

ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

ΜΕΙΩΤΗΡΑΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΑΤΕΡΜΟΝΑ
ΚΟΧΛΙΑ – ΚΟΡΩΝΑΣ

ΠΡΟΪΣΤΗΤΗΣ: Dr. - Ing. ΑΓΓΑΣΤΑΣΙΟΣ ΜΟΥΣΙΑΔΗΣ

ΠΡΟΪΔΑΣΤΗΣ: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΓΕΜΜΑΙΟΥΠΗΛΙΑΔΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ ΜΑΪΟΣ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛ.1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	ΣΕΛ.2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ	ΣΕΛ.3
1.1 ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ	ΣΕΛ.3
1.2 ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ ΜΕ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ	ΣΕΛ.4
1.3 ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ	ΣΕΛ.6
1.4 ΛΙΠΑΝΣΗ ΣΤΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ	ΣΕΛ.7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΑΤΕΡΜΟΝΑ ΚΟΧΛΙΑ – ΚΟΡΩΝΑΣ	ΣΕΛ.8
2.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ – ΧΡΗΣΗ	ΣΕΛ.8
2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΣΕΛ.11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΤΕΡΜΟΝΑ – ΚΟΡΩΝΑΣ	ΣΕΛ.11
i) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΣΕΛ.11
ii) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΤΟΝ ΑΤΕΡΜΟΝΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΟΡΩΝΑ	ΣΕΛ.15
iii) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ	ΣΕΛ.16
iv) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΑΤΡΑΚΤΩΝ	ΣΕΛ.18
v) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΑΤΡΑΚΤΩΝ	ΣΕΛ.25
vi) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΕΔΡΑΝΩΝ ΚΥΛΙΣΗΣ	ΣΕΛ.30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	ΣΕΛ.32
ΣΧΕΔΙΟ ΑΤΡΑΚΤΟΥ ΑΤΕΡΜΟΝΑ	ΣΕΛ.32
ΣΧΕΔΙΟ ΑΤΡΑΚΤΟΥ ΚΟΡΩΝΑΣ	ΣΕΛ.33
ΣΧΕΔΙΟ ΑΤΕΡΜΟΝΑ	ΣΕΛ.34
ΣΧΕΔΙΟ ΚΟΡΩΝΑΣ	ΣΕΛ.35
ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΠΑΚΙ ΑΤΕΡΜΟΝΑ	ΣΕΛ.36
ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΠΑΚΙ ΑΤΕΡΜΟΝΑ ΤΥΦΛΟ	ΣΕΛ.37
ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΠΑΚΙ ΚΟΥΤΙΟΥ ΜΕΙΩΤΗΡΑ	ΣΕΛ.38
ΣΧΕΔΙΟ ΚΟΥΤΙ ΜΕΙΩΤΗΡΑ	ΣΕΛ.39
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΕΙΩΤΗΡΑ	ΣΕΛ.40
ΚΑΘΕΤΗ ΤΟΜΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΤΡΑΚΤΟ ΤΟΥ ΑΤΕΡΜΟΝΑ	ΣΕΛ.41
ΚΑΘΕΤΗ ΤΟΜΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΤΡΑΚΤΟ ΤΗΣ ΚΟΡΩΝΑΣ	ΣΕΛ.42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	ΣΕΛ.43

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πτυχιακή αυτή εργασία με θέμα “ΜΕΙΩΤΗΡΑΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΑΤΕΡΜΟΝΑ ΚΟΧΛΙΑ – ΚΟΡΩΝΑΣ” θα περιλαμβάνει ένα εισαγωγικό κεφάλαιο με πληροφορίες σχετικά με τους μειωτήρες και στη συνέχεια τη σχεδιομελέτη του συγκεκριμένου μειωτήρα. Επίσης θα περιλαμβάνει και το κατασκευαστικό μέρος στο οποίο θα γίνει η κατασκευή του σύμφωνα με τους υπολογισμούς.

Πιο συγκεκριμένα θα γίνει αναλυτικός υπολογισμός όλων των στοιχείων του ατέρμονα κοχλία και της κορώνας και έλεγχος τους, υπολογισμός των ατράκτων, υπολογισμός και επιλογή των εδράσεων, υπολογισμός των διαστάσεων του κελύφους του μειωτήρα. Κατόπιν θα ακολουθήσει ο σχεδιασμός του καθενός στοιχείου του μειωτήρα ξεχωριστά σε μορφή 3D με τη βοήθεια του προγράμματος SolidWorks και ένωση των στοιχείων αυτών έτσι ώστε να συναρμολογηθεί ο μειωτήρας.

Όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί θα μεταφερθούν σε ένα τεύχος το οποίο θα έχει ένα εισαγωγικό κεφάλαιο που θα αναφέρεται γενικά στους μειωτήρες, ένα δεύτερο το οποίο θα αναφέρεται αναλυτικότερα στους μειωτήρες που αποτελούνται από ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνας, ένα τρίτο το οποίο θα περιέχει όλους τους υπολογισμούς και ελέγχους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, ένα τέταρτο το οποίο θα περιλαμβάνει τον σχεδιασμό του κάθε εξαρτήματος καθώς και του μειωτήρα συναρμολογημένου.

Τέλος υπάρχει και το κατασκευαστικό μέρος όπου θα κατασκευαστούν όλα τα εξαρτήματα του μειωτήρα σύμφωνα με τις διαστάσεις που θα πάρουμε από το τεύχος των υπολογισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1.1 Μειωτήρες

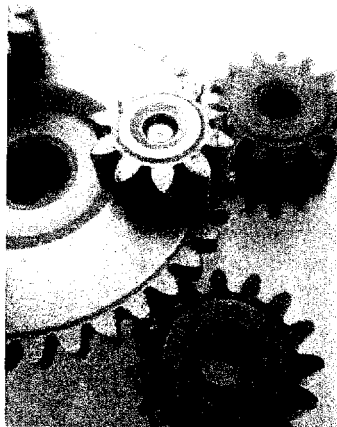
Οι μειωτήρες ή πιο συγκεκριμένα μειωτήρες στροφών είναι μηχανισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της κίνησης από έναν άξονα σε έναν άλλο, με παράλληλη μείωση ή αύξηση, της ισχύς ή των στροφών αντίστοιχα. Τα στοιχεία μετάδοσης της κίνησης στους μειωτήρες μπορεί να είναι είτε οδοντωτοί τροχοί, είτε αλυσίδες ή ιμάντες, ανάλογα με τις απαιτήσεις λειτουργίας. Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία θα ασχοληθούμε με την πρώτη περίπτωση, δηλαδή με μειωτήρα αποτελούμενο από ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών.

Οι οδοντωτοί τροχοί έχουν τα εξής πλεονεκτήματα έναντι στους ιμάντες και τις αλυσίδες:

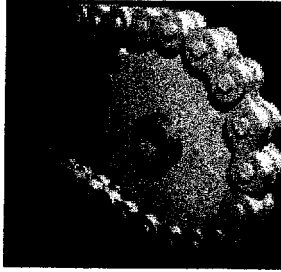
- i) Μικρή απαιτούμενη συντήρηση καθώς βρίσκονται διαρκώς στο λάδι.
- ii) Μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας και διάρκεια ζωής.
- iii) Ακρίβεια στη σχέση μετάδοσης.
- iv) Μεγάλος βαθμός απόδοσης.
- v) Δυνατότητα υπερφόρτισης των τροχών.
- vi) Μικρότερος απαιτούμενος χώρος που καταλαμβάνουν.

Τα μειονεκτήματα των οδοντωτών τροχών σε σύγκριση με τους ιμάντες και τις αλυσίδες είναι:

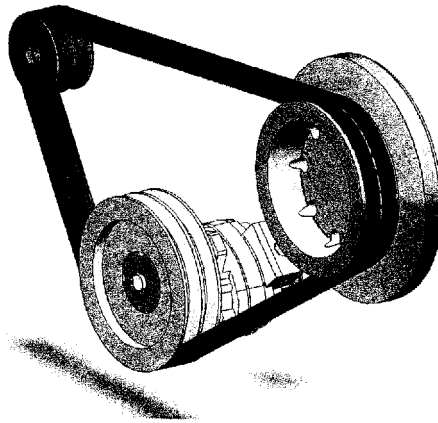
- i) Μεγάλο κόστος κατασκευής.
- ii) Θορυβώδης λειτουργία.
- iii) Μη ελαστική συμπεριφορά των δυνάμεων.



Εικόνα 1.1: Απεικόνιση οδοντωτών τροχών.



Εικόνα 1.2: Απεικόνιση αλυσίδας μεταφοράς κίνησης.



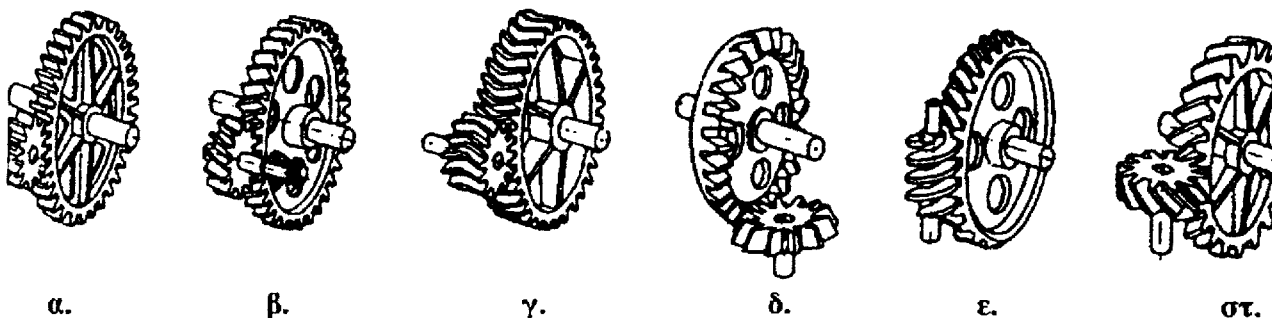
Εικόνα 1.3: Απεικόνιση ιμαντοκίνησης.

1.2 Μειωτήρες με οδοντωτούς τροχούς

Οι μειωτήρες αυτοί συνήθως αποτελούνται από ένα κουτί (σώμα) το οποίο είναι ή χυτό (χυτοσίδηρος) ή συγκολλητό (χάλυβας). Το κουτί αυτό μπορεί να είναι είτε ενιαίο, με κάποια ανοίγματα έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση στα εξαρτήματά του (οδοντωτοί τροχοί, ρουλεμάν, κ.α.), είτε διαιρούμενο σε δυο μέρη τα οποία συνδέονται με κοχλίες.

Ανάλογα με τη θέση των αξόνων που συνδέουν οι οδοντωτοί τροχοί του μειωτήρα, προκύπτουν οι παρακάτω βασικές μορφές μειωτήρων:

- i) Μειωτήρες με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς (με ευθεία, κεκλιμένη ή γωνιώδη οδόντωση) που συνδέουν παράλληλους άξονες.
- ii) Μειωτήρες με κωνικούς οδοντωτούς τροχούς (με ευθεία, κεκλιμένη, τοξωτή, σπειροειδή ή εξελιγμένη οδόντωση) που συνδέουν τεμνόμενους ή διασταυρούμενους άξονες.
- iii) Μειωτήρες με ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνα για διασταυρούμενους άξονες (μεγάλες σχέσεις μετάδοσης).
- iv) Μειωτήρες με κοχλιοτούς οδοντωτούς τροχούς (κεκλιμένη οδόντωση) για διασταυρούμενους άξονες



Σχήμα 1: Βασικά είδη μειωτήρων. α έως γ με μεταπικούς οδοντωτούς τροχούς, δ με κωνικούς οδοντωτούς τροχούς, ε με ατέρμονα κοχλία – κορώνα, στ με κοχλιωτούς οδοντωτούς τροχούς.

Γενικά τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν ένα μειωτήρα είναι η σχέση μετάδοσης, η μέγιστη ισχύς που μπορεί να μεταφέρει ο μειωτήρας καθώς και το εύρος στροφών λειτουργίας του.

Τα βασικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν τους οδοντωτούς τροχούς είναι τα εξής:

- Διάμετρος αρχικού κύκλου ή κύκλου κύλισης d . Είναι ο κύκλος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του οδοντωτού τροχού δηλαδή ο κύκλος πάνω στον οποίο κυλιέται το κοπτικό εργαλείο.

$d = z_1 * m$ Η διάμετρος αρχικού κύκλου. Όπου z_1 ο αριθμός δοντιών του κινητήριου τροχού και m το modul.

- Σχέση μετάδοσης i . Ονομάζεται ο λόγος του αριθμού των στροφών του κινητήριου προς τον αριθμό στροφών του κινούμενου τροχού, στην περίπτωση που υπάρχει ένας μονοβάθμιος μειωτήρας. Σε περίπτωση πολυβάθμιου μειωτήρα η σχέση μετάδοσης της κάθε βαθμίδας πολλαπλασιάζεται και μας δίνει την συνολική σχέση μετάδοσης του μειωτήρα.

$i = \frac{n_1}{n_2}$ Για μονοβάθμιο μειωτήρα. Όπου n_1 ο αριθμός στροφών του κινητήριου τροχού και όπου n_2 του κινούμενου.

$i_{ολ} = i_1 * i_2 * \dots * i_n$ Για μειωτήρα n βαθμίδων.

- Modul ή μέτρο οδόντωσης m είναι το μήκος της αρχικής διαμέτρου που αντιστοιχεί σε ένα δόντι.

$m = \frac{p}{\pi}$ Όπου p το βήμα οδόντωσης.

1.3 Βλάβες στους οδοντωτούς τροχούς

Είναι πολύ σημαντικό για έναν κατασκευαστή οδοντωτών τροχών να έχει γνώση για τις βλάβες που μπορεί να εμφανισθούν καθώς και των αιτιών που τις προκαλούν. Οι βλάβες στους οδοντωτούς τροχούς διακρίνονται σε βλάβες θραύσης και σε βλάβες κατατομής.

Η θραύση του δοντιού ενός οδοντωτού τροχού μπορεί να οφείλεται είτε σε στατική είτε σε δυναμική φόρτιση.

Η στατική θραύση οφείλεται σε στιγμιαία υπερφόρτιση του τροχού και εμφανίζεται στη βάση του δοντιού. Η θραύση αυτή μπορεί να προληφθεί αν από την αρχή ληφθούν υπόψη τα πιθανά αίτια της υπερφόρτισης και ληφθούν αντίστοιχες επιτρεπόμενες τιμές κατά τον υπολογισμό.

Η δυναμική θραύση οφείλεται σε διαρκώς επαναλαμβανόμενες φορτίσεις που υπερβαίνουν τα όρια της δυναμικής αντοχής του υλικού. Στη δυναμική θραύση παίζουν ρόλο σφάλματα υλικού, θερμικής επεξεργασίας, κατεργασίας των δοντιών και η συγκέντρωση τάσεων στην βάση του δοντιού.

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση της θραύσης των δοντιών στους οδοντωτούς τροχούς είναι:

- Αύξηση της αντοχής του δοντιού στην περιοχή του πόδα
- Αύξηση του modul
- Αποφυγή των σημείων συγκέντρωσης τάσεων
- Λαμβάνοντας υπόψη διάφορους συντελεστές προσαύξησης για τον υπολογισμό.

