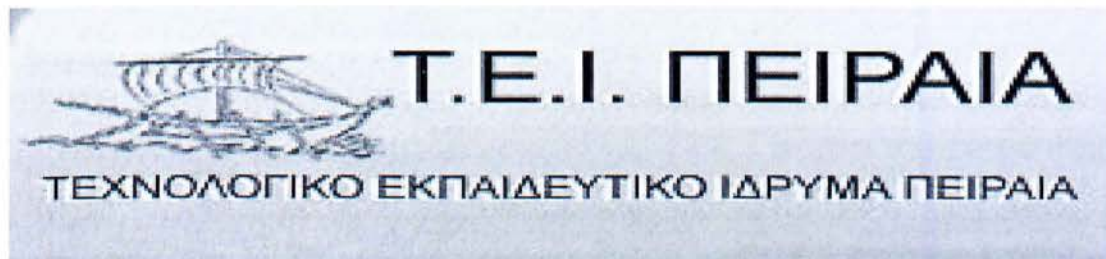


ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΗΧ
690

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : "ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ
ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ"

ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ : ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Α.Μ.: 25392

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ

Περιεχόμενα.....σελ.1

Κεφάλαιο Πρώτο

Εισαγωγή.....σελ.3

Ιστορική Αναδρομή.....σελ.3

Τύποι Συμπλέκτη.....σελ.4

Κεφάλαιο Δεύτερο

Σκοπός.....σελ.8

Κεφάλαιο Τρίτο

Άξονεςσελ.9

• Εργαλεία-Μέθοδοι.....σελ.9

• Τεχνικά Φυλλάδια

○ Εγχειρίδιο από BANSTEEL.....σελ.11

○ Εγχειρίδιο απο BOHLER.....σελ.12

• Μέθοδος βαφής.....σελ.25

Πρωτεύον Άξονας.....σελ.26

• Περιγραφή.....σελ.26

• Πολύσφηνο.....σελ.27

• Στοιχεία Ρουλεμάν.....σελ.28

• Στοιχεία Οδοντωτών Τροχών.....σελ.28

• Διαμετρος αρχικού κύκλου.....σελ.29

• Διάμετρος κεφαλής.....σελ.30

Δευτερεύων άξονας.....σελ.31

• Στοιχεία Ρουλεμάν.....σελ.32

• Στοιχεία Οδοντωτών Τροχών.....σελ.32

• Διαμετρος αρχικού κύκλου.....σελ.33

• Διάμετρος κεφαλήςσελ.34

Σχέση μετάδοσης.....σελ.34

Αξονική απόσταση.....σελ.35

Βαθμός επικάλυψης.....σελ.36

Συντελεστής μετατόπισης.....σελ.37

Δυνάμεις.....σελ.38

Αντοχή σε θραύση και πίεση επιφάνειας.....σελ.39



Έλεγχος αντοχής σε θραύση και πίεση επιφάνειας για τη νέα υποδύναμη.....σελ.42
Υπολογισμοί αντοχής σε θραύση και πίεση επιφάνειας για τη νέα υποδύναμη.....σελ.44
Τεχνικό φυλλάδιο
• Εγχειρίδιο από UDDEHOLM DIEVAR.....σελ.52

Επίλογος.....σελ.65

Βιβλιογραφίασελ.66

Κεφάλαιο Πρώτο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ραγδαία εξέλιξη του αυτοκινήτου ξεκίνησε το 1920 αλλά στην εποχή μας τελειοποιούνται οι εφαρμογές του . Η αυτοκίνηση στον 21^ο αιώνα έχει κάνει πολύ μεγάλα άλματα , τα δεδομένα αλλάζουν με ταχύτατο ρυθμό. Οι βάσεις της μετά από έρευνες και τεχνικούς ελέγχους έχουν αλλάξει, η ποιότητα των μετάλλων , η αντοχή τους και αντίστοιχα οι υψηλής απόδοσης κινητήρες.

Βασικό συστατικό ενός τέτοιου συνόλου είναι ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί και να αποδώσει αυτή τη δύναμη αλλά και πως αυτή θα είναι πλήρως εκμεταλλεύσιμη. Με στόχο τα παραπάνω αρχίζει να εξελίσσεται ένα από τα σημαντικότερα μέρη του αυτοκινήτου, το σύστημα μετάδοσης ή αλλιώς κιβώτιο ταχυτήτων.

Το σύστημα μετάδοσης και η εκμετάλλευση του δεν είναι μία απλή διαδικασία, αντιθέτως είναι από τα πιο καταπονούμενα και νευραλγικά σημεία του συστήματος. Ο λόγος είναι πως αυτό το τμήμα παραλαμβάνει πρώτο την περιστροφική κίνηση του κινητήρα/ μοτέρ και ευθύνεται για τη σωστή και άρτια μεταφορά αυτής στα υπόλοιπα μέρη του συστήματος.

Συμπλέκτης είναι ο πρώτος μηχανισμός του συστήματος μετάδοσης κίνησης και βρίσκεται αμέσως μετά τον κινητήρα, δηλαδή μεσολαβεί μεταξύ σφονδύλου και κιβωτίου ταχυτήτων. Σκοπός του είναι να συνδέει και να αποσυνδέει τον στροφαλοφόρο άξονα (μέσω του σφονδύλου) και τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων. Ο συμπλέκτης του αυτοκινήτου χρησιμεύει για τη μετάδοση της ροπής στρέψεως του κινητήρα στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης και για την προσωρινή αποσύνδεση του κινητήρα και ομαλή εκκίνηση.

ΤΥΠΟΙ ΣΥΜΠΛΕΚΤΟΙ

Μηχανικοί ξηροί: λειτουργούν βασιζόμενοι στη δύναμη της τριβής.

Υδραυλικοί: χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του υγρού.

Ηλεκτρομαγνητικοί: χρησιμοποιούν τη δύναμη της τριβής που παράγεται από την κίνηση της σκόνης σιδήρου (φερρομαγνητικής σκόνης) εντός μαγνητικού πεδίου.

Φυγοκεντρικοί συμπλέκτες: χρησιμοποιούν την φυγόκεντρη δύναμη

Συνδυαζόμενοι μηχανικο-υδραυλικοί: χρησιμοποιούν συνδυασμό δυο τύπων: Υδραυλικό και Ξηρό.

Το κιβώτιο είναι μεταλλικό κατασκεύασμα κατά βάση φτιαγμένο από αλουμίνιο το οποίο στο εσωτερικό του είναι τοποθετημένα πλήθος από γρανάζια, άξονες, ρουλεμάν μαζί με ένα ειδικό παχύρευστο λιπαντικό.

Πιο αναλυτικά, αφαιρώντας το ένα από τα δύο μέρη του κιβωτίου ταχυτήτων εμφανίζονται δύο άξονες μεγάλης διατομής, οι οποίοι φέρουν τα γρανάζια διαφορετικών διατομών αλλά και αριθμό οδοντών, οι οποίοι βρίσκονται πάνω σε ρουλεμάν. Αυτοί ονομάζονται πρωτεύον και δευτερεύον άξονας κίνησης .

Η διαφορά αυτών παρουσιάζεται στο εξής, ο πρωτεύον άξονας κίνησης δε σταματάει μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων αλλά ένα τμήμα αυτών συνεχίζει και εκτός και συνδέεται με το κινητήρα. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται δια μέσου ενός καρέ που φέρει στο άκρο του και ενός αντίστοιχου καρέ που φέρει ο συμπλέκτης που είναι αναρτημένος στον κινητήρα . Αντίθετα, ο δευτερεύον άξονας αρχίζει και τελειώνει εντός του κιβωτίου ταχυτήτων.

Οι ταχύτητες , ή αλλιώς γρανάζια ή group σχέσεων , είναι η κύρια αιτία μεταφοράς της κίνησης αλλά και της μεταβλητότητας αυτής. Παλαιότερα, συναντούσαμε πέντε σχέσεις αλλά έχουν επικρατήσει τα σασμάν των έξι σχέσεων , εκ των οποίων η έκτη είναι αυτής της όπισθεν. Η διάταξη των σχέσεων είναι αυτή που ορίζει τη δύναμη και την ταχύτητα που θα αναπτύξει ένας κινητήρας στους τροχούς του. Σε κάθε κιβώτιο ταχυτήτων η πρώτη σχέση και οι έκτη είναι οι πιο δυνατές , αυτό γιατί είναι οι δύο σχέσεις που πρέπει να κινήσουν το αυτοκίνητο από τη θέση ακινησίας στην οποία βρίσκεται. Άρα, καλούνται να υπερνικήσουν δυνάμεις όπως το βάρος και τη τριβή.

Στη συνέχεια η δύναμη μεταφέρεται στο διαφορικό. Διαφορικό είναι ο μηχανισμός που σκοπό έχει να επιτρέπει στους δύο κινητήριους τροχούς στα προσθιοκίνητα ή οπισθιοκίνητα οχήματα, ή στους δυο άξονες μετάδοσης στα τετρακίνητα, να περιστρέφονται με διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες και να κατανέμει τη ροπή στρέψης, ανάλογα με τον συντελεστή πρόσφυσης στους κινητήριους τροχούς.

Όπως γνωρίζουμε, όταν ένα όχημα κινείται ομαλά διαγράφοντας καμπύλη τροχιά, οι τροχοί που βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά της καμπύλης διανύουν μεγαλύτερη απόσταση από τους τροχούς που βρίσκονται στη εσωτερική πλευρά. Άρα, οι εξωτερικοί τροχοί θα πρέπει να στρέφονται ταχύτερα από τους εσωτερικούς.

Στη περίπτωση που και οι εξωτερικοί και οι εσωτερικοί τροχοί στρέφονταν από τον κινητήρα με την ίδια ταχύτητα, τότε το όχημα δεν θα μπορούσε να διαγράψει καμπύλη τροχιά χωρίς σημαντικές τριβές στα ελαστικά του. Οι τριβές αυτές θα εκδηλώνονταν ως τάση του οχήματος να «υπακούσει» στις στροφές που παίρνουν οι τροχοί του: να κινηθεί ευθεία και όχι να διαγράψει καμπύλη τροχιά.

Όταν τώρα το όχημα κινείται στην ευθεία και κάποιος από τους κινητηρίους τροχούς συναντήσει μια ανωμαλία του οδοστρώματος, π.χ: ένα σαμαράκι ή μια λακκούβα, θα υπάρξει και σε αυτή τη περίπτωση πρόβλημα, καθώς δεν θα υπάρχει δυνατότητα να διαφοροποιήσει τις στροφές του από τον άλλο τροχό και ολόκληρο το όχημα θα υποστεί μια αποσταθεροποιητική φόρτιση (τράνταγμα) η οποία θα εκδηλωθεί ως τάση εκτροπής του οχήματος.

Για τους λόγους αυτούς, υπάρχει το διαφορικό, δηλαδή ο μηχανισμός που επιτρέπει τη μετάδοση ροπής στρέψης και τη μεγέθυνσή της στους τροχούς ενός άξονα ή και των δύο αξόνων, φροντίζοντας, καθένας από αυτούς, να παραλαμβάνει το ποσοστό ισχύος που του αναλογεί, αλλά και να μπορεί να περιστρέψει τους κινητηρίους τροχούς με διαφορετική γωνιακή ταχύτητα λαμβάνοντας υπ' όψη την απόσταση που κάθε τροχός πρέπει να διανύσει. Το μέγεθος της μεταφερόμενης ροπής στρέψης καθορίζεται από εκείνον το τροχό, ο οποίος έχει τη μικρότερη πρόσφυση στο οδόστρωμα. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο διαφορικός μηχανισμός, είναι ο μηχανισμός που «λαμβάνει πληροφορίες» ανάλογα με την επαφή καθενός κινητηρίου τροχού με το οδόστρωμα και συμφωνά με αυτές τις πληροφορίες, διαμοιράζει την ισχύ ή τη ροπή του κινητήρα στους άξονες των τροχών.

Με βάση τα παραπάνω, το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ο τρόπος να μπορέσουμε να παραμετροποιήσουμε την ισχύ του κινητήρα ενός οχήματος και να την αποδώσουμε καλύτερα στους τροχούς. Έτσι, κάθε κατασκευαστής προσαρμόζει τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του οχήματος με το ανάλογο κιβώτιο ταχυτήτων ώστε να είναι ομαλό στη κίνηση αλλά και γενικότερα να προσφέρει άνεση και να είναι φιλικό σε κάθε χρήστη.

Τι γίνεται όμως όταν ο εν λόγω κινητήρας αποκτήσει πολλαπλάσια δύναμη και ροπή;

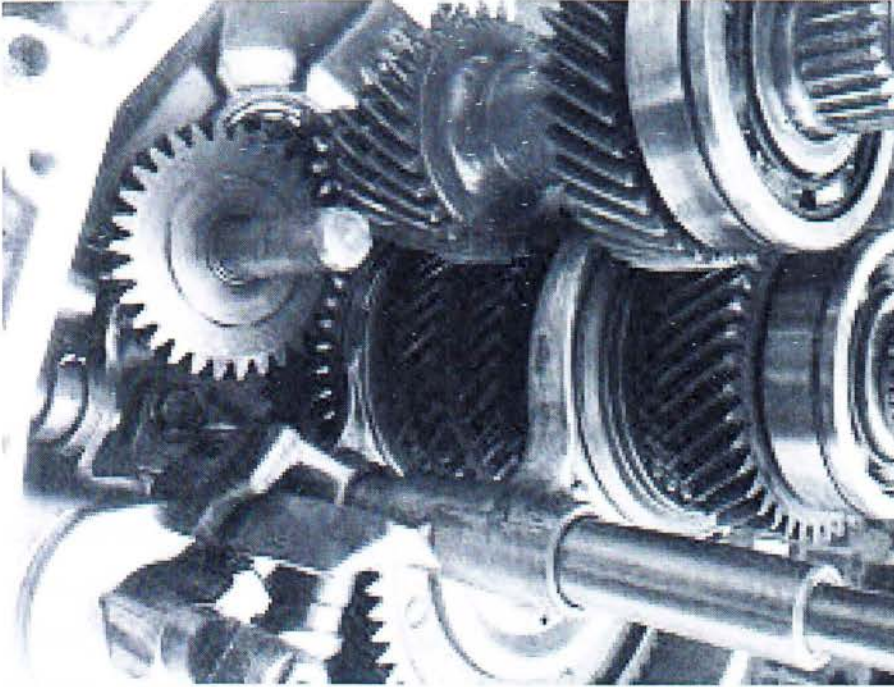
Όταν το εύρος λειτουργίας του μετατοπιστεί αρκετά και γενικότερα όταν το όχημα παύει να έχει πολιτικό χαρακτήρα. Τότε το κιβώτιο ταχυτήτων καταστρέφεται ολοσχερώς και λίγες φορές φτάνει στα όρια του, με αβέβαιο χρόνο ζωής αλλά και απρόβλεπτες συμπεριφορές. Απαιτείται σε αυτή τη περίπτωση άμεση αντικατάσταση με ένα κιβώτιο ταχυτήτων το οποίο θα προσαρμόζεται στα εκάστοτε μέτρα του οχήματος. Θα παρέχει την αντοχή, την σωστή κατανομή και εκμετάλλευση της δύναμης του εκάστοτε κινητήρα. .

