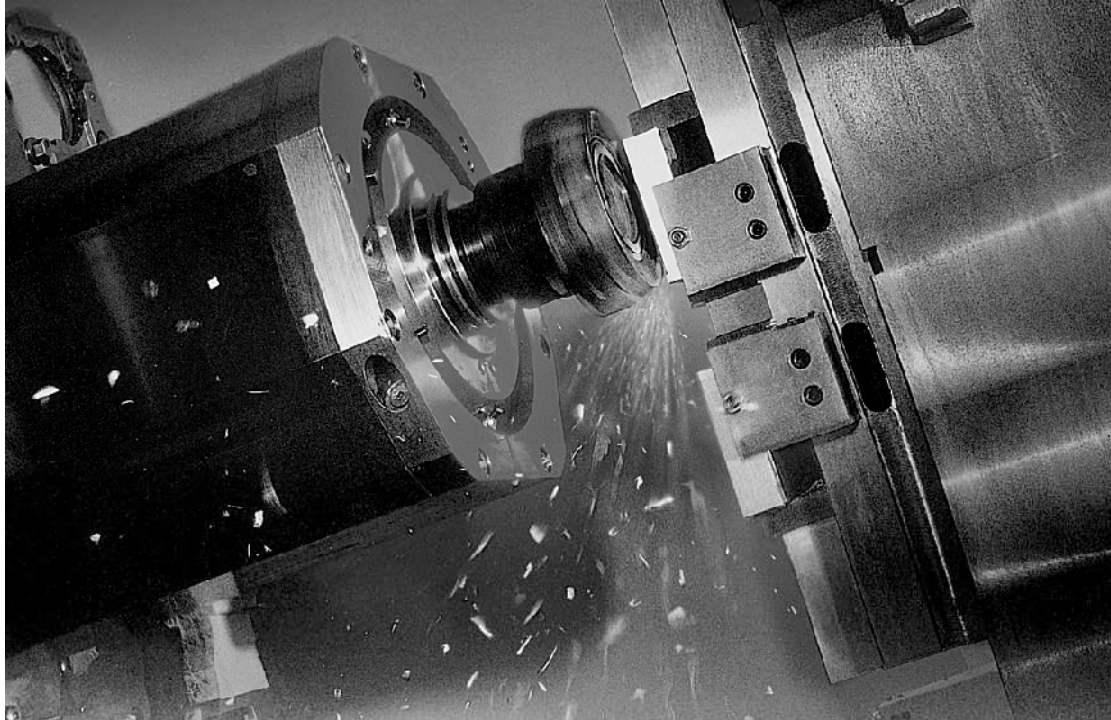




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

Σχεδιασμός βιομηχανικής παραγωγής εξαρτήματος

Φοιτητής: Μπουλταδάκης Γεράσιμος

Επιβλέπων Καθηγητής: Παξινός Κοσμάς

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στη εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας και συγκεκριμένα προς τον Καθηγητή, κ. Παξινό Κοσμά, καθηγητή εφαρμογών του Τμήματος Μηχανολογίας, για τη ανάθεση της πτυχιακής εργασίας, την συμβουλή του και την αστείρευτη παροχή γνώσεων κατά την διάρκεια όλων των ετών παραμονής μου στο Τ.Μ. Τους γονείς μου και τα αδέρφια μου για τη συνολική τους συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Πολύζο για την βοήθεια του στην διόρθωση του μηχανολογικού σχεδίου, τον συνάδελφο Φωτεινάκη Μιχάλη για τις πληροφορίες και τις τιμές των κοπτικών, το μηχανουργείο της ΣΤΕΦ Χανίων, καθώς και τον μηχανουργό Κ. Παπαδάκη για τις πολύτιμες πληροφορίες που προσέφερε.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο λόγος που με οδήγησε στην επιλογή αυτού του θέματος για την διπλωματική μου εργασία είναι γιατί πιστεύω ότι η σωστή σχεδίαση της παραγωγής στην βιομηχανία έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας με τα γνωστά ευνοϊκά αποτελέσματα για την οικονομία. Ακόμα και σήμερα στην Ελλάδα οι παραγωγές δεν έχουν σχεδιασμό ανάπτυξης και βελτιστοποίησης με συνέπεια την μη ανταγωνιστικότητα τους στις αγορές.

Στην εργασία αυτή αναπτύσσονται οι ανάλογες θεωρίες για τις κατεργασίες, τους χρόνους και την ισχύ κοπής, καθώς και για τα μοντέλα οργάνωσης παράγωγής. Έμφαση δίδεται στα φασεολόγια, όπου θα αναπτύξουμε μια εναλλακτική μέθοδο κατασκευής τους. Επίσης περιέχονται οι τύποι υπολογισμών και κάποια τυπολόγια. Και τέλος αναπτύσσεται ένα λεπτομερές παράδειγμα οργάνωσης βιομηχανικής παραγωγής, μιας ειδικής ατράκτου.

Copyright © Μπουλταδάκης Γεράσιμος, 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Τμήματος Μηχανολογίας, ΑΤΕΙ Κρήτης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο 1^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται η έννοια της κατεργασίας, αναφέρονται οι μηχανουργικές κατεργασίες και οι βασικές παράμετροι τους. Στην συνέχεια αναλύονται οι κατεργασίες, της τόννευσης, του φρεζαρίσματος, του πλανίσματος, της διάτρησης και της λείανσης. Όπως και τα κοπτικά εργαλεία της κάθε εργασίας. Στην συνέχεια αναλύεται ο τρόπος υπολογισμού της ισχύος κοπής και της μέτρησης των χρόνων των κατεργασιών.

Στο 2^ο κεφάλαιο επεξηγείται και αναλύεται η έννοια της οργάνωσης παραγωγής. Επίσης αναλύονται οι βασικοί τύποι συστημάτων παραγωγής, τα έργα, οι διακριτές παραγωγές, κατά παραγγελία παραγωγές, συνεχούς ροής, τύπου κυψέλης, ευέλικτες και συστήματα διεργασιών. Στην συνέχεια αναφέρουμε τα επίπεδα και τους τρόπους λήψης αποφάσεων και τα σύγχρονα συστήματα λήψης αποφάσεων, το MRP, Just to Time, OPT, FCS, kanban. Στην συνέχεια αναφέρουμε τα προβλήματα λήψης αποφάσεων με εφαρμογή του συστήματος MRP. Από της λήψης αποφάσεων προκύπτει ένας ή περισσότεροι κατάλογοι υλικών (BOM) όπου στην συνέχεια αναπτύσσονται οι κατηγορίες και οι λειτουργίες τους. Αναφέρονται τα κέντρα μηχανών, η ιεραρχία τους και ο προσδιορισμός τους. Εδώ αναπτύσσεται η έννοια του φρασεολογίου οι μέθοδοι κατασκευής τους και δημιουργείτε ένας εναλλακτικός τρόπος κατασκευής που χρησιμοποιεί περισσότερα σύμβολα, για διευκρίνησης. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται ο προσδιορισμός του πρότυπου κόστους, το άμεσο κόστος, το έμμεσο και τα γενικά βιομηχανικά έξοδα.

Στο 3^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται μια μελέτη για την βιομηχανική κατασκευή ενός δοκιμίου. Προσδιορίζεται το υλικό κατασκευής, οι φάσεις κατεργασίας, στην συνέχεια αναλύεται το κόστος, ο χρόνος και η ισχύς κοπής, της κάθε φάσης. Επίσης μετράμε προσεγγιστικά τους νεκρούς χρόνους της κατασκευής και δημιουργείτε ένα αρχικό κόστος. Έτσι φτάνουμε στην οργάνωση της παραγωγής όπου λαμβάνονται οι απαραίτητες αποφάσεις και έτσι φτάνουμε σε ένα τελικό κόστος βιομηχανικής παραγωγής της ατράκτου που επιλέξαμε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΤΗΣ ΙΣΧΥΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	7
1.2 ΟΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΒΟΛΗΣ ΥΛΙΚΟΥ (ΚΟΠΕΣ).....	8
1.2.1 Βασικές παράμετροι της κοπής των μετάλλων.....	10
1.2.2 δείκτης ή συντελεστής συμπίεσεως αποβλήτου.....	12
1.2.2.1 φυσική σημασία.....	12
1.2.2.2 γενικές παρατηρήσεις.....	12
1.2.2.3 Επίδραση των συνθηκών κοπής επί του λ.....	12
1.3 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΟΡΝΕΥΣΗΣ.....	15
1.3.1 Είδη τórνευσης.....	16
1.3.2 Τα κοπτικά εργαλεία στην κατεργασία της τórνευσης.....	19
1.3.3 Συνθήκες κοπής στην κατεργασία της τórνευσης.....	20
1.3.4 Επιλογή ταχύτητας Κατεργασίας.....	20
1.3.5 Κύριος χρόνος κοπής.....	22
1.3.5.1 Διαμήκης τórνευση.....	22
1.3.5.2 Μετωπική τórνευση.....	23
1.3.5.3 Μετωπική τórνευση δακτυλίου με n=σταθερό.....	23
1.3.5.4 Σπειροτόμηση.....	24
1.3.6 Τα υγρά κοπής στην κατεργασία της κοπής.....	24
1.4 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ.....	26
1.4.1 Η φρέζα.....	29
1.4.2 Κοπτικά εργαλεία.....	30
1.4.3 Συνθήκες κατεργασίας.....	31
1.4.4 Οι δυνάμεις κοπής.....	32
1.5 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΝΙΣΜΑΤΟΣ.....	32
1.5.1 Είδη πλανών.....	32
1.5.2 ταχύτητα κοπής.....	34
1.5.3 βάθος κοπής και πρόωση.....	35
1.5.4 χρόνος κατεργασίας.....	35
1.5.5 μήκος διαδρομής της πλάνης.....	35
1.6 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ.....	36
1.6.1 Το δράπανο.....	37
1.6.2 Το τρυπάνι.....	38
1.7 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ.....	40
1.7.1 Ο λειαντικός τροχός.....	40
1.7.2 Μηχανισμός λείανσης.....	42
1.8 ΙΣΧΥΣ ΚΟΠΗΣ.....	43
1.8.1 Ισχύς ηλεκτροκινητήρα κοπής τórνου.....	43
1.8.2 Ισχύς ηλεκτροκινητήρα κοπής εργαλειομηχανών.....	43
1.9 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	44
1.9.1 Μελέτη χρόνων.....	45
1.9.1.1 Συγκέντρωση και καταγραφή πληροφοριών.....	45
1.9.1.2 Καταγραφή μεθόδου – ανάλυση εργασίας σε στοιχεία.....	45
1.9.1.3 Χρονομέτρηση των στοιχείων.....	47
1.9.1.4 Εκτίμηση ρυθμού.....	48
1.9.1.5 Μετατροπή χρόνου εργασίας σε κανονικό.....	49
1.9.1.6 Χρονικές παραδοχές.....	49
1.9.1.6.1 Χρονικές παροχές διαδικασίας.....	49
1.9.1.6.2 Χρονικές παροχές αναπαύσεως.....	49
1.9.1.6.3 Ειδικές χρονικές παροχές.....	51
1.9.1.6.4 Παροχές πολιτικής.....	51
1.9.1.7 Πρότυπος χρόνος.....	51
1.9.2 Άλλες τεχνικές μετρήσεως εργασίας.....	51
1.9.2.1 Σύθεση χρόνων.....	51
1.9.2.2 Σύθεση από χρόνους προκαθορισμένων κινήσεων.....	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ –ΒΕΛΤΙΩΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	52
2.1.1 Συστήματα κατασκευής έργων (Project Shops).....	53
2.1.2 Συστήματα διακριτής παραγωγής (Discrete Production Systems).....	53
2.1.3 Σύστημα παραγωγής κατά παραγγελία (Job Shop).....	53
2.1.4 Σύστημα παραγωγής συνεχούς ροής (Flow Shop).....	54
2.1.5 Σύστημα παραγωγής τύπου κυψέλης (Cellular Shop)	54
2.1.6 Ευέλικτο σύστημα παραγωγής (Flexible Manufacturing System - FMS)	55
2.1.7 Συστήματα διεργασιών (Process Systems)	55
2.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	55
2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	58
2.3.1 Συστήματα MRP/MRP II/ERP	59
2.3.2 Συστήματα JIT/JIT II	61
2.3.3 Συστήματα OPT/TOC	64
2.3.4 Συστήματα FCS	65
2.3.5 Σύστημα kanban.....	66
2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ MRP-BASED.....	68
2.4.1 Περιγραφή της κλασικής μεθόδου MRP.....	69
2.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΝΟΣ ΒΟΜ.....	72
2.5.1 Δημιουργία ΒΟΜ.....	72
2.5.2 Κατηγορίες ΒΟΜ	73
2.5.3 Λειτουργίες αλλαγής και διαγραφής στοιχείων.....	73
2.5.4 Λειτουργίες ελέγχου και σύγκρισης.....	73
2.5.5 Phantom ΒΟΜs.....	73
2.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	75
2.6.1 Ιεραρχία των παραγωγικών τμημάτων και πόρων.....	75
2.6.2 Προσδιορισμός στοιχείων κέντρου εργασίας.....	76
2.6.3 Χρόνος αναμονής και ημερολόγιο.....	78
2.6.4 Προσδιορισμός στοιχείων κέντρου μηχανής.....	79
2.7 ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	80
2.8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟΥ.....	81
2.8.1 Παραγωγικοί χρόνοι.....	81
2.8.2 Μη παραγωγικοί χρόνοι.....	82
2.8.3 Κατηγορίες και λειτουργίες φασεολογίου.....	83
2.8.4 Εναλλακτική μέθοδος κατασκευής φασεολογίου.....	84
2.8.5 Ανάλυση σχημάτων της κίνησης στο μηχανουργείο.....	88
2.8.5.1 Σύμβολα κίνησης στο μηχανουργείο.....	89
2.8.5.2 Σχηματικός συμβολισμός κατεργασιών.....	91
2.9 ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	92
2.9.1 Άμεσο κόστος	92
2.9.2 Έμμεσο κόστος.....	93
2.9.3 Γενικά βιομηχανικά έξοδα (ΓΒΕ)	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

3.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΓΙΑ ΝΕΟ ΠΡΟΪΩΝ.....	95
3.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ.....	95
3.2.1 Φάσεις κατεργασίας ατράκτου.....	96
3.2.2 Επιλογή του υλικού κατασκευής.....	96
3.2.3 Άμεσο κόστος του υλικού ανά τεμάχιο.....	97
3.2.4 Κόστος εργασίας.....	97
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΑ ΦΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	97
3.3.1 Φάση 1 ^η	97
3.3.1.1 Υπολογισμός χρόνου εργασίας.....	97
3.3.1.2 Επιλογή και κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου.....	98
3.3.1.3 Υπολογισμός ισχύος κοπής.....	99
3.3.1.4 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων.....	99
3.3.1.5 Κόστος 1 ^{ης} Φάσης.....	99
3.3.2 Φάση 2 ^η	100
3.3.2.1 Υπολογισμοί κρίσιμων μεγεθών.....	100
3.3.2.2 Υπολογισμός χρόνου κατεργασίας.....	101
3.3.2.2.1 Υπολογισμός χρόνου μετωπικής τόνρευσης.....	102
3.3.2.2.2 Υπολογισμός χρόνου αξονικής τόνρευσης.....	103
3.3.2.2.3 Υπολογισμός νεκρών χρόνων.....	104
3.3.2.3 Κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου.....	106
3.3.2.4 Υπολογισμός ισχύος κοπής.....	106
3.3.2.5 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων.....	107
3.3.2.6 Κόστος 2 ^{ης} Φάσης.....	107
3.3.3 Φάση 3 ^η	108
3.3.3.1 Επιλογή κρίσιμων μεγεθών.....	108
3.3.3.2 Υπολογισμός χρόνου εργασίας.....	108
3.3.3.2.1 Υπολογισμός χρόνου κατεργασίας.....	108
3.3.3.2.2 Υπολογισμός νεκρών χρόνων.....	108
3.3.3.3 Κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου.....	109
3.3.3.4 Υπολογισμός ισχύος κοπής.....	109
3.3.3.5 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων.....	110
3.3.3.6 Κόστος 3 ^{ης} Φάσης.....	110
3.3.4 Φάση 4 ^η	112
3.3.4.1 Επιλογή κρίσιμων μεγεθών.....	112
3.3.4.2 Υπολογισμός χρόνου εργασίας.....	112
3.3.4.2.1 Υπολογισμός χρόνου κατεργασίας.....	112
3.3.4.2.2 Υπολογισμός νεκρών χρόνων.....	112
3.3.4.3 Κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου.....	114
3.3.4.4 Υπολογισμός ισχύος κοπής.....	114
3.3.4.5 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων.....	114
3.3.4.6 Κόστος 4 ^{ης} Φάσης.....	114
3.3.5 Φάση 5 ^η	116
3.3.5.1 Υπολογισμός χρόνου εργασίας.....	116
3.3.5.2 Επιλογή και κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου.....	118
3.3.5.3 Υπολογισμός ισχύος κοπής.....	118
3.3.5.4 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων.....	118
3.3.5.5 Κόστος 5 ^{ης} Φάσης.....	118
3.4 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	120
3.4.1 Στρατηγικός σχεδιασμός (Strategic planning).....	120
3.4.1.1 Μηχανολογικός εξοπλισμός και κτιριακά.....	120
3.4.2 Επιχειρησιακός σχεδιασμός (Business planning).....	120
3.4.2.1 Υπολογισμός κόστους.....	120
3.4.2.2 Καθορισμός ημερήσιας παραγωγικότητας και εργατικού δυναμικού.....	121
3.4.3 Λεπτομερής σχεδιασμός (detailed design).....	122
3.4.3.1 Διαχείριση αποθεμάτων.....	122
3.4.3.2 Κίνηση αποθεμάτων και διαχείριση του χωροταξικού.....	122
3.4.3.3 Επιβάρυνση κόστους από τους νεκρούς χρόνους.....	123
3.4.3.4 Κατάλογος των υλικών (BOM).....	124
3.4.3.5 Δημιουργία φασεολογίου και πίνακα μηχανών.....	128