Επίσης παρατηρούνται θραύσεις στην κεφαλή του δοντιού που οφείλονται π.χ. σε λάθη στην παραλληλότητα των αξόνων ή σε μεγάλη ελαστική παραμόρφωση ή σε λάθη κοπής των δοντιών - οπότε δεν έχουμε ομοιόμορφη κατανομή της φόρτισης σε όλο το πλάτος του δοντιού - ή σε χρησιμοποίηση πολύ σκληρού υλικού.

Θα πρέπει λοιπόν τα αίτια αυτά να ληφθούν υπόψη στην κατασκευή των οδοντωτών τροχών παίρνοντας π.χ. μικρότερο πλάτος δοντιών ή πιο μαλακό υλικό.

Πολλές φορές εμφανίζονται πάνω στην επιφάνεια των δοντιών, στην περιοχή του κύκλου κύλισης εκκοιλάνσεις (μικρά σκαψίματα, pitting), που πιστεύεται ότι προέρχονται από τη συμπίεση λεπτόρευστου λαδιού λίπανσης μέσα σε μικρές χαραγές του υλικού που μεγαλώνουν σιγά – σιγά. Οι χαραγές αυτές μπορεί να οφείλονται, σε ανομοιόμορφη κατανομή της πίεσης επιφάνειας, από αιχμές πιέσεων που υπερβαίνουν το όριο ροής του υλικού. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα αισθητό σε βελτιωμένους ή σκληρημένους χάλυβες, ενώ σε μαλακότερους χάλυβες τα σκαψίματα επικαλύπτονται από φθορές ολίσθησης και πλαστική παραμόρφωση. Για την αντιμετώπιση αυτής της βλάβης θα πρέπει να μειωθεί η τοπική υπερφόρτιση της κατατομής του δοντιού ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή της πίεσης επιφάνειας, να αυξηθεί η αντοχή της κατατομής του δοντιού (π.χ. με σκλήρυνση) ή να χρησιμοποιηθεί πιο παχύρευστο λάδι.

Φθορές των δοντιών (άρπαγμα, galling) εμφανίζονται και όταν δεν έχει γίνει καλή εκλογή των υλικών του ζεύγους οδοντωτών τροχών ή όταν έχουμε ανεπαρκή λίπανση.

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως σε οδοντωτούς τροχούς με σχετικά μεγάλο modul και μικρή περιφερειακή ταχύτητα, η δε επίδρασή του μειώνεται με τη χρησιμοποίηση σκληρημένων δοντιών και παχύρευστου λιπαντικού.

1.4 Λίπανση στους οδοντωτούς τροχούς

Η λίπανση έχει σκοπό να ελαττώσει την τριβή και επομένως τη φθορά στις κατατομές των δοντιών και να απάγει τη δημιουργούμενη θερμότητα. Το λιπαντικό θα πρέπει επιπλέον να μην έχει βλαβερή επίδραση στους οδοντωτούς τροχούς, τα έδρανα και τα μέσα στεγανοποίησης (τσιμούχες, κετσέδες κ.α.) καθώς και να μην αλλοιώνεται εύκολα κατά τη χρήση.

Τα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι τα ορυκτά έλαια. Σε μικρές περιφερειακές ταχύτητες χρησιμοποιούνται λίπη.

Λόγω της απλότητάς της, η λίπανση με εμβάπτιση είναι σήμερα ο πιο διαδεδομένος τρόπος λίπανσης. Οι οδοντωτοί τροχοί βυθίζονται στο λάδι (βάθος 1...6 modul) που έρχεται σε επαφή με τις κατατομές των δοντιών άμεσα ή έμμεσα με εκτίναξη σταγόνων.

Για περιφερειακές ταχύτητες άνω των 12 m/sec χρησιμοποιείται η λίπανση με εκτόξευση. Εδώ το λάδι εκτοξεύεται, με τη βοήθεια αντλίας, σε πλατιά δέσμη λίγο πριν ή ακριβώς στο σημείο επαφής των δοντιών.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τους διάφορους τρόπους λίπανσης συναρτήσει της περιφερειακής ταχύτητας.

Περιφερειακή ταχύτητα v (m/sec)	Είδος λίπανσης
$0 \div 0,8$	με λίπος
$0,8 \div 4$	με λίπος ή με εμβάπτισμό
$4 \div 12$	με εμβάπτισμό
$12 \div 60$	με εκτόξευση

Πίνακας 1: Τρόποι λίπανσης συναρτήσει της περιφερειακής ταχύτητας.

Το λάδι πρέπει να αλλαχθεί για πρώτη φορά μετά από 200 – 300 ώρες λειτουργίας. Η ποσότητα του λιπαντικού πρέπει να είναι τόση ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης. Σε διαρκή λειτουργία με το μέγιστο φορτίο η θερμοκρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 60 °C (ανώτατο όριο 80 °C), διότι υψηλότερες θερμοκρασίες μειώνουν τη διάρκεια ζωής του λιπαντικού και τις ιδιότητες λίπανσης.

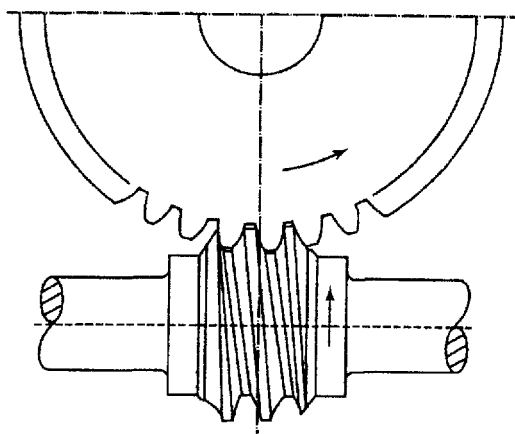
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΑΤΕΡΜΟΝΑ ΚΟΧΛΙΑ – ΚΟΡΩΝΑΣ

2.1 Γενικά – Βασικές μορφές - Χρήση

Το σύστημα ατέρμονα κοχλία – κορώνας χρησιμοποιείται για τη μετάδοση της κίνησης σε διασταυρούμενους άξονες. Η γωνία αυτή των αξόνων είναι συνήθως 90° χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να είναι διαφορετική.

Ο ατέρμονας κοχλίας μοιάζει σαν ένα κοινό κοχλία κίνησης, ο οποίος έχει μια ή περισσότερες αρχές, είναι συνήθως δεξιόστροφος και είναι ο κινητήριος τροχός. Η κορώνα είναι κατά βάση μετωπικός οδοντωτός τροχός με κεκλιμένη οδόντωση.



Σχήμα 2: Σύστημα ατέρμονα κοχλία – κορώνας.

Το ζεύγος ατέρμονα σε σύγκριση με τα άλλα είδη οδοντωκινήσεων έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- i) Πιο αθόρυβη λειτουργία σε σχέση με τις υπόλοιπες οδοντωκινήσεις.
- ii) Το ζεύγος ατέρμονα κοχλία - κορώνας είναι για την ίδια ισχύ και σχέση μετάδοσης πιο μικρό και εύκολο στην κατασκευή.
- iii) Μεγάλες σχέσεις μετάδοσης με μια μόνο βαθμίδα συνήθως μόνο για μείωση των στροφών.

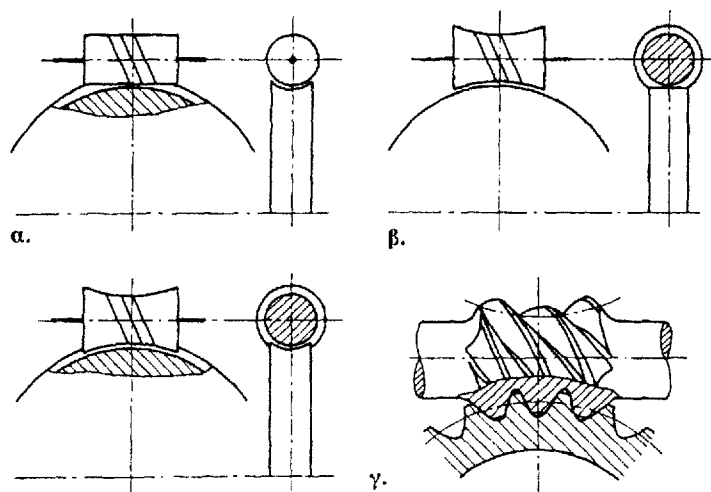
Τα μειονεκτήματα του ζεύγους ατέρμονα κοχλία – κορώνας σε σχέση με τα άλλα είδη οδοντωκινήσεως είναι:

- i) Μεγαλύτερη φθορά στο ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνας, λόγω ολίσθησης των κατατομών.
- ii) Μικρότερος βαθμός απόδοσης για τον ίδιο λόγο με παραπάνω.
- iii) Ανάπτυξη μεγάλων αξονικών δυνάμεων ιδιαίτερα στον κοχλία που συνεπάγεται καλή έδραση των αξόνων.

Ανάλογα με τη μορφή του ατέρμονα κοχλία και της κορώνας (κυλινδρική ή σφαιροειδή) οι μειωτήρες ατέρμονα κοχλία – κορώνας διακρίνονται σε:

- Μειωτήρες κυλινδρικού ατέρμονα – σφαιροειδούς κορώνας οι οποίοι αποτελούνται από ατέρμονα κυλινδρικής μορφής και κορώνα σφαιροειδούς μορφής.
- Μειωτήρες σφαιροειδούς ατέρμονα – κυλινδρικής κορώνας οι οποίοι αποτελούνται από ατέρμονα σφαιροειδούς μορφής και κορώνα κυλινδρικής μορφής.
- Μειωτήρες σφαιροειδούς ατέρμονα – σφαιροειδούς κορώνας οι οποίοι αποτελούνται από σφαιροειδή ατέρμονα και σφαιροειδή κορώνα.

Από τα παραπάνω είδη μειωτήρων ατέρμονα κοχλία – κορώνας αυτό που είναι ευρύτερα χρησιμοποιούμενο είναι το πρώτο, δηλαδή κυλινδρικού ατέρμονα – σφαιροειδούς κορώνας. Αν και σε σύγκριση με τους μειωτήρες σφαιροειδούς ατέρμονα – κυλινδρικής κορώνας έχουν μικρότερη υπερκάλυψη διατομής είναι αρκετά φθηνότερες κατασκευές. Οι μειωτήρες σφαιροειδούς ατέρμονα – σφαιροειδούς κορώνας είναι οι πιο ακριβές κατασκευές από όλες τις παραπάνω και χρησιμοποιούνται μόνο για μειωτήρες υψηλής απόδοσης.



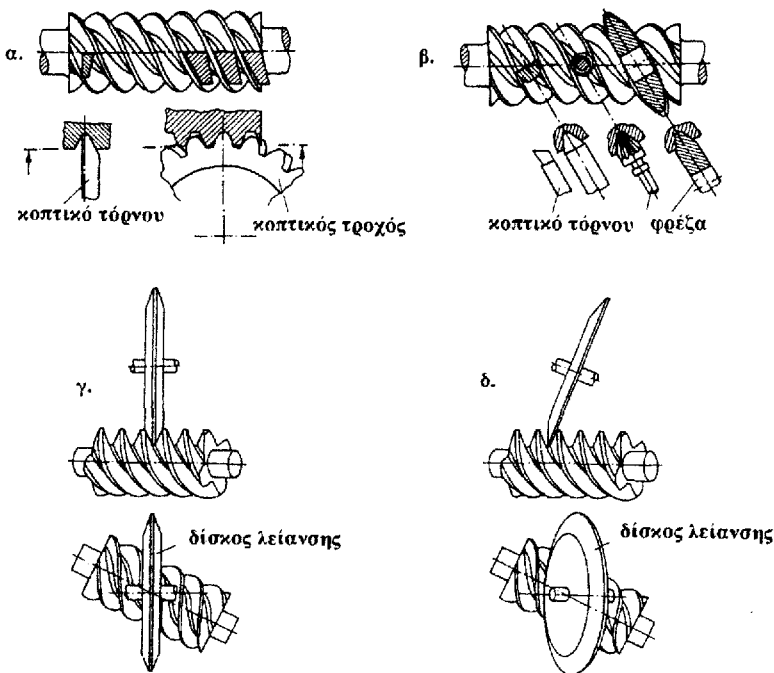
Σχήμα 3: Συστήματα ατέρμονα κοχλία – κορώνας.

Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι κυλινδρικοί ατέρμονες (Z) ανάλογα με την κατατομή του ατέρμονα διακρίνονται σε:

- Ατέρμονας ZA. Ο ατέρμονας έχει τραπεζοειδή κατατομή στην αξονική τομή. Η κατασκευή του ατέρμονα γίνεται στον τόρνο με κοπτικό εργαλείο τραπεζοειδούς μορφής. Το είδος αυτό ατέρμονα χρησιμοποιείται σπάνια λόγω της δυσκολίας στην κατασκευή του σε περίπτωση μεγάλου βήματος.
- Ατέρμονας ZN. Ο ατέρμονας έχει τραπεζοειδή κατατομή στην κάθετη τομή. Η κατασκευή του ατέρμονα γίνεται στον τόρνο με κοπτικό εργαλείο

τραπεζοειδούς μορφής τοποθετημένο με γωνία κλίσης γ_m . Επίσης μπορεί να κατασκευασθεί και στη φρέζα με κονδύλι ή δισκοειδές κοπτικό.

- Ατέρμονας ΖΚ. Ο ατέρμονας αυτός έχει καμπύλη κατατομή. Η κατασκευή του γίνεται όπως και στην προηγούμενη περίπτωση αλλά το κοπτικό εργαλείο είναι δισκοειδούς μορφής. Η καμπυλότητα των κατατομών είναι εξαρτώμενη από τη διάμετρο του κοπτικού εργαλείου. Το είδος αυτό ατέρμονα έχει ευρεία χρήση καθώς είναι οικονομική κατασκευή.
- Ατέρμονας ΖΙ. Ο ατέρμονας έχει κατατομή μορφής της εξειλιγμένης στην κάθετη τομή, αντιστοιχεί δηλαδή σε οδοντωτό τροχό με κεκλιμένη οδόντωση και μεγάλη γωνία κλίσης β . Η κατασκευή του ατέρμονα γίνεται με τη μέθοδο της κύλισης. Λόγω της οικονομικής κατασκευής οι ατέρμονες αυτοί έχουν τη μεγαλύτερη σημασία.



Σχήμα 4: Μορφές ατερμόνων κοχλιών.

- α) τραπεζοειδής κατατομή στην αξονική κατατομή (ΖΑ)
- β) τραπεζοειδής κατατομή στην κάθετη τομή (ΖΝ)
- γ) καμπύλη κατατομή (ΖΚ)
- δ) κατατομή εξειλιγμένης στην κάθετη τομή (ΖΙ)

Η κορώνα κατασκευάζεται συνήθως με τη μέθοδο της κύλισης με κοπτικό εργαλείο που έχει μορφή αντίστοιχη με αυτή του ατέρμονα.

Το ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνας χρησιμοποιείται σε μειωτήρες γενικής χρήσης με μεγάλες σχέσεις μετάδοσης και μεγάλες ισχύεις και στροφές εισόδου. Γενικά έχουν πολύ μεγάλη εφαρμογή στους μηχανικούς ανελκυστήρες, σε γεραμούς, μεταφορικές ταινίες κλπ.