Αναφερόμαστε δηλαδή σε ένα κατασκευάσμα που είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το όχημα αλλά και τον κινητήρα. Η αναγκαιότητα και η πολυπλοκότητα του συστήματος μετάδοσης έχει σαφέστατα μεγαλύτερη αξία γιατί όπως αναφερθήκαμε πρέπει να επιτευχθεί η τέλεια σύνδεση μεταξύ της απόδοσης και της αξιοπιστία.

Σκοπός αυτού του κειμένου είναι να μπορέσει να αλλάξει ο τρόπος σκέψης αλλά και κατασκευής ενός τέτοιου επιχειρήματος. Το όχημα που έχουμε για την κατασκευή του κιβωτίου ταχυτήτων είναι ένα όχημα επίδοσης με αλλαγμένα μέρη σε ποσοστό 90%. Η αύξηση της ισχύος αλλά και της ροπής έχει φτάσει στο 400% και στόχος αυτού του οχήματος είναι ο ταχύτερος χρόνος διέλευσης σε 402 μέτρα από στάση. Οι τομείς που θα μας απασχολήσουν είναι τα γρανάζια, ο τρόπος κοπής, οι διαστάσεις, οι σχέσεις μετάδοσης και φυσικά οι άξονες έδρασης . Θα γίνουν υπολογισμοί και στα έδρανα κύλισης , ώστε το σύνολο να ανταπεξέρχεται στις καταπονήσεις και να αξιοποιεί τις αυξημένες επιδόσεις του κινητήρα.



Εικόνα 1-1



Εικόνα 1-2



Εικόνα 1-3

Κεφάλαιο Δεύτερο

ΣΚΟΠΟΣ

Μέσα από αυτή την εργασία επιδιώκεται να δοθεί με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη σαφήνεια η λειτουργία ενός κιβωτίου ταχυτήτων, ενός συνόλου αξόνων, οδοντωτών τροχών, εδράνων στήριξης , που αποτελεί το μοναδικό μέσο απόδοσης της ροπής ενός κινητήρα στους τροχούς. Αναφορά θα γίνει και στο μηχανισμό επιλογής ταχυτήτων. Θα αναλυθεί κάθε ζεύγος οδοντωτών τροχών σε αντοχή και σε μηχανική καταπόνηση, μέσω των συντελεστών πίεσης επιφανείας αλλά και όριο θραύσης του οδόντα, θα αναλυθούν τα όρια αντοχής των αξόνων και των ρουλεμάν. Μετά από αυτήν την ανάλυση να γίνει κατανοητός ο τρόπος κατασκευής και ο τρόπος λειτουργίας ενός τέτοιου κατασκευάσματος.

Στη συνέχεια και έχοντας τα άνωθεν στοιχεία θα βελτιώσουμε το κιβώτιο ταχυτήτων στους τομείς μας το επιτρέπει κατασκευαστικά και αυτό γιατί αλλαγές στη διαστασιολόγηση των αξόνων αλλά των εδράνων στήριξης θα επιφέρουν αλλαγές στο τρόπο έδρασης αλλά και στο κέλυφος της κατασκευής και την ανάγκη για εκτενέστερες μετατροπές ,πράγμα πρακτικά αδύνατο.

Άξονες ,θα προβούμε σε ανάλυση και σε αλλαγή στο υλικό κατασκευής τους αν αυτοί δεν πληρούν τις καινούριες ανάγκες .

Στους άξονες υπάρχει και το σύστημα συγχρονισμού με δακτυλίδια το οποίο είναι υπεύθυνο για την επίτευξη της αλλαγής των ταχυτήτων. Το σύστημα ,τα κομμάτια που το απαρτίζουν αλλά και ο τρόπος λειτουργίας του θα αναλυθούν σε επόμενη παράγραφο, μαζί με το απαραίτητο φωτογραφικό υλικό.

Στα έδρανα στήριξης θα κάνουμε παράθεση στοιχείων και ορίων αντοχής χωρίς αλλαγές λόγω περιορισμών της κατασκευής.

Οδοντωτοί τροχοί, σε αυτούς θα προβούμε σε εκτενέστερες αλλαγές. Ο αριθμός των οδόντων τους αλλά και το υλικό θα είναι τα στοιχεία που θα δεχτούν αλλαγές, κρατώντας παράλληλα την ίδια διάμετρο αλλά και το ίδιο πάχος.

Οι αρχικές μετρήσεις θα γίνουν με τις τιμές του κινητήρα σε εργοστασιακή μορφή. Πρόκειται για έναν εμβολοφόρο κινητήρα με τέσσερις κυλίνδρους και με ονομαστική ισχύ 176 Kw στις 6200 rpm.Οι νέες μετρήσεις θα γίνουν με τον ίδιο κινητήρα αλλά βελτιωμένο στα 350kw στις 6800 rpm.Με τα νέα αυτά δεδομένα θα γίνουν οι όποιες επιλογές στο υλικό και στην οδόντωση.

Κεφάλαιο Τρίτο

ΑΞΟΝΕΣ

ΕΡΓΑΛΕΙΑ -ΜΕΘΟΔΟΙ

Το σημαντικότερο από τα δεδομένα που θα πρέπει να έχουμε για να αναλύσουμε και να δώσουμε μέσω υπολογισμών σαφή αποτελέσματα για την αντοχή του συστήματος των οδόντων σε πίεση επιφανείας αλλά και σε θραύση, είναι να αναγνωρίσουμε το είδος του υλικού αλλά και τη θερμική κατεργασία που αυτό έχει ώστε να αναγνωριστούν οι μηχανικές του ιδιότητες.

Τα κάτωθι στοιχεία έχουν προέλθει μετά από μετρήσεις με διακριβωμένα και πιστοποιημένα όργανα. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- ο Παχύμετρο 1/20
- ο Μηχανουργικό μοιρογνώμονιο
- ο Κοπτικό εργαλείο κοπής γραναζιών και αναγνώρισης Modul.
- ο Επίσης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την κατασκευάστρια εταιρία για επαληθευτικούς σκοπούς
- ο Σκληρόμετρο αυτόματου τύπου
- ο Μικρόμετρο 0-25_{mm}

Με την βοήθεια του σκληρομέτρου του εργαστηρίου του Ποιοτικού Ελέγχου και λαμβάνοντας μετρήσεις σύμφωνα με τα πρότυπα:

Θερμοκρασία = 20° C

Λήψη τριών μετρήσεων

1 ^η Μέτρηση	2 ^η Μέτρηση	3 ^η Μέτρηση
49 HRC	50 HRC	51 HRC

Και μέσω όρο αυτών 50 HRC.

Με τα παραπάνω στοιχεία αλλά και με τον έλεγχο στα εγχειρίδια μετάλλων, αναφορικά με τις τιμές, με τις ιδιότητες των μετάλλων και με τις συνήθεις χρήσεις αυτών, προσδιορίστηκε πως το μέταλλο που είναι πιο κοντά στα στοιχεία και κατακόρων χρησιμοποιείται στη αυτοκινητοβιομηχανία είναι το:

W.nr 1.5919

Αυτή η σειρά μετάλλων έχει το πλεονέκτημα ότι μπορείς να επιτύχεις πολύ μεγάλες σκληρότητες στην επιφάνεια αυτού με αντίστοιχα αρκετά μικρότερες στην καρδιά του μετάλλου. Αυτή του η ιδιότητα είναι πολύ χρήσιμη σε ένα σύστημα μετάδοσης διότι επιφανειακά το γρανάζι είναι ανθεκτικό σε τριβή αλλά και σε θερμικά φορτία και στο εσωτερικό του μπορεί να συσσωρεύει όλες τις τάσεις και τα κρουστικά φορτία, να δρα σαν αποσβεστήρας.

Τα στοιχεία αυτού θα αποτυπωθούν παρακάτω μέσω τεχνικών φυλλαδίων.

15HN (1.5919) stock sizes [mm]
 Round bars od Φ 30 mm do Φ 120 mm střednic

Description:
 Chromium-nickel carburizing steel

Application:
 Shafts, axles, spindles, levers, vehicle axle shafts

Chemical composition [%]

	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Cu
4-9	0,4-0,6	max 0,04	max 0,035	max 0,035	1,4-1,7	1,4-1,7	-	-	-	-	-

Equivalents

N	W. nr	EN	AISI	Russia (GOST)	Other
15HN	1.5919	15CrNi6	4320	-	E230

PN W. nr EN AISI Russia (GOST) Other
 15HN 1.5919 15CrNi6 4320 - E230

Processes

Welding YES
 Forging YES
 Rolling YES
 Nitriding YES
 Hardening YES temp. 850 – 890 [°C]
 Tempering YES temp. 630 - 650 [°C]

Hardness

After softening 205 HB
 Rm 780-1270 MPa
 Re 600 MPa



BÖHLER E230

EINSATZSTAHL
CASE HARDENING STEEL

Zugfestigkeit und Streckgrenze im blindgehärteten Zustand

Für Durchmesser 30 mm
(Anhaltsangaben)

Streckgrenze 
min. 

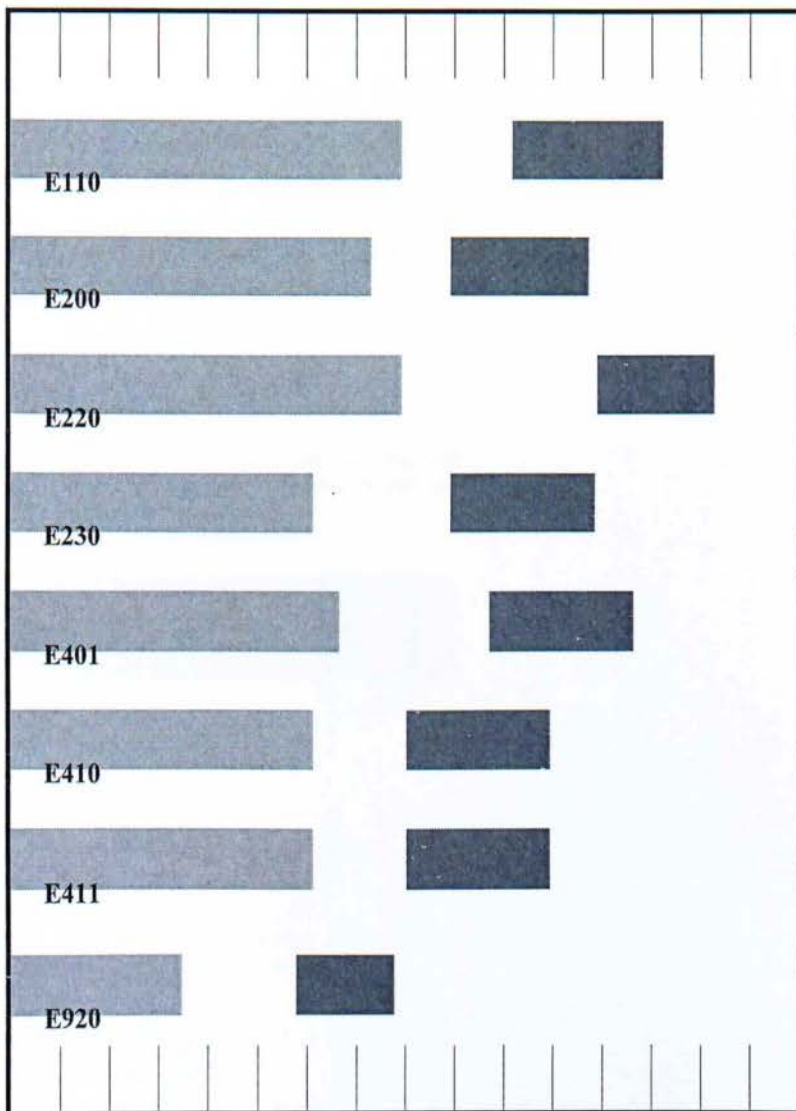
Zugfestigkeit (von/bis)

Tensile strength and yield strength in the blank hardened condition

For diameter 30 mm
(average values)

Yield strength 
min. 

Tensile strength (from/to)



0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500

Eigenschaften

Chrom-Nickel-Einsatzstahl für Bauteile großen Querschnitts bei erhöhten Anforderungen an Zähigkeit und Kernfestigkeit.
Für Einfach- und Doppelhärtung.

Description

Chromium-nickel steel for applications requiring high toughness and core strength, in particular in large cross section.
Suitable for single and double hardening.

Verwendung

Zahnräder, Kurbelwellen, Wellen in Hochleistungsgetrieben im Flugzeug- und Lastfahrzeugbau sowie im allgemeinen Maschinenbau.

Application

Gear wheels, crankshafts and heavy-duty gear shafts in aircraft and truck construction and mechanical engineering.

Chemische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %) / Chemical composition (average %)

C	Si	Mn	Cr	Ni
0,17	0,30	0,50	1,50	1,60

Normen

Standards

EN / DIN	SAE	UNI	SIS
< 1.5919 >	~ 3215	~ 16CrNi4	~ 2511
15CrNi6			~ 2512
< 1.5924 LW >			~ 2523
GOST	AFNOR		
~ 15ChGN2T	~ 16NC6		
~ 15ChGN2TA			

Warmformgebung

Schmieden:

1150 bis 850°C

Hot forming

Forging:

1150 to 850°C

Wärmebehandlung

Normalglühen:

850 bis 880°C / Luftabkühlung

Heat treatment

Normalizing:

850 to 880°C / Air cooling

Weichglühen (G)¹⁾

650 bis 700°C

Härte: max. 217 HB

Annealing (G)¹⁾

650 to 700°C

Hardness: max. 217 HB

Wärmebehandeln auf Ferrit-Perlit-Gefüge (BG)¹⁾²⁾

900 bis 1000°C

Geregelte

Abkühlung Härte:

152 - 201 HB

Heat treatment to obtain ferrite-pearlite-structure (BG)¹⁾²⁾

900 to 1000°C

Controlled cooling

Hardness: 152 - 201 HB

Wärmebehandeln auf bestimmte Zugfestigkeit (BF)¹⁾³⁾

850 bis 950°C

Zweckentsprechend abkühlen, gegebenenfalls bei ca. 500 bis 650°C anlassen.

Härte: 170 - 217 HB

Heat treatment to obtain a desired tensile strength level (BF)¹⁾³⁾

850 to 950°C

Cooling as suitable, if necessary tempering at 500 to 650°C.

Hardness: 170 - 217 HB

Aufkohlen:

900 bis
950°C

Die Wahl des Kohlungsmittels und der Aufkohlungstemperatur hängt von der Höhe des gewünschten Randkohlenstoffgehaltes, vom Verlauf der Kohlungskurve und von der geforderten Einatztiefe ab.

