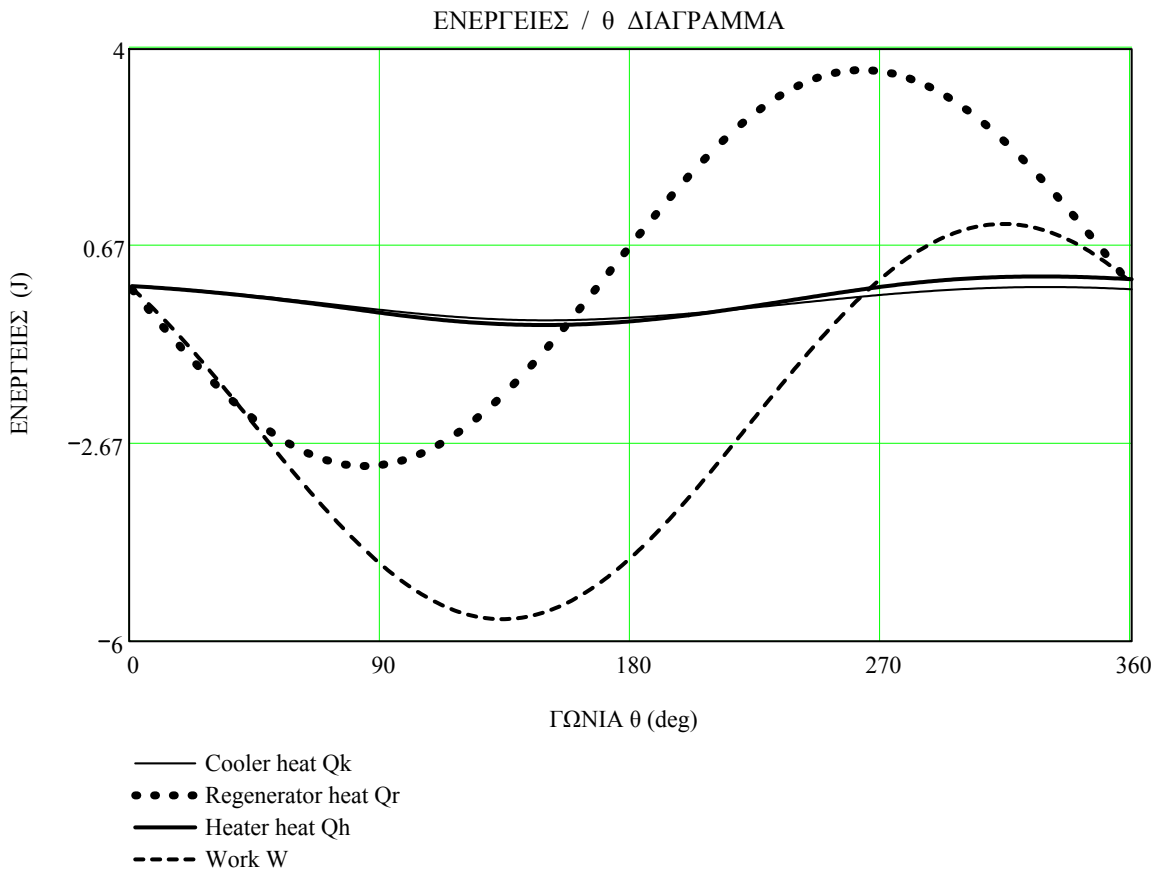
$$Q_r(n) := \sum_{j=1}^n \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 13}$$
3. Προσδιδόμενη θερμότητα Q_h στο θερμαντήρα σε J / κύκλο:

$$Q_h(n) := \sum_{j=1}^n \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 14}$$
4. Ολικό παραγόμενο έργο W σε J / κύκλο

$$W(n) := \sum_{j=1}^n \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 15}$$

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλονται οι ορισθείσες ενέργειες κατά τον έκτο κύκλο λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση:

$k := 5$



14. Διάγραμμα ροπής συναρτήσει της γωνίας θ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλεται η ροπή κατά τον έκτο κύκλο λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση καθώς και η μέση αριθμητική τιμή της. Παρατηρούμε ότι η ροπή είναι θετική από 119.5deg έως 299.5deg. Από το διάγραμμα των όγκων των εργαζόμενων χώρων παρατηρούμε ότι για το ίδιο διάστημα της γωνίας θ ο συνολικός όγκος αυξάνει.