2.2 Χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά ενός ζεύγους ατέρμονα κοχλία – κορώνας είναι τα παρακάτω:

i :	Σχέση μετάδοσης.
η :	Συνολικός βαθμός απόδοσης συστήματος ατέρμονα – κορώνας.
N_1 :	Ισχύς εισόδου στον μειωτήρα (στην άτρακτο του ατέρμονα).
N_2 :	Ισχύς εξόδου του μειωτήρα (στην άτρακτο της κορώνας).
z_1 :	Αριθμός αρχών του ατέρμονα (εξαρτάται από τη σχέση μετάδοσης).
z_2 :	Αριθμός δοντιών κορώνας.
n_1 :	Αριθμός στροφών εισόδου στον μειωτήρα (συνήθως αυτές του Η/Κ).
n_2 :	Αριθμός στροφών εξόδου από τον μειωτήρα.
m_s :	Modul μετωπικής τομής κορώνας.
m_α :	Modul αξονικής τομής ατέρμονα (ισχύει $m_s = m_\alpha$).
d_{m1} :	Διάμετρος αρχικού κύκλου ατέρμονα.
d_{02} :	Διάμετρος αρχικού κύκλου κορώνας.
T_1 :	Στρεπτική ροπή στον ατέρμονα.
T_2 :	Στρεπτική ροπή στην κορώνα.
b_α :	Πλάτος κορώνας.
L :	Μήκος ατέρμονα.
d_{f1} :	Διάμετρος κύκλου ποδός ατέρμονα.
d_{f2} :	Διάμετρος κύκλου ποδός κορώνας.
d_{k1} :	Διάμετρος κύκλου κεφαλής ατέρμονα.
d_{k2} :	Διάμετρος κύκλου κεφαλής κορώνας.
d_α :	Εξωτερική διάμετρος κορώνας.
α :	Αξονική απόσταση.
δ :	Γωνία αξόνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΤΕΡΜΟΝΑ – ΚΟΡΩΝΑΣ

ι) Υπολογισμός μελέτης

Για τον υπολογισμό μελέτης του ζεύγους ατέρμονα κοχλία – κορώνας υπάρχουν δυο περιπτώσεις ανάλογα με τις ανάγκες που υπάρχουν. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις απαραίτητα στοιχεία είναι η σχέση μετάδοσης i , καθώς και η ισχύ που θα πρέπει να μεταφέρει ο μειωτήρας. Στην πρώτη περίπτωση όμως έχουμε επιπλέον γνωστή την απόσταση α των δυο αξόνων, ενώ στη δεύτερη είναι γνωστά μόνο τα δυο μεγέθη που προαναφέρθηκαν.

Στην περίπτωση του συγκεκριμένου μειωτήρα έχω επιπλέον γνωστή την αξονική απόσταση των αξόνων του ατέρμονα και της κορώνας.

Δεδομένα:

$$i = 36$$

$$a = 80\text{mm}$$

$$N_1 = 1,5\text{kW}$$

$$n_1 = 1450\text{rpm}$$

Για $i = 36$ έχω $z_1 = 1$ αρχή. Οπότε: $z_2 = z_1 \cdot i = 1 \cdot 36 = 36$

Άρα θα έχω $z_1 = 1$ αρχές για τον ατέρμονα και $z_2 = 36$ τα δόντια της κορώνας.

Στη συνέχεια υπολογίζω την προσωρινή αρχική διάμετρο του ατέρμονα από την παρακάτω σχέση.

$$dm_1 = \psi_\alpha \cdot a$$

όπου $\psi_\alpha = 0,3 \div 0,5$ επιλέγω 0,5

$$dm_1 = \psi_\alpha \cdot a = 0,5 \cdot 80 = 40\text{mm}$$

Άρα η προσωρινή αρχική διάμετρος για τον ατέρμονα θα είναι $dm_1 = 40\text{mm}$

Επίσης υπολογίζω και την προσωρινή αρχική διάμετρο για την κορώνα με την εξής σχέση.

$$do_2 = (2 \cdot a) - dm_1 = (2 \cdot 80) - 40 = 120\text{mm}$$

Οπότε η προσωρινή αρχική διάμετρος για την κορώνα θα είναι $do_2 = 120\text{mm}$

Έπειτα υπολογίζω το module της μετωπικής τομής της κορώνας. Στην περίπτωση μου όπου ο ατέρμονας και η κορώνα σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90° το module της μετωπικής τομής της κορώνας ισούται με το module της αξονικής τομής του ατέρμονα. Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

$$m_s = m_a = \frac{do_2}{z_2} = \frac{120}{36} = 3,33\text{mm}$$

Όπως και στις περισσότερες περιπτώσεις τυποποιώ το module στην κοντινότερη τυποποιημένη τιμή σε σχέση με αυτή που υπολόγισα από πίνακες.

Έτσι προκύπτει η τυποποιημένη τιμή για το module $m_{\text{τυπ}} = 3,15\text{mm}$

Με την τυποποιημένη τιμή του module που είναι και οριστική υπολογίζω τις οριστικές αρχικές διαμέτρους για την κορώνα και τον ατέρμονα.

$$do_2' = m_{\text{τυπ}} \cdot z_2 = 3,15 \cdot 36 = 113,4\text{mm}$$

και

$$dm_1' = (2 \cdot a) - do_2' = (2 \cdot 80) - 113,4 = 46,6\text{mm}$$

Άρα η οριστική αρχική διάμετρος για την κορόνα θα είναι $do_2' = 113,4mm$ και η αντίστοιχη για τον ατέρμονα θα είναι $dm_1' = 46,6mm$

Για την μέση αρχική διάμετρο του ατέρμονα θα πρέπει να ισχύει η σχέση που ακολουθεί, η οποία εφαρμόζεται στην περίπτωση όπου ο ατέρμονας είναι τοποθετημένος επάνω στην άτρακτο.

$$dm_1' \geq 1,8 \cdot d_1 + 2,5 \cdot m_a$$

Η διάμετρος d_1 της ατράκτου όπου είναι τοποθετημένος ο ατέρμονας υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο.

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot \tau_{\varepsilon\pi}}}$$

$$\text{όπου } T_1 = Mt_1 = \frac{N_1}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{1500}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1450}{60}} = 9,88 N \cdot m = 988 kp \cdot mm$$

όπου $\tau_{\varepsilon\pi} = 21kp/mm^2$ για υλικό St60

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot \tau_{\varepsilon\pi}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 988}{3,14 \cdot 21}} = \sqrt[3]{\frac{15808}{65,94}} = 6,2mm$$

Εφόσον βρήκα τη διάμετρο επιλέγω διάμετρο μεγαλύτερη $d_1 = 22mm$

Αφού βρήκα τη διάμετρο της ατράκτου του ατέρμονα ελέγγω εάν καλύπτει την παραπάνω ισότητα.

$$dm_1' \geq 1,8 \cdot d_1 + 2,5 \cdot m_a \Leftrightarrow 46,6 \geq 1,8 \cdot 22 + 2,5 \cdot 3,15 \Leftrightarrow 46,6mm \geq 46,4mm$$

Άρα ο ατέρμονας καλύπτει την παραπάνω εξίσωση. Έτσι έχω την δυνατότητα να επιλέξω μεγαλύτερη διάμετρο από αυτή που υπολόγισα για λόγους ασφαλείας αλλά και κατασκευαστικούς.

Στη συνέχεια υπολογίζω όλα τα υπόλοιπα απαραίτητα στοιχεία που θα χρειαστώ στη συνέχεια της μελέτης ή ακόμη και κατά την κατασκευή.

- Γωνία κλίσης ατέρμονα γ_m η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\varepsilon\phi\gamma_m = \frac{z_1 \cdot m_{s\tau\upsilon\pi}}{dm_1'} = \frac{1 \cdot 3,15}{46,6} = 0,0675 \Rightarrow \gamma_m = 3,86^\circ$$

- Διάμετρος κεφαλής ατέρμονα d_{k1} η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_{k1} = dm_1' + 2 \cdot h_k$$

όπου $h_k = m_{στ\upsilon\pi} = 3,15mm$

$$d_{k1} = dm_1' + 2 \cdot h_k = 46,6 + 2 \cdot 3,15 = 46,6 + 6,3 = 52,9mm$$

- Διάμετρος ποδός ατέρμονα d_{f1} η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_{f1} = dm_1' - 2 \cdot h_f$$

όπου $h_f = 1,2 \cdot m_{στ\upsilon\pi} = 1,2 \cdot 3,15 = 3,78mm$

$$d_{f1} = dm_1' - 2 \cdot h_f = 46,6 - 2 \cdot 3,78 = 46,6 - 7,56 = 39,04mm$$

- Διάμετρος κεφαλής κορώνας d_{k2} η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_{k2} = do_2' + 2 \cdot h_k$$

όπου $h_k = m_{στ\upsilon\pi} = 3,15mm$

$$d_{k2} = do_2' + 2 \cdot h_k = 113,4 + 2 \cdot 3,15 = 113,4 + 6,3 = 119,7mm$$

- Διάμετρος ποδός κορώνας d_{f2} η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_{f2} = do_2' - 2 \cdot h_f$$

όπου $h_f = 1,2 \cdot m_{στ\upsilon\pi} = 1,2 \cdot 3,15 = 3,78mm$

$$d_{f2} = do_2' - 2 \cdot h_f = 113,4 - 2 \cdot 3,78 = 113,4 - 7,56 = 105,84mm$$

- Ωφέλιμο πλάτος κορώνας το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$b_2 = \sqrt{d_{k1}^2 - dm_1'^2} = \sqrt{52,9^2 - 46,6^2} = \sqrt{626,85} = 25,03mm$$

Στρογγυλοποιώ την τιμή που υπολόγισα. Έτσι έχω: $b_2' = 25mm$

- Πλάτος κορώνας το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$ba_2 = b_2' + m_{στ\upsilon\pi} = 25 + 3,15 = 28,15mm$$

Επίσης στρογγυλοποιώ την τιμή που υπολόγισα για λόγους ευκολίας κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή. Έτσι έχω: $ba_2' = 30mm$

- Μήκος ατέρμονα το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$L = 2,5 \cdot m_{\text{συν}} \cdot \sqrt{z_2 + 2} = 2,5 \cdot 3,15 \cdot \sqrt{36 + 2} = 7,875 \cdot \sqrt{38} = 7,875 \cdot 6,164 = 48,54mm$$

Για λόγους ασφαλείας και συναρμολόγησης θα επιλέξω τελικά μήκος ατέρμονα μεγαλύτερο από αυτό που υπολόγισα. Έτσι θα έχω: $L' = 69,5mm$

ii) Υπολογισμός δυνάμεων στον ατέρμονα και στην κορώνα

- Pu : Περιφερειακή δύναμη
- Pr : Ακτινική δύναμη
- Pa : Αξονική δύναμη

Στην περίπτωση αυτή στην οποία τα στοιχεία της οδοντοκίνησης είναι ένα ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνα που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90° για τις παραπάνω δυνάμεις ισχύουν τα εξής:

$$Pu_1 = Pa_2 \quad Pr_1 = Pr_2 \quad Pa_1 = Pu_2$$

όπου Pu_1 , Pr_1 , Pa_1 είναι η περιφερειακή, η ακτινική και η αξονική αντίστοιχα δυνάμεις οι οποίες παρουσιάζονται στον ατέρμονα.

όπου Pu_2 , Pr_2 , Pa_2 είναι η περιφερειακή, η ακτινική και η αξονική αντίστοιχα δυνάμεις οι οποίες παρουσιάζονται στην κορώνα.

Ξεκινάω τον υπολογισμό υπολογίζοντας την περιφερειακή δύναμη στον ατέρμονα, η οποία δύναμη θα με χρησιμεύσει στην εύρεση και των υπολοίπων.

$$Pu_1 = \frac{2 \cdot Mt_1}{dm_1'}$$

όπου $Mt_1 = T_1 = 98,8kp \cdot cm$

$$Pu_1 = \frac{2 \cdot Mt_1}{dm_1'} = \frac{2 \cdot 98,8}{4,66} = 42,4kp$$

Συνεχίζω υπολογίζοντας την ακτινική δύναμη στον ατέρμονα.

$$Pr_1 = Pu_1 \cdot \sigma \nu \rho \cdot \frac{\epsilon \phi \alpha_n}{\eta \mu (\gamma_m + \rho)}$$

όπου $\alpha_n = 20^\circ$

όπου $\rho = 2^\circ$ για υλικό ατέρμονα χάλυβα και κορώνας φωσφορούχο ορείχαλκο

$$Pr_1 = 42,4 \cdot \sigma_{\nu} 2^\circ \cdot \frac{\varepsilon\phi 20^\circ}{\eta\mu(3,86 + 2)} = 42,4 \cdot 0,999 \cdot \frac{0,364}{0,102} = 151,1kp$$

Τέλος υπολογίζω την αξονική δύναμη που ασκείται στον ατέρμονα.

$$Pa_1 = \frac{Pu_1}{\varepsilon\phi(\gamma_m + \rho)} = \frac{42,4}{\varepsilon\phi(3,86 + 2)} = \frac{42,4}{0,102} = 415,6kp$$

Όπως προαναφέραμε για τις δυνάμεις που ασκούνται στον ατέρμονα και για τις αντίστοιχες της κορώνας υπάρχουν κάποιες σχέσεις. Έτσι θα ισχύουν για τις δυνάμεις της κορώνας τα εξής:

$$Pu_2 = Pa_1 = 415,6kp \quad Pr_2 = Pr_1 = 151,1kp \quad Pa_2 = Pu_1 = 42,4kp$$

iii) Υπολογισμός ελέγχου του ζεύγους

Ο υπολογισμός ελέγχου στην περίπτωση ζεύγους ατέρμονα κοχλία – κορώνας περιλαμβάνει δυο διαδικασίες ελέγχου. Η πρώτη είναι υπολογισμός αντοχής σε επιφανειακή πίεση και η δεύτερη είναι έλεγχος σε υπερθέρμανση.