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	129
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	130
ΣΧΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ.....	131-132

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΤΗΣ ΙΣΧΥΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

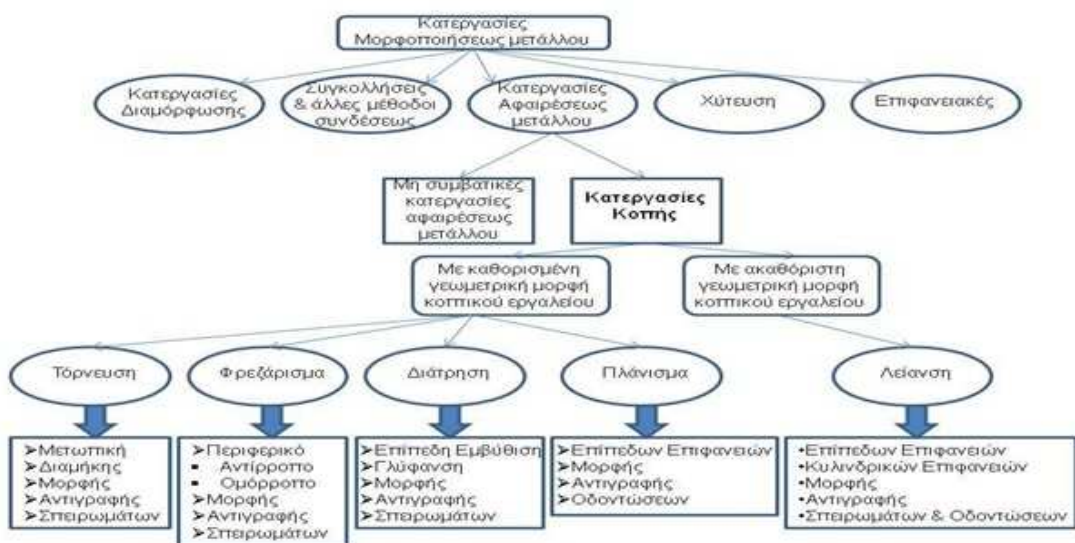
Η κατεργασία, στην ευρύτερη της έννοια, είναι η διαδικασία με την οποία τα ακατέργαστα υλικά μετατρέπονται τελικά σε προϊόντα. Η έννοια της κατεργασίας καλύπτει τόσο την καθεαυτού κατασκευή όσο και τα σχέδια των προς κατασκευή προϊόντων χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους κατεργασιών και τεχνικών παραγωγής. Η ιδέα της κατεργασίας πρωτοεμφανίστηκε περίπου το 5000 με 4000 π.Χ. με την παραγωγή προϊόντων από διάφορα είδη ξύλου, κεραμικών, πέτρας, και μετάλλου. Σύμφωνα με την σύγχρονη δε μορφή της είναι η διαδικασία παραγωγής προϊόντων από ακατέργαστα υλικά, με βάση διάφορες διαδικασίες και μηχανήματα οι οποίες ακολουθούν ένα οργανωμένο σχέδιο και κάθε βήμα που απαιτείται. Τα κατεργασμένα προϊόντα χρησιμοποιούνται επίσης για την παραγωγή άλλων προϊόντων. Επειδή ένα κατασκευασμένο αντικείμενο έχει υποβληθεί σε διάφορες αλλαγές μετά τις οποίες το ακατέργαστο υλικό έχει γίνει πλέον ένα χρήσιμο προϊόν, λαμβάνεται υπόψη η προστιθέμενη αξία, ως νομισματική αξία όσον αφορά την τιμή του προϊόντος. Με την βοήθεια της κατεργασίας μπορούμε να παράγουμε και ιδιαίτερα προϊόντα, δηλαδή είτε μεμονωμένα μέρη των κομματιών, είτε συνεχή προϊόντα. Η κατεργασία είναι γενικά μια σύνθετη δραστηριότητα στην οποία συμμετέχουν άνθρωποι που έχουν μια ευρεία σειρά πειθαρχιών και ικανοτήτων αλλά ταυτόχρονα χρησιμοποιείται και μια ευρεία ποικιλία μηχανημάτων, εξοπλισμού, και εργαλείων διαφόρων επιπέδων αυτοματισμού, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών, των ρομποτικών μηχανισμών και του υλικού εξοπλισμού χειρισμού. Οι μέθοδοι κατεργασίας θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε διάφορες ζητήσεις και τάσεις:

- Το προϊόν πρέπει να ικανοποιεί πλήρως τις απαιτήσεις του σχεδίου αλλά και τις απαραίτητες προδιαγραφές.
- Το προϊόν πρέπει να κατασκευαστεί με βάση τις πιο οικονομικές μεθόδους προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος παραγωγής.
- Η ποιότητα θα πρέπει να εξετάζεται σε κάθε στάδιο παραγωγής του προϊόντος, από το σχέδιο έως και το τελικό προϊόν, και όχι απλά να ελέγχεται αφότου κατασκευαστεί αυτό.
- Σε ένα ιδιαίτερα ανταγωνιστικό περιβάλλον, οι μέθοδοι παραγωγής πρέπει να είναι αρκετά εύκαμπτες για να αποκριθούν στις μεταβαλλόμενες ζητήσεις της αγοράς, στους τύπους των προϊόντων, τα ποσοστά παραγωγής, τις ποσότητες παραγωγής, και στην εντός χρόνου παράδοση στον πελάτη.

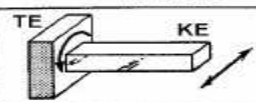
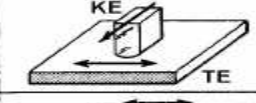

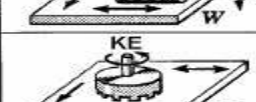

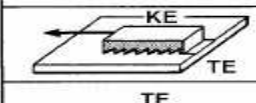
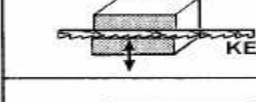

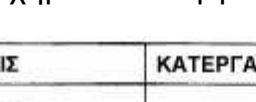
- Οι νέες εξελίξεις της τεχνολογίας στα υλικά, τις μεθόδους παραγωγής, τους υπολογιστές, τόσο στις τεχνολογικές όσο και στις διευθυντικές δραστηριότητες σε ένα κατασκευαστικό οργανισμό πρέπει να αξιολογηθούν άμεσα για να επιτευχθεί η έγκαιρη και οικονομική εφαρμογή τους.
- Ο κατασκευαστής πρέπει να εργαστεί με τον πελάτη για να πάρει την έγκαιρη ανατροφοδότηση που απαιτείται για τη συνεχή βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων.
- Ο κατασκευαστικός οργανισμός πρέπει συνεχώς να προσπαθεί για την υψηλότερη παραγωγικότητα, που καθορίζεται ως η βέλτιστη χρήση όλων των πόρων της: υλικά, μηχανές, ενέργεια, κεφάλαιο, εργασία, και τεχνολογία. Η απόδοση ανά υπάλληλο και ανά ώρα σε όλες τις φάσεις πρέπει να μεγιστοποιηθεί.

1.2 ΟΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΒΟΛΗΣ ΥΛΙΚΟΥ (ΚΟΠΕΣ)


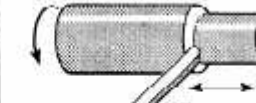
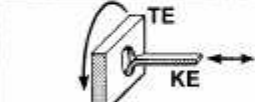
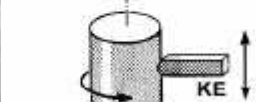

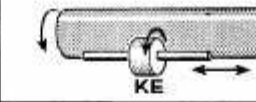


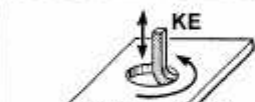

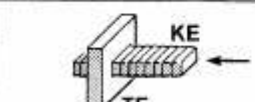
Οι κατεργασίες αυτές ταξινομούνται στις συμβατικές κατεργασίες κοπής και προκαλούν αφαίρεση υλικού από την επιφάνεια υπό την μορφή αποβλήτου. Επιθυμητός στόχος μπορεί να είναι ακόμη και η βελτίωση των ανοχών και της ποιότητας της επιφάνειας ενός προηγούμενως ήδη κατεργασμένου τεμαχίου, γεγονός που επιτυγχάνεται με την αφαίρεση του υπερβολικού υλικού υπό μορφή αποβλήτου μέσω ενός μεταλλικού κοπτικού εργαλείου εργαλειομηχανής. Η κατεργασία της κοπής είναι ικανή να επιτύχει γεωμετρικές διαμορφώσεις, ανοχές και ποιότητα επιφάνειας που είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν από οποιαδήποτε άλλη τεχνική. Εντούτοις, η κοπή αφαιρεί υλικό, για το οποίο έχουν ήδη ξοδευτεί χρήματα, υπό μορφή αποβλήτου που είναι δύσκολο να ανακυκλωθεί. Ως εκ τούτου οι εξελίξεις στοχεύουν συχνά στη μείωση του κόστους της παραγωγής αλλά και των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων κατά την χρησιμοποίηση της τεχνικής της κοπής. Μερικές από τις πιο συχνές κατεργασίες κοπής φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 1: κατεργασίες μορφοποίησης μετάλλου

ΚΙΝΗΣΕΙΣ	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ
	Τόρνευση
	Πλάνισμα
	Φρεζάρισμα
	Φρεζάρισμα
	Φρεζάρισμα
	Λείανση
	Broaching
	Πριόνισμα
	Φρεζάρισμα

Σχήμα 2 : κατεργασίες επίπεδων επιφανειών

ΚΙΝΗΣΕΙΣ	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΙΝΗΣΕΙΣ	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ
	Διάτρηση		Τόρνευση
	Boring		Τόρνευση
	Γλύφανση		Λείανση
	Λείανση		Πριόνισμα
	Boring		Τόρνευση
	Broaching		

Σχήμα 3 : κατεργασίες κυλινδρικών επιφανειών

1.2.1 Βασικές παράμετροι της κοπής των μετάλλων

Οι βασικές ανεξάρτητες μεταβλητές (αυτές δηλαδή που μπορούν να αλλάξουν άμεσα) στην διαδικασία κοπής είναι οι παρακάτω:

- Το υλικό του κοπτικού εργαλείου.
- Το σχήμα του κοπτικού εργαλείου, η ποιότητα της επιφάνειάς του, καθώς και η οξύτητα του.
- Το υλικό του προς κατεργασία τεμαχίου καθώς και η θερμοκρασία.
- Οι συνθήκες κοπής, όπως η ταχύτητα, το βάθος κοπής και η πρόωση.
- Η χρήση υγρών κοπής.
- Τα χαρακτηριστικά της εργαλειομηχανής, όπως η στιβαρότητα κλπ.
- Οι μηχανισμοί συγκράτησης του κοπτικού εργαλείου και του τεμαχίου.

Οι εξαρτημένες μεταβλητές είναι αυτές που επηρεάζονται από πιθανές αλλαγές των ανεξάρτητων μεταβλητών. Τέτοιες είναι:

- Ο τύπος του αποβλήτου που παράγεται.
- Οι δυνάμεις και η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την διαδικασία της κοπής.

Η αύξηση της θερμοκρασίας στο ως προς κατεργασία τεμάχιο, στο απόβλητο, και το κοπτικό εργαλείο.

- Η φθορά και η καταστροφή του κοπτικού εργαλείου.
- Η ποιότητα της επιφάνειάς που προκύπτει μετά την κατεργασία.

Από τις βασικές ανεξάρτητες μεταβλητές που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι σημαντικότερες στην κατεργασία της κοπής είναι:

Η ταχύτητα κοπής: είναι η σχετική ταχύτητα μεταξύ του κοπτικού εργαλείου και του προς κατεργασία τεμαχίου αναφερόμενη στην κύρια κίνηση κοπής.

Το βάθος κοπής: είναι το βάθος διείσδυσης του κοπτικού εργαλείου στο προς κατεργασία τεμάχιο.

Η πρόωση: είναι η σχετική κίνηση μεταξύ εργαλείου και τεμαχίου που προσφέρει με σταθερό ρυθμό στο εργαλείο νέο υλικό προς κοπή. Η κίνηση της πρόωσης στον τόρνο γίνεται από το κοπτικό εργαλείο, αλλά σε άλλες περιπτώσεις είναι δυνατό να γίνει και από το προς κατεργασία τεμάχιο. Στον τόρνο, ειδικότερα, μπορούμε να πούμε πως η πρόωση είναι η κατά την έννοια του άξονα περιστροφής μετακίνηση του κοπτικού εργαλείου ανά στροφή του αντικείμενου.

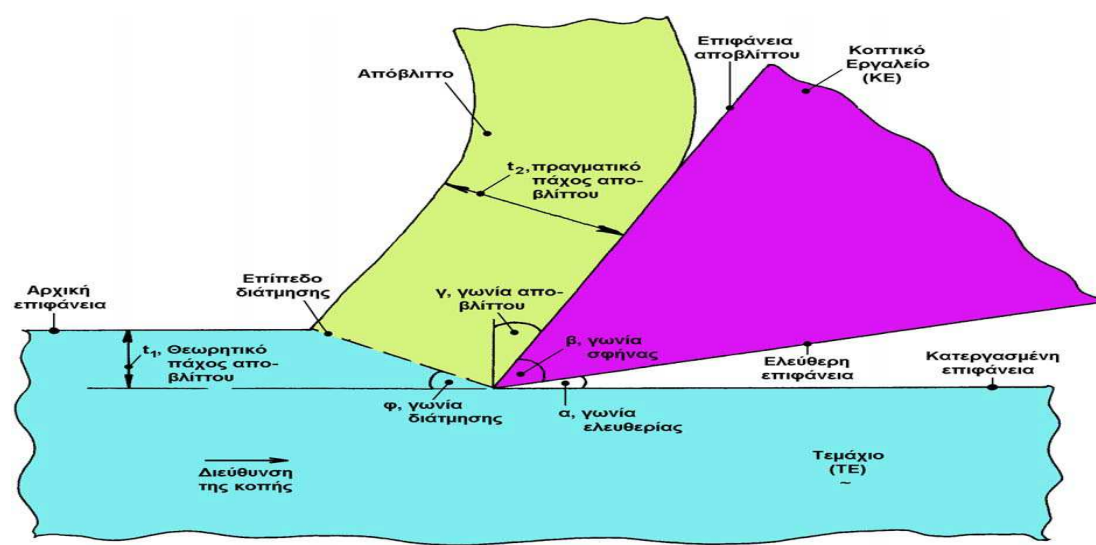
Δύο βασικοί παράγοντες της κατεργασίας κοπής είναι η εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται αλλά και το κοπτικό εργαλείο. Όσον αφορά την εργαλειομηχανή αυτή που χρησιμοποιείται συνήθως, ειδικά στην περίπτωση της κοπής με απλή σημειακή επαφή, είναι ο τόννος στον οποίο και θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά στην επόμενη ενότητα. Ιδιαίτερη σημασία αποτελεί επίσης και η επιλογή του κατάλληλου κοπτικού εργαλείου. Όσον αφορά το κοπτικό εργαλείο, οι κυριότερες γωνίες του είναι (σχήμα 4):

Η γωνία ελευθερίας α : επιτρέπει την μείωση της τριβής μεταξύ του προς κατεργασία τεμαχίου και του εργαλείου στις περιοχές του εργαλείου που πρόσκεινται στις δύο κόψεις του επηρεάζοντας την φθορά του κοπτικού εργαλείου.