Bei Pulveraufkohlung sollen nur mild wirkende Einsatzmittel verwendet werden.

Carburising:

900 to 950°C

The main criteria governing choice of carburising compound and temperature are case carbon content desired, shape of carburising curve and case depth required.

Pack carburising should be carried out with mild agents only.

Abkühlen aus dem Einsatz:

Öl (Wasser)⁴⁾,
Warmbad (160 - 250°C),
Salzbad (580 - 680°C),
Luft oder
Einsatzkasten.

Cooling from case hardening temperature:

Oil (water)⁴⁾,
salt bath (160 - 250°C),
salt bath (580 - 680°C),
air or case hardening
box.

Zwischenglühen:

630 bis 650°C / Ofenabkühlung
Vermeidet die Gefahr der Restaustenitbildung in der Randzone und vermindert Verzug.

Kernhärten:

830 bis 870°C / Öl (Wasser)⁴⁾,
Warmbad (160 - 250°C)

Randhärten:

780 bis 820°C / Öl (Wasser)⁴⁾,
Warmbad (160 - 250°C)

Anlassen:

150 bis 200°C
Erreichbare
Oberflächenhärte:
min. 59 HRC

- 1) Bezeichnung nach DIN
- 2) Für Durchmesser bis ca. 150 mm
- 3) Für Durchmesser bis ca. 60 mm
- 4) Abschrecken in Wasser im allgemeinen nur bei großen Teilen einfacher Form

Schweißen

Bedingt schweißbar, allerdings nur vor dem Einsetzen und Härten.
Vorwärmen 250 - 350°C.
Wärmebehandlung: Einsatzhärten entsprechend dem Grundwerkstoff.
Sollte ein Schweißen unbedingt erforderlich sein, bitten wir Sie, die Richtlinien Ihres Schweißzusatzwerkstoffherstellers zu beachten.

Schweißzusatzwerkstoffe

Lichtbogenschweißung:

BÖHLER FOX DCMS-Kb

WIG- und MIG- Schweißung:

BÖHLER DCMS-IG

Intermediate annealing:

630 to 650°C / cooling in furnace
This treatment eliminates the risk of austenite being retained in the surface layer and keeps distortion to a minimum.

Core hardening:

830 to 870°C / Oil (water)⁴⁾,
salt bath (160 - 250°C)

Case hardening:

780 to 820°C / Oil (water)⁴⁾,
salt bath (160 - 250°C)

Tempering:

150 to 200°C
Obtainable surface hardness:
min. 59 HRC

- 1) DIN designation
- 2) Applies only to diameters of
- 3) Applies only to diameters of approx. 60 mm
- 4) Quenching in water for large of simple shapes only

Welding

Limited weldability.
Weld only before heat treatment.
Preheating to 250 - 350°C.
Post-weld heat treatment, case hardening as for the base metal.
If welding cannot be avoided, the instructions of the appropriate welding electrode manufacturer should be sought and followed.

Filler metals

Arc welding:

BÖHLER FOX DCMS-Kb

TIG and MIG welding:

BÖHLER DCMS-IG

BÖHLER E230

ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung / Continuous cooling CCT curves

Chemische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %) / Chemical composition (average %)

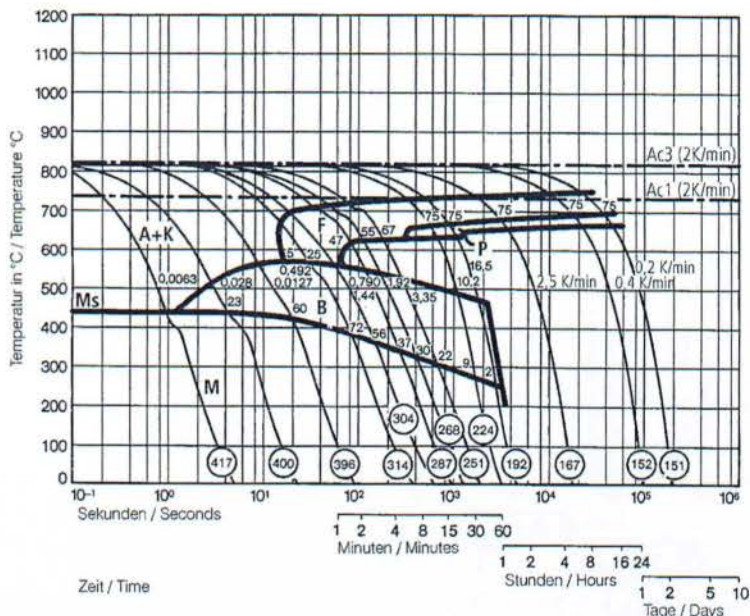
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0,13	0,31	0,51	1,50	0,06	1,55

Austenitisierungstemperatur:
870°C Haltedauer: 10 Minuten

○ Härte in HV
2... 75 Gefügeanteile in %
0,0063... 16,5 Abkühlungsparameter, d. h. Abkühlungsdauer von 800°C bis 500°C in $s \times 10^{-2}$
2,5 K/min ... 0,2 K/min Abkühlungsgeschwindigkeit in K/min im Bereich von 800 - 500°C

Austenitising temperature:
870°C Holding time: 10 minutes

○ Vickers hardness
2... 75 phase percentages
0,0063... 16,5 cooling parameter, i.e. duration of cooling from 800°C to 500°C in $s \times 10^{-2}$
2,5 K/min ... 0,2 K/min cooling rate in K/min in the 800 - 500°C range

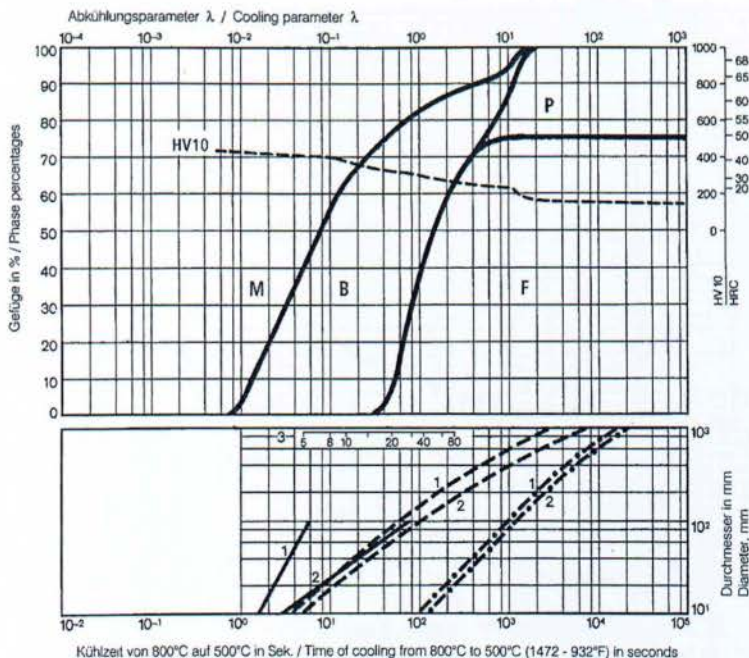


Gefügemengenschaubild / Quantitative phase diagram

A..... Austenit / Austenite
B..... Bainit / Bainite
F..... Ferrit / Ferrite
M..... Martensit / Martensite
P..... Perlit / Perlite

— Wasserabkühlung / Water cooling
- - - Ölbadkühlung / Oil cooling
- - - Luftabkühlung / Air cooling

1..... Werkstückrand / Edge or face
2..... Werkstückzentrum / Core
3..... Jominyprobe:
Abstand von der Stirnfläche
3..... Jominy test:
distance from end



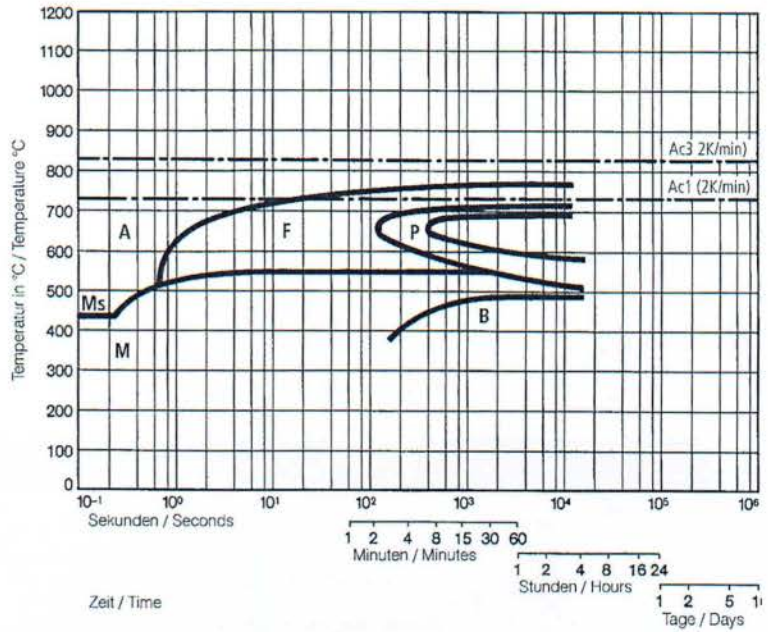
Isothermisches ZTU-Schaubild / Isothermal TTT-curves

Chemische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %) / Chemical composition (average %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0,13	0,31	0,51	1,50	0,06	1,55

Austenitisierungstemperatur:
870°C Haltedauer: 10 Minuten

Austenitising temperature:
870°C Holding time: 10 minutes

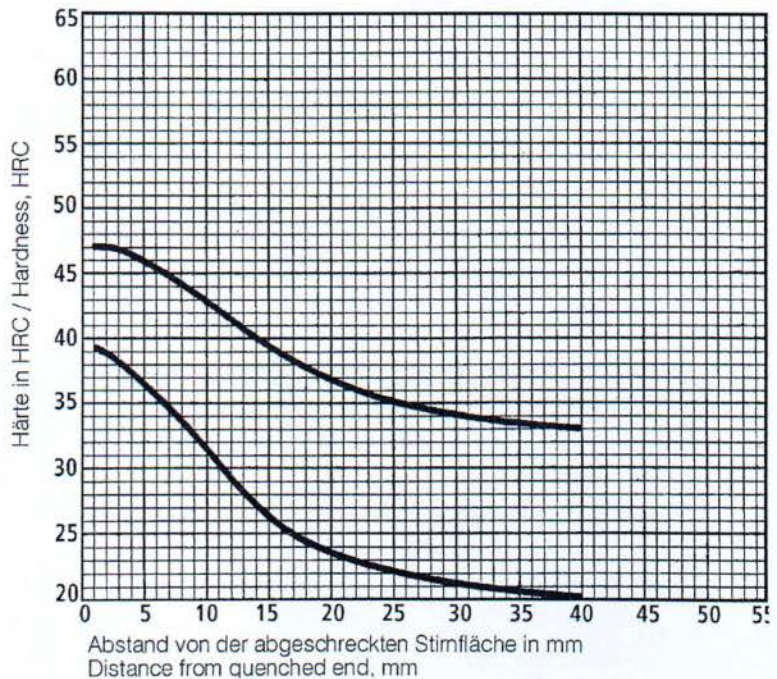


Stirnabschreckversuch / Jominy end quench test

Härtetemperatur: 860°C

Hardening temperature:

860°C



BÖHLER E230

Bearbeitungshinweise

(Wärmebehandlungszustand weichgeglüht, Richtwerte)

Drehen mit Hartmetall				
Schnittiefe mm	0,5 bis 1	1 bis 4	4 bis 8	über 8
Vorschub mm/U	0,1 bis 0,3	0,2 bis 0,4	0,3 bis 0,6	0,5 bis 1,5
BOEHLERIT- Hartmetallsorte	SB10,SB20	SB20, SB30, EB10	SB30, SB40, EB20	SB30, SB40
ISO - Sorte	P10,P20	P20, P30, M10	P30, P40, M20	P30, P40

Schnittgeschwindigkeit, m/min				
Wendeschneidplatten Standzeit 15 min	380 bis 290	300 bis 230	200 bis 140	150 bis 70
Gelötete Hartmetallwerkzeuge Standzeit 30 min	300 bis 220	240 bis 150	160 bis 100	110 bis 60
Beschichtete Wendeschneidplatten Standzeit 15 min BOEHLERIT ROYAL 121 BOEHLERIT ROYAL 131	bis 380 bis 330	bis 330 bis 250	bis 250 bis 160	bis 180 bis 90
Schneidwinkel für gelötete Hartmetallwerkzeuge Spanwinkel Freiwinkel	12 bis 18° 6 bis 8° 0°	12 bis 18° 6 bis 8° - 4°	12 bis 15° 6 bis 8° - 4°	12 bis 15° 6 bis 8° - 4°

Drehen mit Schnellarbeitsstahl				
Schnittiefe mm	0,5	3	6	10
Vorschub mm/U	0,1	0,5	1,0	1,5
BÖHLER/DIN-Sorte	S700 / DIN S10-4-3-10			

Schnittgeschwindigkeit, m/min				
Standzeit 60 min	70 bis 50	50 bis 30	35 bis 25	30 bis 20
Spanwinkel Freiwinkel Neigungswinkel	14° 8° 0 bis 4°	14° 8° 0°	14° 8° 0°	14° 8° 0°

Fräsen mit Messerköpfen				
Vorschub mm/U	bis 0,2		0,2 bis 0,4	
Schnittgeschwindigkeit, m/min				
BOEHLERIT SBF/ ISO P25	210 bis 140		140 bis 90	
BOEHLERIT SB40/ ISO P40	110 bis 80		90 bis 60	
BOEHLERIT ROYAL 131 / ISO P35	160 bis 120		--	

Bohren mit Hartmetall				
Bohrerdurchmesser mm	3 bis 8	8 bis 20	20 bis 40	
Vorschub mm/U	0,02 bis 0,05	0,05 bis 0,12	0,12 bis 0,18	
BOEHLERIT / ISO-Hartmetallsorte	HB10/K10	HB10/K10	HB10/K10	
Schnittgeschwindigkeit, m/min				
	50 bis 35	50 bis 35	50 bis 35	
Spitzenwinkel Freiwinkel	115 bis 120° 5°	115 bis 120° 5°	115 bis 120° 5°	

Recommendation for machining

(Condition annealed, average values)

Turning with carbide tipped tools				
depth of cut mm	0.5 to 1	1 to 4	4 to 8	over 8
feed, mm/rev.	0.1 to 0.3	0.2 to 0.4	0.3 to 0.6	0.5 to 1.5
BOEHLERIT grade	SB10, SB20	SB20, SB30, EB10	SB30, SB40, EB20	SB30, SB40
ISO grade	P10, P20	P20, P30, M10	P30, P40, M20	P30, P40
cutting speed, m/min				
indexable carbide inserts edge life 15 min	380 to 290	300 to 230	200 to 140	150 to 70
brazed carbide tipped tools edge life 30 min	300 to 220	240 to 150	160 to 100	110 to 60
hardfaced indexable carbide inserts edge life 15 min BOEHLERIT ROYAL 121 BOEHLERIT ROYAL 131	to 380 to 330	to 330 to 250	to 250 to 160	to 180 to 90
cutting angles for brazed carbide tipped tools rake angle clearance angle angle of	12 to 18° 6 to 8° 0°	12 to 18° 6 to 8° -4°	12 to 15° 6 to 8° -4°	12 to 15° 6 to 8° -4°