α) Υπολογισμός αντοχής σε επιφανειακή πίεση

Για να αντέχει το ζεύγος σε επιφανειακή πίεση θα πρέπει να ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$k < k_{\varepsilon\pi}$$

$$k = \frac{20 \cdot Mt_2}{d_{o2}{}^2 \cdot ba'_2 \cdot y_z}$$

όπου $y_z = 0,52$ από πίνακα E3 για $\gamma_m = 3,86^\circ \approx 4^\circ$

$$Mt_2 = Mt_1 \cdot i \cdot \eta_{o\lambda}$$

όπου $\eta_{o\lambda} = 0,7$ για $z_1 = 1$

$$Mt_2 = Mt_1 \cdot i \cdot \eta_{o\lambda} = 98,8 \cdot 36 \cdot 0,7 = 2489,76kp / cm$$

$$k = \frac{20 \cdot Mt_2}{d_{o2}{}^2 \cdot ba'_2 \cdot y_z} = \frac{20 \cdot 2489,76}{113,4^2 \cdot 30 \cdot 0,52} = \frac{49795,2}{200609,136} = 0,248kp / mm^2$$

$$k_{\varepsilon\pi} = \frac{k_o \cdot y_v \cdot y_L}{S}$$

όπου $k_o = 0,8kp/mm^2$ για ατέρμονα από χάλυβα και κορώνα από φωσφορούχο ορείχαλκο

$$v_G = \frac{\pi \cdot dm_1 \cdot n_1}{60 \cdot \sigma \nu \gamma_m} = \frac{3,14 \cdot 0,0466 \cdot 1450}{60 \cdot \sigma \nu 3,86} = \frac{212,27}{59,863} = 3,546m/sec$$

όπου $y_v = 0,41$ για $v_G = 3,546m/sec$

όπου $S = 1,25 \div 1,5$ επιλέγω $S = 1,25$

όπου $y_L = 1$ για μειωτήρες

$$k_{\varepsilon\pi} = \frac{k_o \cdot y_v \cdot y_L}{S} = \frac{0,8 \cdot 0,41 \cdot 1}{1,25} = 0,2624kp/mm^2$$

Αφού βρήκα και τα δύο μεγέθη κάνω τον έλεγχο για να δω αν αντέχει το ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνας σε επιφανειακή πίεση:

$$k < k_{\varepsilon\pi} \Leftrightarrow 0,248kp/mm^2 < 0,262kp/mm^2$$

Άρα το ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνας αντέχει σε επιφανειακή πίεση.

β) Έλεγχος σε υπερθέρμανση

Για να αντέχει σε υπερθέρμανση το ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορώνας θα πρέπει να ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$ST = \left(\frac{a}{100} \right)^2 \cdot \frac{q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4}{N_1} \geq 1$$

όπου $a = 80mm$

όπου $N_1 = 1,5kW = 2Ps$

Για να βρω το q_2 κάνω γραμμική παρεμβολή. Οι τιμές που χρησιμοποιώ είναι:

$i \rightarrow 30$	36	40
$q_2 \rightarrow 0,52$	x	0,41

Έτσι έχω την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{40-36}{40-30} = \frac{0,41-x}{0,41-0,52} \Leftrightarrow \frac{4}{10} = \frac{0,41-x}{-0,11} \Leftrightarrow x = \frac{4,54}{10} = 0,454$$

Οπότε έχω $q_2 = 0,454$ από πίνακα E7 για $i = 36$

όπου $q_3 = 1$ για ατέρμονα από σκληρημένο λειασμένο χάλυβα και κορόνα από φωσφορούχο ορείχαλκο $Cu - S$

όπου $q_4 = 1$ ο ατέρμονας από κάτω και λίπανση με μεταφορά

$$\text{όπου } q_1 = \left(1 + \frac{\xi}{\xi + 1}\right) \cdot \left(\frac{1}{\Delta.\Sigma.} + \xi\right)$$

$$\xi = 3,1 \cdot \left(\frac{n_1}{1000}\right)^{2/3} = 3,1 \cdot \left(\frac{1450}{1000}\right)^{0,66} = 3,968$$

όπου $\Delta.\Sigma. = 60\% \rightarrow 0,6$

$$q_1 = \left(1 + \frac{3,968}{3,968 + 1}\right) \cdot \left(\frac{1}{0,6} + 3,968\right) = 1,798 \cdot 5,628 = 10,12$$

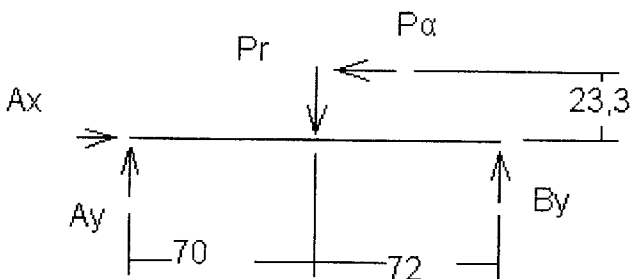
Αφού βρήκα όλα τα μεγέθη που απαιτούνται για τον υπολογισμό του ST συνεχίζω υπολογίζοντάς το.

$$ST = \left(\frac{80}{100}\right)^2 \cdot \frac{10,12 \cdot 0,454 \cdot 1 \cdot 1}{2} = \frac{0,64 \cdot 10,12 \cdot 0,454}{2} = 1,47 \geq 1$$

Άρα το ζεύγος ατέρμονα κοχλία – κορόνας αντέχει και σε υπερθέρμανση.

iv) Υπολογισμός των αντιδράσεων στα σημεία στήριξης των ατράκτων

α) Άτρακτος ατέρμονα επίπεδο ($x - y$):



όπου $P_a = 415,6kp$

όπου $P_r = 151,1kp$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow Ax - Pa = 0 \Rightarrow Ax = Pa \Rightarrow Ax = 415,6kp$$

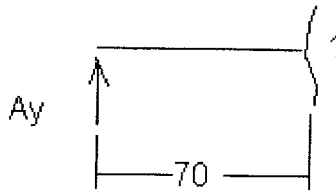
$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow Ay + By - Pr = 0 \Rightarrow Ay + By = Pr$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow By \cdot 142 + Pa \cdot 23,3 - Pr \cdot 70 = 0 \Rightarrow By = \frac{893,52}{142} = 6,3kp$$

$$Ay + By = Pr \Rightarrow Ay + 6,3 = 151,1 \Rightarrow Ay = 144,8kp$$

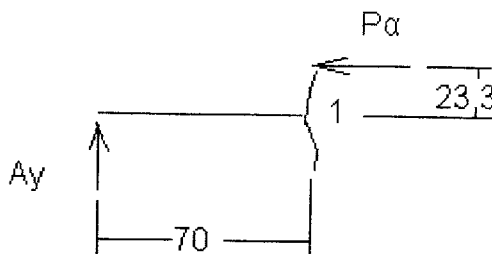
Αφού βρήκα τις αντιδράσεις στα σημεία στήριξης κάνω τομές και υπολογίζω τη μέγιστη ροπή στο σημείο 1.

Τομή στο σημείο 1 αριστερά:



$$Mb_{1\alpha\rho} = -Ay \cdot 70 = -144,8 \cdot 70 = -10136kp \cdot mm$$

Τομή στο σημείο 1 δεξιά:



$$Mb_{1\delta} = -Ay \cdot 70 + Pa \cdot 23,3 = -144,8 \cdot 70 + 415,6 \cdot 23,3 = -452,52kp \cdot mm$$

$$Mb_A = 0$$

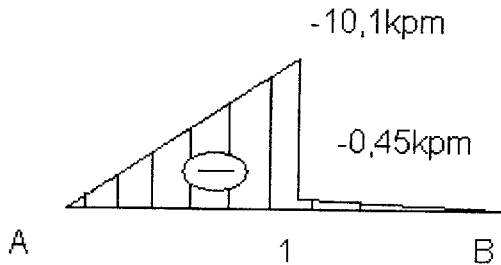
$$Mb_B = 0$$

Κάνω επαλήθευση για να σιγουρευτώ ότι δεν έχω κάνει κάποιο λάθος.

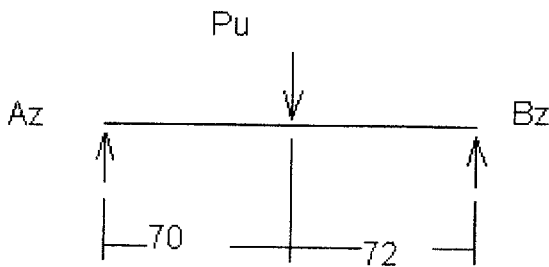
$$Mb_B = Pa \cdot 23,3 + Pr \cdot 72 - Ay \cdot 142 = 415,6 \cdot 23,3 + 151,1 \cdot 72 - 144,8 \cdot 142 = 9683,48 + 10879,2 - 20561,6 = 20562,6 - 20561,6 \approx 0$$

Αφού ξέρω τις ροπές στα σημεία $A, 1, B$ κάνω το διάγραμμα καμπτικών ροπών.

Διάγραμμα Mb ($x - y$):



β) Άτρακτος ατέρμονα επίπεδο ($x - z$):



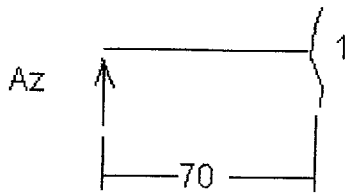
όπου $Pu = 42,4kp$

$$\Sigma F_z = 0 \Rightarrow -Az - Bz + Pu = 0 \Rightarrow Az + Bz = Pu \Rightarrow Az + Bz = 42,4kp$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow Bz \cdot 142 - Pu \cdot 70 = 0 \Rightarrow Bz \cdot 142 = 42,4 \cdot 70 \Rightarrow Bz = \frac{2968}{142} = 20,9kp$$

$$Az + Bz = 42,4 \Rightarrow Az = 42,4 - 20,9 = 21,5kp$$

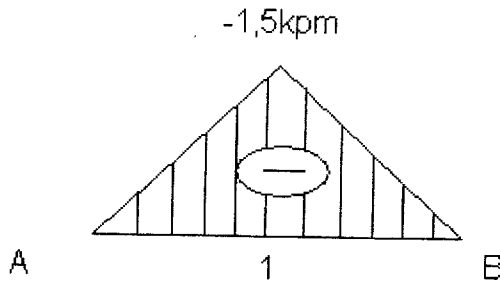
Τομή στο σημείο 1:



$$Mb_1 = -Az \cdot 70 = -21,5 \cdot 70 = -1505 \text{kp} \cdot \text{mm}$$

Αφού ξέρω τη ροπή στο σημείο 1 κάνω το διάγραμμα καμπτικών ροπών.

Διάγραμμα $Mb(x-z)$:



Αφού βρήκα την μέγιστη καμπτική ροπή στο σημείο 1 και για τα δυο επίπεδα υπολογίζω τώρα τη συνολική καμπτική ροπή στο σημείο 1 με τον εξής τρόπο:

$$Mb_1 = \sqrt{Mb(x-y)^2 + Mb(x-z)^2} = \sqrt{(-10,1)^2 + (-1,5)^2} = \sqrt{104,25} = 10,2 \text{kp} \cdot \text{m}$$

Στη συνέχεια υπολογίζω τα φορτία στα σημεία εδράσεως της ατράκτου. Στην θέση A θα έχω σταθερή έδραση, ενώ στη θέση B κινητή.

Για τη θέση A:

Στη θέση A όπου έχω σταθερή έδραση λαμβάνω υπόψη και την αξονική Ax και την ακτινική δύναμη (συνισταμένη των αντιδράσεων Ay, Az).

$$Fa_A = Ax = 415,6 \text{kp}$$

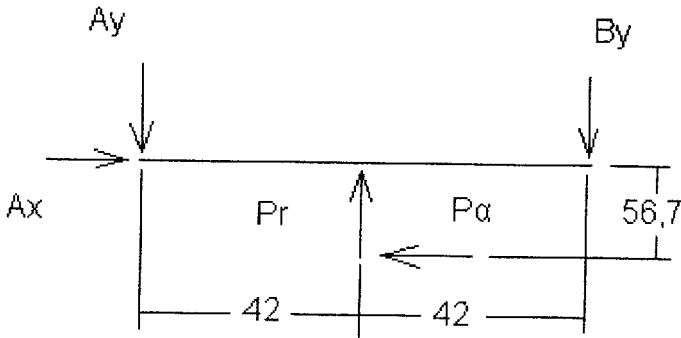
$$Fr_A = \sqrt{Ay^2 + Az^2} = \sqrt{144,8^2 + 21,5^2} = \sqrt{21429,29} = 146,4 \text{kp}$$

Για τη θέση Β:

Στη θέση Β υπάρχει μόνο η συνισταμένη ακτινική δύναμη (συνισταμένη των αντιδράσεων B_y, B_z).

$$Fr_B = \sqrt{By^2 + Bz^2} = \sqrt{6,3^2 + 20,9^2} = \sqrt{476,5} = 21,8kp$$

γ) Άτρακτος κορώνας επίπεδο $(x - y)$:



όπου $Pa = 42,4kp$

όπου $Pr = 151,1kp$

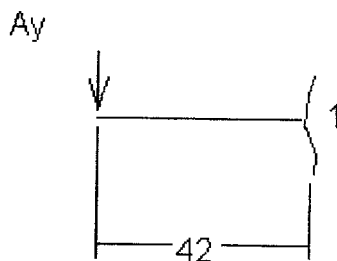
$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow Ax - Pa = 0 \Rightarrow Ax = Pa \Rightarrow Ax = 42,4kp$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow Ay + By - Pr = 0 \Rightarrow Ay + By = Pr$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow By \cdot 84 + Pa \cdot 56,7 - Pr \cdot 42 = 0 \Rightarrow By = \frac{3942,12}{84} = 46,93kp$$

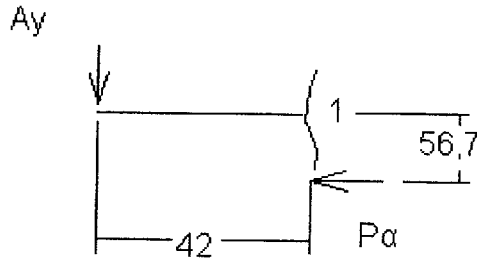
$$Ay + By = Pr \Rightarrow Ay + 46,93 = 151,1 \Rightarrow Ay = 104,17kp$$

Τομή στο σημείο 1 αριστερά:



$$Mb_{1ap} = -Ay \cdot 42 = -104,17 \cdot 42 = -4375,14 \text{kp} \cdot \text{mm}$$

Τομή στο σημείο 1 δεξιά:



$$Mb_{1δ} = -Ay \cdot 42 + Pa \cdot 56,7 = -104,17 \cdot 70 + 42,4 \cdot 23,3 = -1971,06 \text{kp} \cdot \text{mm}$$

$$Mb_A = 0$$

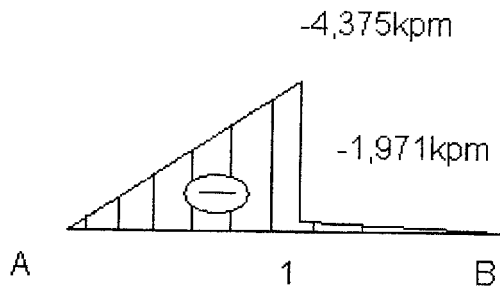
$$Mb_B = 0$$

Κάνω επαλήθευση για να σιγουρευτώ ότι δεν έχω κάνει κάποιο λάθος.

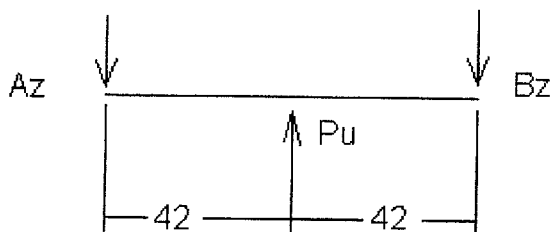
$$Mb_B = Pa \cdot 56,7 + Pr \cdot 42 - Ay \cdot 84 = 42,4 \cdot 56,7 + 151,1 \cdot 42 - 104,17 \cdot 84 = 2404,08 + 6346,2 - 8750,28 = 8750,28 - 8750,28 = 0$$

Αφού ξέρω τις ροπές στα σημεία A, 1, B κάνω το διάγραμμα καμπτικών ροπών.