Η γωνία αποβλήτου γ : είναι η γωνία μεταξύ του μετώπου του κοπτικού εργαλείου και της καθέτου που διέρχεται από το σημείο κοπής. Παίρνει μέρος στον σχηματισμό του αποβλήτου και ελέγχει αποτελεσματικά την κοπή, ενώ πιθανή αύξηση της γωνίας αποβλήτου οδηγεί στην μείωση των δυνάμεων κοπής. Σε μεγάλες όμως γωνίες αποβλήτου το κοπτικό εργαλείο γίνεται πιο αιχμηρό και είναι πιθανή η υπερθέρμανση του καθώς και ελάττωση της αντοχής του. Γενικά μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή μηδέν. Τέλος σε μεγάλες ταχύτητες κοπής και μικρή διατομή αποβλήτου η γωνία αποβλήτου λαμβάνει αρνητικές τιμές.

Η γωνία διατμήσεως ϕ : το υλικό παραμορφώνεται συνεχώς με πλαστική διάτμηση κατά μήκος του λεγόμενου επιπέδου διατμήσεως με αποτέλεσμα το σχηματισμό του αποβλήτου (με πάχος t_c). Το επίπεδο διατμήσεως κλίνει προς την διεύθυνση κοπής κατά μια γωνία ϕ .

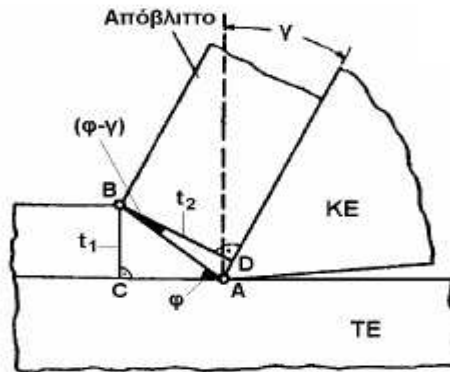
Το θεωρητικό (t_0) και πραγματικό (t_c) πάχος αποβλήτου: t_0 είναι το πάχος του στρώματος μετάλλου που αφαιρείται με τη βοήθεια του εργαλείου ενώ το πάχος t_c είναι αυτό που αποκτά το απόβλητο μετά την κοπή και ονομάζεται πραγματικό πάχος αποβλήτου.



Σχήμα 4 Χαρακτηριστικά μεγέθη κατά την ορθογωνική κοπή

1.2.2 δείκτης ή συντελεστής συμπίεσεως αποβλήτου

Δείκτης ή συντελεστής συμπίεσεως αποβλήτου λ είναι ο λόγος $\lambda = t_2/t_1$, όπως περιγράφεται στο σχήμα.



Σχήμα 5: Υπολογισμός του δείκτη λ

1.2.2.1 φυσική σημασία

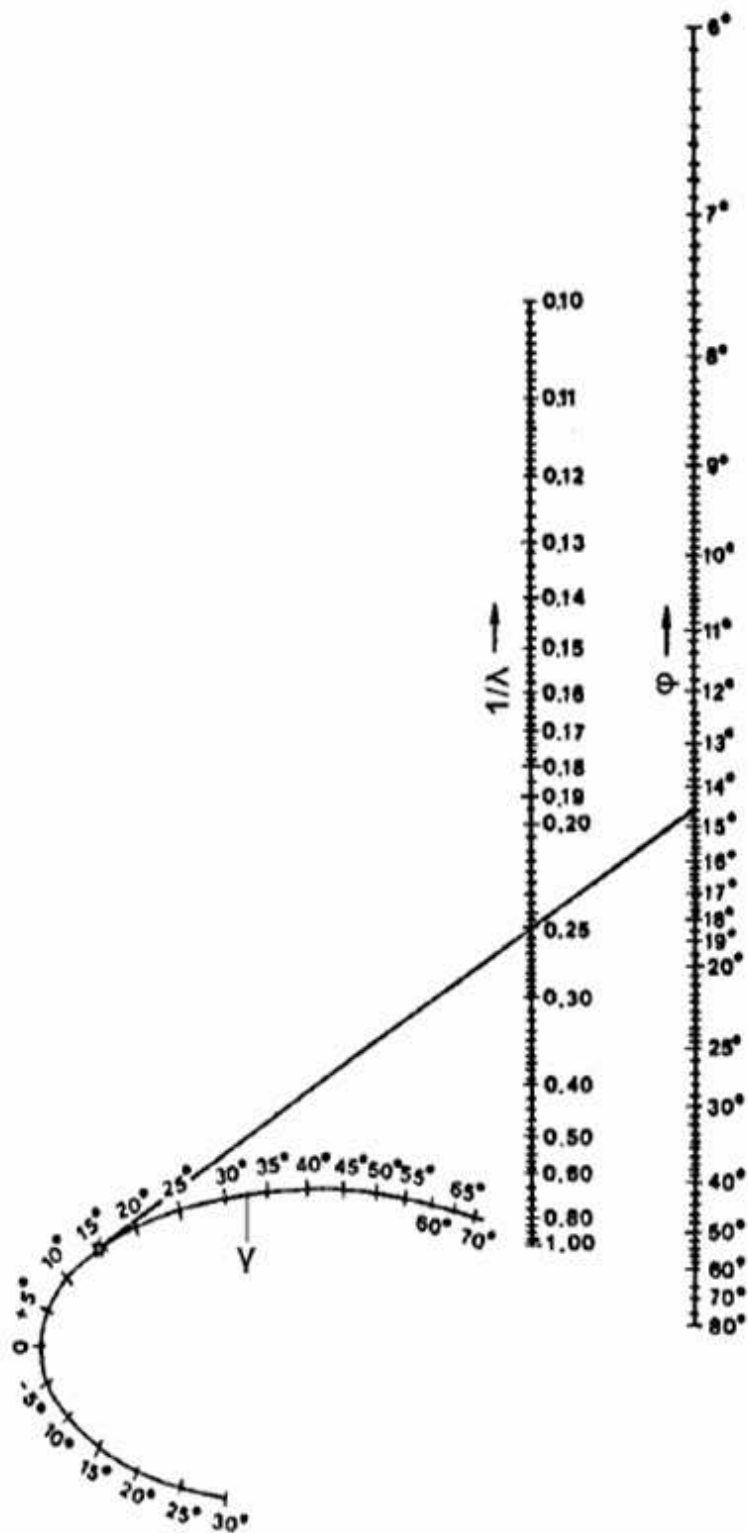
Ο συντελεστής συμπίεσεως αποβλήτου εκφράζει το βαθμό πλαστικής παραμόρφωσης που έχει υποστεί το υλικό κατά το σχηματισμό αποβλήτου.

1.2.2.2 γενικές παρατηρήσεις

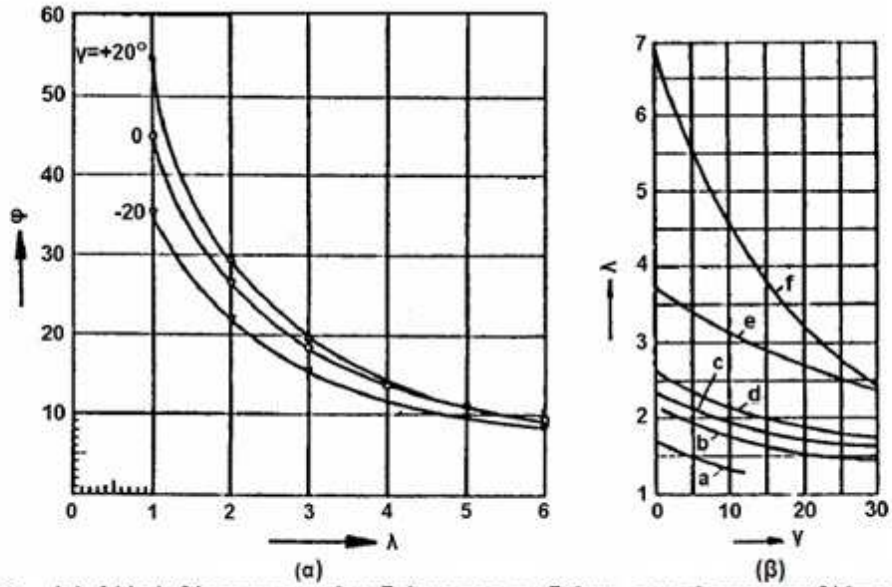
- Υψηλές τιμές του λ σημαίνουν έντονη πλαστική παραμόρφωση του υλικού. Κατά κανόνα είναι $\lambda > 1$.
- Ο λ παρέχει χονδρική ένδειξη σχετικά με τις δυνάμεις κοπής, την καταναλισκόμενη ισχύ και τις αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες.
- Με τη βοήθεια του λ μπορούμε να κάνουμε συγκρίσεις ως προς τους παράγοντες που ευνοούν ή όχι την κοπή.
- Ο λόγος $r_c = t_1 / t_2$ (αντίστροφος του λ) ονομάζεται δείκτης κοπής και χρησιμοποιείται κατ' ανάλογο τρόπο.

1.2.2.3 Επίδραση των συνθηκών κοπής επί του λ

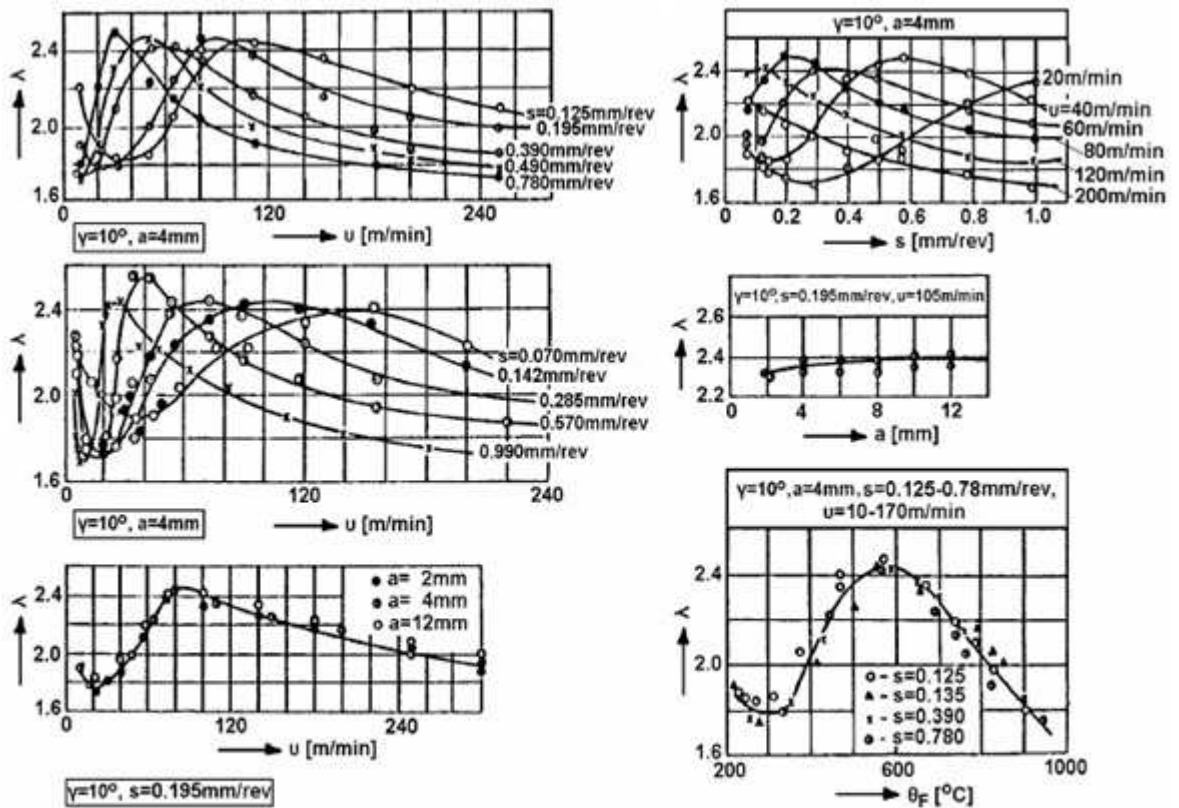
- Στο Σχ. 6 παρέχεται νομογράφημα υπολογισμού της ϕ συναρτήσεως των γ και του λ .
- Στο Σχ. 7 παρουσιάζεται η επίδραση της γ .
- Στο Σχ. 8 παρουσιάζεται διαδοχικά η επίδραση της ταχύτητας κοπής u , της πρόωσης s , του βάθους κοπής a και της μέσης θερμοκρασίας θ_F στη δευτερεύουσα ζώνη παραμόρφωσης επί του συντελεστή συμπίεσεως λ .



Σχήμα 6 : Νομογράφημα υπολογισμού της ϕ συναρτήσει των λ και γ .



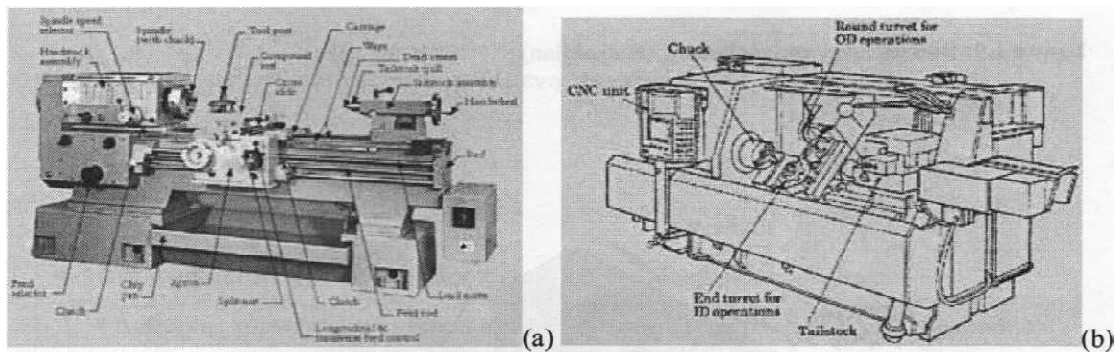
Σχήμα 7 : (α) Αλληλεξάρτηση γωνίας διάτμησης ϕ , δείκτη συμπίεσης αποβλίττου λ και γωνίας αποβλίττου γ , (β) Επίδραση της γ επί του λ (a,b,c,d: χαλυβοκράματα, e,f: ανθρακοχάλυβες) για συνθήκες κατεργασίας $u=130$ m/min, $b \times t_r=1 \times 0.4$ mmxmm.



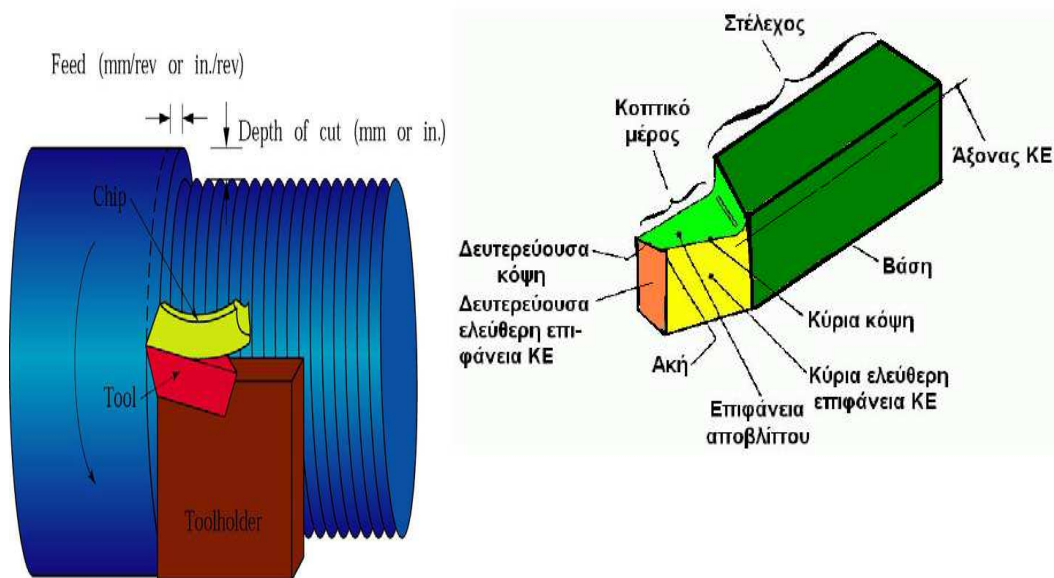
Σχήμα 8 : Επίδραση της ταχύτητας κοπής u , της πρόωσης s , του βάθους κοπής a και της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας επαφής απόβλιττου/ΚΕ θ_F στο δείκτη συμπίεσης του αποβλίττου λ κατά την ορθογωνική τόννευση ανθρακούχου χάλυβα με $\pi(C)=0.40$.