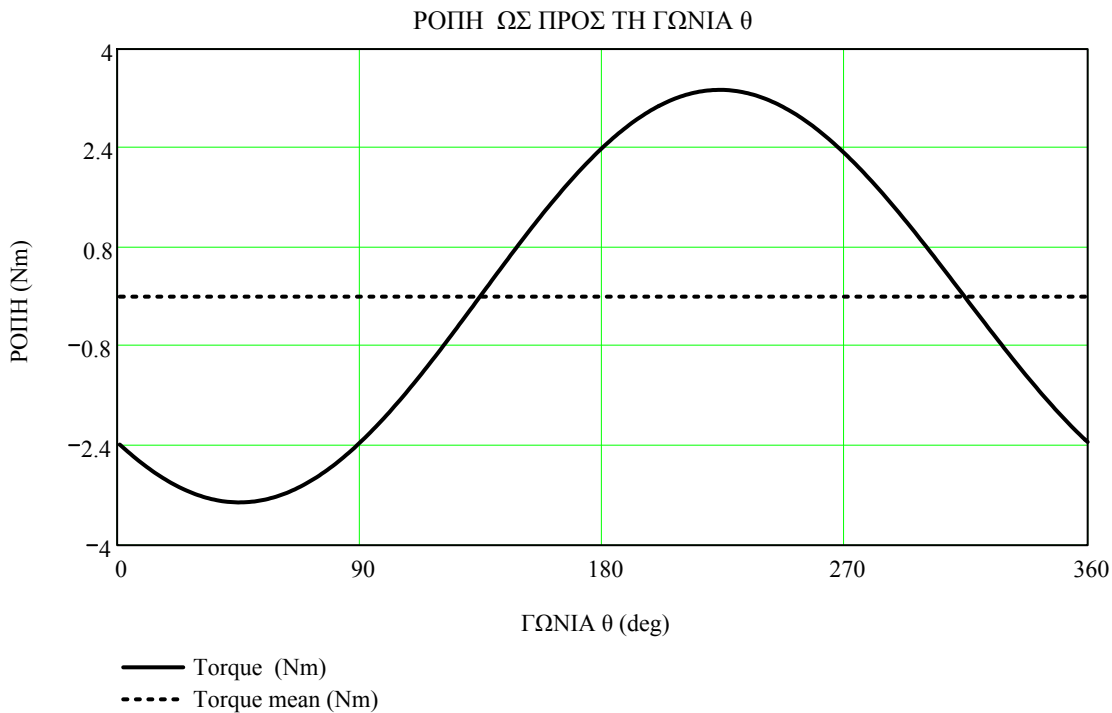
$k := 5$

$$\underline{W(n)} := \text{Calc}_{n+360-k, 15} \cdot x \quad \text{Torque}(n) := \frac{W(n)}{2 \cdot \pi \cdot f} \cdot 1000$$

$$\text{Torque}_{\text{mean}} := \frac{\sum_n \left(\frac{W(n)}{2 \cdot \pi \cdot f} \cdot 1000 \right)}{360} \quad \text{Torque}_{\text{mean}} = 7.348 \times 10^{-3}$$