Turning with HSS tools				
depth of cut, mm	0.5	3	6	10
feed, mm/rev.	0.1	0.5	1.0	1.5
HSS-grade BÖHLER/DIN	S700 / DIN S10-4-3-10			
cutting speed, m/min				
edge life 60 min	70 to 50	50 to 30	35 to 25	30 to 20
rake angle clearance angle angle of	14° 8° 0 to 4°	14° 8° 0°	14° 8° 0°	14° 8° 0°

Milling with carbide tipped cutters				
feed, mm/tooth	to 0.2		0.2 to 0.4	
cutting speed, m/min				
BOEHLERIT SBF/ ISO P25	210 to 140		140 to 90	
BOEHLERIT SB40/ ISO P40	110 to 80		90 to 60	
BOEHLERIT ROYAL 131 / ISO P35	160 to 120		--	

Drilling with carbide tipped tools				
drill diameter, mm	3 to 8	8 to 20	20 to 40	
feed, mm/rev.	0.02 to 0.05	0.05 to 0.12	0.12 to 0.18	
BOEHLERIT / ISO-grade	HB10/K10	HB10/K10	HB10/K10	
cutting speed, m/min				
	50 to 35	50 to 35	50 to 35	
top angle	115 to 120°		115 to 120°	
clearance angle	5°		5°	

Physikalische Eigenschaften

Physical properties

Dichte bei / Density at	20°C	7,85	kg/dm ³
Wärmeleitfähigkeit bei / Thermal conductivity at	20°C	38,0	W/(m.K)
Spezifische Wärme bei / Specific heat at	20°C	460	J/(kg.K)
Spez. elektr. Widerstand bei / Electrical resistivity at	20°C	0,18	Ohm.mm ² /m
Elastizitätsmodul bei / Modulus of elasticity at	20°C	210 x 10 ³	N/mm ²

Wärmeausdehnung zwischen 20°C und ...°C, 10⁻⁶ m/(m.K) bei / Thermal expansion between 20°C and ...°C, 10⁻⁶ m/(m.K) at

100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
11,1	12,1	12,9	13,5	14,1

Elastizitätsmodul, 10³ N/mm² bei / Modulus of elasticity, 10³ N/mm²

20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
210	205	195	185	175	165	155

Für Anwendungen und Verarbeitungsschritte, die in der Produktbeschreibung nicht ausdrücklich erwähnt sind, ist in jedem Einzelfall Rücksprache zu halten.

As regards applications and processing steps that are not expressly mentioned in this product description/data sheet, the customer shall in each individual case be required to consult us.

Überreicht
durch: Your
partner:



BÖHLER EDELSTAHL GMBH & Co KG
MARIAZELLER STRASSE 25
POSTFACH 96
A-8605
KAPFENBERG/AUSTRIA
TELEFON: (+43) 3862/20-
7181
TELEFAX: (+43) 3862/20-7576
E-mail: [info@bohler-
edelstahl.com](mailto:info@bohler-
edelstahl.com) [www.bohler-
edelstahl.com](http://www.bohler-
edelstahl.com)

Die Angaben in diesem Prospekt sind unverbindlich und gelten als nicht zugesagt, sie dienen vielmehr nur der allgemeinen Information. Diese Angaben sind nur dann verbindlich, wenn sie in einem mit uns abgeschlossenen Vertrag ausdrücklich zur Bedingung gemacht werden. Bei der Herstellung unserer Produkte werden keine gesundheits- oder ozonschädigenden Substanzen verwendet.

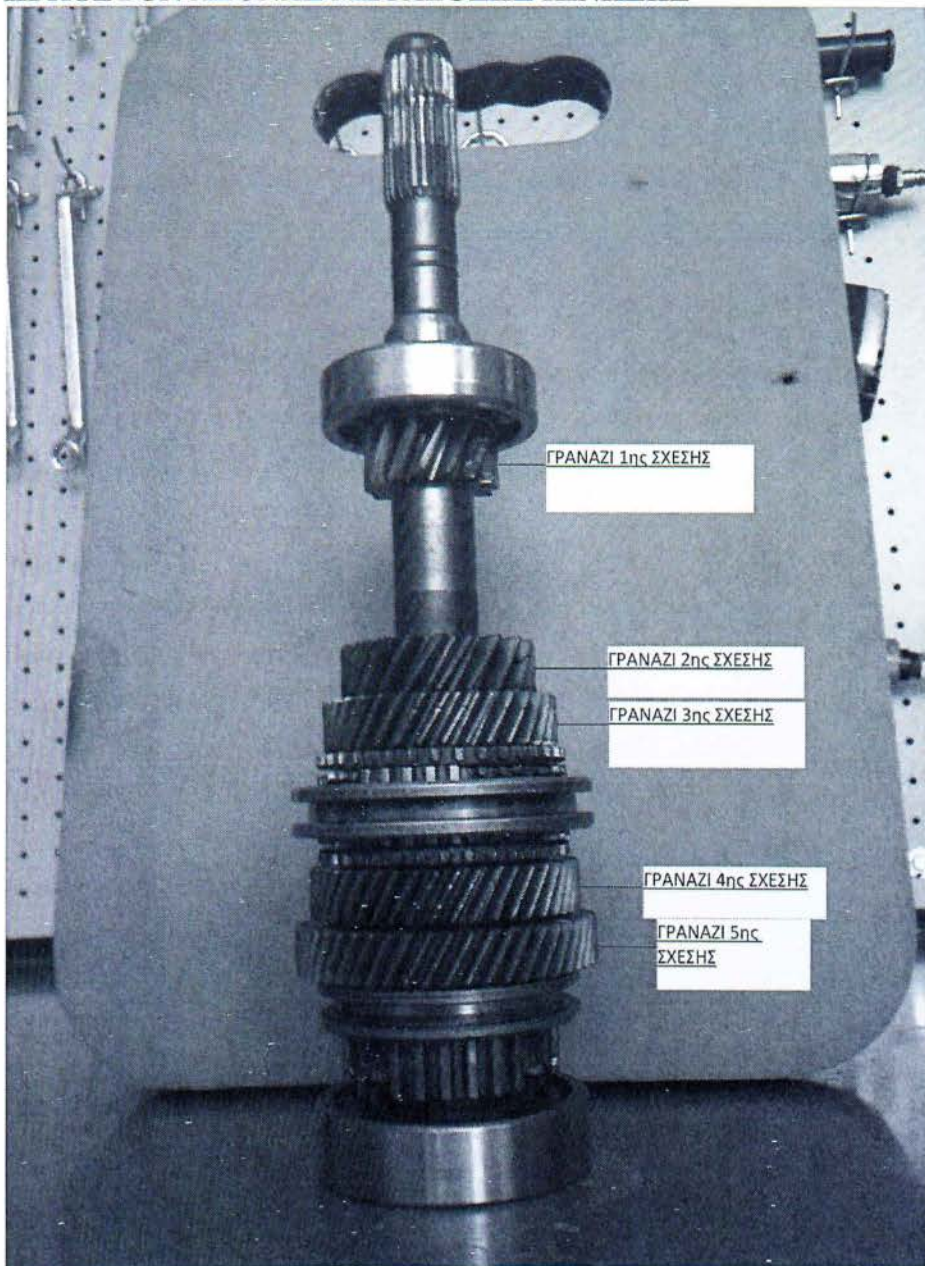
The data contained in this brochure is merely for general information and therefore shall not be binding on the company. We may be bound only through a contract explicitly stipulating such data as binding. The manufacture of our products does not involve the use of substances detrimental to health or to the ozone layer.

E230 DE - 01.94 - EM-WS

ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΑΦΗΣ

Για να επιτύχουμε αυτή την σκληρότητα στην επιφάνεια του μετάλλου η βαφή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Nitro-carburising (Νίτρο-ενανθράκωση), με εύρος σκληρότητας από 36 HRC – 50 HRC.

ΠΡΩΤΕΥΟΝ ΑΞΟΝΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ



Εικονα 3-1

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο πρωτεύον άξονας κίνησης είναι αυτός που ως βασικό ρόλο έχει την παραλαβή της περιστροφικής κίνησης και την μετάδοση αυτής στο υπόλοιπο σύστημα γραναζιών. Στο άνωθεν μέρος του φαίνεται ένα πολύσφηνο, μέσω του οποίου μεταδίδεται η κίνηση από τον κινητήρα στον άξονα.

Κατεβαίνοντας προς τα κάτω συναντάμε τον πρώτο ένσφαιρο τριβέα. Αυτός παίζει το ρόλο της πρώτης έδρασης για τον άξονα.

Προχωρώντας προς το κάτω μέρος συναντάμε μια σειρά από πέντε γρανάζια, που ρόλος τους είναι η μετάδοση της κίνησης αλλά και η μεταβολή της σχέσης μετάδοσης για την βέλτιστη εκμετάλλευση της ροπής εξόδου του κινητήρα, τέλος συναντάμε δεύτερο ρουλεμάν.

Για την καλύτερη κατανόηση σε αυτό το τμήμα θα παραθέσουμε τα στοιχεία του άξονα αλλά και των μερών που τον αποτελούν.

ΠΟΛΥΣΦΗΝΟ

Το πολύσφηνο είναι ο βασικός παραλήπτης της περιστροφικής δύναμης του κινητήρα, δια μέσο του συμπλέκτη, άρα και ο πρώτος άμεσα εμπλεκόμενος με τα φορτία του κινητήρα. Επομένως η αντοχή του σε πίεση επιφανείας πρέπει να ελεγχθεί.

Τα επιμέρους στοιχεία του είναι :

Μήκος $L=50\text{mm}$

Αριθμός των σφηνών $n=24$

Εξωτερική διάμετρος $D=24.4\text{mm}$

Εσωτερική διάμετρος $d=20.2\text{mm}$

Μέση διάμετρος $d_m = (D / d) / 2$ άρα $d_m=22.30\text{mm}$

Ύψος σφήνας σε mm $h = (D - d) / 2$ άρα $h= 2.1\text{mm}$

Για να υπολογίσω την ροπή στρέψης T θα χρησιμοποιήσω τον τύπο

$$T=9,55 \times 10^6 \times (P/n)$$

Για $P = 176\text{kw}$ και $n = 6200\text{rpm}$

Άρα έχουμε $T=27,10 \times 10^4$

Επομένως σύμφωνα με όλα τα άνωθεν στοιχεία και δια μέσω του τύπου

$$P = \frac{2 \times T}{d \times l \times h \times 0.75 \times n}$$

$$P = \frac{2 \times 27.10 \times 10.000}{22.30 \times 50 \times 2.1 \times 0.75 \times 24}$$

Άρα το P είναι $12,85\text{N/mm}^2$

Στοιχεία Ρουλεμάν Πρωτεύοντος Άξονα

1 ^ο Ρουλεμάν	63/28/C3 ΤΡΙΒΕΑΣ ΜΟΝΟΣΦΑΙΡΟΣ ΜΕ ΒΑΘΥ ΑΥΛΑΚΑ
Διαστάσεις	68 _{mm} /28 _{mm} /18 _{mm}
Κατασκευαστής	NACHI
Δυναμικό φορτίο	26800N
Στατικό φορτίο	14000N
Ταχύτητα περιστροφής	11.000rpm(grease)/13.000(oil)
2 ^ο Ρουλεμάν	28.BC08S1 ΤΡΙΒΕΑΣ ΜΟΝΟΣΦΑΙΡΟΣ ΜΕ ΒΑΘΥ ΑΥΛΑΚΑ
Διαστάσεις	80 _{mm} /28 _{mm} /21 _{mm}
Κατασκευαστής	NACHI
Δυναμικό φορτίο	32.000N
Στατικό φορτίο	17.000N
Ταχύτητα περιστροφής	10.000rpm(grease)/12.000(oil)

Στοιχεία Οδοντωτών Τροχών

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΝΤΩΝ
1 ^η Σχέση	14
2 ^η Σχέση	20
3 ^η Σχέση	33
4 ^η Σχέση	44
5 ^η Σχέση	50

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται μερικά από τα βασικά στοιχεία κατασκευής των οδοντωτών τροχών. Τα στοιχεία αυτά προέκυψαν μετά από μετρήσεις από διακριβωμένα όργανα.

Modul: Η ακριβής μέτρηση του συντελεστή αυτού έγινε με την μέθοδο της οπτικής ταυτοποίησης. Τοποθετήθηκε κάθε ένα γρανάτζι ξεχωριστά στην εργαλειομηχανή κοπής και μέσω της δοκιμής με διάφορες κεφαλές κοπής έγινε η τελική αναγνώριση του Modul του κάθε ενός γραναζιού.

Γωνία Οδόντωσης : Η μέτρηση της γωνίας της κλίσης της οδόντωσης έγινε με δεμένο τον οδοντωτό τροχό στην εργαλειομηχανή κοπής και με μηχανουργικό μοιρογνωμόνιο μεγάλης ακρίβειας.