Διάγραμμα Mb ($x - y$):



δ) Άτρακτος κορώνας επίπεδο (x - z):



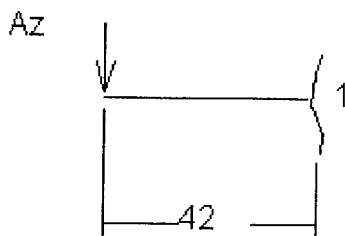
όπου $Pu = 415,6kp$

$$\Sigma F_z = 0 \Rightarrow -Az - Bz + Pu = 0 \Rightarrow Az + Bz = Pu \Rightarrow Az + Bz = 415,6kp$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow Bz \cdot 84 - Pu \cdot 42 = 0 \Rightarrow Bz \cdot 84 = 415,6 \cdot 42 \Rightarrow Bz = \frac{17455,2}{84} = 207,8kp$$

$$Az + Bz = 415,6 \Rightarrow Az = 415,6 - 207,8 = 207,8kp$$

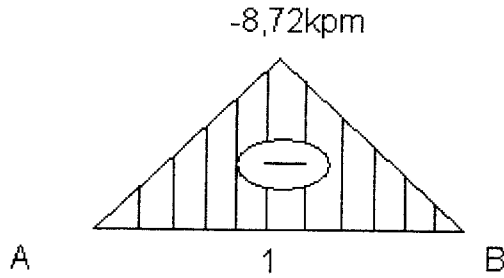
Τομή στο σημείο 1:



$$Mb_1 = -Az \cdot 42 = -207,8 \cdot 42 = -8727,6kp \cdot mm$$

Αφού ξέρω τη ροπή στο σημείο 1 κάνω το διάγραμμα καμπτικών ροπών.

Διάγραμμα Mb ($x-z$):



Αφού βρήκα την μέγιστη καμπτική ροπή στο σημείο 1 και για τα δυο επίπεδα υπολογίζω τώρα τη συνολική καμπτική ροπή στο σημείο 1 με τον εξής τρόπο:

$$Mb_1 = \sqrt{Mb(x-y)^2 + Mb(x-z)^2} = \sqrt{(-4,375)^2 + (-8,72)^2} = \sqrt{95,17} = 9,75 \text{kp} \cdot \text{m}$$

ν) Υπολογισμός ελέγχου των ατράκτων

α) Άτρακτος ατέρμονα

1) Υπολογισμός διαμέτρου ατράκτου

Η άτρακτος του ατέρμονα υπολογίσθηκε προηγουμένως και είναι $d_1 = 22 \text{mm}$.

2) Υπολογισμός σε δυναμική αντοχή

Υπολογίζω τις ονομαστικές τάσεις σε κάμψη και στρέψη.

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb} \quad \tau = \frac{Mt}{Wt}$$

$$Wb = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad Wt = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$Mb = 10200 \text{kp} \cdot \text{mm}$$

$$Mt = 988 \text{kp} \cdot \text{mm}$$

$$Wb = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 28^3}{32} = \frac{68929,28}{32} = 2154,04 \text{mm}^3$$

$$Wt = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 22^3}{16} = \frac{68929,28}{16} = 4308,08 \text{mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb} = \frac{10200}{2154,04} = 4,735 \text{kp/mm}^2$$

$$\tau = \frac{Mt}{Wt} = \frac{988}{4308,08} = 0,229 \text{kp/mm}^2$$

Έπειτα υπολογίζω τις τάσεις λειτουργίας για κάμψη και στρέψη.

$$\sigma_{b\lambda} = Cs \cdot \sigma_b$$

$$\tau_{\lambda} = Cs \cdot \tau$$

$$\text{όπου } Cs = 1,3 \div 1,8 \rightarrow 1,5$$

$$\sigma_{b\lambda} = Cs \cdot \sigma_b = 1,5 \cdot 4,735 = 7,1 \text{kp/mm}^2$$

$$\tau_{\lambda} = Cs \cdot \tau = 1,5 \cdot 0,229 = 0,343 \text{kp/mm}^2$$

Στη συνέχεια βρίσκω την ισοδύναμη τάση λειτουργίας.

$$\sigma_{v\lambda} = \sqrt{\sigma_{b\lambda}^2 + 3 \cdot (\alpha_o \cdot \tau_{\lambda})^2}$$

$$\text{όπου } \alpha_o = 0,7$$

$$\sigma_{v\lambda} = \sqrt{7,1^2 + 3 \cdot (0,7 \cdot 0,343)^2} = \sqrt{46,09 + 0,173} = \sqrt{46,26} = 6,8 \text{kp/mm}^2$$

Συνεχίζω υπολογίζοντας το $\sigma_{επ}$.

$$\sigma_{επ} = \frac{\sigma_{\alpha} \cdot \beta_o \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{\beta_{\kappa}}$$

$$\text{όπου } \sigma_{\alpha} = (\sigma_b)_o = 30 \text{kp/mm}^2 \text{ για υλικό χάλυβα St60}$$

$$\text{όπου } \beta_{\kappa b} = 1,7 \text{ για σφήνα}$$

$$\text{όπου } \beta_{ob} = 0,88 \text{ για } d = 28 \text{mm}$$

$$\text{όπου } \beta_{1b} = 0,84 \text{ για υλικό χάλυβα St60 και τραχύτητα } Rt = 10 \mu\text{m}$$

$$\text{όπου } \beta_2 = 1 \text{ για κυκλική διατομή}$$

$$\sigma_{επ} = \frac{(\sigma_b)_o \cdot \beta_{ob} \cdot \beta_{1b} \cdot \beta_{2b}}{\beta_{\kappa b}} = \frac{30 \cdot 0,88 \cdot 0,84 \cdot 1}{1,7} = \frac{22,176}{1,7} = 13,04 \text{kp/mm}^2$$

Τέλος κάνω τον έλεγχο υπολογίζοντας τον συντελεστή ασφαλείας.

$$S = \frac{\sigma_{επ}}{\sigma_{v\lambda}} \geq 1,5 \Leftrightarrow S = \frac{13,04}{6,8} = 1,91 \geq 1,5$$

Οπότε όπως βλέπω η άτρακτός μου αντέχει σε δυναμική φόρτιση.

3) Υπολογισμός σφήνας

Για τη διάμετρό μου $d = 28mm$ επιλέγω από πίνακα σφήνα με τα εξής χαρακτηριστικά:

$$b = 8mm \quad h = 7mm \quad t_1 = 4mm$$

Το ωφέλιμο μήκος σφήνας δίνεται από τον τύπο:

$$l_{\omega\phi} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot Mt}{d \cdot (h - t_1) \cdot p_{\varepsilon\pi}}$$

$$\text{όπου } Mt = T_1 = 0,988kp \cdot m$$

$$\text{όπου } p_{\varepsilon\pi} = 10kp / mm^2$$

$$l_{\omega\phi} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot Mt}{d \cdot (h - t_1) \cdot p_{\varepsilon\pi}} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 0,988}{28 \cdot (7 - 4) \cdot 10} = \frac{1976}{840} = 2,35mm$$

Αφού υπολόγισα το ωφέλιμο μήκος σφήνας συνεχίζω με το μήκος σφήνας το οποίο δίνεται από τον τύπο:

$$l = l_{\omega\phi} + b = 2,35 + 8 = 10,35mm$$

Επειδή η τιμή που υπολόγισα είναι πολύ μικρή για το μήκος της σφήνας, θα επιλέξω για την σφήνα ένα μήκος που να καλύπτει σε ένα βαθμό το μήκος του ατέρμονα. Αυτό γίνεται για λόγους ασφαλείας αλλά και για λόγους κατασκευαστικούς. Τελικά επιλέγω $l_{\tau\pi\pi} = 56mm$.

β) Άτρακτος κορώνας

1) Υπολογισμός διαμέτρου ατράκτου

Η διάμετρος της ατράκτου όπου είναι τοποθετημένη η κορώνα υπολογίζεται με τον παρακάτω τρόπο:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_v}{\pi \cdot \sigma_{\varepsilon\pi}}}$$

$$\text{όπου } M_v = \sqrt{Mb^2 + 0,75 \cdot (a_o \cdot T_2)^2}$$

$$\text{όπου } T_2 = T_1 \cdot i \cdot \eta_{ολ} = 988 \cdot 36 \cdot 0,7 = 24890kp \cdot mm$$

$$M_v = \sqrt{9,75^2 + 0,75 \cdot (0,7 \cdot 24,89)^2} = \sqrt{95,06 + 226,67} = \sqrt{321,73} = 17,93kp \cdot m$$

$$\text{όπου } \sigma_{\varepsilon\pi} = \frac{\sigma_{\rho}}{\nu_{\rho}} = \frac{30}{2} = 15 \text{kp/mm}^2$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_v}{\pi \cdot \sigma_{\varepsilon\pi}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 17930}{3,14 \cdot 15}} = \sqrt[3]{\frac{573760}{47,1}} = \sqrt[3]{12181,74} = 23 \text{mm}$$

Επειδή η διάμετρος που υπολόγισα είναι μικρή και δεν θα αντέξει η άτρακτος σε δυναμική φόρτιση, επιλέγω μεγαλύτερη διάμετρο από αυτή που υπολόγισα. Η διάμετρος της ατράκτου θα είναι: $d_2 = 32 \text{mm}$.

2) Υπολογισμός σε δυναμική αντοχή

Υπολογίζω τις ονομαστικές τάσεις σε κάμψη και στρέψη.

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb} \quad \pi = \frac{Mt}{Wt}$$

$$Wb = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad Wt = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$Mb = 9750 \text{kp} \cdot \text{mm}$$

$$Mt = T_2 = 24890 \text{kp} \cdot \text{mm}$$

$$Wb = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 32^3}{32} = \frac{102891,52}{32} = 3215,36 \text{mm}^3$$

$$Wt = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 22^3}{16} = \frac{102891,52}{16} = 6430,72 \text{mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb} = \frac{9750}{3215,36} = 3 \text{kp/mm}^2$$

$$\pi = \frac{Mt}{Wt} = \frac{24890}{6430,72} = 3,87 \text{kp/mm}^2$$

Έπειτα υπολογίζω τις τάσεις λειτουργίας για κάμψη και στρέψη.

$$\sigma_{b\lambda} = Cs \cdot \sigma_b$$

$$\pi_{\lambda} = Cs \cdot \pi$$

$$\text{όπου } Cs = 1,3 \div 1,8 \rightarrow 1,5$$

$$\sigma_{b\lambda} = Cs \cdot \sigma_b = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{kp/mm}^2$$

$$\pi_{\lambda} = Cs \cdot \pi = 1,5 \cdot 3,87 = 5,8kp / mm^2$$

Στη συνέχεια βρίσκω την ισοδύναμη τάση λειτουργίας.

$$\sigma_{v\lambda} = \sqrt{(\sigma b_{\lambda})^2 + 3 \cdot (\alpha_o \cdot \pi_{\lambda})^2}$$

όπου $\alpha_o = 0,7$

$$\sigma_{v\lambda} = \sqrt{4,5^2 + 3 \cdot (0,7 \cdot 5,8)^2} = \sqrt{20,2 + 49,536} = \sqrt{69,736} = 8,35kp / mm^2$$

Συνεχίζω υπολογίζοντας το $\sigma_{\varepsilon\pi}$.

$$\sigma_{\varepsilon\pi} = \frac{\sigma_{\alpha} \cdot \beta_o \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{\beta_{\kappa}}$$

όπου $\sigma_{\alpha} = (\sigma b)_o = 30kp / mm^2$ για υλικό χάλυβα St60

όπου $\beta_{\kappa b} = 1,7$ για σφήνα

όπου $\beta_{ob} = 0,87$ για $d = 28mm$

όπου $\beta_{1b} = 0,84$ για υλικό χάλυβα St60 και τραχύτητα $Rt = 10\mu m$

όπου $\beta_{2b} = 1$ για κυκλική διατομή

$$\sigma_{\varepsilon\pi} = \frac{(\sigma b)_o \cdot \beta_{ob} \cdot \beta_{1b} \cdot \beta_{2b}}{\beta_{\kappa b}} = \frac{30 \cdot 0,87 \cdot 0,84 \cdot 1}{1,7} = \frac{21,9}{1,7} = 12,88kp / mm^2$$

Τέλος κάνω τον έλεγχο υπολογίζοντας τον συντελεστή ασφαλείας.

$$S = \frac{\sigma_{\varepsilon\pi}}{\sigma_{v\lambda}} \geq 1,5 \Leftrightarrow S = \frac{12,88}{8,12} = 1,58 \geq 1,5$$

Οπότε όπως βλέπω η άτρακτός μου αντέχει σε δυναμική φόρτιση.

3) Υπολογισμός σφήνας

Για τη διάμετρό μου $d = 32mm$ επιλέγω από πίνακα σφήνα με τα εξής χαρακτηριστικά:

$$b = 10mm \quad h = 8mm \quad t_1 = 5mm$$

Το ωφέλιμο μήκος σφήνας δίνεται από τον τύπο:

$$l_{\omega\phi} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot Mt}{d \cdot (h - t_1) \cdot p_{\varepsilon\pi}}$$

$$\text{όπου } Mt = T_2 = 24,89kp \cdot m$$

$$\text{όπου } p_{\varepsilon\pi} = 15kp/mm^2$$

$$l_{\omega\phi} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot Mt}{d \cdot (h - t_1) \cdot p_{\varepsilon\pi}} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 24,89}{32 \cdot (8 - 5) \cdot 15} = \frac{49780}{1440} = 34,5mm$$

Αφού υπολόγισα το ωφέλιμο μήκος σφήνας συνεχίζω με το μήκος σφήνας το οποίο δίνεται από τον τύπο:

$$l = l_{\omega\phi} + b = 34,5 + 10 = 44,5mm$$

Στρογγυλοποιώ την τιμή για το μήκος της σφήνας που βρήκα. Έτσι έχω μήκος σφήνας: $l_{\tau\upsilon\pi} = 45mm$.

vi) Υπολογισμός εδράνων κύλισης

Ατράκτος ατέρμονα:

Η άτράκτος του ατέρμονα θα εδραστεί σε έδρανα κύλισης. Στην θέση A έχω σταθερή έδραση, οπότε το έδρανο θα δέχεται εκτός από τα ακτινικά και αξονικά φορτία.