$$\theta_{\text{min}} = 135$$

$$\theta_{\text{max}} = 315$$

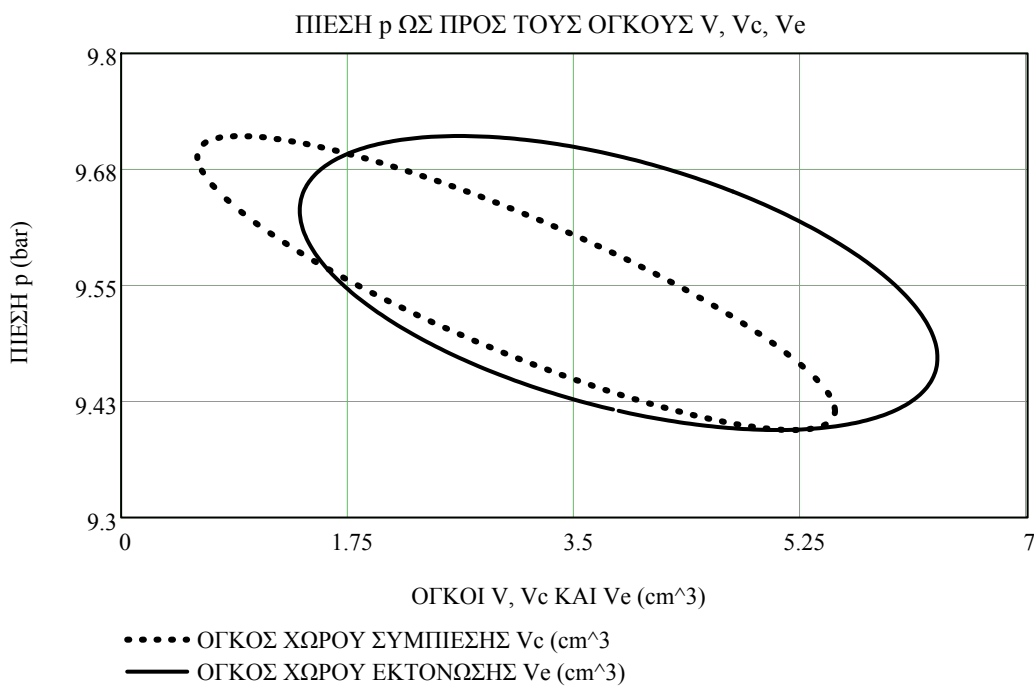


15. Διάγραμμα πίεσης p συναρτήσει των όγκων V , V_c και V_e .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλεται η πίεση του εργαζόμενου αερίου κατά τον **έκτο κύκλο** λειτουργίας οπότε έχει πλέον επέλθει η σταθεροποίηση, ως προς:

- i. Το συνολικό όγκο V . Το εμβαδόν παριστά το ωφέλιμο έργο ανά κύκλο λειτουργίας.
- ii. Τον όγκο του χώρου συμπίεσης V_c . Το εμβαδόν παριστά απώλεια ανά κύκλο λειτουργίας.
- iii. Τον όγκο του χώρου εκτόνωσης V_e . Το εμβαδόν παριστά την προσφερόμενη θερμότητα στο αέριο ανά κύκλο λειτουργίας.

$k := 5$ $p(n) := \text{Calc}_{n+360-4,0}$



Μέση πίεση p_{mean} του εργαζόμενου αερίου (σε bar) κατά τον έκτο κύκλο λειτουργίας οπότε έχουν πλήρως αποκατασταθεί σταθερές συνθήκες.

$$k := 5$$

$$p_{n+360 \cdot k} := \text{Calc}_{n+360 \cdot k, 0} \quad p_{\text{mean}} := \frac{1}{10^5} \cdot \frac{n}{360} \cdot \sum p_{n+360 \cdot k} \quad p_{\text{mean}} = 9.552$$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Απορριπτόμενη θερμότητα Q_k από τον ψύκτη σε J / κύκλο:

$$Q_k := \sum_{j=1}^{360} \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 12} \quad Q_k = -0.058$$

$$Q_k \cdot f = -0.58$$
2. Συναλλασσόμενη θερμότητα Q_r με τον αναγεννητή σε J / κύκλο:

$$Q_r := \sum_{j=1}^{360} \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 13} \quad Q_r = 1.841 \times 10^{-6}$$
3. Προσδιδόμενη θερμότητα Q_h στον θερμαντήρα σε J / κύκλο:

$$Q_h := \sum_{j=1}^{360} \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 14} \quad Q_h = 0.112$$

$$Q_h \cdot f = 1.119$$
4. Ολικό παραγόμενο έργο W σε J / κύκλο:

$$W := \sum_{j=1}^{360} \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 15} \quad W = 0.046$$
5. Έργο W_c στο συμπιεστή σε J / κύκλο:

$$W_c := \sum_{j=1}^{360} \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 16} \quad W_c = -0.06$$
6. Έργο W_e στον εκτονωτή σε J / κύκλο:

$$W_e := \sum_{j=1}^{360} \text{Calc}_{j+360 \cdot k, 17} \quad W_e = 0.107$$
7. Ισχύς P σε Watt, για: $f = 10$

$$P := W \cdot f \quad P = 0.462$$
8. Ροπή Torque σε Nm, για: $f = 10$

$$\text{Torque}_{\text{mean}} = 7.348 \times 10^{-5}$$
9. Βαθμός απόδοσης e της μηχανής:

$$e := \frac{W}{Q_h} \cdot 100\% \quad e = 41.274 \%$$
10. Μέση πίεση p_{mean} εργαζόμενου αερίου σε bar:

$$p_{\text{mean}} := \frac{1}{10^5} \cdot \frac{n}{360} \cdot \sum p_{n+360 \cdot k} \quad p_{\text{mean}} = 9.55$$
11. Μέγιστη πίεση p_{max} εργαζόμενου αερίου σε bar:

$$p_{\text{max}} = 146.51$$

12. Ελάχιστη πίεση p_{min} εργαζόμενου αερίου σε bar:

$p_{min} = 39.484$

Calc =

	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0
1	9.418·10 ⁵	140.601	497.027	288.026	-3.196·10 ⁻⁵	-4.987·10 ⁻⁴	-9.585·10 ⁻⁴
2	9.419·10 ⁵	145.426	496.848	288.057	-3.879·10 ⁻⁶	-4.866·10 ⁻⁴	-9.623·10 ⁻⁴
3	9.421·10 ⁵	149.461	496.699	288.088	2.463·10 ⁻⁵	-4.715·10 ⁻⁴	-9.603·10 ⁻⁴
4	9.422·10 ⁵	153.443	496.551	288.12	5.314·10 ⁻⁵	-4.562·10 ⁻⁴	-9.581·10 ⁻⁴
5	9.424·10 ⁵	157.382	496.403	288.152	8.165·10 ⁻⁵	-4.408·10 ⁻⁴	-9.555·10 ⁻⁴
6	9.425·10 ⁵	161.275	496.254	288.184	1.101·10 ⁻⁴	-4.252·10 ⁻⁴	-9.527·10 ⁻⁴
7	9.427·10 ⁵	165.121	496.105	288.217	1.386·10 ⁻⁴	-4.095·10 ⁻⁴	-9.496·10 ⁻⁴
8	9.429·10 ⁵	168.919	495.955	288.25	1.67·10 ⁻⁴	-3.937·10 ⁻⁴	-9.462·10 ⁻⁴
9	9.43·10 ⁵	172.668	495.806	288.284	1.954·10 ⁻⁴	-3.778·10 ⁻⁴	-9.425·10 ⁻⁴
10	9.432·10 ⁵	176.367	495.657	288.318	2.237·10 ⁻⁴	-3.617·10 ⁻⁴	-9.386·10 ⁻⁴
11	9.434·10 ⁵	180.015	495.507	288.352	2.52·10 ⁻⁴	-3.455·10 ⁻⁴	-9.343·10 ⁻⁴
12	9.435·10 ⁵	183.61	495.357	288.386	2.802·10 ⁻⁴	-3.293·10 ⁻⁴	-9.298·10 ⁻⁴
13	9.437·10 ⁵	187.151	495.208	288.421	3.084·10 ⁻⁴	-3.129·10 ⁻⁴	-9.25·10 ⁻⁴
14	9.439·10 ⁵	190.638	495.058	288.456	3.364·10 ⁻⁴	-2.964·10 ⁻⁴	-9.199·10 ⁻⁴
15	9.441·10 ⁵	194.068	494.908	288.491	3.644·10 ⁻⁴	-2.798·10 ⁻⁴	-9.146·10 ⁻⁴

ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι θερμικές και ψυκτικές μηχανές Stirling έχουν μια μακράιωνη ιστορία περίπου διακοσίων ετών, περισσότερο δηλαδή από τις μηχανές εσωτερικής καύσης που είναι και οι κύριες ανταγωνίστριες μηχανές. Αν και παλαιότερες από τις ΜΕΚ δεν κατάφεραν, για πολλούς λόγους και μάλλον δικαιολογημένα, να έχουν την ίδια εξέλιξη. Ωστόσο τις τελευταίες δεκαετίες οι εξειδικευμένες ενεργειακές ανάγκες έχουν αυξηθεί σχεδόν κατακόρυφα.

Οι κλασικοί κινητήρες Stirling, ως μηχανές εξωτερικής καύσης, έχουν τη δυνατότητα με κατάλληλο καυστήρα, να χρησιμοποιούν πολλαπλά καύσιμα όπως στερεά, υγρά ή αέρια καθώς και βιομάζα. Οι κινητήρες αυτοί προκαλούν λιγότερη χημική ρύπανση αλλά και ηχορύπανση συγκριτικά με τους κλασικούς κινητήρες πετρελαίου και βενζίνης της ίδιας ισχύος εξόδου.

Κινητήρες Stirling με ειδικό θερμαντήρα χρησιμοποιούν ήπιες ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:

- a) τα συστήματα Stirling με παραβολικά κάτοπτρα (Dish-Stirling) είναι μικρά σύνολα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με υπολογίσιμη ισχύ μετατρέποντας την Ηλιακή ενέργεια,
- b) οι ογκώδεις κινητήρες Χαμηλής Διαφοράς Θερμοκρασίας χρησιμοποιούν τη Γεωθερμία.