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Αριθμός MODUL M	Γωνία Οδόντωσης b	Cos b
1 ^η Σχέση	2.5	20	0,939693
2 ^η Σχέση	2.5	20	0,939693
3 ^η Σχέση	2	20	0,939693
4 ^η Σχέση	1.5	30	0,866025
5 ^η Σχέση	1.5	30	0,866025

Διάμετρος Αρχικού Κύκλου Γραναζιών

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου του αρχικού κύκλου χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$D = z \frac{m}{\cos b}$$

Z= Αριθμός δοντιών του γραναζιού

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Αρχικού Κύκλου D
1 ^η Σχέση	37,24622 _{mm}
2 ^η Σχέση	53,20889 _{mmm}
3 ^η Σχέση	70,23573 _{mm}
4 ^η Σχέση	76,21024 _{mm}
5 ^η Σχέση	86,60254 _{mm}

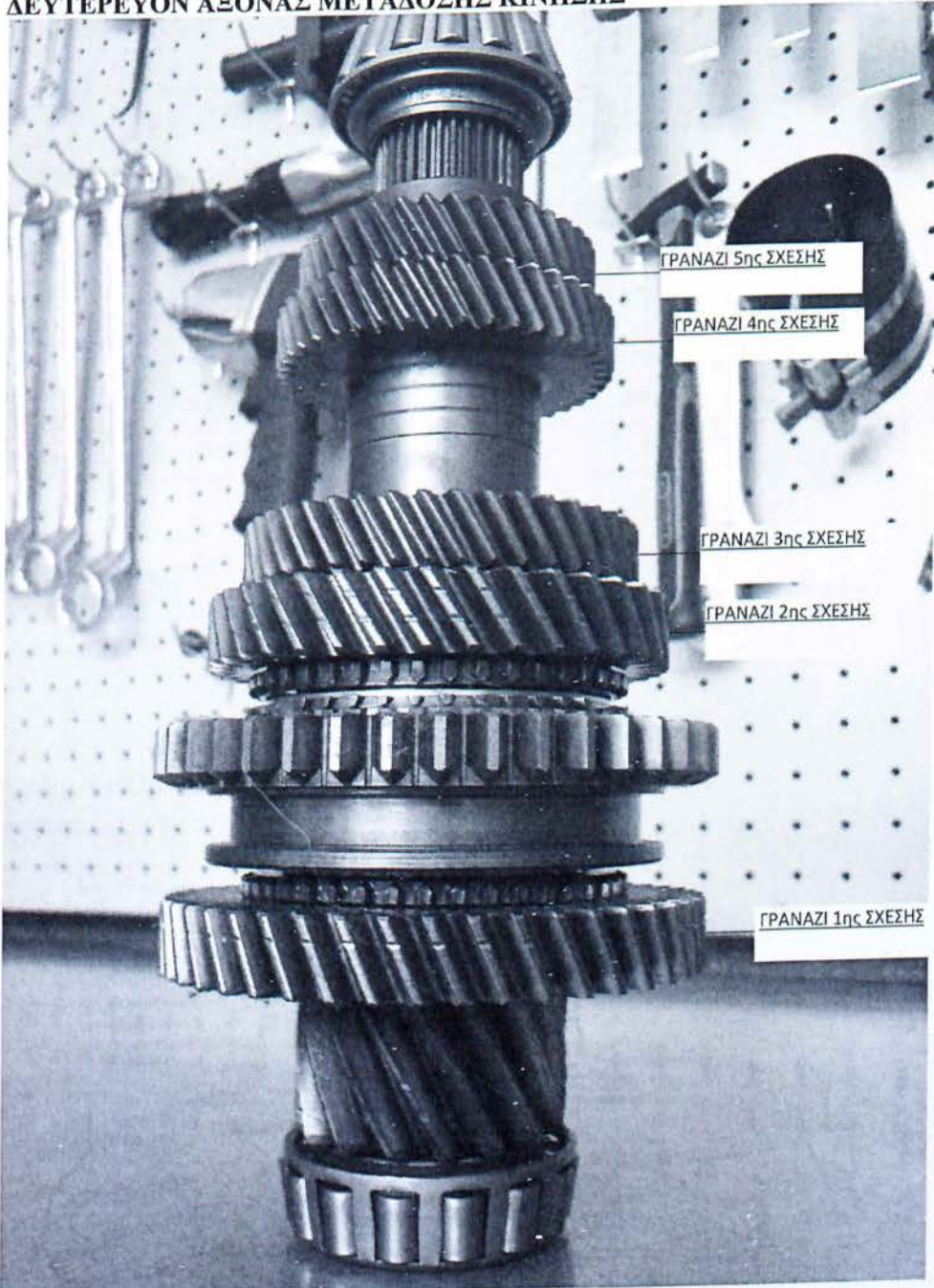
Διάμετρος Κεφαλής

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου του κύκλου κεφαλής χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$Da = D + (0.75 \times m)$$

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Κεφαλής Da
1 ^η Σχέση	39,12122 _{mm}
2 ^η Σχέση	55,08389 _{mm}
3 ^η Σχέση	71,73573 _{mm}
4 ^η Σχέση	77,33524 _{mm}
5 ^η Σχέση	87,72754 _{mm}

ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝ ΑΞΟΝΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ



Εικόνα 3-2

Στοιχεία Ρουλεμάν Δευτερεύοντος Άξονα

1 ^ο Ρουλεμάν	ΚΩΝΙΚΟΣ ΤΡΙΒΕΑΣ
Διαστάσεις	73 _{mm} /28 _{mm}
Κατασκευαστής	ΚΟΥΟ
2 ^ο Ρουλεμάν	ΚΩΝΙΚΟΣ ΤΡΙΒΕΑΣ
Διαστάσεις	60 _{mm} /28 _{mm}
Κατασκευαστής	ΚΟΥΟ

Στοιχεία Οδοντωτών Τροχών

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΝΤΩΝ
1 ^η Σχέση	46
2 ^η Σχέση	37
3 ^η Σχέση	42
4 ^η Σχέση	42
5 ^η Σχέση	37

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται μερικά από τα βασικά στοιχεία κατασκευής των οδοντωτών τροχών. Τα στοιχεία αυτά προέκυψαν μετά από μετρήσεις από διακριβωμένα όργανα.

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Αριθμός MODUL M	Γωνία Οδόντωσης b	Cos b
1 ^η Σχέση	2.5	20	0,939693
2 ^η Σχέση	2.5	20	0,939693
3 ^η Σχέση	2	20	0,939693
4 ^η Σχέση	1.5	30	0,866025
5 ^η Σχέση	1.5	30	0,866025

Διάμετρος Αρχικού Κύκλου Γραναζιών

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου του αρχικού κύκλου χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$D = z \frac{m}{\cos b}$$

Z= Αριθμός δοντιών του γραναζιού

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Αρχικού Κύκλου D
1 ^η Σχέση	122,3804 _{mm}
2 ^η Σχέση	98,43644 _{mm}
3 ^η Σχέση	89,39093 _{mm}
4 ^η Σχέση	72,74613 _{mm}
5 ^η Σχέση	64,08588 _{mm}

Διάμετρος Κεφαλής

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου του κύκλου κεφαλής χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$Da = D + (0.75 \times m)$$

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Κεφαλής Da
1 ^η Σχέση	124,2554 _{mm}
2 ^η Σχέση	100,3114 _{mm}
3 ^η Σχέση	90,89093 _{mm}
4 ^η Σχέση	73,87113 _{mm}
5 ^η Σχέση	65,21088 _{mm}

Σχέση μετάδοσης

Η σχέση μετάδοσης είναι ο λόγος των στροφών n_1 ή της γωνιακής ταχύτητας του πρώτου ή κινητήριου τροχού, προς τον αριθμό των στροφών n_2 του δεύτερου ή την γωνιακή ταχύτητα αυτού.

Επομένως έχουμε :

$$i = \frac{n}{n} = \frac{\omega}{\omega}$$

Για να υπάρχει συνεχής επαφή μεταξύ των τροχών χωρίς ολίσθηση θα πρέπει οι περιφερειακές ταχύτητες να είναι ίδιες.

$$U_1 = U_2 \quad \text{και επειδή ισχύει ότι } d = m \times z$$

$$\text{Έχουμε ότι } I = z_2/z_1$$

Επομένως για την πρώτη σχέση θα έχουμε:

$$i = \frac{46}{14} = 3,285$$

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Σχέση Μετάδοσης Κίνησης I
1 ^η Σχέση	3,285
2 ^η Σχέση	1,850
3 ^η Σχέση	1,272
4 ^η Σχέση	0,954
5 ^η Σχέση	0,740

Μετά τα αναλυτικά αποτελέσματα κατά άξονα πρέπει τώρα να παραθέσουμε τα απαραίτητα νούμερα για τον τελικό υπολογισμό του κάθε οδοντωτού τροχού σε πίεση επιφανείας αλλά και σε αντοχή του οδόντα σε θραύση. Τα απαραίτητα αυτά στοιχεία θα εμφανιστούν με μορφή πινάκων.

Απόσταση αξόνων ζεύγους τροχών

Είναι η απόσταση που έχουν τα κέντρα των τροχών μεταξύ τους .

Αυτό γίνεται μέσω του τύπου :

$$a = \frac{d1 + d2}{2} = \frac{m(z1 + z2)}{2 * \cos b}$$

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΞΟΝΩΝ A _d
1 ^η Σχέση	79,81333
2 ^η Σχέση	75,82267
3 ^η Σχέση	79,81333
4 ^η Σχέση	71,16788
5 ^η Σχέση	71,99541

Για άξονες όμως που είναι μετατοπισμένοι όπως είναι σε κάθε περίπτωση κιβωτίου ταχυτήτων ο τύπος που δίνει την τελική αξονική απόσταση θα είναι :

$$a = a_d \frac{\cos a_t}{\cos a_{wt}}$$

Η γωνία a_t στην μετωπική τομή προέρχεται απο την σχέση

$$\cos \beta = \frac{\tan a_n}{\tan a_t}$$

Όπου $a_t > a_n = 20^\circ$

Επομένως η τελική αξονική απόσταση θα είναι

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Cos a_t	Cos a_{wt}	a_t	a
1 ^η Σχέση	0,932513	0,930337	21.17	80
2 ^η Σχέση	0,932513	0,88382	21.17	80
3 ^η Σχέση	0,932513	0,930337	21.17	80
4 ^η Σχέση	0,921931	0,820148	22.79	80
5 ^η Σχέση	0,921931	0,829685	22.79	80

Βαθμός επικάλυψης

Ο βαθμός επικάλυψης είναι ο λόγος του τμήματος των επαφών προς το βήμα των επαφών. Ο βαθμός επικάλυψης δίνει ακόμα δύο σημαντικές πληροφορίες για ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών, τον αριθμό των συνεργαζόμενων οδόντων και είναι ένα σημαντικό στοιχείο για την κατανόηση της κατανομής της περιφερειακής δύναμης πάνω στους οδόντες.

Στους τροχούς με οδόντες κεκλιμένους έχουμε δύο είδη βαθμού επικάλυψης, τον μετωπικό βαθμό επικάλυψης ϵ_a και το βαθμό επικάλυψης λόγο κλίσης ϵ_b .

Ο μετωπικός βαθμός επικάλυψης ϵ_a δίδεται από τον τύπο:

$$\frac{0.5(\sqrt{(da^2 - d\beta^2)} + \sqrt{(da^2 - d\beta^2)}) - ad \times \sin a_t}{\pi \times m_t \times \cos a_t}$$

Ο βαθμός επικάλυψης λόγο κλίσης ϵ_b δίδεται από τον τύπο:

$$\frac{b \times \sin \beta}{m_n \times \pi}$$

Για να υπολογιστούν οι άνωθεν αριθμητικοί τύποι πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν μερικά μεγέθη ακόμα.

Το πλάτος του οδόντα b έχει μετρηθεί με διακριβωμένο μικρόμετρο πάνω στο κάθε γρανάζι, παίρνοντας το μέσο όρο από τρεις διαδοχικές τιμές.

Πίνακες για τον βαθμό επικάλυψης

ϵ_{α}	ϵ_{β}	ϵ_{γ}	Πλάτος οδόντα 1rst	Πλάτος οδόντα 2nd
13,03714	6,446924	19,48406	17.65	15
13,2636	6,876719	20,14032	16	16
10,89608	8,461587	19,35766	15.75	15.75
7,341663	11,1715	18,51316	12.7	12.7
7,317882	11,34743	18,66531	12.9	12.9

Συντελεστές μετατόπισης $\chi_1 + \chi_2$

Οι συντελεστές αυτοί ισούνται με την συνολική μετατόπιση που έχει υποστεί το σύστημα. Ο διαμοιρασμός αυτός γίνεται γιατί επιδιώκεται οι δύο τροχοί να έχουν την ίδια αντοχή στον πόδα του οδόντα. Συγχρόνως όμως θα πρέπει να αποφευχθεί και το φαινόμενο της υποκοπής.

Ο γενικός τύπος για τον υπολογισμό των συντελεστών μετατόπισης είναι :

$$x_1 + x_2 = \frac{\text{inv} a_w - \text{inv} a}{2 \times \tan a} \times (z_1 + z_2)$$

Όπου τα $\text{inv} a_w$ και $\text{inv} a$ έχουν δανειστεί από πίνακες.

Στον παρακάτω πίνακα θα παραθέσουμε τα στοιχεία $\chi_1 + \chi_2$

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	$\text{inv} a_w$	$\text{inv} a$	$\chi_1 + \chi_2$
1 ^η Σχέση	0,018665	0,017603	0,011596
2 ^η Σχέση	0,042039	0,017603	0,253478
3 ^η Σχέση	0,018665	0,017603	0,014495
4 ^η Σχέση	0,058558	0,022426	0,565491
5 ^η Σχέση	0,052027	0,022426	0,468664

ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Κατά την λειτουργία ενός συστήματος οδοντωτών τροχών και την ώρα που οι οδόντες περνάνε από το σημείο κύλισης C ενεργεί επάνω τους μια δύναμη η οποία θεωρείται πως εφαρμόζεται μέσω του πλάτους του οδόντα. Η δύναμη αυτή καλείται F_n . Η δύναμη αυτή τέμνεται με τον άξονα του τροχού με γωνία 90° . Έτσι, αυτή η δύναμη αναλύεται σε τρεις συνιστώσες:

Την περιφερειακή F_t που ενεργεί στη μετωπική τομή S – S πάνω στον κινητήριο τροχό αντίθετα με την κίνηση περιστροφής του.

Την ακτινική F_r που έχει διεύθυνση προς το κέντρο των τροχών

Την αξονική F_a που έχουν αξονική διεύθυνση και εξαρτάται από την κλίση της γωνίας που έχουν οι τροχοί.

Οι δυνάμεις αυτές προκύπτουν από τους τύπους

$$F_t = \frac{2000 \times T}{d}$$

Οπού T προκύπτει από την σχέση

$$T = \frac{9550 \times P}{n}$$

P : Η ισχύς του κινητήρα σε KW

n: Οι στροφές του κινητήρα όπου παράγεται η ισχύς

$$F_r = \frac{F_t \times \tan \alpha_n}{\cos \beta}$$

$$F_a = F_t \times \tan \beta$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (πρωτ.)

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	T (σε Nm)	F_t (σε N)
1 ^η Σχέση	271	14556,64
2 ^η Σχέση	271	10189,65
3 ^η Σχέση	271	7719,433
4 ^η Σχέση	271	7445,181
5 ^η Σχέση	271	6551,759

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (δευτ.)

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	T (σε Nm)	F _t (σε N)
1 ^η Σχέση	271	4430,283
2 ^η Σχέση	271	5507,919
3 ^η Σχέση	271	6065,268
4 ^η Σχέση	271	7799,714
5 ^η Σχέση	271	8853,729

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΡΑΥΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Τέλος μετά την παράθεση όλων των στοιχείων και την κατανόηση αυτών, μένει μόνο να δείξουμε την αντοχή των οδόντων σε πίεση επιφανείας αλλά και σε θραύση του οδόντα.

Οι τύποι για την εύρεση των στοιχείων αυτών είναι

Υπολογισμός του οδόντα σε θραύση:

$$\sigma_f = \frac{F_t}{b \times m_n} \times K_A \times K_V \times K_{FA} \times Y_{SA} \times Y_\epsilon \times Y_\beta \times Y_{FA}$$
$$\sigma_F \leq \sigma_{FP}$$
$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Fl}}{S_F}$$

Υπολογισμός του οδόντα σε πίεση επιφανείας:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_t}{b \times d_1} \times \frac{u+1}{u} \times K_A \times K_V \times K_{Ha} \times Z_H \times Z_M \times Z_\epsilon \times Z_\beta}$$
$$\sigma_H \leq \sigma_{HP}$$
$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hl}}{S_F}$$

Οι συντελεστές αυτοί θα βρεθούν μέσα από πίνακες και υπολογισμούς.