Για τη θέση A επιλέγω σφαιρικό έδρανο κύλισης. Η διάμετρος ατράκτου σ' αυτή τη θέση είναι $d = 25mm$. Οπότε επιλέγω έδρανο κύλισης 6405. Στη συνέχεια κάνω τον υπολογισμό για να δω εάν το έδρανο καλύπτει τις απαιτούμενες ώρες λειτουργίας που απαιτούνται.

$$C_A = 2800kp \quad C_{OA} = 1900kp$$

Από τους υπολογισμούς ξέρω ότι:

$$F_{aA} = 415,6kp \quad F_{rA} = 146,4kp$$

$$\frac{F_{aA}}{C_{OA}} = \frac{415,6}{1900} = 0,21 \rightarrow e = 0,36$$

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{415,6}{146,4} = 2,83 > 0,36$$

Για $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} > 0,36$ και $e = 0,36$ έχω $X_A = 0,56$ και $Y_A = 1,05$.

$$P_A = X_A \cdot F_{rA} + Y_A \cdot F_{aA} = 0,56 \cdot 146,4 + 1,05 \cdot 415,6 = 82 + 436 = 518kp$$

Ο τύπος με τον οποίο θα υπολογισθούν οι ώρες λειτουργίας των εδράνων είναι:

$$Lh_A = \frac{\left(\frac{C_A}{P_A}\right)^\rho \cdot 10^6}{n \cdot 60}$$

όπου $\rho = 3$ για ένσφαιρα έδρανα κυλίσεως

όπου $n = n_1 = 1450rpm$

$$Lh_A = \frac{\left(\frac{2800}{518}\right)^3 \cdot 10^6}{1450 \cdot 60} = \frac{157,93 \cdot 10^6}{87000} = \frac{157930}{87} = 1815h$$

Όπως φαίνεται κι από τους υπολογισμούς το έδρανο που επιλέχτηκε δεν καλύπτει τον απαιτούμενο αριθμό ωρών.

Για τη θέση B επιλέγω σφαιρικό έδρανο κύλισης. Η διάμετρος ατράκτου σ' αυτή τη θέση είναι $d = 25mm$. Οπότε επιλέγω έδρανο κύλισης 6005. Στη συνέχεια κάνω τον υπολογισμό για να δω εάν το έδρανο καλύπτει τις απαιτούμενες ώρες λειτουργίας που απαιτούνται.

$$C_B = 780kp \quad C_{OB} = 500kp$$

Από τους υπολογισμούς ξέρω ότι:

$$F_{rB} = 21,8kp$$

$$P_B = F_{rB} = 21,8kp$$

Ο τύπος με τον οποίο θα υπολογισθούν οι ώρες λειτουργίας των εδράνων είναι:

$$Lh_A = \frac{\left(\frac{C_A}{P_A}\right)^\rho \cdot 10^6}{n \cdot 60}$$

όπου $\rho = 3$ για ένσφαιρα έδρανα κυλίσεως

όπου $n = n_1 = 1450rpm$

$$Lh_A = \frac{\left(\frac{780}{21,8}\right)^3 \cdot 10^6}{1450 \cdot 60} = \frac{45805 \cdot 10^6}{87000} = \frac{157930}{87} = 526500h$$

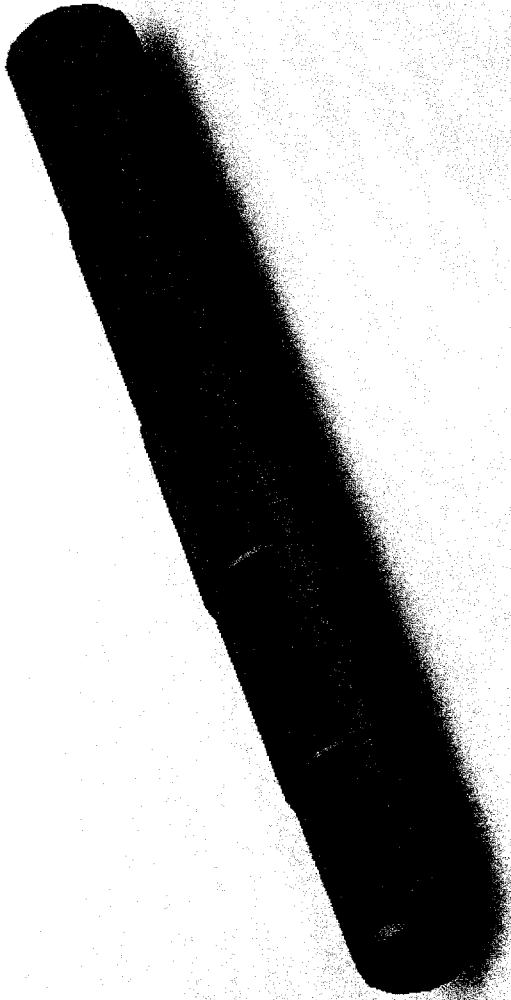
Όπως φαίνεται κι από τους υπολογισμούς το έδρανο που επιλέχτηκε καλύπτει τον απαιτούμενο αριθμό ωρών.

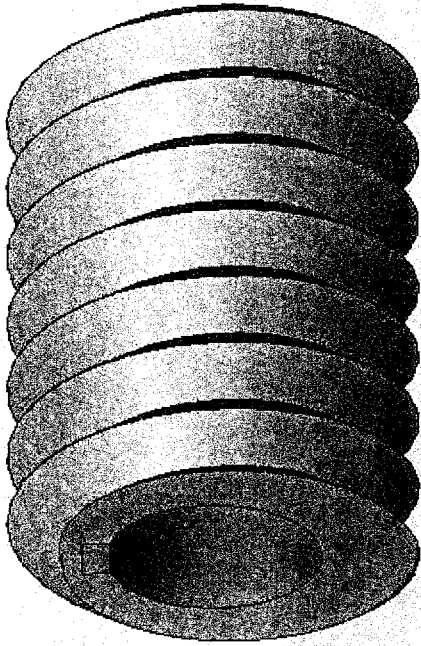
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

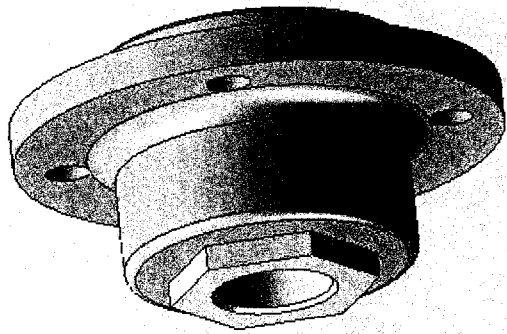
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

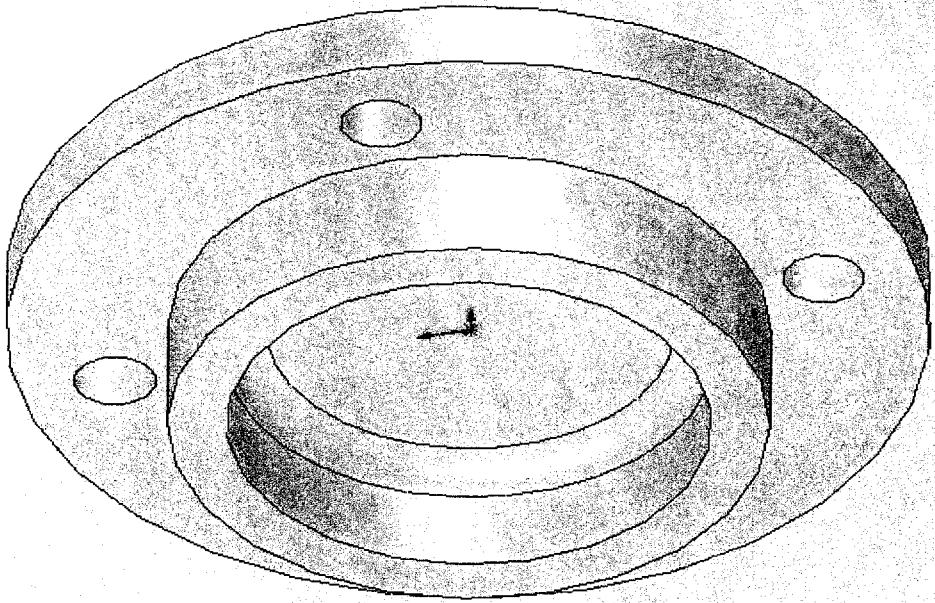
Στο σχεδιαστικό μέρος σχεδιάζονται τα εξαρτήματα του μειωτήρα ένα-ένα και στη συνέχεια συναρμολογούνται έτσι ώστε να μας δώσουν την τελική μορφή του μειωτήρα. Όλα αυτά γίνονται με τη βοήθεια του σχεδιαστικού πακέτου SolidWorks και ενός υποπρογράμματος που συνεργάζεται με αυτό το MechSoft.