1.3 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΟΡΝΕΥΣΗΣ

Η τórνευση ανήκει στις κατεργασίες κοπής με κύρια κίνηση την περιστροφική κίνηση της ατράκτου, όπου προσδένεται κατάλληλα το προς κατεργασία τεμάχιο, και δευτερεύουσα τη μεταφορική κίνηση της πρόωσης (κίνηση του κοπτικού εργαλείου), εκτελείται δε με κοπτικό εργαλείο καθορισμένης γεωμετρίας και απλής σημειακής επαφής. Χαρακτηριστικός τύπος συμβατικού τórνου όπως και η σύγχρονη μετεξέλιξη του φαίνονται στο σχήμα 9. Σχηματική παράσταση της κατεργασίας και τυποποιημένη μορφή του κοπτικού εργαλείου τórνευσης παρουσιάζονται στα σχήματα 11 και 12 αντίστοιχα.



Σχήμα 9 (α) Συμβατικός τórνος και (β) Μηχανή τórνευσης CNC



Σχήμα 11: Βασική αρχή τórνευσης.

Σχήμα 12: Τυποποιημένη μορφή του κοπτικού εργαλείου τórνευσης.

1.3.1 Είδη τόννευσης

Βάσει του άξονα περιστροφής του τεμαχίου ή άξονα τόννευσης διακρίνουμε την τόννευση ως οριζόντια ή ως κατακόρυφη. Γενικά, μπορούν να τόννευτούν επιφάνειες εκ περιστροφής εξωτερικές όσο και εσωτερικές. Έτσι τα είδη τόννευσης ταξινομούνται (σχήμα 13 και 14) όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

- Ανάλογα με τη διάταξη του άξονα τόννευσης:
 - Οριζόντια (οριζόντιος άξονας).
 - Κατακόρυφη (κατακόρυφος άξονας).
- Ανάλογα με τη θέση της κατεργαζόμενης επιφάνειας:
 - Εξωτερική.
 - Εσωτερική.
- Ανάλογα με την αμοιβαία σχέση κύριας και δευτερεύουσας κίνησης:
 - Διαμήκης τόννευση, με κίνηση πρόωσης παράλληλη προς τον άξονα τόννευσης.
 - Εγκάρσια τόννευση, με κίνηση πρόωσης κάθετη προς τον άξονα τόννευσης, η οποία διακρίνεται με τη σειρά της σε:
 - Μετωπική.
 - Ακτινική (τόννευση αποκοπής και τόννευση μορφής).
 - Κωνική τόννευση, με την διεύθυνση της κίνησης πρόωσης να τέμνει τον άξονα τόννευσης.
- Ειδικές τόννευσεις:
 - Σπειροτόμηση (εξωτερική ή εσωτερική).
 - Τόννευση με πολλά ΚΕ, είτε με διαιρούμενη πρόωση, είτε με διαιρούμενο βάθος κοπής.

Η κατάταξη των τόννων της κατηγορίας αυτής πραγματοποιείται ανάλογα με τη χρήση αυτών, τις χαρακτηριστικές κατασκευαστικές διαστάσεις και τα διάφορα μεγέθη. Χρησιμοποιούνται συνήθως οι παρακάτω συμβολισμοί:

D : Μέγιστη διάμετρος τόννευσης πάνω από τους ολισθητήρες του τραπεζιού (για τόννους κατακόρυφους, η μέγιστη διάμετρος τόννευσης του αντικειμένου) σε mm .

d : Μέγιστη διάμετρος της κατεργαζόμενης ράβδου (αντικείμενου) σε mm .

L : Απόσταση μεταξύ κέντρων (αιχμών) σε mm .

n_k : Το πλήθος των περιστροφικών ταχυτήτων της ατράκτου.

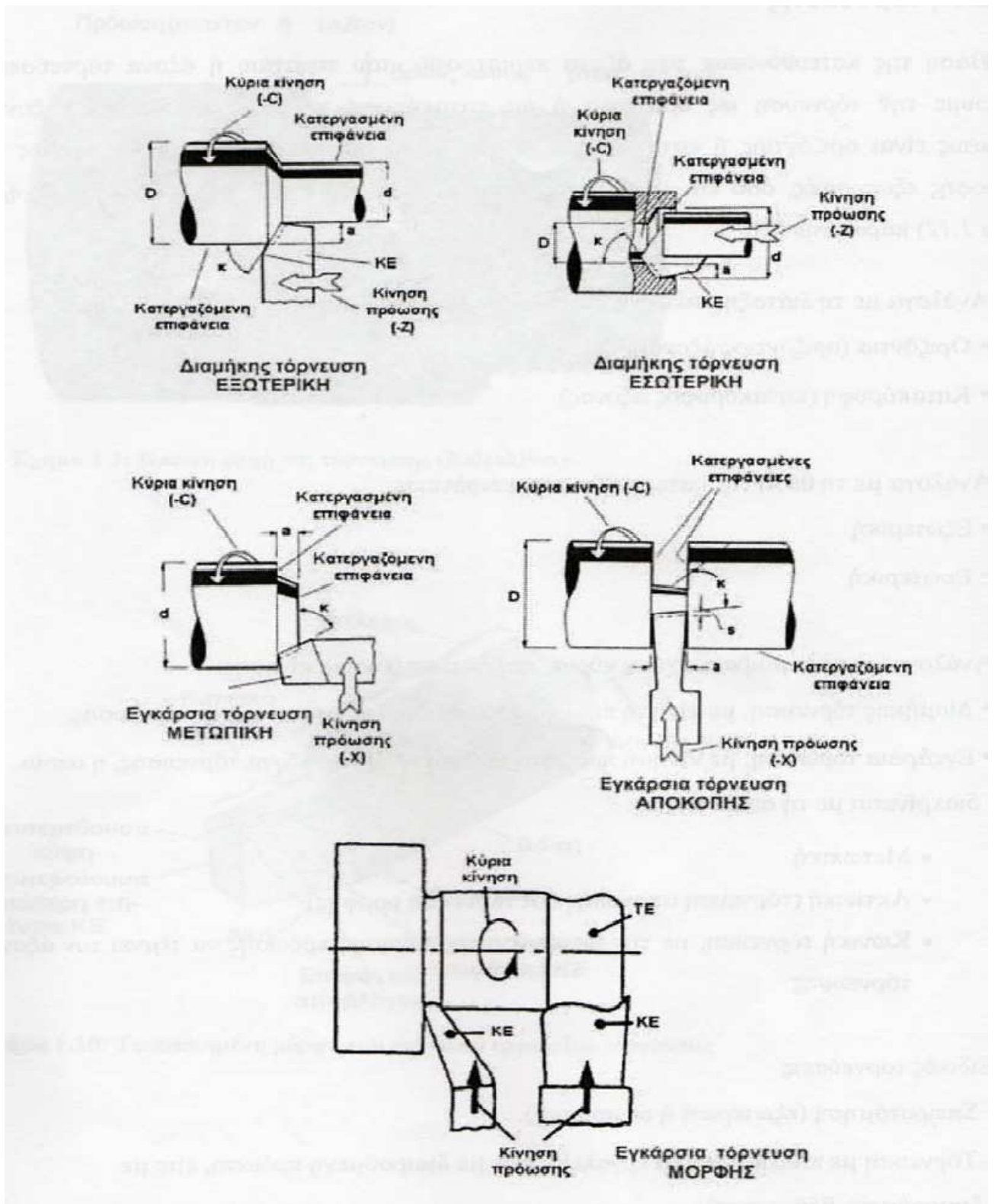
n_{max} : Μέγιστη περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου σε $στρ./min$.

P_{min} : Ελάχιστη πρόωση του κοπτικού εργαλείου σε $mm/στρ$.

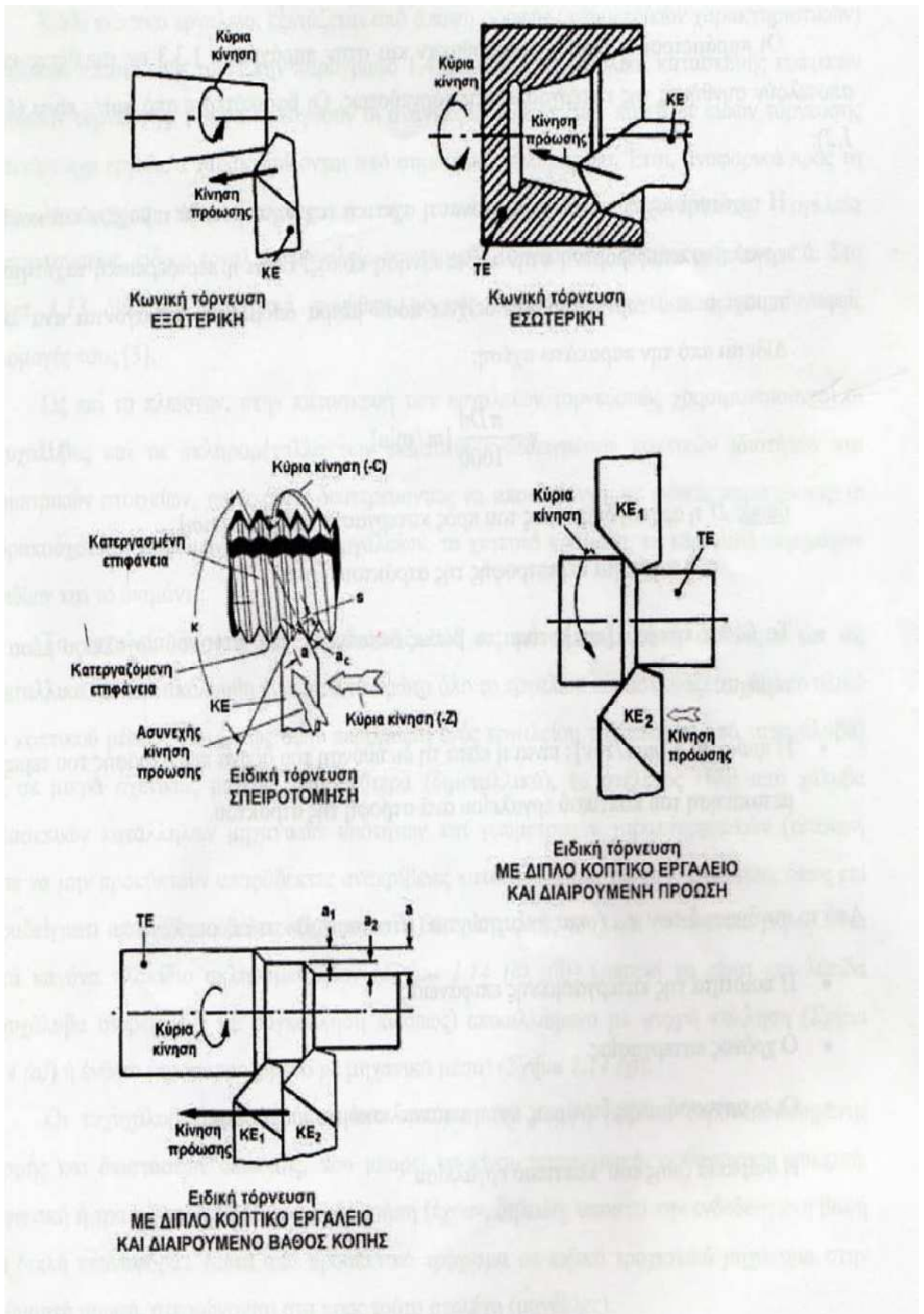
N : Ισχύς του κινητήρα μετάδοσης της εργαλειομηχανής σε kW .

G : Βάρος της εργαλειομηχανής σε T ή kp .

G_a : Βάρος του κατεργαζόμενου τεμαχίου σε T ή kp .



Σχήμα 13 Διάφορα είδη τόννευσης – Διαμήκης και εγκάρσια τόννευση.



Σχήμα 14 Διάφορα είδη τόνρευσης – Κωνική και ειδικές τόνρευσεις.

1.3.2 Τα κοπτικά εργαλεία στην κατεργασία της τórνευσης

Κάθε κοπτικό εργαλείο, εξετάζεται από άποψη μορφής (γεωμετρικών χαρακτηριστικών) και υλικού κατασκευής του. Για να καλυφθούν οι ανάγκες εκτέλεσης των ποικίλων ειδών τórνευσης τα αντίστοιχα εργαλεία χαρακτηρίζονται από σημαντική πολυμορφία. Έτσι, αναφορικά προς τη φύση λειτουργίας τους διακρίνονται σε: τυπικά, εργαλεία εκχονδρίσεως, εργαλεία αποπερατώσεως, ειδικά εργαλεία, εργαλεία εσωτερικής τórνευσεως, σπειροτομήσεως, κ.ά. Ως επί το πλείστον, στην κατασκευή των εργαλείων τórνευσεως χρησιμοποιούνται οι ταχυχάλυβες και τα σκληρομέταλλα των εκάστοτε ενδεδειγμένων κοπτικών ιδιοτήτων και γεωμετρικών στοιχείων, χωρίς όμως δευτερευόντως να αποκλείονται σε ειδικές περιπτώσεις: οι ανθρακούχοι και κεκραμένοι χάλυβες εργαλείων, τα χυτευτά κράματα, τα κεραμικά πυριμάχων οξειδίων και το διαμάντι. Τα εργαλεία τórνευσεως κατασκευάζονται ως μονομεταλλικά ή ολόσωμα και ως διμεταλλικά, με την ακόλουθη έννοια: στα πρώτα όλο το εργαλείο κατασκευάζεται από το υλικό του κοπτικού μέρους του (όπως στην περίπτωση ενός εργαλείου τórνευσεως από ταχυχάλυβα) και σε μικρά σχετικώς μεγέθη. Στα δεύτερα (διμεταλλικά), το στέλεχος είναι από χάλυβα κατασκευών κατάλληλων μηχανικών ιδιοτήτων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών (τέτοιων, ώστε να μην προκύπτουν απαράδεκτες ανακρίβειες κατά τη λειτουργία του εργαλείου, όπως επί παραδείγματι απαράδεκτο βέλος κάμψεως στη θέση της ακίδας του) και το κοπτικό μέρος είναι κατά κανόνα πλακίδιο σκληρομετάλλων (μπορεί να είναι και λεπίδα ταχυχάλυβα στερεωμένη με συγκόλληση πίεσεως) επικολλώμενο με ψυχρή κόλληση ή ένθετο (προσαρμοζόμενο με μηχανικά μέσα). Οι ταχυχάλυβες προσφέρονται στο εμπόριο υπό μορφή ράβδων (προτυποποιημένης μορφής και διαστάσεων διατομής, που μπορεί να είναι τετραγωνική, ορθογωνική, κυκλική, τριγωνική ή τραπεζοειδής) έτοιμων προς χρήση (έχουν, δηλαδή, υποστεί την ενδεδειγμένη βαφή και διπλή επαναφορά). Μετά από προσεκτικό τρόχισμα σε ειδικό τροχιστικά μηχάνημα στην επιθυμητή μορφή, στερεώνονται στα προς τούτο στελέχη. Τα σκληρομέταλλα προσφέρονται στο εμπόριο με τη μορφή πλακιδίων σε προτυποποιημένα σχήματα και μεγέθη. Ύστερα από πολλές οικονομοτεχνικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί μέχρι σήμερα, αλλά και από τη συσσωρευμένη εμπειρία, έχει πλέον καθιερωθεί το γεγονός ότι τα εργαλεία με ένθετα πλακίδια πλεονεκτούν σημαντικά έναντι των εργαλείων με επικολλώμενα πλακίδια. Και τούτο, γιατί η χαλάρωση του πλακιδίου και απλή περιστροφή του αρκούν για την αλλαγή της κόψης του που τυχόν έχει φθαρεί (έτσι μπορούν διαδοχικά να χρησιμοποιηθούν και οι έξι ή και οι οκτώ κόψεις του πλακιδίου, αν το πλακίδιο είναι αντίστοιχα τριγωνικό ή τετραγωνικό και έχει μηδενική γωνία ελευθερίας, αλλιώς οι τρεις ή οι τέσσερις κόψεις του), χωρίς να απαιτείται αφαίρεση του εργαλείου από την εργαλειομηχανή και αποκόλληση, τρόχιση και επικόλληση του πλακιδίου, όπως συμβαίνει στα εργαλεία με επικολλώμενα πλακίδια. Επιπλέον, τα ένθετα πλακίδια δεν διατρέχουν τον κίνδυνο καταστροφής, ο οποίος επαπειλεί τα επικολλώμενα κατά την κόλληση τους στο στέλεχος.