Η επεξήγηση αυτών θα γίνει στις παρακάτω σειρές.

- σ_H πίεση επιφανείας στην κατατομή του οδόντα
- F_t περιφερειακή δύναμη σε N
- d₁ αρχική διάμετρος πινιόν σε mm
- b πλάτος οδόντα σε mm
- u λόγος αριθμού δοντιών του τροχού προς το πινιόν

- K_A συντελεστής εφαρμογής
- K_V συντελεστής δυναμικών καταπονήσεων
- K_{HA} μετωπικός συντελεστής κατανομής φορτίου
- Z_H συντελεστής ζώνης
- Z_M συντελεστής υλικού
- Z_E συντελεστής επικάλυψης
- Z_B συντελεστής κλίσης
- K_{FA} μετωπικός συντελεστής κατανομής φορτίου θραύσης
- Y_{Fa} συντελεστής μορφής
- Y_{α} συντελεστής διόρθωσης της τάσης
- Y_E συντελεστής επικάλυψης
- Y_{β} συντελεστής κλίσης
- σ_{FP} επιτρεπόμενη τάση στον πόδα
- σ_{FI} δυναμική αντοχή διάρκειας σε επαναλαμβανόμενη καμπτική καταπόνηση για υλικά κατάλληλα για οδοντωτούς τροχούς
- σ_F συντελεστής ασφαλείας για την καταπόνηση στον πόδα
- σ_{HP} επιτρεπόμενη τάση επιφανείας
- σ_{HL} αντοχή διάρκειας των κατατομών των οδόντων σε πίεση επιφανείας
- σ_H συντελεστής ασφαλείας σε πίεση επιφανείας

Πίνακες αποτελεσμάτων

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	K_A	K_V	K_{FA}
1 ^η Σχέση	1,5	1,1	4,859735
2 ^η Σχέση	1,5	1,1	4,953471
3 ^η Σχέση	1,5	1,1	5,572123
4 ^η Σχέση	1,5	1,1	7,160614
5 ^η Σχέση	1,5	1,1	7,236102

Πίνακες αποτελεσμάτων

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Y_{Fa} πρωτεύοντος	Y_{Fa} δευτερεύοντος	Y_{ε}
1 ^η Σχέση	3,2	2,4	0,307528
2 ^η Σχέση	2,5	2,3	0,306546
3 ^η Σχέση	2,5	2,3	0,318832
4 ^η Σχέση	2,1	2,06	0,352157
5 ^η Σχέση	2,07	2,0	0,352489

Πίνακες αποτελεσμάτων

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Y_{ca} πρωτεύοντος	Y_{ca} δευτερεύοντος	Y_{β}
1 ^η Σχέση	1,6	1,93	0,074487
2 ^η Σχέση	1,73	1,86	0,14612
3 ^η Σχέση	1,77	1,81	0,410265
4 ^η Σχέση	2,05	2,03	1,327396
5 ^η Σχέση	2,01	1,96	1,364048

Πίνακες αποτελεσμάτων του οδόντα σε θραύση

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	σ_F πρωτεύοντος N/mm ²	σ_F δευτερεύοντος N/mm ²	σ_{FP} N/mm ²
1 ^η Σχέση	311,13	100,5153	613,33
2 ^η Σχέση	403,3512	215,6583	613,33
3 ^η Σχέση	450,26	380,750	613,33
4 ^η Σχέση	500,350	457,36	613,33
5 ^η Σχέση	570,98	520,852	613,33

Πίνακες αποτελεσμάτων

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	K_{HA}	Z_M	Z_B
1 ^η Σχέση	19,48406	189,8	0,969377
2 ^η Σχέση	20,14032	189,8	0,969377
3 ^η Σχέση	19,35766	189,8	0,969377
4 ^η Σχέση	18,51316	189,8	0,952002
5 ^η Σχέση	18,66531	189,8	0,952002

Πίνακες αποτελεσμάτων του οδόντα σε πίεση επιφανείας

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	σ_H πρωτεύοντος N/mm ²	σ_H δευτερεύοντος N/mm ²	σ_{HP} N/mm ²
1 ^η Σχέση	411,13	200,5153	993,33
2 ^η Σχέση	503,3512	315,6583	993,33
3 ^η Σχέση	550,26	480,750	993,33
4 ^η Σχέση	600,350	557,36	993,33
5 ^η Σχέση	5670,98	620,852	993,33

Μετά τα αναλυτικά αποτελέσματα και την βέβαιη αντοχή του κιβωτίου στη εργοστασιακή ιπποδύναμη θα ελεγχθεί τώρα και στη νέα ιπποδύναμη η οποία ανέρχεται στο 198% της αρχικής δύναμης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (πρωτ.)

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	T (σε Nm)	F_t (σε N)
1 ^η Σχέση	491	26365,09
2 ^η Σχέση	491	18455,56
3 ^η Σχέση	491	13981,49
4 ^η Σχέση	491	13484,76
5 ^η Σχέση	491	11866,59

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (δευτ.)

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	T (σε Nm)	F ₁ (σε N)
1 ^η Σχέση	491	8024,158
2 ^η Σχέση	491	9975,98
3 ^η Σχέση	491	10985,45
4 ^η Σχέση	491	14126,89
5 ^η Σχέση	491	16035,93

πίνακες αποτελεσμάτων του οδόντα σε θραύση

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	σ _F πρωτεύοντος N/mm ²	σ _F δευτερεύοντος N/mm ²	σ _{FP} N/mm ²
1 ^η Σχέση	563,5207	182,0539	613,33
2 ^η Σχέση	730,5523	390,6018	613,33
3 ^η Σχέση	870,958	470,569	613,33
4 ^η Σχέση	923,258	580,654	613,33
5 ^η Σχέση	1000,123	698,569	613,33

Πίνακες αποτελεσμάτων του οδόντα σε πίεση επιφανείας

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	σ _H πρωτεύοντος N/mm ²	σ _H δευτερεύοντος N/mm ²	σ _{HP} N/mm ²
1 ^η Σχέση	615,78	198	993,33
2 ^η Σχέση	797,94	425,71	993,33
3 ^η Σχέση	891,51	752,4	993,33
4 ^η Σχέση	990,07	904	993,33
5 ^η Σχέση	1128,6	1029	993,33

Επομένως από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται ότι με την καινούρια αυξημένη ισχύ του κινητήρα το σύνολο του κιβωτίου ταχυτήτων δεν μπορεί να ανταποκριθεί. Συνεπώς αλλαγές στη δομή του κιβωτίου πλέον κρίνονται επιβεβλημένες. Στη συνέχεια της εργασίας θα παρουσιαστούν τα νέα στοιχεία σε μορφή πινάκων όπως και τα προηγούμενα.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΡΑΥΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΕΑ ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ

Στοιχεία Οδοντωτών Τροχών Πρωτεύοντα Άξονα

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΝΤΩΝ
1 ^η Σχέση	13
2 ^η Σχέση	16
3 ^η Σχέση	21
4 ^η Σχέση	22
5 ^η Σχέση	27

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Αριθμός MODUL M	Γωνία Οδόντωσης b	Cos b
1 ^η Σχέση	3	12	0,978148
2 ^η Σχέση	3	12	0,978148
3 ^η Σχέση	3	12	0,978148
4 ^η Σχέση	3	17	0,956305
5 ^η Σχέση	3	17	0,956305

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Αρχικού Κύκλου D(σε mm)
1 ^η Σχέση	39,87128
2 ^η Σχέση	49,07235
3 ^η Σχέση	64,40746
4 ^η Σχέση	69,01566
5 ^η Σχέση	84,70103

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Κεφαλής Da(σε mm)
1 ^η Σχέση	42,12128
2 ^η Σχέση	51,32235
3 ^η Σχέση	66,65746
4 ^η Σχέση	71,26566
5 ^η Σχέση	86,95103

Στοιχεία Οδοντωτών Τροχών Δευτερεύοντος Άξονα

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΝΤΩΝ
1 ^η Σχέση	34
2 ^η Σχέση	27
3 ^η Σχέση	26
4 ^η Σχέση	21
5 ^η Σχέση	20

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Αριθμός MODUL M	Γωνία Οδόντωσης b	Cos b
1 ^η Σχέση	3	12	0,978148
2 ^η Σχέση	3	12	0,978148
3 ^η Σχέση	3	12	0,978148
4 ^η Σχέση	3	17	0,956305
5 ^η Σχέση	3	17	0,956305

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Αρχικού Κύκλου D(σε mm)
1 ^η Σχέση	104,2787
2 ^η Σχέση	82,80959
3 ^η Σχέση	79,74257
4 ^η Σχέση	65,87858
5 ^η Σχέση	62,74151

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Διάμετρος Κεφαλής Da(σε mm)
1 ^η Σχέση	106,5287
2 ^η Σχέση	85,05959
3 ^η Σχέση	81,99257
4 ^η Σχέση	68,12858
5 ^η Σχέση	64,99151

Μετά την παράθεση των αρχικών πινάκων με τα αποτελέσματα, όπου έχει γίνει η επεξήγηση των τύπων αλλά και των συμβόλων,σειρα έχουν οι πίνακες με τα στοιχεία για τον υπολογισμό των μεγεθών πίεσης επιφάνειας αλλά και αντοχής σε θραύση του οδόντα.

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Σχέση Μετάδοσης Κίνησης I
1 ^η Σχέση	2,615
2 ^η Σχέση	1,687
3 ^η Σχέση	1,238
4 ^η Σχέση	0,954
5 ^η Σχέση	0,740

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΞΟΝΩΝ A _d (mm)
1 ^η Σχέση	72,07501
2 ^η Σχέση	65,94097
3 ^η Σχέση	72,07501
4 ^η Σχέση	67,44712
5 ^η Σχέση	73,72127

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	$\text{Cos } a_t$	$\text{Cos } a_{wt}$	a_t	a(mm)
1 ^η Σχέση	0,936672	0,843883	20,5	80
2 ^η Σχέση	0,936672	0,772063	20,5	80
3 ^η Σχέση	0,936672	0,843883	20,5	80
4 ^η Σχέση	0,934826	0,788141	20,8	80
5 ^η Σχέση	0,934826	0,861457	20,8	80

ε_a	ε_b	ε_γ	Πλάτος οδόντια(mm) 1rst	Πλάτος οδόντια(mm) 2nd
14,7966	5,372436	20,16904	17.65	15
14,59352	5,730599	20,32412	16	16
15,24036	5,641058	20,88142	15.75	15.75
14,92134	5,585751	20,50709	12.7	12.7
15,41289	5,673715	21,08661	12.9	12.9

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	$\text{inv } a_w$	$\text{inv } a$	$\chi_1 + \chi_2$ (mm)
1 ^η Σχέση	0,018665	0,017603	0,009084
2 ^η Σχέση	0,042039	0,017603	0,19122
3 ^η Σχέση	0,018665	0,017603	0,009084
4 ^η Σχέση	0,058558	0,022426	0,282746
5 ^η Σχέση	0,052027	0,022426	0,253186

Πίνακες αποτελεσμάτων

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	K_A	K_V	K_{FA}
1 ^η Σχέση	1,5	1,1	4,859735
2 ^η Σχέση	1,5	1,1	4,953471
3 ^η Σχέση	1,5	1,1	5,572123
4 ^η Σχέση	1,5	1,1	7,160614
5 ^η Σχέση	1,5	1,1	7,236102

Πίνακες αποτελεσμάτων

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Y_{Fa} πρωτεύοντος	Y_{Fa} δευτερεύοντος	Y_ϵ
1 ^η Σχέση	3,2	2,4	0,307528
2 ^η Σχέση	2,5	2,3	0,306546
3 ^η Σχέση	2,5	2,3	0,318832
4 ^η Σχέση	2,1	2,06	0,352157
5 ^η Σχέση	2,07	2,0	0,352489

Πίνακες αποτελεσμάτων

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	Y_{ca} πρωτεύοντος	Y_{ca} δευτερεύοντος	Y_β
1 ^η Σχέση	1,6	1,93	0,074487
2 ^η Σχέση	1,73	1,86	0,14612
3 ^η Σχέση	1,77	1,81	0,410265
4 ^η Σχέση	2,05	2,03	1,327396
5 ^η Σχέση	2,01	1,96	1,364048

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (πρωτ.)

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	T (σε Nm)	F _t (σε N)
1 ^η Σχέση	491	24629,25
2 ^η Σχέση	491	20011,27
3 ^η Σχέση	491	15246,68
4 ^η Σχέση	491	14228,66
5 ^η Σχέση	491	11593,72

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (δευτ.)

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	T (σε Nm)	F _t (σε N)
1 ^η Σχέση	491	9417,068
2 ^η Σχέση	491	11858,53
3 ^η Σχέση	491	12314,63
4 ^η Σχέση	491	14906,21
5 ^η Σχέση	491	15651,52

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	σ _F πρωτεύοντος N/mm ²	σ _F δευτερεύοντος N/mm ²
1 ^η Σχέση	615,78	198,5153
2 ^η Σχέση	797,94	426,987
3 ^η Σχέση	891,2	753,88
4 ^η Σχέση	990,2	905,57
5 ^η Σχέση	1128,6	1031,28

ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	σ_H πρωτεύοντος N/mm ²	σ_H δευτερεύοντος N/mm ²
1 ^η Σχέση	814,03	380,26
2 ^η Σχέση	996,63	624,94
3 ^η Σχέση	1089,43	951,88
4 ^η Σχέση	1188,63	1103,57
5 ^η Σχέση	1250,32	1229,24

Μετά τις παραπάνω τιμές για τα σ_F και σ_H ανάλογα θα ρυθμιστούν και οι τιμές σ_{HP} , σ_{FP} .

Επομένως για συντελεστή ασφαλείας $S = 1.5$ και για κάθε τιμή του πίνακα να είναι μικρότερη η ίση το

$$\sigma_{HP} = 1320 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{FP} = 1211 \text{ N/mm}^2$$

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζουν ένα σύστημα το οποίο έχει αυξημένες απαιτήσεις σε αντοχή υλικού. Με γνώμονα τα νέα στοιχεία, ξεκινήσαμε μια έρευνα υλικών και των ιδιοτήτων αυτών ωστέ να βρεθεί το καταλληλο για αυτή τη δύσκολη εργασία.

Τελικώς καταλήξαμε στο DIEVAR, το οποίο είναι ένα αρκετά ανθεκτικό και εξειδικευμένο υλικό για το είδος της χρήσης που θέλουμε , καθώς αυτό αναφέρετε και στο παρακάτω τεχνικό φυλλάδιο. Οι τιμές σκληρότητας που λαμβάνει στην καρδιά και στην επιφάνεια ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις μας.