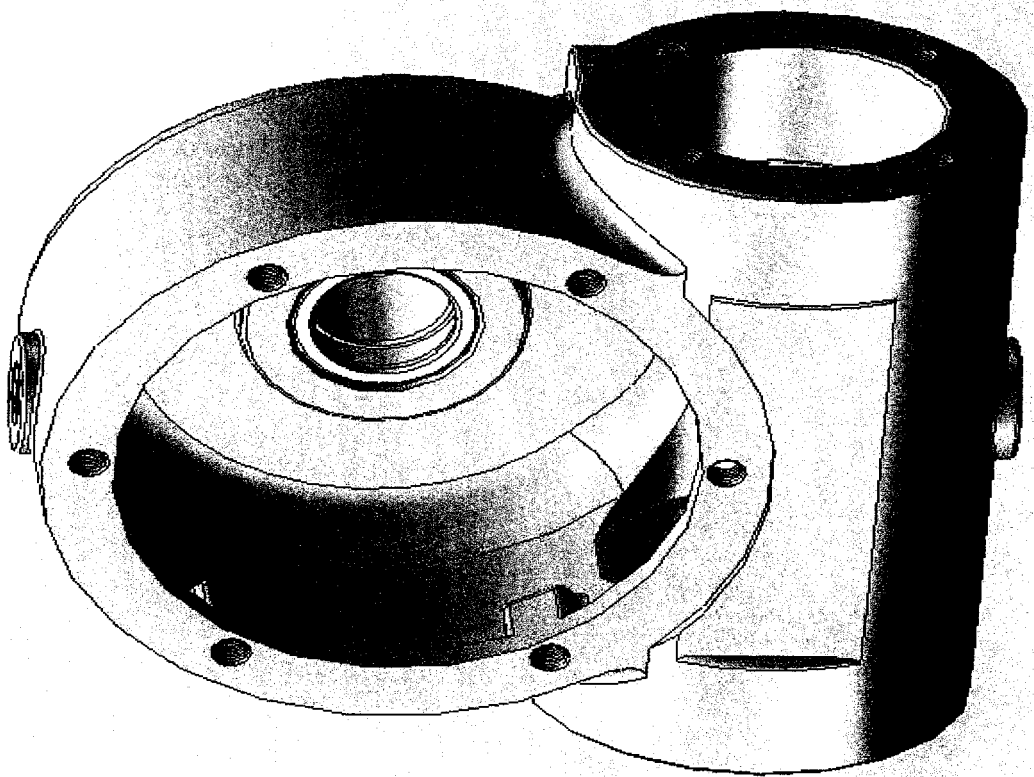


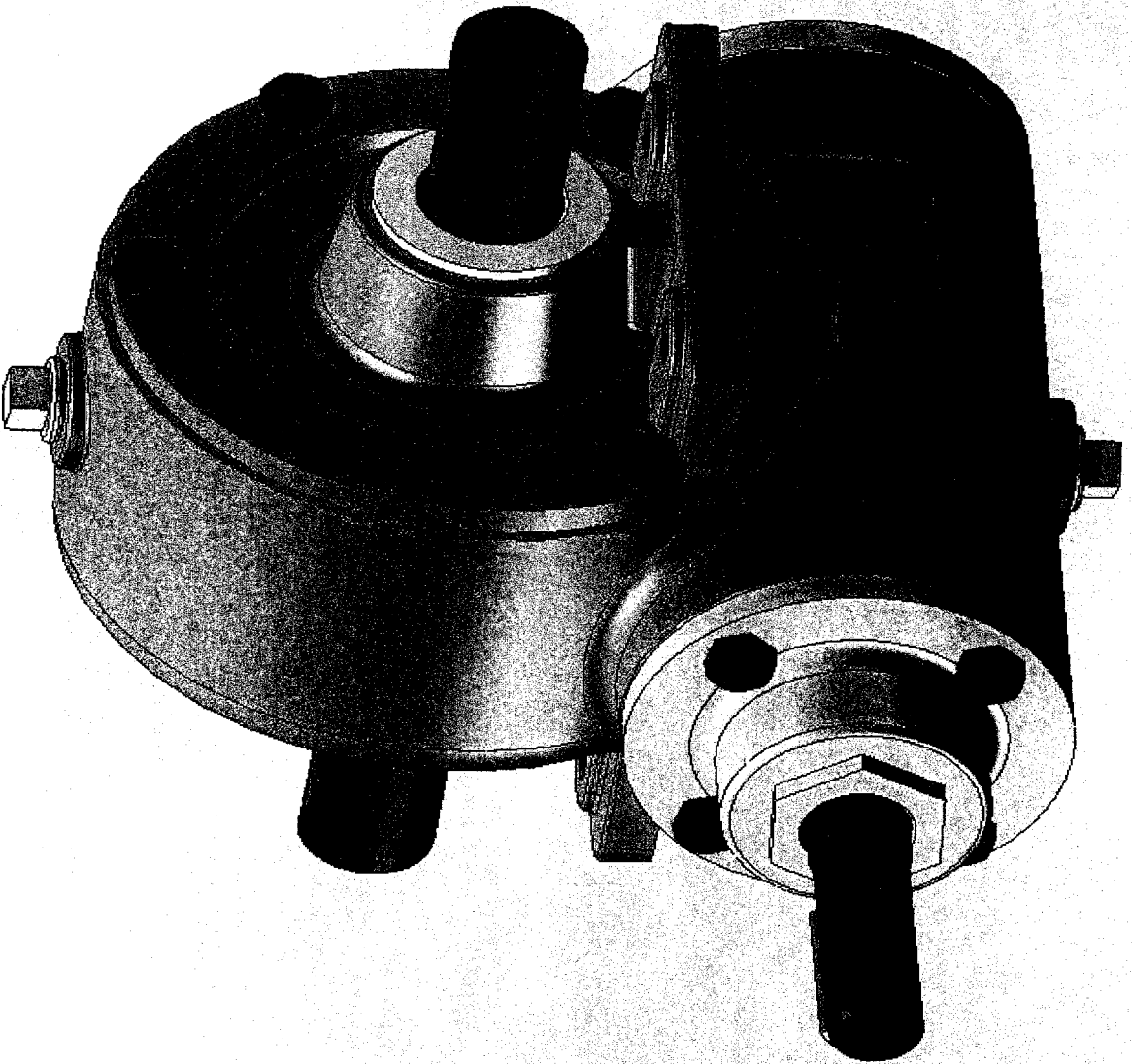


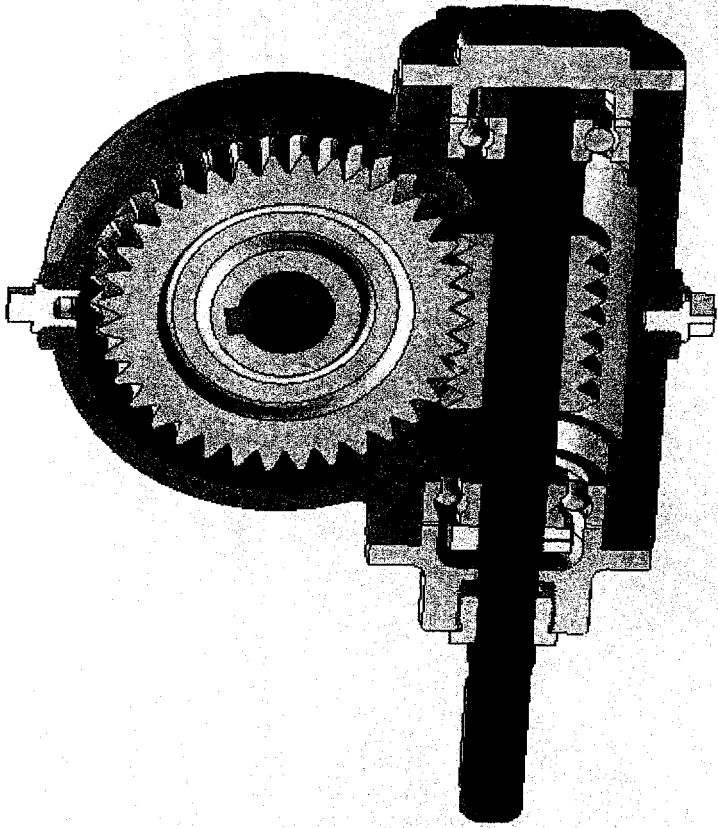


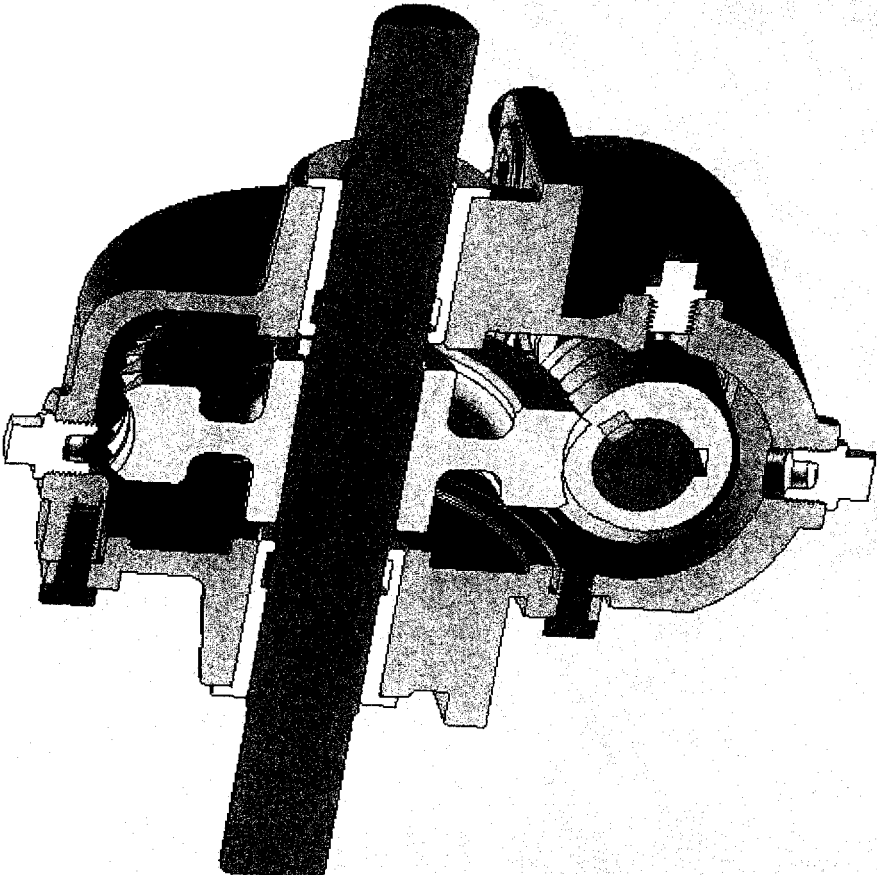












ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΙΙ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ Dr. - Ing. ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΜΩΥΣΙΑΔΗ.
2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ – ΓΙΑΝΝΗ ΑΥΓΕΡΙΝΟΥ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΦΟΥΝΤΑΣ.
3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΙΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ – ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΙ ΚΩΝ/ΝΟΣ ΣΤΕΡΓΙΟΥ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ
ΑΡΙΘ. ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ... 38244
ΗΜΕΡ. ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ... 13/6/2007
ΤΑΞΙΝ. ΑΡΙΘΜΟΣ ... 621.8

ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

**ΜΕΙΩΤΗΡΑΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΑΤΕΡΜΟΝΑ ΚΟΧΛΙΑ –
ΚΟΡΩΝΑΣ**

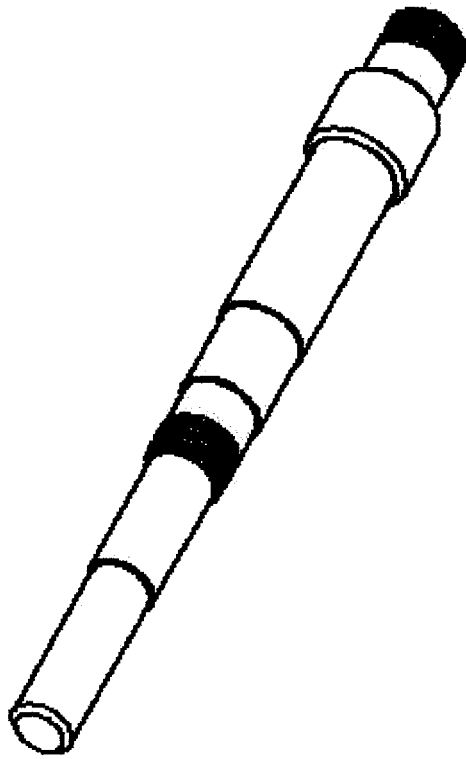
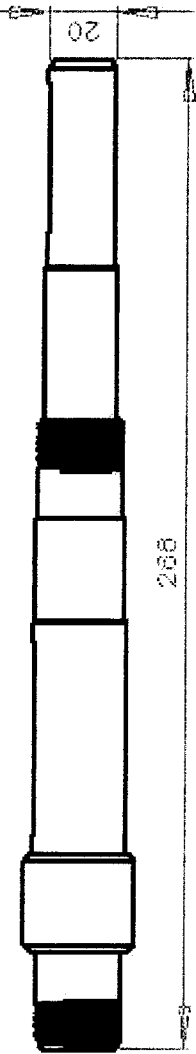
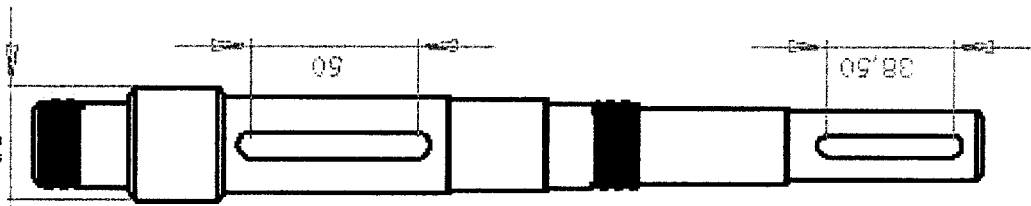
ΤΕΥΧΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Dr. - Ing. ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΜΩΥΣΙΑΔΗΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ ΜΑΪΟΣ 2007

Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



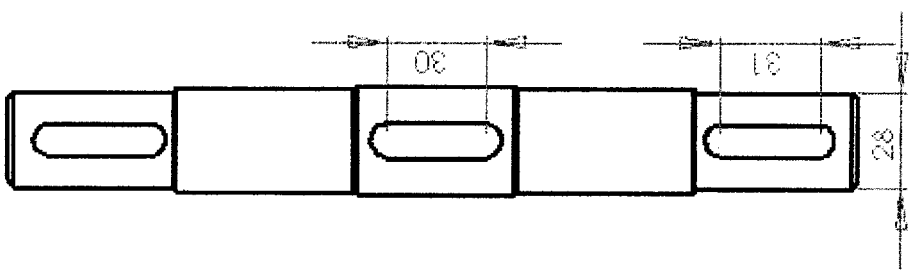
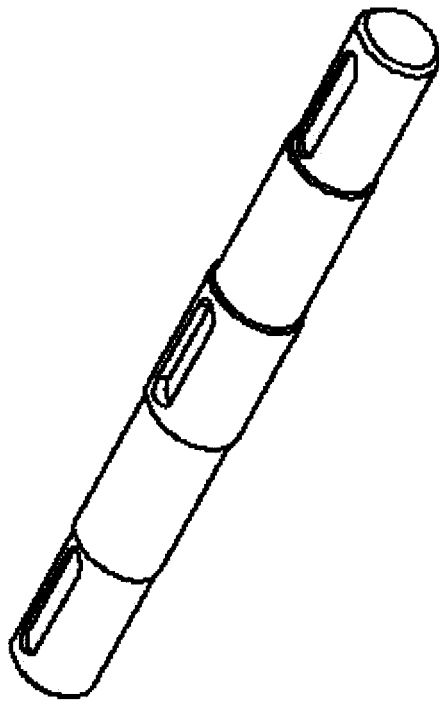
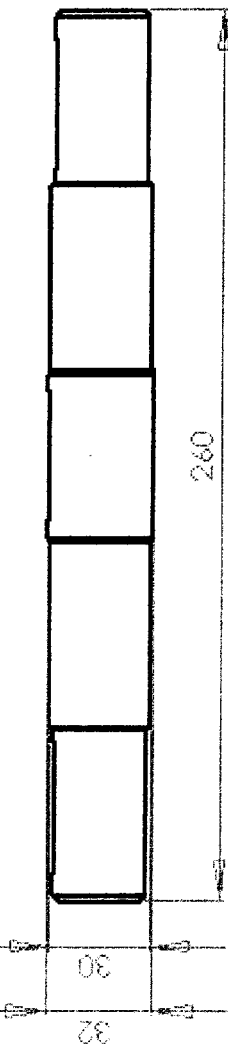
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	DRAWN	CHECKED	NAME	DATE	TITLE:
DIMENSIONS IN INCHES					
TOLERANCES:					
FRACTIONAL					
ANGULAR: ±0.0075° BEND:					
TWO PLACE DECIMAL					
THREE PLACE DECIMAL					
W/TPRPT. DIM. TYPE					
CONTRASTING PTFE					
MATERIAL					
Q.A.					
COMMENTS:					

PROPERTY AND CONFIDENTIAL INFORMATION COMPANY & THE DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF COMPANY. ANY REPRODUCTION OR USE OF THIS DRAWING WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF COMPANY IS PROHIBITED.

CLASSIFICATION: 401 ASSY
 APPLICATION: 4
 DATE: 03/04

DO NOT SCALE DRAWING
 3

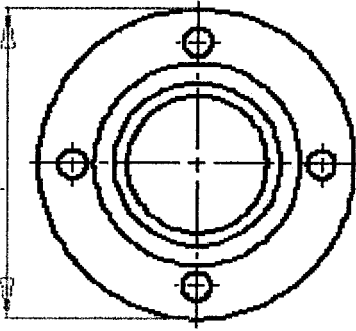
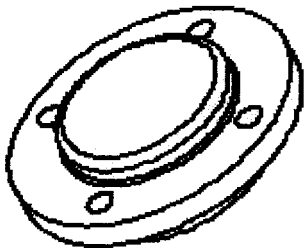
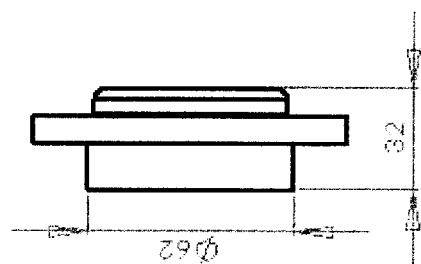
REV
 SIZE: DWG. NO.
ΑΤΡΑΚΤΟΣ ΑΤΕΡΜΟΝΑ
 SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	TITLE
DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRAWN		
TOLERANCES:	CHECKED		
FRACTIONAL 1/16			
ANGULAR 1/16" ±	END 4		
HOLES 1/16" ±	END APPR.		
THREE PLACE DECIMAL 1/1000	W/C APPR.		
W/THREE PLACE DECIMAL 1/1000	Q.A.		
W/THREE PLACE DECIMAL 1/1000	COMMENTS:		
W/THREE PLACE DECIMAL 1/1000			
W/THREE PLACE DECIMAL 1/1000			
W/THREE PLACE DECIMAL 1/1000			

PROPERTY AND CONFIDENTIAL INFORMATION COMPARED TO THE DRAWING. THIS IS THE PROPERTY OF THE COMPANY. ANY REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE COMPANY IS PROHIBITED.

REV
ΑΤΡΑΚΤΟΣ ΚΟΡΩΝΑΣ
 SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1



PROPRIETY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THE
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
CASTRY COMPANY S.A. ANY
REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
CASTRY COMPANY S.A. IS STRICTLY
PROHIBITED

APP. ASSY 1310 D-4
APP. ASSY 1310 D-4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN INCHES DRAWN
TOLERANCES: CHECKED
FRACTIONAL 1/16" 3/32" 1/8" 1/4" 3/8" 1/2" 5/8" 3/4" 1" 1 1/4" 1 1/2" 2" 3" 4" 6" 8" 12"
DECIMAL ± .0005 ± .001 ± .002 ± .005 ± .010 ± .015 ± .030 ± .060 ± .125 ± .250 ± .500 ± 1.000
THREE PLACE DECIMAL 1/16" 1/8" 1/4" 3/8" 1/2" 5/8" 3/4" 1" 1 1/4" 1 1/2" 2" 3" 4" 6" 8" 12"
FOUR PLACE DECIMAL 1/32" 1/16" 1/8" 1/4" 3/8" 1/2" 5/8" 3/4" 1" 1 1/4" 1 1/2" 2" 3" 4" 6" 8" 12"
FIVE PLACE DECIMAL 1/64" 1/32" 1/16" 1/8" 1/4" 3/8" 1/2" 5/8" 3/4" 1" 1 1/4" 1 1/2" 2" 3" 4" 6" 8" 12"
D.A.
COMMENTS:

NAME DATE

TITLE:

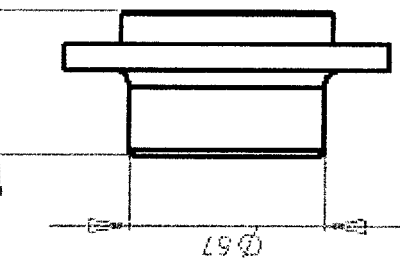
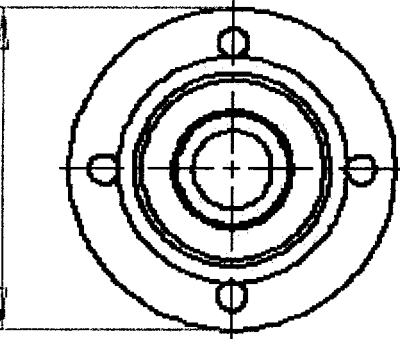
ΚΑΡΑΚΑ ΑΤΕΡΜΟΝΑ ΤΥΦΛΟ

SIZE DWG. NO.