1.3.3 Συνθήκες κοπής στην κατεργασία της τórνευσης

Η ταχύτητα κοπής v [m/min] είναι η σχετική ταχύτητα μεταξύ τεμαχίου και κοπτικού εργαλείου αναφερόμενη στην κύρια κίνηση κοπής. Είναι η περιφερειακή ταχύτητα του τεμαχίου που τórνεύεται και δείχνει πόσα μέτρα αποβλήτου παράγονται ανά λεπτό. Δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$v = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \text{ [m/min]}$$

όπου:

- D [mm]: αρχική διάμετρος του προς κατεργασία τεμαχίου
- n [rpm]: ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου

Επίσης:

- a [mm]: βάθος κοπής είναι το βάθος διείσδυσης του κοπτικού εργαλείου μέσα στο τεμάχιο.
- f [mm/rev]: πρόωση είναι η μετακίνηση του κοπτικού εργαλείου ανά στροφή της ατράκτου κατά τη διεύθυνση του άξονα περιστροφής του τεμαχίου.

Από το συνδυασμό των v , f και a εξαρτώνται κατά κύριο λόγο :

- Η ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας.
- Ο χρόνος κατεργασίας.
- Οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις και η καταναλισκόμενη ισχύς κοπής.
- Η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου.

1.3.4 Επιλογή ταχύτητας Κατεργασίας

Η ταχύτητα κοπής είναι το βασικότερο μέγεθος, το οποίο επηρεάζει τις συνθήκες κοπής. Εξαρτάται από την απαιτούμενη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου, από το υλικό του προς κατεργασία αντικειμένου και του κοπτικού εργαλείου, από το είδος της κατεργασίας και από την απαιτούμενη ποιότητα της κατεργαζόμενης επιφάνειας. Η εκλογή της διάρκειας ζωής μεταξύ δύο διαδοχικών τροχισμάτων εξαρτάται από τον τρόπο συγκράτησης και τη μορφή του κοπτικού εργαλείου. Στις περιπτώσεις που η μορφή του εργαλείου είναι απλή, η αλλαγή του για νέο τρόχισμα δεν αποτελεί πρόβλημα, το τρόχισμα δεν είναι δύσκολο και διαρκεί λίγο χρονικό διάστημα η διάρκεια ζωής των κοπτικών εργαλείων από ταχυχάλυβα λαμβάνεται ίση με 60 min, ενώ η διάρκεια ζωής των κοπτικών εργαλείων από σκληρομέταλλο λαμβάνεται ίση με 90 min. Στην περίπτωση όπου το τρόχισμα είναι δύσκολο και απαιτείται πολύς χρόνος, όπως συμβαίνει στους περιστροφικούς και αυτόματους τórνους, η διάρκεια ζωής των κοπτικών εργαλείων λαμβάνεται ίση με $120 \div 480$ min.

Γνωρίζοντας την ταχύτητα κοπής από τον πίνακα 1, η οποία εγγυάται τη διάρκεια ζωής των κοπτικών εργαλείων από ταχυχάλυβα για 60min και τη διάρκεια ζωής των κοπτικών εργαλείων από σκληρομέταλλο για 90min, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η ταχύτητα κοπής για την απαιτούμενη διάρκεια.

Η ταχύτητα κοπής υπολογίζεται ίση με $V_T = V_o \cdot X_T$

Όπου V_T : η υπολογιστική ταχύτητα.

V_o : η ταχύτητα βάσει του πίνακα 1.

X_T : συντελεστής βάσει του πίνακα 2.

Πίνακας 1 : Ταχύτητα κοπής

Υλικό κατεργαζομένου αντικειμένου		Υλικό κοπτικού εργαλείου								
		από ταχυχάλυβα					από σκληρομέταλλο			
		Διατομή αφαιρουμένου στρώματος σε mm								
		0,1	0,5	1	3	5	0,1	1	3	
Ανθρακοχάλυβες και κράματα με αντοχή σε k_p / mm^2	50-60	97	61	51	37	32	282	140	110	
	60-70	72	46	38	28	24	217	115	84	
	70-85	61	39	32	23	20	185	97	72	
	95	46	29	24	18	15	135	71	52	
	120						97	51	38	
Χυτοσίδηρος με σκληρότητα σε βαθμούς Brinell (HB)	160	51	37	32	26	23	214	135	108	
	180	44	32	28	22	20	178	113	90	
	200	39	29	25	20	18	142	90	72	
	" 220	32	23	20	16	14	122	77	61	
Κράματα χαλκού		126	107	100	90	85	1110	890	760	
Κράματα αλουμινίου		288	184	152	112	96	830	440	320	

1) Οι τιμές αναφέρονται για την κοπή χωρίς ψύξη.

2) Οι τιμές ταχύτητας για τα κοπτικά εργαλεία από ταχυχάλυβα εγγυώνται τη διάρκεια ζωής των 60 min.

3) Οι τιμές ταχύτητας για τα κοπτικά εργαλεία από σκληρομέταλλα εγγυώνται τη διάρκεια ζωής των 90 min.

Σχήμα 15: Υπολογισμός ταχύτητας κοπής

Πίνακας 2 : Τιμές συντελεστή X_T για τον υπολογισμό της ταχύτητας V_T ανάλογα της διάρκειας T της κόπης του εργαλείου

Κοπτικό εργαλείο κατεργαζομένου αντικειμένου		T=30	60	90	120	180	240	360	480
Από ταχυάλυβα	Χάλυβας και χυτοχάλυβας	1,09	1,00	0,95	0,92	0,87	0,85	0,8	0,76
	Χυτοσίδηρος	1,07	1,00	0,96	0,93	0,89	0,87	0,84	0,81
	Κράματα χαλκού	1,16	1,00	0,91	0,84	0,78	0,73	0,66	0,63
	Κράματα αλουμινίου	1,23	1,00	0,88	0,81	0,72	0,66	0,58	0,53
Από σκληρομέταλλο	Χάλυβας μη βαμμένος	1,24	1,08	1,00	0,94	0,87	0,82	0,76	0,72
	Χυτοσίδηρος, χάλυβας βαμμένος	1,11	1,04	1,00	0,97	0,93	0,91	0,88	0,85

Σχήμα 16: Υπολογισμός συντελεστή X_T

1.3.5 Κύριος χρόνος κοπής

Κύριος χρόνος κοπής t_c είναι ο καθαρός χρόνος λειτουργίας της εργαλειομηχανής. Στον κύριο χρόνο κοπής δεν περιλαμβάνονται ο χρόνος ρυθμίσεων αλλαγής εργαλείων, ο χρόνος των συγκρατήσεων και γενικότερα οι χρόνοι που απαιτούνται για το οτιδήποτε εκτός της κατεργασίας. ο κύριος χρόνος τόννευσης για κάθε είδος τόννευσης υπολογίζεται ακολούθως:

1.3.5.1 Διαμήκης τόννευση

Στην διαμήκη τόννευση ο κύριος χρόνος κοπής δίνεται:

$$t_c = i \cdot \frac{L}{U_f} \text{ (Min)}, \quad \text{όπου } L = l + l_a + l_u \text{ (mm) και } U_f = S \cdot n$$

U_f = ταχύτητα προώσεως (mm/Min)

S = πρόωση (mm/rev)

n = περιστροφική ταχύτητα (rpm)

i = αριθμός των ενεργών διαδρομών εργαλείου (πάσσα)

L = συνολικό μήκος (mm)

l = μήκος κατεργασίας (mm)

la= απόσταση της κορυφής του κοπτικού εργαλείου από το κομμάτι πριν την κατεργασία (mm)

lu= απόσταση της κορυφής του κοπτικού εργαλείου από το κομμάτι μετά την κατεργασία (mm)

1.3.5.2 Μετωπική τόννευση

Στην μετωπική τόννευση ο κύριος χρόνος κοπής δίνεται:

$$t_c = i \cdot \frac{D}{2 \cdot S \cdot n} \text{ (Min)}$$

όπου: i= αριθμός των ενεργών διαδρομών εργαλείου (πάσσα)

D= διάμετρος (mm)

S= πρόωση (mm/rev)

n= περιστροφική ταχύτητα (rpm)

1.3.5.3 Μετωπική τόννευση δακτυλίου με n=σταθερό

Στην μετωπική τόννευση δακτυλίου ο κύριος χρόνος κοπής δίνεται:

$$t_c = i \cdot \frac{L}{S \cdot n} \text{ (Min)}, \quad \text{όπου } L = \frac{D_a - D_i}{2} + l_a + l_u \text{ (mm)}$$

i= αριθμός των ενεργών διαδρομών εργαλείου (πάσσα)

L= συνολικό μήκος (mm)

S= πρόωση (mm/rev)

n= περιστροφική ταχύτητα (rpm)

Da= αρχική διάμετρος (mm)

Di= τελική διάμετρος (mm)

la= απόσταση κορυφής κοπτικού από το κομμάτι πριν την κατεργασία (mm)

lu= απόσταση κορυφής κοπτικού από το κομμάτι μετά την κατεργασία (mm)

1.3.5.4 Σπειροτόμηση

Στην σπειροτόμηση ο κύριος χρόνος κοπής δίνεται:

$$t_c = i \cdot g \cdot \frac{L}{h \cdot n} \text{ (Min)}, \quad \text{από την σχέση } U = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \Rightarrow n = \frac{u \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

αντικαθιστώντας στην αρχική σχέση έχουμε: $t_c = i \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot L \cdot D}{1000 \cdot h \cdot u}$ (Min)

όπου: i = αριθμός των ενεργών διαδρομών εργαλείου (πάσσα)

για την σπειροτόμηση δίνεται από τον τύπο $i = \frac{t_1}{a}$

t_1 = βάθος σπειρώματος (mm)

a = βάθος κοπής (mm), λαμβάνεται από: $a = \sqrt{\frac{D}{40}}$ (mm)

g = αριθμός αρχών του σπειρώματος

L = συνολικό μήκος (mm)

D = διάμετρος (mm)

n = περιστροφική ταχύτητα (rpm)

h = βήμα σπειρώματος (mm)

U = ταχύτητα κοπής (m/min)

1.3.6 Τα υγρά κοπής στην κατεργασία της κοπής

Τα υγρά κοπής χρησιμοποιούνται συχνά στις διάφορες κατεργασίες, κατάλληλα προσαγόμενα στην περιοχή κοπής την οποία διαβρέχουν, σε αντίθεση με τη λεγόμενη ξηρή κοπή που εκτελείται χωρίς υγρό κοπής. Η δράση του υγρού κοπής οφείλεται, όπως αναφέρεται παρακάτω, σε ορισμένες χαρακτηριστικές του ιδιότητες και εκδηλώνεται διαφορετικά και ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου, το υλικό και τη γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου και με τις συνθήκες κοπής. Έτσι, ένα υγρό κοπής μπορεί να επενεργήσει είτε ως λιπαντικό είτε ως ψυκτικό και συχνά ως λιπαντικό και ως ψυκτικό μαζί. Η γνώση των δράσεων αυτών του υγρού κοπής μας είναι πολύ χρήσιμη, γιατί μας διευκολύνει στην επιτυχή εκλογή του στις διάφορες εφαρμογές. Πιο αναλυτικά, με τη χρησιμοποίηση των υγρών κοπής μπορούμε να επιτύχουμε:

- Μείωση στο μέσο φαινόμενο συντελεστή τριβής στη διεπιφάνεια αποβλίπτου-εργαλείου, αλλά και στο μέσο συντελεστή τριβής στην επιφάνεια επαφής εργαλείου και τεμαχίου (σε περιπτώσεις, που εμφανίζεται σημαντική σχετικά ζώνη φθοράς) ως απόρροια της λιπαντικής δράσεως του υγρού κοπής.
- Ελάττωση της θερμοκρασίας του εργαλείου, του τεμαχίου και του αποβλίπτου μέσω απαγωγής μέρους της θερμότητας (που παράγεται κατά την κοπή) ως αποτέλεσμα της ψυκτικής δράσεως του υγρού κοπής.
- Μείωση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου (και αύξηση της ζωής του) έμμεσα, ως αποτέλεσμα της ελαττώσεως του συντελεστή τριβής και της ψύξεως.
- Βελτίωση της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας του τεμαχίου.
- Μείωση στις δυνάμεις και στην ισχύ κοπής.
- Περιορισμό στις στρεβλώσεις του τεμαχίου, οι οποίες προκαλούνται λόγω υψηλών τοπικών διαφορών της θερμοκρασίας, που αναπτύσσεται.
- Ευκολία στο χειρισμό των έτοιμων τεμαχίων. Με τη χρησιμοποίηση κατάλληλου ψυκτικού κοπής είναι δυνατή η διατήρηση ομοιόμορφης, σε κάποιο βαθμό, θερμοκρασίας του τεμαχίου σε χαμηλότερη στάθμη.
- Προστασία του τεμαχίου και των μερών της εργαλειομηχανής, που έρχονται σε επαφή υγρό κοπής, από οξειδωση ή διάβρωση.
- Απομάκρυνση μικρών τεμαχίων αποβλήτου και άλλων σωμάτων (μικροτμηματιδίων, που προκύπτουν από τη φθορά του εργαλείου, όπως για παράδειγμα από φθορά λόγω αποξέσεως). Αυτό προφυλάσσει από τραυματισμούς την κατεργασμένη επιφάνεια του τεμαχίου και συνεπώς συμβάλλει στη διατήρηση της επιθυμητής τραχύτητας της.

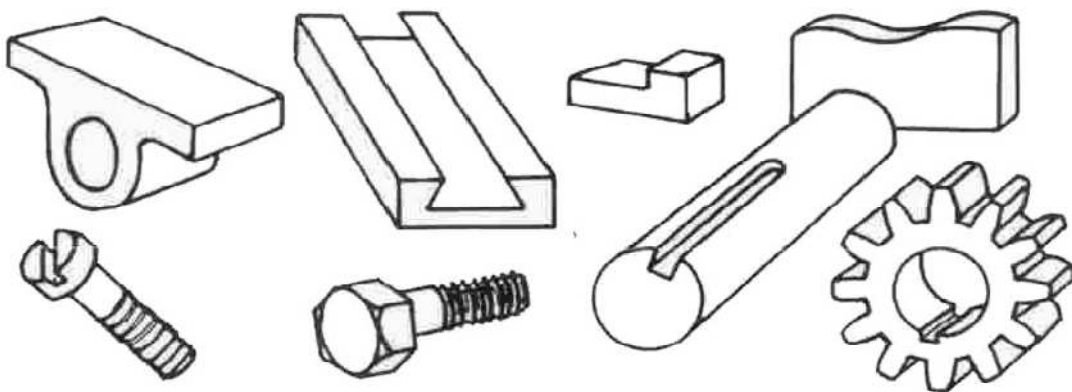
Το υγρό κοπής πρέπει να έχει ικανοποιητικές ιδιότητες διαβρεκτικότητας επιφανειών, με τις οποίες αυτό έρχεται σε επαφή. Επιπλέον οφείλει να είναι (και να παραμένει), φυσικώς και χημικώς ευσταθές και να διατηρεί την αποτελεσματικότητά του κατά όλη την ωφέλιμη ζωή του, που μπορεί να φθάσει και τους 12 μήνες. Τέλος, πρέπει να είναι οικονομικό. Δηλαδή, το κόστος κτήσεως του υγρού κοπής, μαζί με εκείνο της εγκαταστάσεως και λειτουργίας του συστήματος παροχής του, οφείλει να αντισταθμίζει τουλάχιστον στις ωφέλειες, που προκύπτουν από τη χρήση του στις διάφορες κατεργασίες. Όπως έχει προαναφερθεί από τις επενέργειες του μπορούν να θεωρηθούν ως επακόλουθο των πρώτων. Τα υγρά κοπής χρησιμοποιούμενα στο μηχανουργείο εμφανίζουν εν γένει και ορισμένες ανεπιθύμητες παρενέργειες, που είναι δυνατό ή να καταστήσουν αδύνατη τη χρησιμοποίησή τους ή να περιορίσουν το πεδίο εφαρμογών τους. Ως τέτοιες βασικές παρενέργειες παραθέτονται οι ακόλουθες:

- Παρενέργειες στην υγεία του τεχνίτη (για παράδειγμα αναπνευστικά προβλήματα, δερματίτιδες, καρκίνοι) οφειλόμενες σε τοξικούς ατμούς, δυσάρεστες οσμές, αναθυμιάσεις και άμεση επαφή των υγρών κοπής με τον εργάτη.
- Επιδράσεις στο υλικό του τεμαχίου ή σε υλικά της εργαλειομηχανής, που εκδηλώνονται συνήθως με οξείδωση ή διάβρωση. Υγρά κοπής για παράδειγμα με πρόσθετα υψηλής πίεσεως, τα οποία περιέχουν θείο, προσβάλλουν τα κράματα του χαλκού, που τυχόν κατεργάζονται, όπως και τα έδρανα της εργαλειομηχανής, τα οποία έχουν ως βάση το χαλκό και είναι προσιτά στο υγρό κοπής.