UDDEHOLM DIEVAR®

UDDEHOLM DIEVAR

Uddeholm Dievar is a specially developed steel grade by Uddeholm, which provides the best possible performance.

The chemical composition and the very latest in production technique make the property profile outstanding. The combination of excellent toughness and very good hot strength gives Uddeholm Dievar a very good heat checking- and gross cracking resistance.

The steel is suitable in high demand hot work applications like die casting, forging and extrusion. The property profile makes it also suitable in other applications, e.g. plastics and High Performance Steel.

Uddeholm Dievar offers the potential for significant improvements in die life, thereby improving the tooling economy.

This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our products and their uses. It should not therefore be construed as a warranty of specific properties of the products described or a warranty for fitness for a particular purpose.

Classified according to EU Directive 1999/45/EC

For further information see our "Material Safety Data Sheets".

Edition 9, 03.2012

The latest revised edition of this brochure is the English version, which is always published on our web site www.uddeholm.com



SS-EN ISO 9001
SS-EN ISO 14001

General

Uddeholm Dievar is a high performance chromium-molybdenum-vanadium alloyed hot work tool steel which offers a very good resistance to heat checking, gross cracking, hot wear and plastic deformation. Uddeholm Dievar is characterized by:

- Excellent toughness and ductility in all directions
- Good temper resistance
- Good high-temperature strength
- Excellent hardenability
- Good dimensional stability throughout heat treatment and coating operations

Typical analysis	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0.35	0.2	0.5	5.0	2.3	0.6
Standard specification	None					
Delivery condition	Soft annealed to approx. 160 HB					
Colour code	Yellow/grey					

Improved tooling performance

Uddeholm Dievar is a premium hot work tool steel developed by Uddeholm. It is manufactured utilizing the very latest in production and refining techniques. The Uddeholm Dievar development has yielded a die steel with the ultimate resistance to heat checking, gross cracking, hot wear and plastic deformation. The unique properties profile for Uddeholm Dievar makes it the best choice for die casting, forging and extrusion.



Hot work applications

Heat checking is one of the most common failure mechanism e.g. in die casting and now days also in forging applications. Uddeholm Dievar's superior ductility yields the highest possible level of heat checking resistance. With Uddeholm Dievar's outstanding toughness and hardenability the resistance to heat checking can further be improved. If gross cracking is not a factor then a higher working hardness can be utilized (+2 HRC).

Regardless of the dominant failure mechanism; e.g. heat checking, gross cracking, hot wear or plastic deformation. Uddeholm Dievar offers the potential for significant improvements in die life and then resulting in better tooling economy.

Uddeholm Dievar is the material of choice for the high demand die casting-, forging- and extrusion industries.

Tools for die casting

Part	Aluminium, magnesium
Dies	44-50 HRC

Tools for extrusion

Part	Copper, copper alloys HRC	Aluminium, magnesium alloys HRC
Dies	-	46-52
Liners, dummy blocks, etc.	46-52	44-52

Tools for hot forging

Part	Steel, Aluminium
Inserts	44-52 HRC

Properties

The reported properties are representative of samples which have been taken from the centre of a 610 x 203 mm (24" x 8") bar. Unless otherwise is indicated all specimens have been hardened at 1025°C (1875°F), quenched in oil and tempered twice at 615°C (1140°F) for two hours; yielding a working hardness of 44–46 HRC.

Physical properties

Data at room and elevated temperatures.

Temperature	20°C (68°F)	400°C (750°F)	600°C (1110°F)
Density, kg/m ³ lbs/in ³	7 800 0.281	7 700 0.277	7 600 0.274
Modulus of elasticity MPa psi	210 000 30.5 x 10 ⁶	180 000 26.1 x 10 ⁶	145 000 21.0 x 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	–	12.7 x 10 ⁻⁶ 7.0 x 10 ⁻⁶	13.3 x 10 ⁻⁶ 7.3 x 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in/(ft ² h°F)	–	31 216	32 223

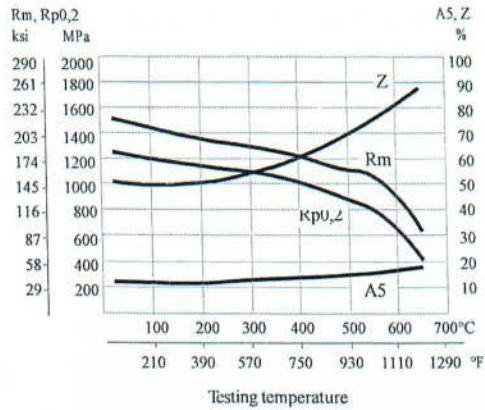
Mechanical properties

Tensile properties at room temperature, short transverse direction.

Hardness	44 HRC	48 HRC	52 HRC
Tensile strength R _m	1480 MPa 96 tsi 214 000 psi	1640 MPa 106 tsi 237 000 psi	1900 MPa 123 tsi 275 000 psi
Yield strength R _{p0.2}	1210 MPa 78 tsi 175 000 psi	1380 MPa 89 tsi 200 000 psi	1560 MPa 101 tsi 226 000 psi
Elongation A ₅	13 %	13 %	12,5 %
Reduction of area Z	55 %	55 %	52 %

TENSILE PROPERTIES AT ELEVATED TEMPERATURE

Short transverse direction.

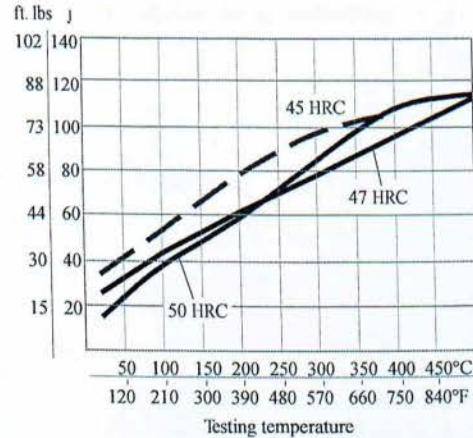


Minimum average unnotched impact ductility is 300 J (220 ft lbs) in the short transverse direction at 44–46 HRC.

CHARPY V-NOTCH IMPACT TOUGHNESS AT ELEVATED TEMPERATURE

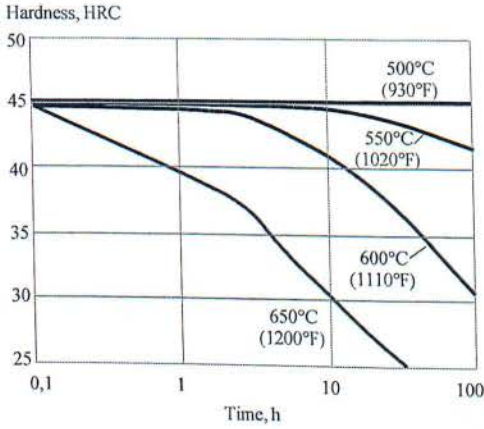
Short transverse direction.

Impact energy



TEMPER RESISTANCE

The specimens have been hardened and tempered to 45 HRC and then held at different temperatures from 1 to 100 hours.



Heat treatment—
general recommendations

Soft annealing

Protect the steel and heat through to 850°C (1560°F). Then cool in furnace at 10°C (20°F) per hour to 600°C (1110°F), then freely in air.

Stress relieving

After rough machining the tool should be heated through to 650°C (1200°F), holding time 2 hours. Cool slowly to 500°C (930°F), then freely in air.

Hardening

Preheating temperature: 600–900°C (1110–1650°F). Normally a minimum of two preheats, the first in the 600–650°C (1110–1200°F) range, and the second in the 820–850°C (1510–1560°F) range. When three preheats are used the second is carried out at 820°C (1510°F) and the third at 900°C (1650°F).

Austenitizing temperature: 1000–1030°C (1830–1890°F).

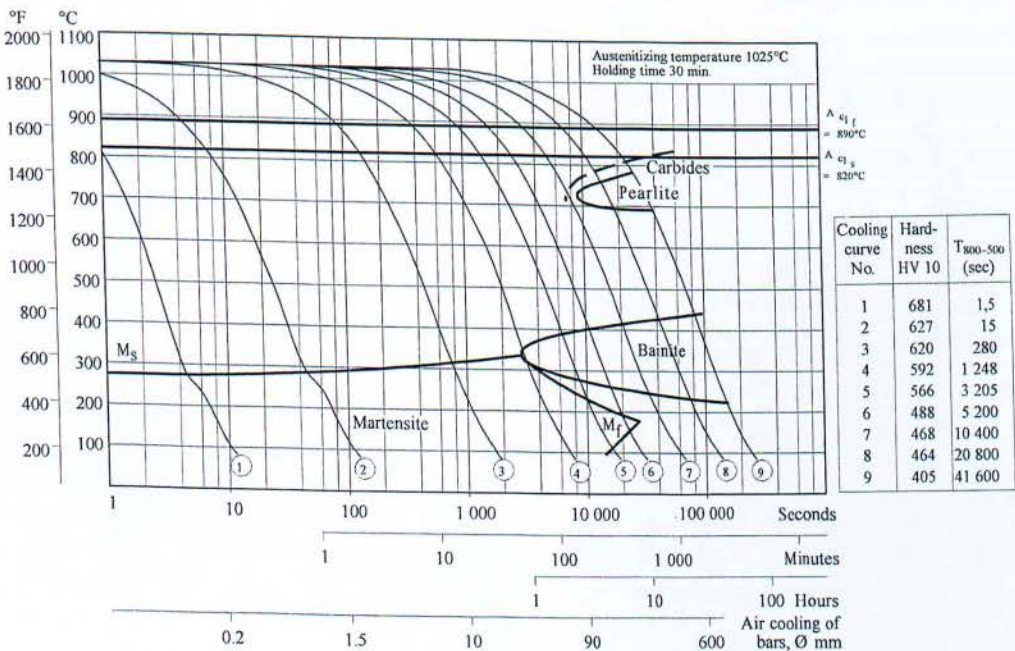
Temperature °C	Temperature °F	Soaking time* minutes	Hardness before tempering
1000	1830	30	52 ± 2 HRC
1025	1875	30	55 ± 2 HRC

* Soaking time = time at hardening temperature after the tool is fully heated through

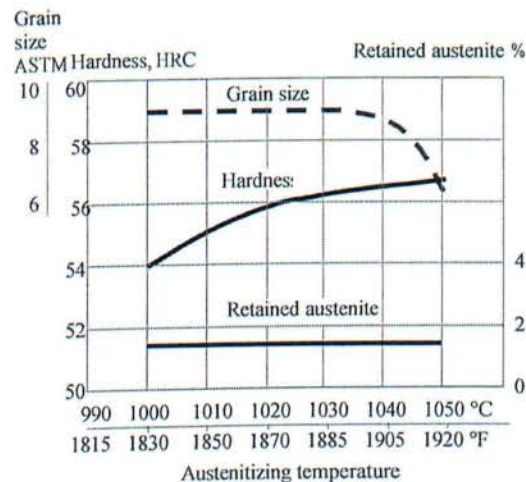
Protect the tool against decarburization and oxidation during austenitizing.

CCT GRAPH

Austenitizing temperature 1025°C (1875°F). Holding time 30 minutes.



HARDNESS, GRAIN SIZE AND RETAINED AUSTENITE AS FUNCTIONS OF AUSTENITIZING TEMPERATURE



Quenching

As a general rule, quench rates should be as rapid as possible. Accelerated quench rates are required to optimize tool properties specifically with regards to toughness and resistance to gross cracking. However, risk of excessive distortion and cracking must be considered.

QUENCHING MEDIA

The quenching media should be capable of creating a fully hardened microstructure. Different quench rates for Uddeholm Dievar are defined by the CCT graph, page 5.

RECOMMENDED QUENCHING MEDIA

- High speed gas/circulating atmosphere
- Vacuum (high speed gas with sufficient positive pressure). An interrupted quench at 320–450°C (610–840°F) is recommended where distortion control and quench cracking are a concern
- Martempering bath, salt bath or fluidized bed at 450–550°C (840–1020°F)
- Martempering bath, salt bath or fluidized bed at 180–200°C (360–390°F)
- Warm oil, approx. 80°C (180°F)

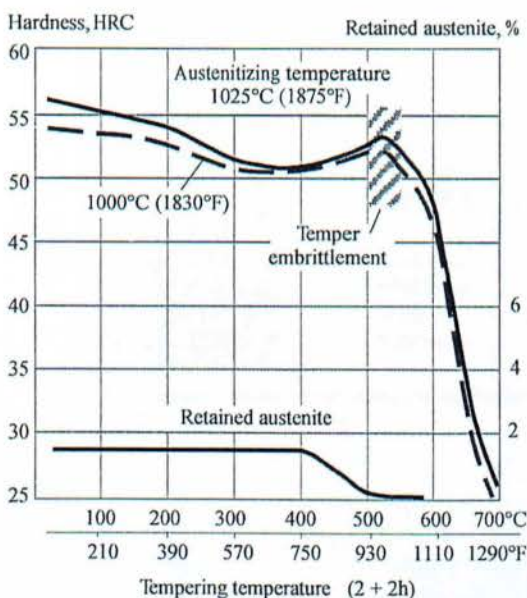
Note: Temper the tool as soon as its temperature reaches 50–70°C (120–160°F).

Tempering

Choose the tempering temperature according to the hardness required by reference to the tempering graph below. Temper minimum three times for die casting dies and minimum twice for forging and extrusion tools with intermediate cooling to room temperature. Holding time at temperature minimum 2 hours.

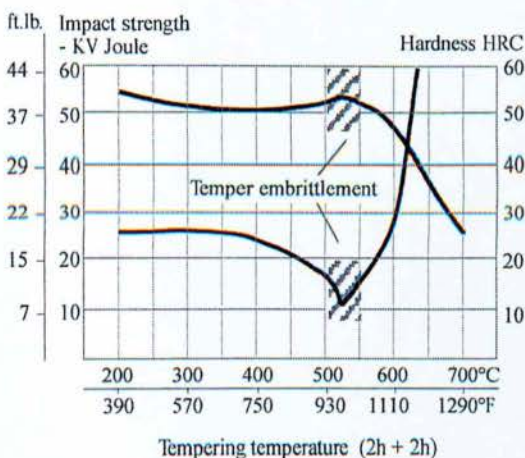
Tempering in the range of 500–550°C (930–1020°F) for the intended final hardness will result in a lower toughness.

TEMPERING GRAPH



EFFECT OF TEMPERING TEMPERATURE ON ROOM TEMPERATURE CHARPY V NOTCH IMPACT ENERGY

Short transverse direction.



Dimensional changes during hardening and tempering

During hardening and tempering the tool is exposed to both thermal and transformation stresses. These stresses will result in distortion. Insufficient levels of machine stock may result in slower than recommended quench rates during heat treatment. In order to predict maximum levels of distortion with a proper quench, a stress relief is always recommended between rough and semi-finish machining, prior to hardening.