Οι εξωτικοί κινητήρες Stirling καταναλώνοντας πυρηνικό καύσιμο παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για τις ανάγκες διαστημικών σταθμών αλλά κυρίως διαστημικών οχημάτων που κινούνται στις εσχατιές του Ηλιακού συστήματος όπου η ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας είναι ασήμαντη.

Την τελευταία εικοσαετία η επιστημονική κοινότητα επικεντρώνει την έρευνά της στη συμπεριφορά νέων αλλά και παλαιών υλικών στο κρυογονικό πεδίο. Οι κρυοψύκτες Stirling επιτυγχάνουν με ευκολία θερμοκρασίες της τάξεως των 10 K.

Γι' αυτό τελευταία το ενδιαφέρον μας για τις θερμικές και ψυκτικές Stirling αναθερμάνθηκε.

Τα αποτελέσματα από αυτή την μελέτη για την παραπάνω κατασκευασθείσα μηχανή, δείχνουν ότι η απόδοση της μηχανής επηρεάζεται μόνο από τους επιζήμιους όγκους, ενώ οι υπόλοιποι τύποι μηχανών Stirling επηρεάζονται και από τον βαθμό απόδοσης του αναγεννητή. Συνεπώς καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

(1) Για μια μηχανή Stirling με δεδομένους τους επιζήμιους όγκους και πραγματικό αναγεννητή, το παραγόμενο έργο δεν επηρεάζεται από την θερμοκρασία του ρευστού εντός του αναγεννητή. Παρόλα αυτά μια μηχανή με αναγεννητή 'κακής' ποιότητας χρειάζεται περισσότερη πρόσδοση θερμότητας και καλύτερο σύστημα ψύξης απ' ότι μια μηχανή με καλύτερης ποιότητας αναγεννητή.

(2) Οι επιζήμιοι όγκοι έχουν ως αποτέλεσμα να μειώσουν τόσο το παραγόμενο έργο όσο και τον θερμικό βαθμό απόδοσης και ταυτόχρονα αυξάνεται η εισερχόμενη και η εξερχόμενη θερμότητα. Παρόλα αυτά μια πραγματική μηχανή πρέπει να έχει επιζήμιους όγκους.

(3) Ένα μικρό ποσό έργου μπορεί να παραχθεί ακόμα και στην περίπτωση μεγάλων επιζήμιων όγκων.

(4) Για την επίτευξη υψηλού βαθμού απόδοσης είναι απαραίτητη η ύπαρξη αναγεννητή με υψηλό βαθμό απόδοσης. Παρόλα αυτά η μηχανή Stirling μπορεί να λειτουργήσει με χαμηλό θερμικό βαθμό απόδοσης χωρίς τη χρήση αναγεννητή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Walker G. Stirling engines. Oxford: Clarendon Press;
1980 p. 24-5. Stine WB. Stirling engines. In: Kreith F, editor. The CRC handbook of mechanical engineers. Boca Raton: CRC Press;
1998 p. 8-67. Dixit DK, Ghodke SV. Renewable energy powered Stirling engines- a viable energy alternative. In Saying AMM, editor. Renewable energy technology and the environment. Proceedings of the second world renewable energy congress, vol.2, 1992. P.934-8. Blank DA, Wu C. Power potential of a terrestrial solar-radiant Stirling heat engine. Int J Ambient Energy
1994.15(3):131-9. Blank DA, Wu C. Power optimization of an extra-terrestrial, solar-radiant Stirling heat engine. Energy
1995. 20(6):523-30. Blank DA. Universal power optimized work for reciprocating internally reversible Stirling-like heat engine cycles with regeneration and linear external heat transfer. J Appl Phys
1998; 84(5):2385-92. Blank DA, Wu C. Finite-time power limit for solar-radiant Ericsson engines in space applications. Appl Therm Eng 1998.18:1347-57.
Martini WR. Stirling engine design manual report no. NASA CR-135382. In: M.J. Collie, editor. Stirling engine design and feasibility for automotive use. New Jersey: Noyes data corp.; 1979. p.60.
Kongtragool B, Wongwises S. A review of solar powered Stirling engines and low temperature differential Stirling engines. Renew Sust Energy Rev 2003.7:131-54.
Schmidt G. Theorie der Lehmannschen calorischen maschine. Zeit Des Vereines deutsh Ing 1871.15:1-12. Reader GT, Hooper C. Stirling engines. London: Cambridge University Press 1983 p. 172-73. Howell JR, Bannerot RB. Optimum solar collection operation for maximizing cycle work output. Solar Energy 1977; 19:149-53.