Οι ανεπιθύμητες παρενέργειες του υγρού κοπής μπορούν να περιοριστούν ή και να εξαφανιστούν πλήρως με την εκλογή κάθε φορά υγρού κοπής με τις ενδεδειγμένες ιδιότητες (όσον το δυνατόν φιλικότερο προς το περιβάλλον και τον χρήστη) ή με την υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών και κατάλληλων συνθηκών κατεργασιών κοπής (υπέρσκληρα υλικά κοπτικών εργαλείων, εργαλειομηχανές) όπου εφαρμόζεται η ξηρή κοπή.

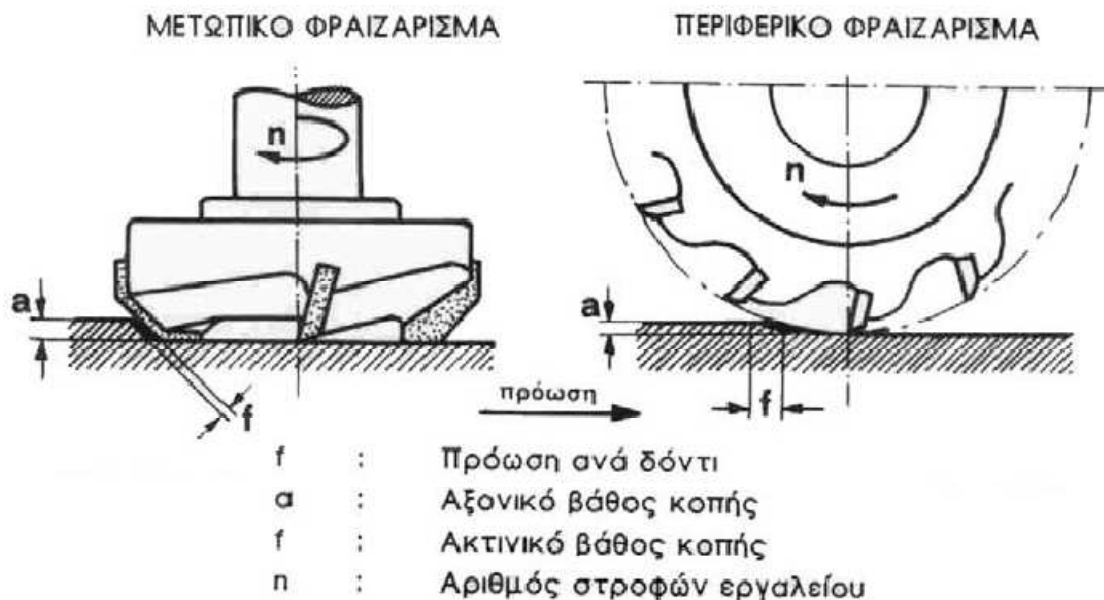
1.4 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ

Με φρεζάρισμα κατεργάζονται τεμάχια από διάφορα υλικά όπως χάλυβας, χυτοσίδηρος, συνθετικά υλικά κλπ, με επίπεδες ή καμπύλες επιφάνειες, εσοχές, αυλάκια ακόμα και οδοντωτοί τροχοί, όπως φαίνονται στο σχήμα 17. Τα τεμάχια αυτά, συνήθως εκχονδρίζονται ή φινιρίζονται (αποπερατώνονται), ενώ, όταν απαιτούνται πολύ καλές επιφάνειες, σαν τελική κατεργασία χρησιμοποιείται η λείανση.



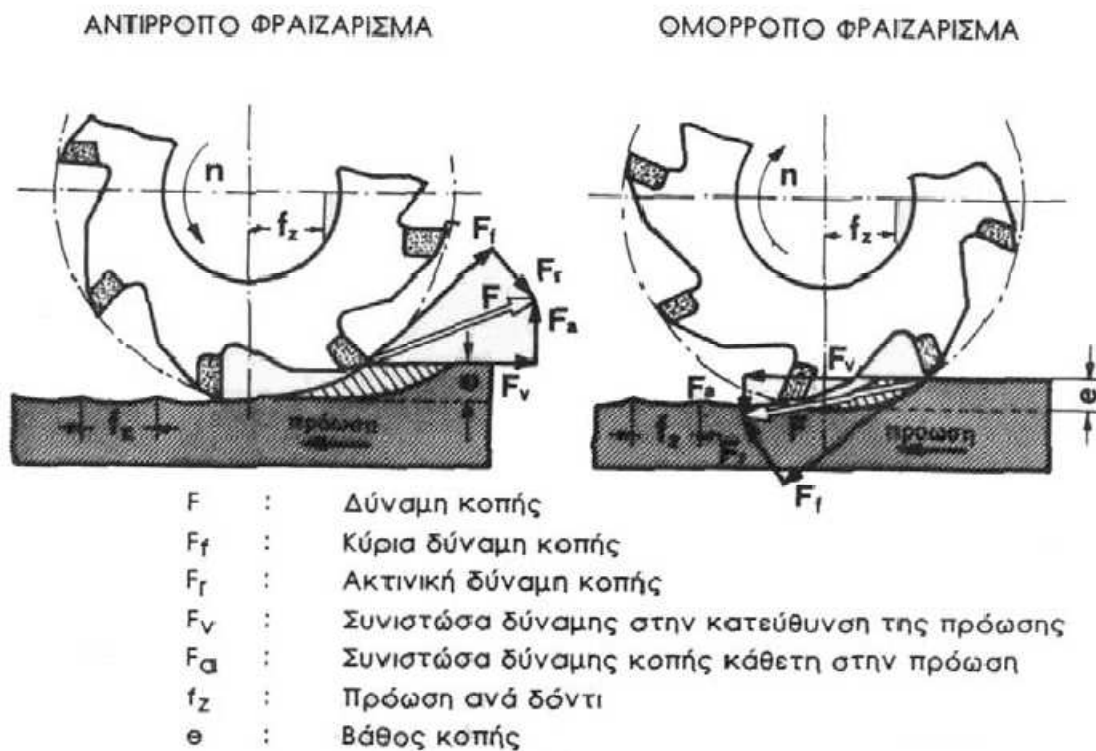
Σχήμα 17 : Τεμάχια κατεργασμένα με φρεζάρισμα

Στο φρεζάρισμα τα απόβλητα απομακρύνονται από ένα περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο. Το εργαλείο αυτό διαθέτει πολλές κοπτικές ακμές διατεταγμένες σε κύκλο, ενώ για να μπορεί να εισέρχεται το εργαλείο στο κατεργαζόμενο κομμάτι, οι κοπτικές ακμές έχουν την μορφή του σφήνα που έχει και το εργαλείο τórνευσης. Η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου αποτελεί και την κύρια κίνηση κοπής. Για την συνέχεια της κοπής το κατεργαζόμενο κομμάτι, το οποίο είναι "δεμένο" στο τραπέζι της εργαλειομηχανής, μετατοπίζεται με προκαθορισμένο ρυθμό που είναι η πρόωση. Κατά την διάρκεια της κοπής, τα κοπτικά δόντια μιας φρέζας (φρέζα ονομάζεται η εργαλειομηχανή, αλλά συχνά φρέζα καλείται και το κοπτικό εργαλείο φρεζαρίσματος), εισέρχονται και εξέρχονται το καθένα από το κομμάτι μέσα σε ένα μικρό μέρος της πλήρους περιστροφής του εργαλείου. Αυτό έχει σαν συνέπεια τα κοπτικά δόντια να προλαβαίνουν να απάγουν θερμότητα στο διάστημα που δεν κόβουν και έτσι να μην καταπονούνται θερμικά, όπως το εργαλείο της τórνευσης το οποίο εκτελεί συνεχή κοπή. Η κοπή για αυτό τον λόγο στο φρεζάρισμα, λέγεται διακοπτόμενη. Ανάλογα με την κατεύθυνση του άξονα του κοπτικού εργαλείου ως προς την κατεργαζόμενη επιφάνεια, το φρεζάρισμα διακρίνεται σε *περιφερικό* ή *μετωπικό* φρεζάρισμα. Στο περιφερικό φρεζάρισμα ο άξονας του εργαλείου είναι παράλληλος με την κατεργαζόμενη επιφάνεια και το κοπτικό εργαλείο έχει κυλινδρική μορφή, κόβοντας τα απόβλητα από το τεμάχιο με περιφερειακά διατεταγμένες κοπτικές ακμές. Τα προκύπτοντα απόβλητα έχουν στην περίπτωση αυτή σφηνοειδές σχήμα. Αντίστοιχα στο μετωπικό φρεζάρισμα ο άξονας του εργαλείου είναι κάθετος με την κατεργαζόμενη επιφάνεια και το κοπτικό εργαλείο έχει, εκτός των περιφερειακών κοπτικών ακμών του και κοπτικές ακμές στο μπροστινό πρόσωπό του. Στο σχήμα 18 παρουσιάζονται τα δύο αυτά είδη φρεζαρίσματος και η κινηματική τους.



Σχήμα 18 : Περιφερικό και μετωπικό φρεζάρισμα

Στο περιφερικό φρεζάρισμα, η πρόωση του τεμαχίου συνήθως είναι αντίθετη στην περιστροφή του εργαλείου αλλά μπορεί και να συμβαίνει το αντίθετο. Η επιλογή αυτή της κίνησης του τεμαχίου διακρίνει το φρεζάρισμα σε ομόρροπο και αντίρροπο. Στο σχήμα 19 παρουσιάζεται η κινηματική για τα δύο αυτά είδη φρεζαρίσματος. Από το σχήμα γίνεται φανερό πως στο αντίρροπο φρεζάρισμα, η κοπή ξεκινά από λεπτότερο απόβλητο και καταλήγει σε χοντρό απόβλητο, κάτι που δεν συμβαίνει στο ομόρροπο φρεζάρισμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο να δέχεται ισχυρές καταπονήσεις κατά την είσοδό του στο τεμάχιο και έτσι να αυξάνει ο κίνδυνος θραύσης του. Αντίστοιχα στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο, όπως προκύπτει από την κινηματική, "πιέζει" το τεμάχιο στο τραπέζι της εργαλειομηχανής και έτσι η κοπή είναι πιο σταθερή. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από την κατεύθυνση των δυνάμεων κοπής στα δύο είδη φρεζαρίσματος.



Σχήμα 19 : Ομόρροπο και αντίρροπο φρεζάρισμα

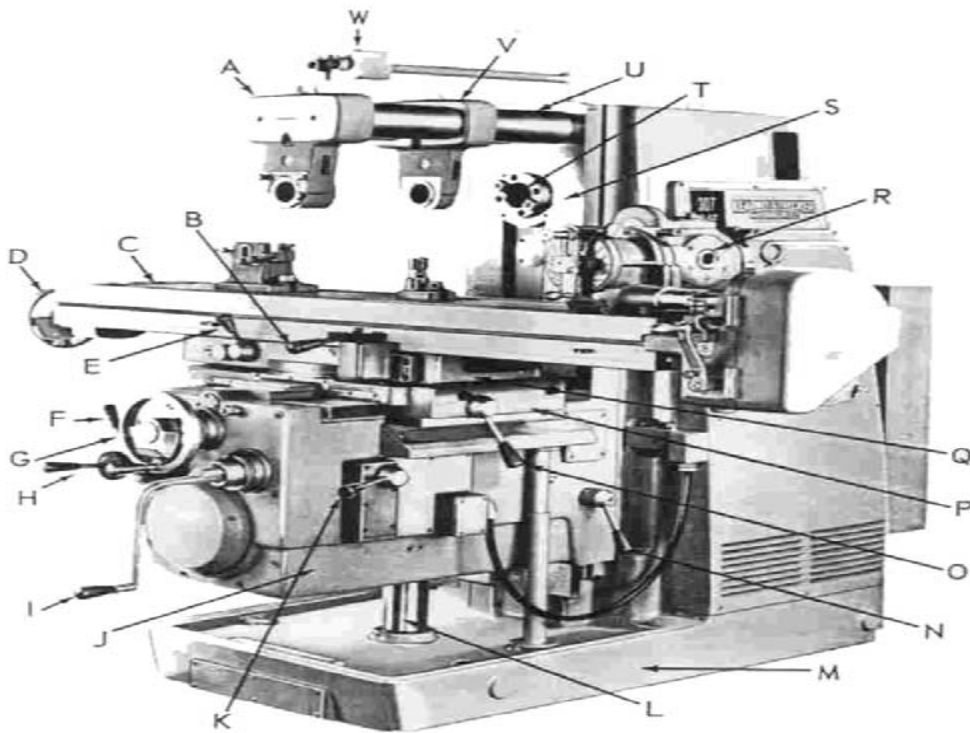
1.4.1 Η φρέζα

Η διαμόρφωση διαφόρων μορφών και τεμαχίων στη φρέζα, απαιτεί και διάφορους τύπους εργαλειομηχανών για οικονομικότερη κατεργασία. Έτσι διακρίνονται οι εξής βασικοί τύποι :

- Οριζόντια φρεζομηχανή
- Κάθετη φρεζομηχανή
- Κέντρο κατεργασίας

Η οριζόντια φρέζα έχει χαρακτηριστικό της, ότι ο κύριος άξονας που μεταφέρει κίνηση στο εργαλείο, είναι οριζόντιος. Μια τέτοια φρέζα παρουσιάζεται στο σχήμα 20. Χρησιμοποιείται για γενικές εργασίες σε αντίθεση με την κάθετη φρέζα η οποία χρησιμοποιείται περισσότερο για κατεργασίες αποπεράτωσης. Τέτοιες εργαλειομηχανές στην ψηφιακή καθοδήγηση χαρακτηρίζονται και ονομάζονται, από το πλήθος των κατευθύνσεων των κινήσεων οι οποίες μπορούν να καθοδηγηθούν από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και το πρόγραμμα καθοδήγησης. Έτσι μια εργαλειομηχανή η οποία μπορεί και κινεί ταυτόχρονα το τραπέζι στο οριζόντιο επίπεδο, αλλά στην κατακόρυφο δεν υπάρχει αυτόματη καθοδήγηση, είναι μια φρέζα 2 αξόνων.

Αν στην κατακόρυφο υπάρχει καθοδήγηση, αλλά όχι ταυτόχρονα με την καθοδήγηση του οριζοντίου επιπέδου, τότε καλείται 2 1/2 αξόνων. Αντίστοιχα η ταυτόχρονη καθοδήγηση του τραπεζιού μιας φρέζας και στις τρεις κατευθύνσεις (δύο οριζόντιες και την κάθετη), την κατατάσσει στις φρέζες 3 αξόνων ή τριαξονικές και τέλος ανάλογα τις δυνατότητες περιστροφής του τραπεζιού ή της προβοσκίδας με το εργαλείο, μπορεί μια φρέζα να είναι 4,5 ή 6 αξόνων. Φυσικά όσο οι άξονες αυξάνονται, τόσο η φρέζα παρέχει μεγαλύτερες δυνατότητες και το κόστος της είναι μεγαλύτερο.