For a stress relieved Uddeholm Dievar tool a minimum machine stock of 0.3% is recommended to account for acceptable levels of distortion during a heat treatment with a rapid quench.

Nitriding and nitrocarburizing

Nitriding and nitrocarburizing result in a hard surface layer which has the potential to improve resistance to wear and soldering, as well as resistance to premature heat checking. Uddeholm Dievar can be nitrided and nitrocarburized via a plasma, gas, fluidized bed, or salt process. The temperature for the deposition process should be minimum 25–50°C (50–90°F) below the highest previous tempering temperature, depending upon the process time and temperature. Otherwise a permanent loss of core hardness, strength, and/or dimensional tolerances may be experienced.

During nitriding and nitrocarburizing, a brittle compound layer, known as the white layer, may be generated. The white layer is very brittle and may result in cracking or spalling when exposed to heavy mechanical or thermal loads. As a general rule the white layer formation must be avoided.

Nitriding in ammonia gas at 510°C (950°F) or plasma nitriding at 480°C (895°F) both result in a surface hardness of approx. 1100 HV_{0.2}.

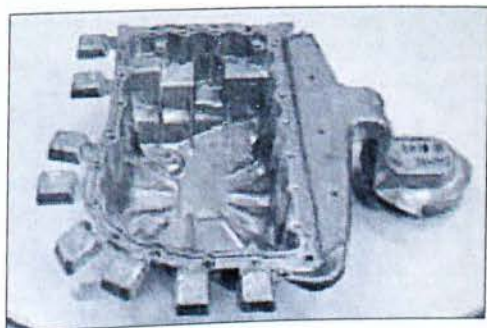
In general, plasma nitriding is the preferred method because of better control over nitrogen potential. However, careful gas nitriding can give same results.

The surface hardness after nitrocarburizing in either gas or salt bath at 580°C (1075°F) is approx. 1100 HV_{0.2}.

Depth of nitriding

Process	Time	Depth*	Hardness HV _{0.2}
Gas nitriding at 510°C (950°F)	10 h	0.16 mm 0.0063 inch	1100
	30 h	0.22 mm 0.0087 inch	1100
Plasma nitriding at 480°C (895°F)	10 h	0.15 mm 0.0059 inch	1100
Nitrocarburizing – in gas at 580°C (1075°F) – in salt bath at 580°C (1075°F)	2 h	0.13 mm 0.0051 inch	1100
	1 h	0.08 mm 0.0031 inch	1100

* Depth of case = distance from surface where hardness is 50 HV_{0.2} over base hardness



Cutting data recommendations

The cutting data below are to be considered as guiding values which must be adapted to existing local condition.

The recommendations, in following tables, are valid for Uddeholm Dievar in soft annealed condition approx. 160 HB.

Turning

Cutting data parameters	Turning with carbide		Turning with high speed steel
	Rough turning	Fine turning	Fine turning
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	150-200 490-655	200-250 655-820	15-20 50-65
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.2-0.4 0.008-0.016	0.05-0.2 0.002-0.008	0.05-0.3 0.002-0.012
Depth of cut (a_p) mm inch	2-4 0.08-0.16	0.5-2 0.02-0.08	0.5-2 0.02-0.08
Carbide designation ISO US	P20-P30 C6-C5 Coated carbide	P10 C7 Coated carbide or cermet	- -

Milling

FACE- AND SQUARE SHOULDER MILLING

Cutting data parameters	Milling with carbide	
	Rough milling	Fine milling
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	130-180 430-590	180-220 590-720
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.2-0.4 0.008-0.016	0.1-0.2 0.004-0.008
Depth of cut (a_p) mm inch	2-4 0.08-0.16	-2 -0.08
Carbide designation ISO US	P20-P40 C6-C5 Coated carbide	P10 C7 Coated carbide or cermet

END MILLING

Cutting data parameters	Type of milling		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	130-170 425-560	120-160 390-520	25-30 ¹⁾ 80-100 ¹⁾
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.03-0.20 ²⁾ 0.001-0.008 ²⁾	0.08-0.20 ²⁾ 0.003-0.008 ²⁾	0.05-0.35 ²⁾ 0.002-0.014 ²⁾
Carbide designation ISO US	-	P20-P30 C6-C5	- -

¹⁾ For coated HSS end mill $v_c = 45-50$ m/min. (150-160 f.p.m.)

²⁾ Depending on radial depth of cut and cutter diameter

Drilling

HIGH SPEED STEEL TWIST DRILL

Drill diameter		Cutting speed (v_c)		Feed (f)	
mm	inch	m/min	f.p.m.	mm/r	i.p.r.
5	3/16	15-20*	49-66*	0.05-0.15	0.002-0.006
5-10	3/16-3/8	15-20*	49-66*	0.15-0.20	0.006-0.008
10-15	3/8-5/8	15-20*	49-66*	0.20-0.25	0.008-0.010
15-20	5/8-3/4	15-20*	49-66*	0.25-0.35	0.010-0.014

* For coated HSS drill $v_c = 35-40$ m/min. (110-130 f.p.m.)

CARBIDE DRILL

Cutting data parameters	Type of drill		
	Indexable insert	Solid carbide	Carbide tip ¹⁾
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	180-220 590-720	120-150 390-490	60-90 195-295
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.05-0.25 ²⁾ 0.002-0.01 ²⁾	0.10-0.25 ³⁾ 0.004-0.01 ³⁾	0.15-0.25 ⁴⁾ 0.006-0.01 ⁴⁾

¹⁾ Drill with replaceable or brazed carbide tip

²⁾ Feed rate for drill diameter 20-40 mm (0.8"-1.6")

³⁾ Feed rate for drill diameter 5-20 mm (0.2"-0.8")

⁴⁾ Feed rate for drill diameter 10-20 mm (0.4"-0.8")

Cutting data recommendations

The cutting data below should be considered as guidelines only. These guidelines must be adapted to local machining conditions.

The recommendations, in following tables, are valid for Uddeholm Dievar hardened and tempered to 44–46 HRC.

Turning

Cutting data parameters	Turning with carbide	
	Rough turning	Fine turning
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	40–60 130–195	70–90 230–295
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.2–0.4 0.008–0.016	0.05–0.2 0.002–0.008
Depth of cut (a_p) mm inch	1–2 0.04–0.08	0.5–1 0.02–0.04
Carbide designation ISO US	P20–P30 C6–C5 Coated carbide	P10 C7 Coated carbide or mixed ceramic

Drilling

HIGH SPEED STEEL TWIST DRILL (TiCN COATED)

Drill diameter		Cutting speed (v_c)		Feed (f)	
mm	inch	m/min	t.p.m.	mm/r	i.p.r.
– 5	–3/16	4–6	13–20	0.05–0.10	0.002–0.004
5–10	3/16–3/8	4–6	13–20	0.10–0.15	0.004–0.006
10–15	3/8–5/8	4–6	13–20	0.15–0.20	0.006–0.008
15–20	5/8–3/4	4–6	13–20	0.20–0.30	0.008–0.012

CARBIDE

DRILL

Cutting data parameters	Type of drill		
	Indexable insert	Solid carbide	Carbide tip ¹⁾
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	60–80 195–260	60–80 195–260	40–50 130–160
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.05–0.25 ²⁾ 0.002–0.01 ²⁾	0.10–0.25 ³⁾ 0.004–0.01 ³⁾	0.15–0.25 ⁴⁾ 0.006–0.01 ⁴⁾

- ¹⁾ Drill with replaceable or brazed carbide tip
- ²⁾ Feed rate for drill diameter 20–40 mm (0.8”–1.6”)
- ³⁾ Feed rate for drill diameter 5–20 mm (0.2”–0.8”)
- ⁴⁾ Feed rate for drill diameter 10–20 mm (0.4”–0.8”)

Milling

FACE-AND SQUARE SHOULDER MILLING

Cutting data parameters	Milling with carbide	
	Rough milling	Fine milling
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	50–90 160–295	90–130 295–425
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.2–0.4 0.008–0.016	0.1–0.2 0.004–0.008
Depth of cut (a_p) mm inch	2–4 0.08–0.16	–2 –0.08
Carbide designation ISO US	P20–P40 C6–C5 Coated carbide	P10 C7 Coated carbide or cermet

END MILLING

Cutting data parameters	Type of milling		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel TiCN coated
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	60–80 195–260	70–90 230–295	5–10 16–33
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.03–0.20 ¹⁾ 0.001–0.008 ¹⁾	0.08–0.20 ¹⁾ 0.003–0.008 ¹⁾	0.05–0.35 ¹⁾ 0.002–0.014 ¹⁾
Carbide designation ISO US	–	P10–P20 C6–C5	–

¹⁾ Depending on radial depth of cut and cutter diameter

Grinding

A general grinding wheel recommendation is given below. More information can be found in the Uddeholm publication “Grinding of Tool Steel”.

WHEEL RECOMMENDATION

Type of grinding	Soft annealed condition	Hardened condition
Face grinding straight wheel	A 46 HV	A 46 HV
Face grinding segments	A 24 GV	A 36 GV
	A 46 LV	A 60 KV
Cylindrical grinding Internal	A 46 JV	A 60 IV
	A 100 LV	A 120 JV

Electrical Discharge Machining—EDM

Following the EDM process, the applicable die surfaces are covered with a resolidified layer (white layer) and a rehardened and untempered layer, both of which are very brittle and hence detrimental to die performance. If EDM is used the white layer must be completely removed mechanically by grinding or stoning. After the finish machining the tool should also then be given an additional temper at approx. 25°C (50°F) below the highest previous tempering temperature.

Further information is given in the Uddeholm brochure "EDM of Tool Steel".

Further information

Please contact your local Uddeholm office for further information on the selection, heat treatment, application and availability of Uddeholm tool steels.

Welding

Welding of die components can be performed, with acceptable results, as long as the proper precautions are taken during the preparation of the joint, the filler material selection, the preheating of the die, the controlled cooling of the die and the post weld heat treatment processes. The following guidelines summarize the most important welding process parameters.

For more detailed information refer to the Uddeholm brochure "Welding of Tool Steel".

Welding method	TIG	MMA
Preheating temperature*	325–375°C (620–710°F)	325–375°C (620–710°F)
Filler metals	DIEVAR TIG-Weld QRO 90 TIG-Weld	QRO 90 Weld
Maximum interpass temperature	475°C (880°F)	475°C (880°F)
Post welding cooling	20–40°C/h (35–70°F/h) for the first 2–3 hours and then freely in air.	
Hardness after welding	48–53 HRC	48–53 HRC
<i>Heat treatment after welding</i>		
Hardened condition	Temper 10–20°C (20–40°F) below the highest previous tempering temperature.	
Soft annealed condition	Soft-anneal the material at 850°C (1560°F) in protected atmosphere. Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 600°C (1110°F) then freely in air.	

* Preheating temperature must be established throughout the die and must be maintained for the entirety of the welding process, to prevent weld cracking



Network of excellence

UDDEHOLM is present on every continent. This ensures you high-quality Swedish tool steel and local support wherever you are. ASSAB is our wholly-owned subsidiary and exclusive sales channel, representing Uddeholm in the Asia Pacific area. Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials.

UDDEHOLM is the world's leading supplier of tooling materials. This is a position we have reached by improving our customers' everyday business. Long tradition combined with research and product development equips Uddeholm to solve any tooling problem that may arise.

It is a challenging process, but the goal is clear – to be your number one partner and tool steel provider.

Our presence on every continent guarantees you the same high quality wherever you are. ASSAB is our wholly-owned subsidiary and exclusive sales channel, representing Uddeholm in the Asia Pacific area.

Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials. We act worldwide, so there is always an Uddeholm or ASSAB representative close at hand to give local advice and support.

For us it is all a matter of trust – in long-term partnerships as well as in developing new products. Trust is something you earn, every day.

For more information, please visit www.uddeholm.com, www.assab.com or your local website.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σε όσα αναφέρθηκαν , στόχος ήταν να αναδειχθεί ο τρόπος με τον οποίο ένα σύστημα μετάδοσης μπορεί να εκμεταλλευτεί και να ανταπεξέλθει στην υποδύναμη αλλά και πως αυτή επηρεάζει τα επιμέρους στοιχεία που το απαρτίζουν.

Οι τύποι οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν απέδειξαν ότι κομμάτια που αποτελούν το σύστημα αυτό ,όπως πολύσφηνο και οι τριβείς (ρουλεμάν) είναι αρκετά ανθεκτικά και αυξημένης αντοχής σε φορτία, συμβάλλοντας έτσι στην δημιουργία ενός συνόλου μικρού σε όγκο αλλά παράλληλα μεγάλης αντοχής.

Αντιθέτως ένα από τα πιο πολύπλοκα και παράλληλα τα πιο απαιτητικά συστήματα του κιβωτίου είναι η σωστή εκλογή τροχών. Έννοιες όπως υλικό , γωνία οδόντωσης, modul , σχέση μετάδοσης και αλλά στοιχεία υπολογισμού κατατάσσουν την σωστή επιλογή σε ένα συνονθύλευμα πινάκων και πράξεων.

Για την ορθή απόδειξη των παραπάνω χρησιμοποιήθηκε υλικό από τα τεχνικά φυλλάδια των εταιριών BÖHLER και την BANSTEEL. Μέσα από τους πίνακες αυτών και μόνο ήταν δυνατή εύρεση του αρχικού υλικού κατασκευής αλλά και η επιλογή του σωστού για τις αυξημένες ανάγκες του μετέπειτα κινητήρα.

Με το εγχείρημα και την έρευνα που σας παρουσίασα , πρέπει να επισημανθεί ότι υπήρξαν αρκετές υπολογιστικές δυσκολίες. Για την ακριβή καταγραφή των μετρήσεων παρουσιάστικαν εμπόδια , όπως η μέτρηση της γωνίας οδόντωσης. Με τα στοιχεία όμως αυτά και με τη διαδικασία στο σύνολο της , επιβεβαιώθηκε οτι με σωστούς υπολογισμούς αλλά και τα απαραίτητα υλικά-εργαλεία ο υπολογισμός βασικών στοιχείων κιβωτίου ταχυτήτων επιδόσεων είναι εφικτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- <http://www.bansteel.cz/o-firme/>
- <http://www.bohlersteel.com/>
- www.uddeholm.com
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%85%CE%BC%CF%80%CE%B%CE%AD%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%82>
- <http://forums.gearboxsoftware.com/>

ΒΙΒΛΙΑ

- Bowen Robert, *How to rebuild and modify your manual transmission*, εκδ. Motorbooks Workshop, ΗΠΑ, 2005
- Στεργίου Ιωαν. Στεργίου Κων., *Στοιχεία μηχανών 1*, εκδ Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα, 2003
- Στεργίου Ιωαν. Στεργίου Κων., *Στοιχεία μηχανών 2*, εκδ Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα, 2002
- Φρυδάκης Μιχ., *Στοιχεία μηχανών 3*, εκδ Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα, 2003