REV

SCALE: 1:2 WEIGHT:

SHEET 1 OF 1



T. E. I. ΣΕΡΡΩΝ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

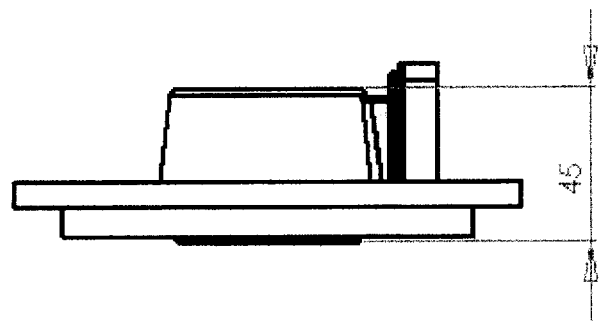
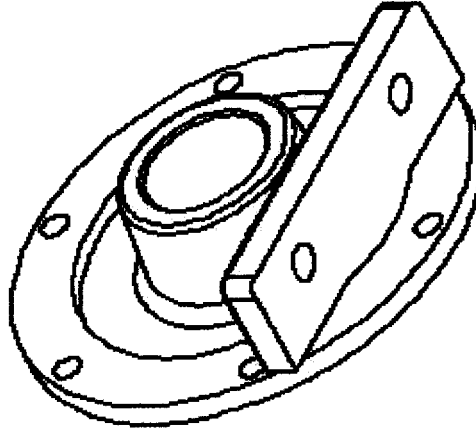
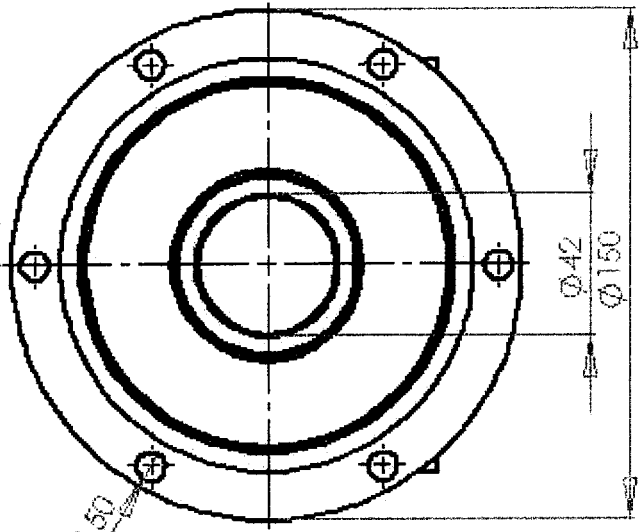
PROPERTY AND CONFIDENTIAL
INFORMATION CONTAINED IN THIS
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
CASTLE COMPANY S.A. ANY
REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
CASTLE COMPANY S.A. IS PROHIBITED

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL
ANGULAR: MMC; BEND: 3
TWO PLACE DECIMAL
THREE PLACE DECIMAL
MATERIAL: 304 STAINLESS STEEL
FINISH: POLISHED
Q.A. COMMENTS:
DATE: 10/15/01

NAME: DATE: TITLE:

SEE DWG. NO. REV
KATAKI ATERMONA
SCALE: 1:2 WEIGHT: SHEET 01

APPLICATOR: SECTION



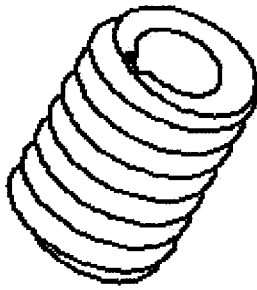
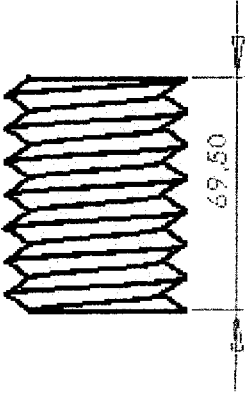
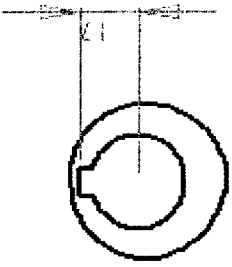
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	TITLE:
DIMENSIONS ARE IN INCHES			
TOLERANCES:			
FRACTIONAL 1			
DECIMAL 2			
ANGULAR: MMC 4			
BEND 4			
FINO PLACE DECIMAL 2			
THREE PLACE DECIMAL 2			
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:			
W/REPET CONTINUED			
FOR TRAP ENG. PR.			
M.A.T.M.A.I			
TR-84			

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THIS DRAWING CONTAINS THE
 PROPERTY OF THE COMPANY
 AND IS NOT TO BE REPRODUCED
 OR TRANSMITTED IN ANY FORM
 OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC
 OR MECHANICAL, INCLUDING
 PHOTOCOPYING, RECORDING, OR
 BY ANY INFORMATION STORAGE
 AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT
 THE WRITTEN PERMISSION OF
 THE COMPANY.

4131 ASSY
 018 04

SIZE DWG. NO. REV
ΚΑΠΑΚΙ ΚΟΡΩΝΑΣ
 SCALE: 1:1 WEIGHT:

SHEET 1 OF 1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
 CUMMINS COMPANY PAMFUTER. ANY
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
 CUMMINS COMPANY PAMFUTER IS
 PROHIBITED.

4191.433V

4320 D-4

APPLICATION

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:

DIMENSIONS ARE IN INCHES

FRACTIONS: 2

ANGULAR: INCHES, SEND 4

IN PLACE DECIMAL: 2

THREE PLACE DECIMAL: 3

W TYPED: CUMMINS

FOR TRADE COPY

WATER

TR 84

DD 401324-11 DRAWING

NAME

DATE

DRAWN

CHECKED

ENG APPR.

MIC APPR.

Q.A.

COMMENTS:

TITLE:

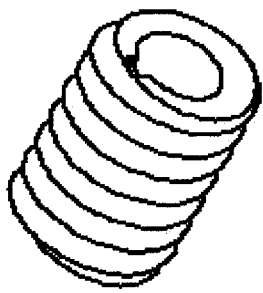
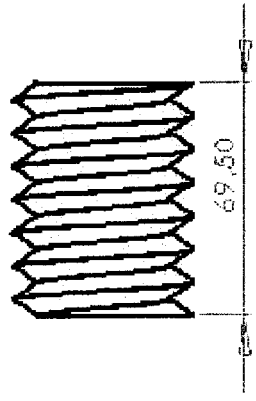
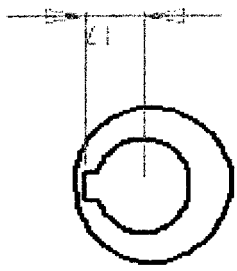
SEE DWG. NO.

REV

AATEPMONAZ

SCALE: 1:2 WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

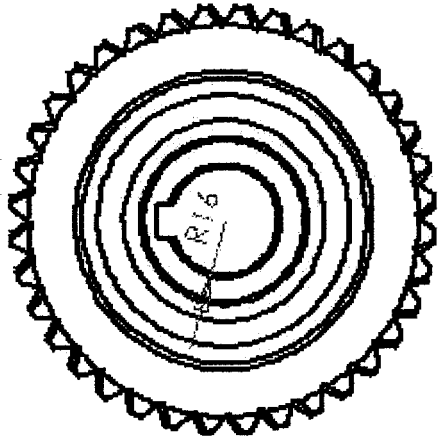
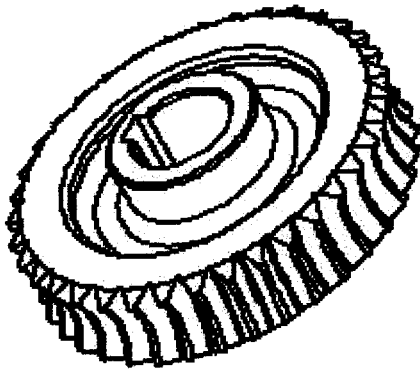
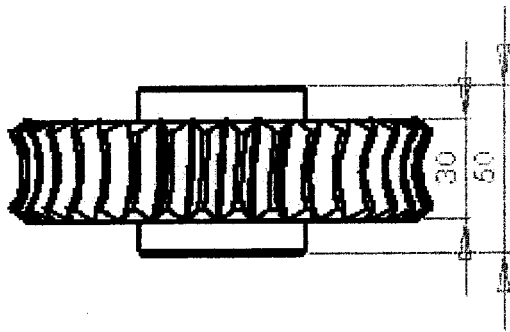


PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
 AIRTEC COMPANY AND MUST NOT BE
 REPRODUCED IN ANY MANNER OR
 TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY
 MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL,
 INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING,
 OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND
 RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT THE
 WRITTEN PERMISSION OF AIRTEC
 COMPANY.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	TITLE:
DIMENSIONS ARE IN INCHES			
TOLERANCES:	DRAWN		
FRACTIONS: 1/16, 1/8, 1/4, 3/8, 1/2	CHECKED		
DECIMALS: .0005, .001, .002, .005, .010, .015, .030, .060, .125	ENG. APPR.		
ANGLES: MINIMUM 1/8" RADIUS	MIC. APPR.		
WELDING: SEE DWG. FOR SPECIFICATIONS	Q.A.		
FINISH: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	COMMENTS:		
THREADS: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED			
PLATING: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED			

4/21/53W
 1518 D-4
 APPLICATION

SIZE DWG. NO. REV
AATERMONAZ
 SCALE: 1:2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:

DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 FINISHES: AS SHOWN
 SURFACE FINISH: 3.2 MICROMETERS
 MATERIAL: ALUMINUM 6061-T6
 TOLERANCES: DIMENSIONS: ±0.15
 ANGLES: ±0.5
 HOLE PLACEMENT: ±0.15
 HOLE POSITION: ±0.15
 HOLE DIA: ±0.05
 COMMENTS: SEE DRAWING FOR DETAILS

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THIS INFORMATION CONTAINS THE
 DESIGN & THE SOLE PROPERTY OF
 SPECTRA ENERGY TECHNOLOGIES, INC.
 REPRODUCTION IN ANY FORM WITHOUT
 EXPRESS WRITTEN PERMISSION OF
 SPECTRA ENERGY TECHNOLOGIES, INC.
 IS PROHIBITED

DATE: 10/13/2014

APPRECIATION

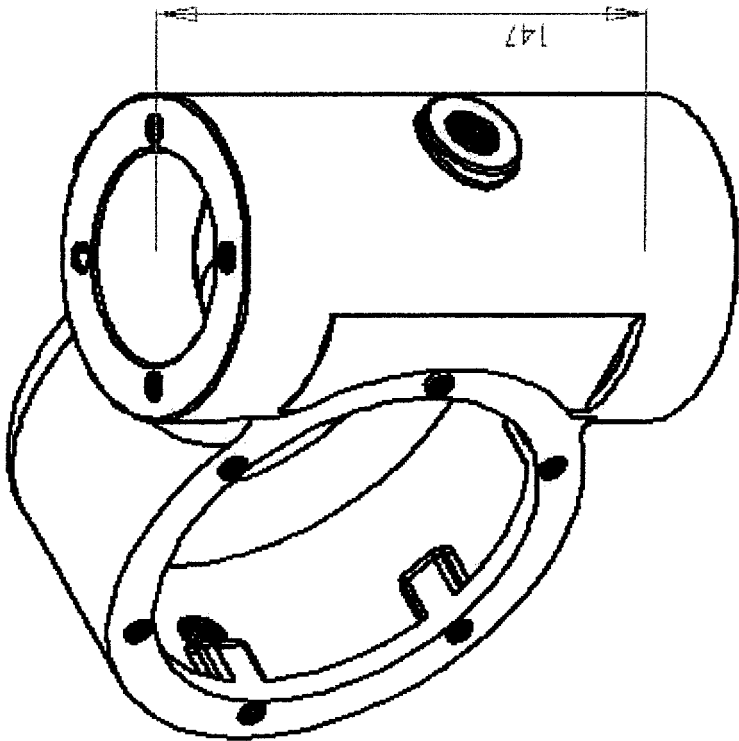
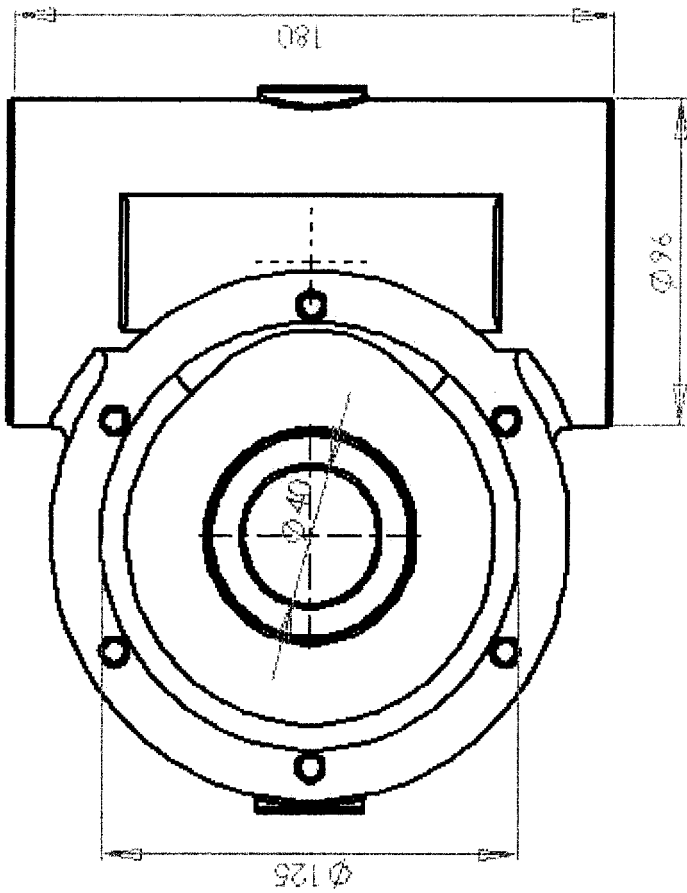
RD-10130-11 DRAWING

DATE: 10/13/2014

SIZE: DWG. NO. REV

A KOPΩNA

SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS
 THE PROPERTY OF GEORGE A. FISHER & CO.
 ANY REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF
 THIS INFORMATION IN ANY FORM OR BY ANY
 MEANS WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
 GEORGE A. FISHER & CO. IS PROHIBITED

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN INCHES
 DECIMALS TO 0.0001
 ANGULAR DIMENSIONS TO NEAREST
 MINUTE
 DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN BRACKETS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN SQUARE BRACKETS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN CIRCLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRIANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN PARALLELOGRAMS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN OVALS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN ELLIPSES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN RECTANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRAPEZOIDES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN CIRCLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRIANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN PARALLELOGRAMS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN OVALS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN ELLIPSES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN RECTANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRAPEZOIDES ARE
 FOR INFORMATION ONLY

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN INCHES
 DECIMALS TO 0.0001
 ANGULAR DIMENSIONS TO NEAREST
 MINUTE
 DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN BRACKETS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN SQUARE BRACKETS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN CIRCLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRIANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN PARALLELOGRAMS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN OVALS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN ELLIPSES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN RECTANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRAPEZOIDES ARE
 FOR INFORMATION ONLY

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN INCHES
 DECIMALS TO 0.0001
 ANGULAR DIMENSIONS TO NEAREST
 MINUTE
 DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN BRACKETS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN SQUARE BRACKETS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN CIRCLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRIANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN PARALLELOGRAMS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN OVALS ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN ELLIPSES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN RECTANGLES ARE
 FOR INFORMATION ONLY
 DIMENSIONS IN TRAPEZOIDES ARE
 FOR INFORMATION ONLY

SIZE DWG. NO. REV
KADYTI MEIQITHPA
 SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1