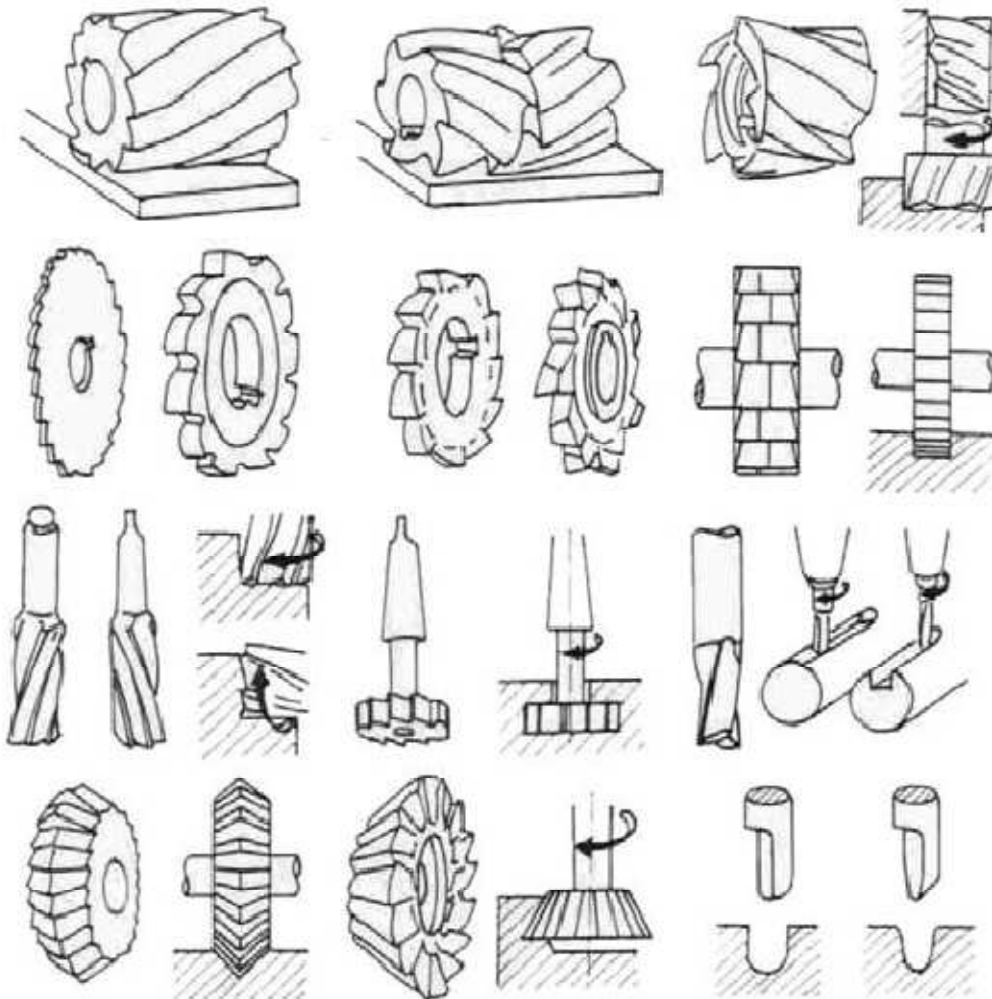
Σχήμα 20 : Μέρη φρεζομηχανής

1.4.2 Κοπτικά εργαλεία

Για τα διάφορα είδη φρεζαρίσματος, χρησιμοποιούνται διαφορετικών μορφών κοπτικά εργαλεία. Στο σχήμα 21, παρουσιάζονται διάφορα τέτοια είδη από κοπτικά εργαλεία φρεζαρίσματος. Συνήθως τα εργαλεία αυτά κατασκευάζονται από ταχυχάλυβα επειδή επιτρέπει την χρησιμοποίηση υψηλότερων ταχυτήτων κοπής από τους κοινούς χάλυβες εργαλείων. Πολύ συχνά χρησιμοποιούνται και πλακίδια σκληρομετάλλων (ιδίως στο μετωπικό φρεζάρισμα). Γενικά οι συνήθεις μορφές κοπτήρων είναι :

- κυλινδρικοί,
- δισκοειδείς,
- πριονοειδείς,
- κοπτήρες μορφής,
- κοχλιωτοί,
- κονδύλια.

Ανάλογα το αριθμό των κοπτικών πλευρών οι κοπτήρες χαρακτηρίζονται μιας κόψης, δίκοποι ή τρίκοποι, ενώ ανάλογα την κατεργασία που προορίζονται διακρίνονται σε ελαφρού ή βαρέως τύπου. Υπάρχουν πάρα πολλά είδη κοπτήρων διαφόρων ειδικών μορφών, στα σχήματα όμως που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συνήθεις από αυτούς.



Σχήμα 21 : Κοπτικά εργαλεία φρεζαρίσματος

1.4.3 Συνθήκες κατεργασίας

Ο αριθμός των στροφών του κοπτικού εργαλείου, εξαρτάται, όπως και στην τόννευση, από την επιθυμητή ταχύτητα κοπής. Η ταχύτητα κοπής στο φρεζάρισμα αντιπροσωπεύει την κίνηση του κοπτικού δοντιού στον χρόνο.

Ταχύτητα κοπής : Εκφράζει τον ρυθμό κοπής στην κύρια κίνηση (περιστροφή του εργαλείου).

Όπως και στην τόννευση, έτσι και στο φρεζάρισμα τεμαχίου με κοπτικό εργαλείο διαμέτρου D [mm], το οποίο περιστρέφεται με n στροφές το λεπτό (rpm), η ταχύτητα κοπής U , ισούται :

$$U = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \text{ [m/min]}$$

Παράδειγμα : Πλάκα από χάλυβα St50, πρόκειται να εκχονδριστεί με κοπτικό εργαλείο φρεζαρίσματος διαμέτρου 75mm. Να υπολογιστεί ο ενδεικνυόμενος αριθμός στροφών του εργαλείου. **Λύση** : Από πίνακες προκύπτει, για το είδος της κατεργασίας και το συγκεκριμένο κατεργαζόμενο υλικό, ταχύτητα κοπής $u=17\text{m/min}$. Έτσι:

$$n = 1000u / \pi D \Rightarrow n = 1000 \cdot 17 / 3.14 \cdot 75 \text{ [rpm]} \Rightarrow n = 72 \text{ [rpm]}$$

Πρόωση : Αντιστοιχεί στην μετατόπιση του τραπεζιού της εργαλειομηχανής και κατά συνέπεια του κατεργαζόμενου τεμαχίου, σε ένα λεπτό. Η πρόωση, επειδή εκφράζεται σαν η ταχύτητα κίνησης του τραπεζιού της εργαλειομηχανής, καλείται *ταχύτητα πρόωσης*.

Η ταχύτητα της πρόωσης, εξαρτάται από το κοπτικό εργαλείο, το κατεργαζόμενο υλικό, το βάθος κοπής και την επιδιωκόμενη ποιότητα επιφάνειας. Η πρόωση στο φρεζάρισμα δίνεται με δύο μορφές :

- πρόωση ανά λεπτό s : είναι η μετατόπιση του τραπεζιού σε ένα λεπτό.
- πρόωση ανά δόντι s' : είναι η μετατόπιση του τραπεζιού στο διάστημα από την εισχώρηση ενός δοντιού της φρέζας μέχρι την εισχώρηση του επόμενου.

Η σχέση που συνδέει τις δύο αυτές προώσεις προκύπτει ως εξής : Έστω φρέζα με z κοπτικές ακμές (ή δόντια), η οποία περιστρέφεται με n στροφές το λεπτό και το τραπέζι της, μετατοπίζεται με πρόωση ανά λεπτό s . Τότε η το τραπέζι της φρέζας προχωρά με s χιλιοστά το λεπτό. Επειδή σε ένα λεπτό η φρέζα κάνει n στροφές και κάθε στροφή αντιστοιχεί στην κοπή z δοντιών, προκύπτει μετατόπιση ανά δόντι $s' = s / (z \cdot n)$.

Άρα ο τύπος που συνδέει τις δύο προώσεις είναι :

$$s = s' \cdot z \cdot n$$

Χρόνος κοπής : Είναι το πηλίκο της απόστασης που διανύει το τραπέζι της εργαλειομηχανής δια την ταχύτητα της πρόωσης.

1.4.4 Οι δυνάμεις κοπής

Κατά την διάρκεια της κατεργασίας του φρεζαρίσματος αναπτύσσονται δυνάμεις στο κοπτικό εργαλείο, οι οποίες έχουν διεύθυνση και μέτρο εξαρτώμενα εκτός των άλλων και από το είδος της κατεργασίας. Στο σχήμα 19, για τις περιπτώσεις του ομόρροπου και αντίρροπου φρεζαρίσματος, παρουσιάστηκαν οι συνιστώσες της δύναμης κοπής F . Από την φορά της δύναμης κοπής F , στις δύο αυτές περιπτώσεις φρεζαρίσματος εξάγεται το συμπέρασμα ότι στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο πιέζει το κομμάτι στο τραπέζι, ενώ στο αντίρροπο προσπαθεί να το ανασηκώσει.

1.5 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΝΙΣΜΑΤΟΣ

Στην κατεργασία του πλανίσματος το κοπτικό εργαλείο είναι ακίνητο, κινείται το κατεργαζόμενο αντικείμενο δεμένο κατάλληλα πάνω στην κινούμενη τράπεζα του μηχανήματος.

1.5.1 Είδη πλανών

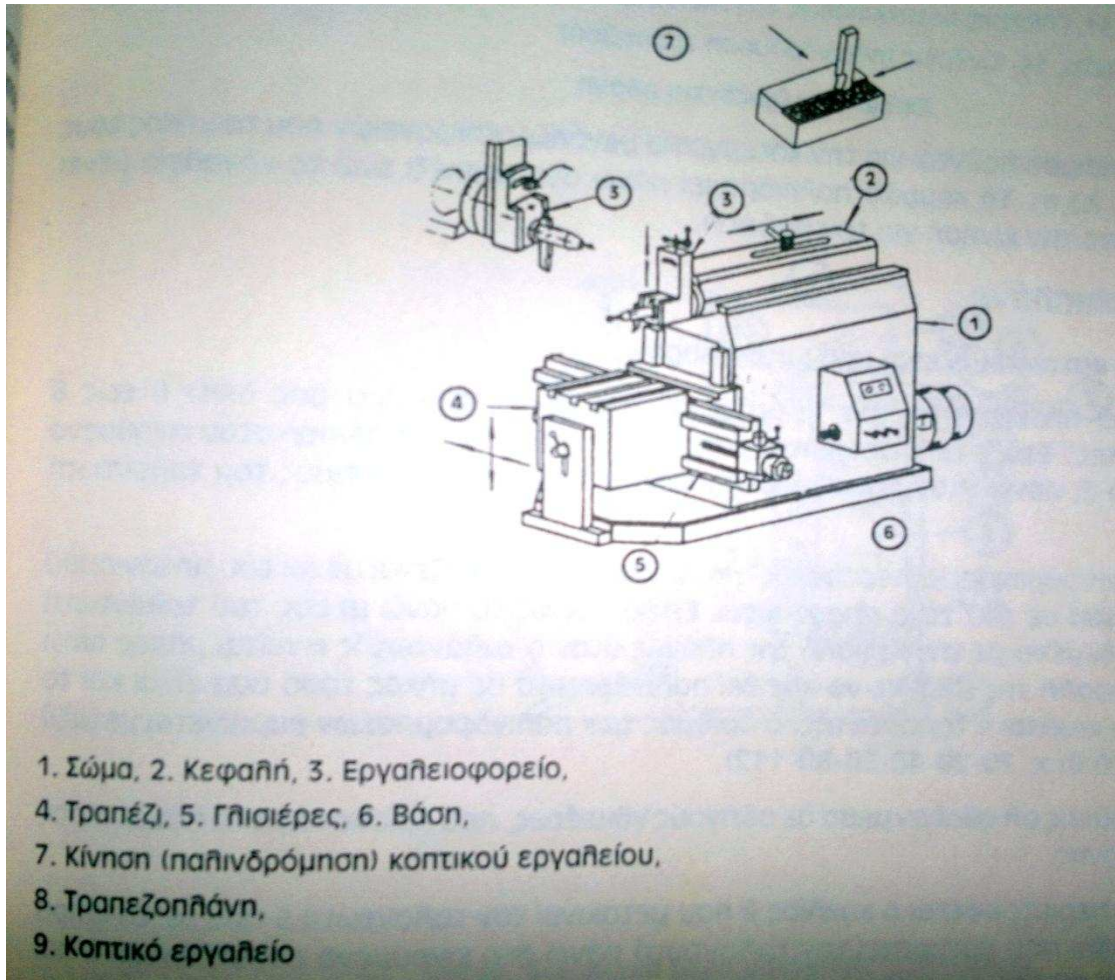
Οι πλάνες είναι δυο ειδών

- Οι ταχυπλάνες
- Οι τραπεζοπλάνες

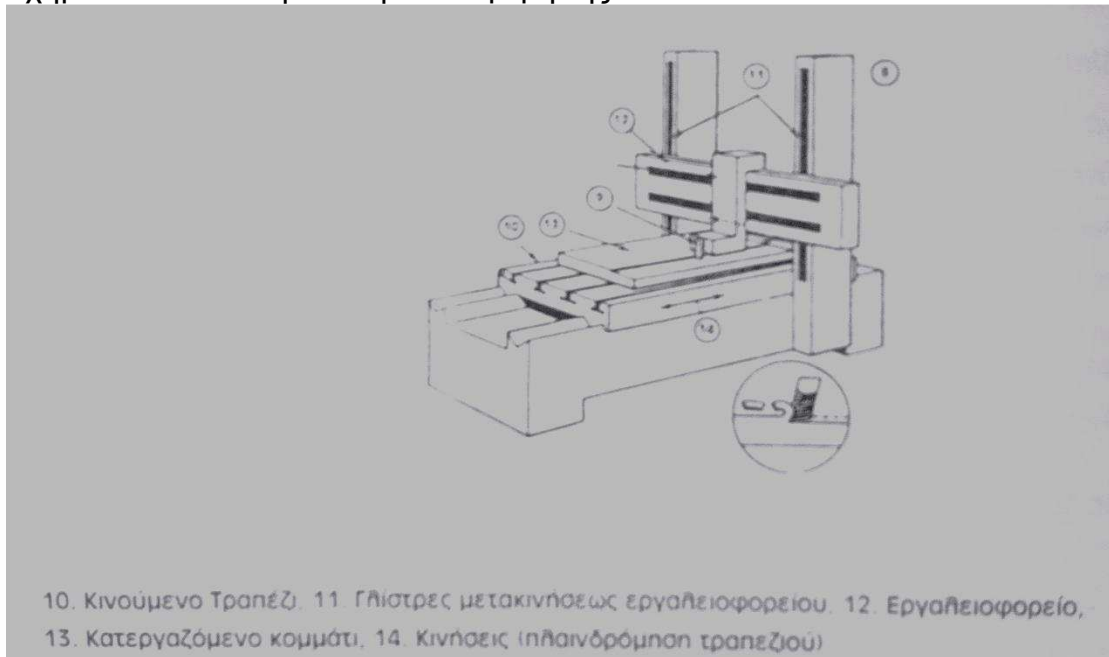
Οι ταχυπλάνες είναι οριζόντιες ή κατακόρυφες. Στην οριζόντια ταχυπλάνη διαμορφώνουμε επιφάνειες οριζόντιες, κατακόρυφες ή υπό κλίση σε μικρά ή μεσαίου μεγέθους κομμάτια. Στην κατακόρυφη ταχυπλάνη διαμορφώνουμε συνήθως αυλάκια σφηνών σε μεγάλες τροχαλίες ή τροχούς. Οι ταχυπλάνες λειτουργούν μηχανικά ή υδραυλικά.



Σχήματα 22,23: Κάθετες ταχυπλάνες



Σχήμα 24: Η κάθετη πλάνη και τα μέρη της



Σχήμα 25: Η οριζόντια πλάνη και τα μέρη της

Οι τραπεζοπλάνες χρησιμοποιούνται για την κατεργασία μεγάλων επιφανειών που το μήκος τους μπορεί να φθάσει τα 20m. Το κομμάτι παλινδρομεί πάνω στο τραπέζι ενώ το εργαλείο μένει σταθερό και κάνει μόνο την κίνηση για την πρόωση.

1.5.2 ταχύτητα κοπής

Το εργαλείο κατά το πλάνισμα, αυξάνει σιγά, φθάνει μια μέγιστη τιμή στο μέσο ακριβώς της διαδρομής και κατόπιν ελαττώνεται πάλι, για να γίνει βαθμιαία πάλι μηδέν στο τέλος της διαδρομής. Στον πίνακα που ακολουθεί βρίσκονται ενδεικτικές τιμές ταχυτήτων κοπής για πλάνισμα με εργαλεία από ταχυχάλυβα και σκληρομέταλλο.

α/α	Κατεργαζόμενο υλικό	Αντοχή Κρ/mm	Ταχύτητα κοπής mpm/min		Ενδεικτικές τιμές ταχυτήτων κοπής για πλάνισμα με εργαλεία από ταχυχάλυβα (SS) και σκληρομέταλλο (HM)
			Εργαλείο SS	Εργαλείο HM	
1	Χάλυβος μαλακός	30-45	30-35	70-100	
2	Χάλυβος	50-60	25-30	60-80	
3	Χάλυβος	65-75	20-25	50-75	
4	Χάλυβος	75-90	15-20	25-35	
5	Χυτοσίδηρος μαλακός	15-20	12-18	40-75	
6	Χυτοσίδηρος 26	20-30		30-40	
7	Ορείκαλκος και ελαφρά μέταλλα	-	30-40	200-300	

Σχήμα 26: ταχύτητες κοπής με SS και HM κοπτικά.

Για αυτό σαν ταχύτητα κοπής στη μηχανική ταχυπλάνη που είναι και η σπουδαιότερη λαμβάνεται η μέση ταχύτητα V_k της διαδρομής κοπής η οποία είναι:

$$V_k = \Delta \cdot n / 1000 \cdot \mu \text{ [m/min]}$$

Όπου:

- Δ : διαδρομή σε mm
- n: αριθμός που δείχνει τις πλήρεις διαδρομές ανά min
- μ : συντελεστής με τιμές 0.6~0.7

Ο τύπος μας που δίνει τις πλήρεις διαδρομές με γνωστή την V_k είναι:

$$n = 1000 \cdot V_k \cdot \mu / D \text{ [rev/min]}$$

1.5.3 βάθος κοπής και πρόωση

Σε εργασίες ξεχονδρίσματος στην πλάνη, το βάθος κοπής και η πρόωση επιδιώκεται να έχουν μεγάλες τιμές για να γίνεται η κατεργασία συντομότερα. Τα δυο όμως αυτά μεγέθη εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Το μέγεθος του κομματιού.
- Το μέγεθος, την ισχύ και την κατάσταση γενικά της πλάνης.
- Το περιθώριο κατεργασίας, δηλαδή το πάχος του υλικού που θα αφαιρεθεί.
- Την ασφαλή ή όχι συγκράτηση του τεμαχίου στην πλάνη.
- Το υλικό του κοπτικού εργαλείου.

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά, το βάθος κοπής κατά το ξεχόνδρισμα στις ταχυπλάνες ρυθμίζεται κατά περίπτωση από 1~10mm.

Η πρόωση για ξεχόνδρισμα λαμβάνεται ίση με το 0,2~0,3 του βάθους κοπής. Και δεν ξεπερνάει το 1mm.

Το βάθος κοπής για τελική κατεργασία κυμαίνεται από 0.5~1mm και η πρόωση 0.1~0.25mm ανά παλινδρόμηση.

1.5.4 χρόνος κατεργασίας

Εάν η πλάνη εργάζεται με n παλινδρομήσεις ανά λεπτό και το πλάτος πλανίσματος είναι 1. Σε 1 λεπτό κομμάτι που έχει πρόωση mm/διαδρομή θα μετακινηθεί κατά διάστημα:

$$S=s*n \text{ [mm/min]}$$

Άρα ο χρόνος που θα χρειαστεί για να γίνει ένα πάσο σε όλη την επιφάνεια με μήκος l είναι:

$$t=l/S=l/s*n \text{ [min]}$$

1.5.5 μήκος διαδρομής της πλάνης

Το κοπτικό εργαλείο πρέπει να βγαίνει σε κάθε διαδρομή του εκτός του τεμαχίου και από τις 2 πλευρές. Οι αναγκαίες αυτές πρόσθετες διαδρομές κυμαίνονται:

Πλευρά που εκκινείτε το κοπτικό: $l_1=15\sim 25\text{mm}$

Πλευρά που τερματίζει το κοπτικό: $l_2=10\sim 20\text{mm}$

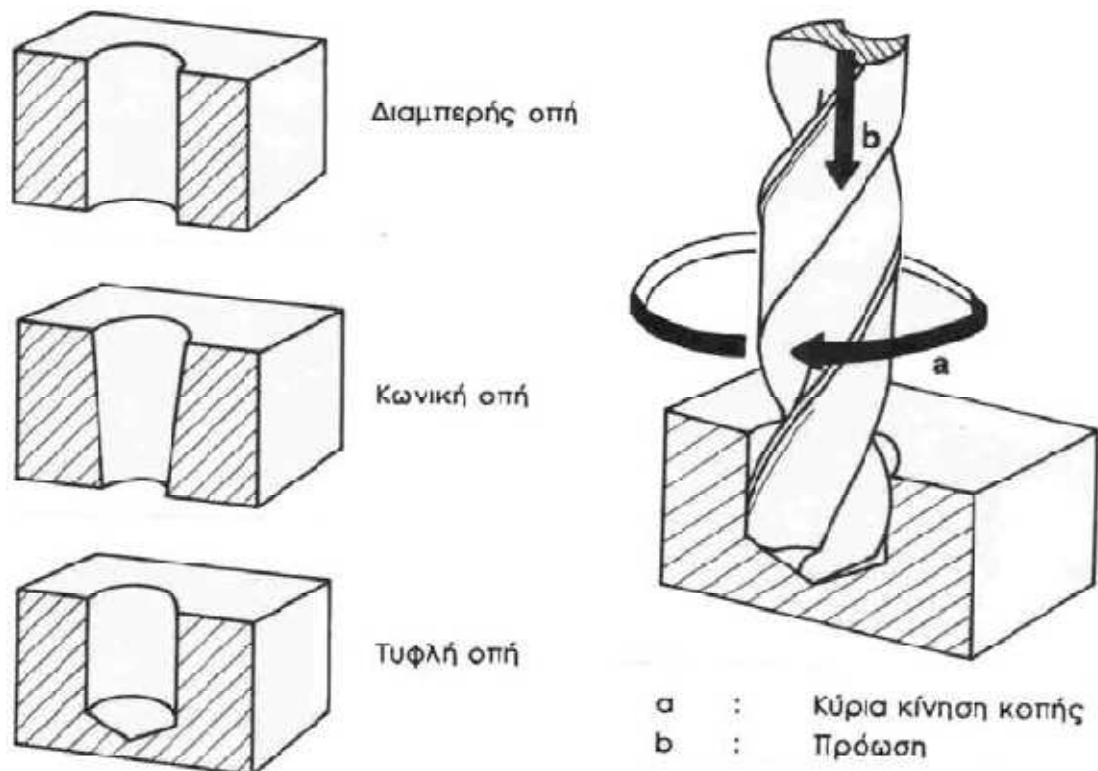
Άρα η διαδρομή της κεφαλής της πλάνης λαμβάνεται:

$$D=L+l_1+l_2 \text{ [mm]}$$

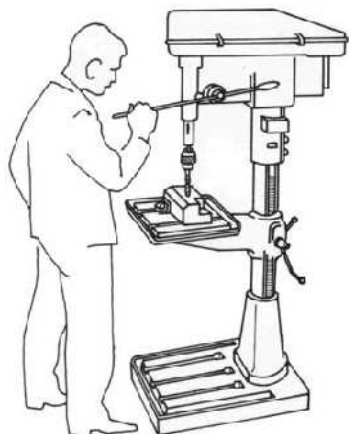
Άρα ο συνολικός χρόνος υπολογίζεται: $t=D/S \text{ [mm]}$

1.6 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

Τα περισσότερα από τα μηχανολογικά εξαρτήματα διαθέτουν τρύπες διαφόρων μορφών και μεγεθών. Τις περισσότερες φορές τέτοιες οπές κατεργάζονται με διάτρηση. Στο σχήμα 28 παρουσιάζεται ένας δράπανος στήλης με τον χειριστή του. Η διάτρηση σαν κατεργασία χρησιμοποιείται για κατεργασία οπών σε αντικείμενα μεταλλικά ή μη μεταλλικά. Οπές που μπορούν να κατεργαστούν μπορεί να έχουν διάφορες μορφές, όπως φαίνεται στο σχήμα 27. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζεται η βασική κινηματική της διάτρησης. Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την διάτρηση σε πλήρες υλικό έχει δύο κοπτικές ακμές ενώ για την εξέλιξη της διάτρησης απαιτείται το κοπτικό αυτό εργαλείο να κάνει ταυτόχρονα δύο κινήσεις. Η κύρια κίνηση κοπής είναι η περιστροφή του τρυπανιού, ενώ σε ειδικές περιπτώσεις όπως το boring, υπάρχει δυνατότητα αυτό που περιστρέφεται να είναι το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Η ταχύτητα κοπής, που εξαρτάται από τον αριθμό στροφών του εργαλείου, εκφράζεται σε [m/min] και λαμβάνει την μεγαλύτερη τιμή της στην περιφέρεια του τρυπανιού, ενώ μειώνεται προς το κέντρο του. Η δεύτερη κίνηση για την διάτρηση είναι η ευθεία μετακίνηση του τρυπανιού προς το κομμάτι. Η κίνηση αυτή καθορίζεται σαν πρόωση του εργαλείου και ελέγχει το πάχος του παραγόμενου αποβλήτου άρα και τις αντίστοιχες αναπτυσσόμενες δυνάμεις κοπής. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα της πρόωσης τόσο μεγαλύτερο είναι και το πάχος του αποβλήτου και αντίστοιχα μεγαλύτερες οι δυνάμεις κοπής. Η ταχύτητα της πρόωσης εκφράζεται σε [mm/rev].



Σχήμα 27 : Κινηματική της διάτρησης και είδη οπών



Σχήμα 28 : Διάτρηση με δράπανο στήλης

1.6.1 Το δράπανο

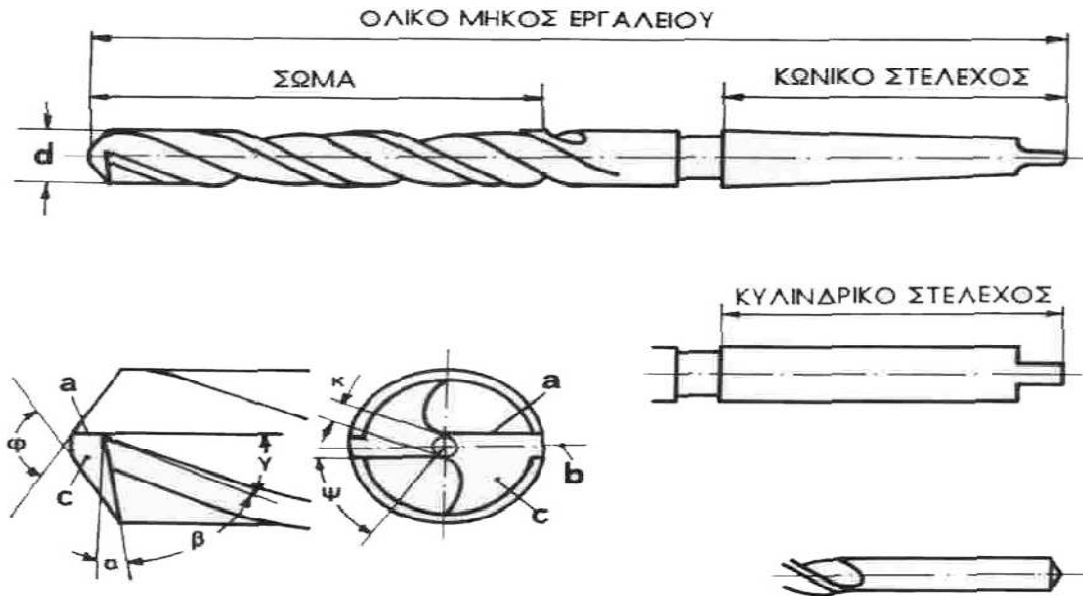
Η εργαλειομηχανή που δίνει την δυνατότητα μετακίνησης και περιστροφής του τρυπανιού και που χρησιμοποιείται για την διάτρηση είναι το δράπανο. Ανάλογα με διάφορα κριτήρια τα δράπανα διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες :

ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ Η ΤΟ ΒΑΡΟΣ	ελαφρά
	μέσου μεγέθους
	βαρέως τύπου
ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ	κατακόρυφα στήλης
	οριζόντια
ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΑΤΡΑΚΤΩΝ	μονοάτρακτα
	πολυάτρακτα
ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ	χειροκίνητα
	μηχανοκίνητα
	πτεπιεσμένου αέρα
ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	κοινά
	ακριβείας
	μεγάλης ακριβείας

1.6.2 Το τρυπάνι

Στο σχήμα 29 παρουσιάζεται η γεωμετρία ενός τρυπανιού. Το τρυπάνι χαρακτηρίζεται ως ελικοειδές λόγω των ελικοειδών αυλακιών που φέρει στο ωφέλιμο μήκος του. Τα ελικοειδή αυλάκια που φέρει το τρυπάνι εξυπηρετούν τους παρακάτω κυρίως σκοπούς :

- δημιουργούν τις απαραίτητες κοπτικές ακμές,
- οδηγούν τα απόβλιττα από την θέση διάτρησης προς τα έξω,
- δίνουν την δυνατότητα στο υγρό κοπής να φτάνει στην θέση κοπής.



- | | | | | | |
|---|---|------------------------------------|---|---|-----------------------|
| a | : | Κύρια κοπτική ακμή | | | |
| b | : | Αξονας ανάμεσα στις κοπτικές ακμές | | | |
| c | : | Επιφάνεια ελευθερίας | | | |
| d | : | Διάμετρος τρυπανιού | | | |
| α | : | Γωνία ελευθερίας | κ | : | Πάχος ψυχής |
| β | : | Γωνία σφηνός | φ | : | Γωνία κορυφής |
| γ | : | Γωνία αποβλίττου | ψ | : | Κλίση εγκάρσιας κόψης |

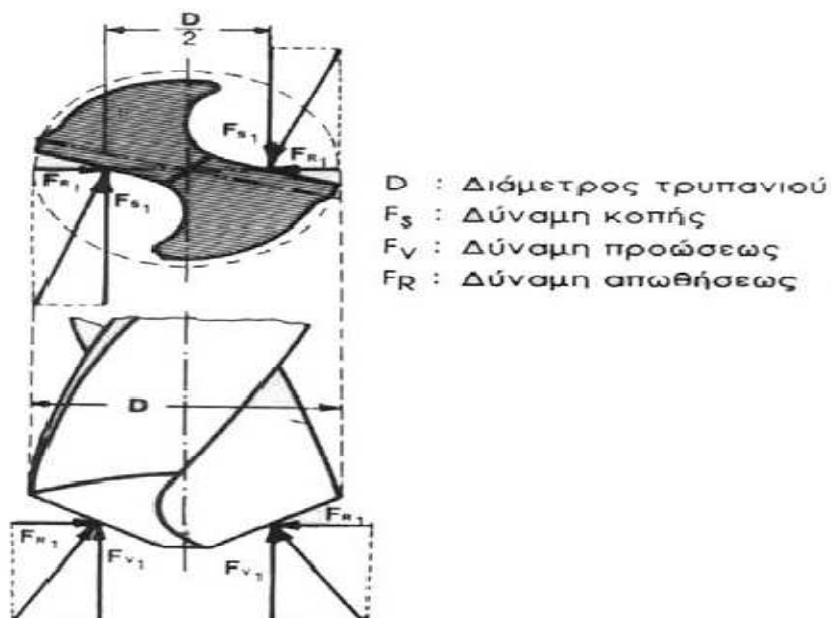
Σχήμα 29 : Γεωμετρία ελικοειδούς τρυπανιού

Το στέλεχος στο τρυπάνι, όπως φαίνεται στο σχήμα, μπορεί να έχει μορφή κολουρου κώνου και σπάνια κυλινδρική. Τα τρυπάνια με κυλινδρικό στέλεχος συγκρατούνται με ειδικούς σφιγκτήρες που προσαρμόζονται στην άτρακτο του δραπάνου με το κωνικό τους στέλεχος που είναι τυποποιημένο και λέγεται κώνος Μορς. Τα μεγάλα τρυπάνια επίσης, φέρουν στελέχη με τον τυποποιημένο αυτόν κώνο. Η τυποποίηση των κώνων Μορς είναι σε επτά μεγέθη που χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 0 έως 6.

Το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται συνήθως τα τρυπάνια είναι ο ταχυχάλυβας ή σπάνια ο ανθρακούχος χάλυβας και τα σκηρομέταλλα. Για την επιλογή του κατάλληλου για κάθε εργασία εργαλείου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν με διαφορετικούς τρόπους αυτή την επιλογή. Έτσι το μέγεθος της οπής που θα κατεργαστεί καθορίζει την διάμετρο του τρυπανιού που θα χρησιμοποιηθεί. Η γωνία ελικώσεως και η γωνία σφηνός εξαρτώνται από το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Όσο πιο σκληρό είναι το κατεργαζόμενο υλικό τόσο μικρότερη πρέπει να είναι η γωνία ελικώσεως ενώ η γωνία σφηνός πρέπει να είναι μεγαλύτερη.

Η φθορά που αναπτύσσεται στα τρυπάνια επηρεάζει την κοπτική ικανότητά τους και μπορεί να γίνει αντιληπτή από το στρογγύλεμα που δημιουργείται στις εξωτερικές γωνίες των κύριων κοπτικών ακμών στην μύτη του εργαλείου. Αν το κοπτικό εργαλείο συνεχίσει να κόβει, ιδιαίτερα σε διάτρηση τυφλής οπής, θερμαίνεται σημαντικά λόγω της μεγαλύτερης τριβής με τελικό αποτέλεσμα την θραύση του. Για την αποφυγή του παραπάνω προβλήματος, το κοπτικό εργαλείο πρέπει να τροχίζεται την κατάλληλη στιγμή. Το τρόχισμα του τρυπανιού μπορεί να γίνεται με το χέρι αλλά για την αποφυγή λαθών, ιδιαίτερα στις κοπτικές γωνίες, προτιμάται να γίνεται με την βοήθεια ειδικής συσκευής, ενώ η χρήση ψυκτικού υγρού κατά το τρόχισμα είναι απαραίτητη για την αποφυγή της υπερθέρμανσης των κοπτικών ακμών.

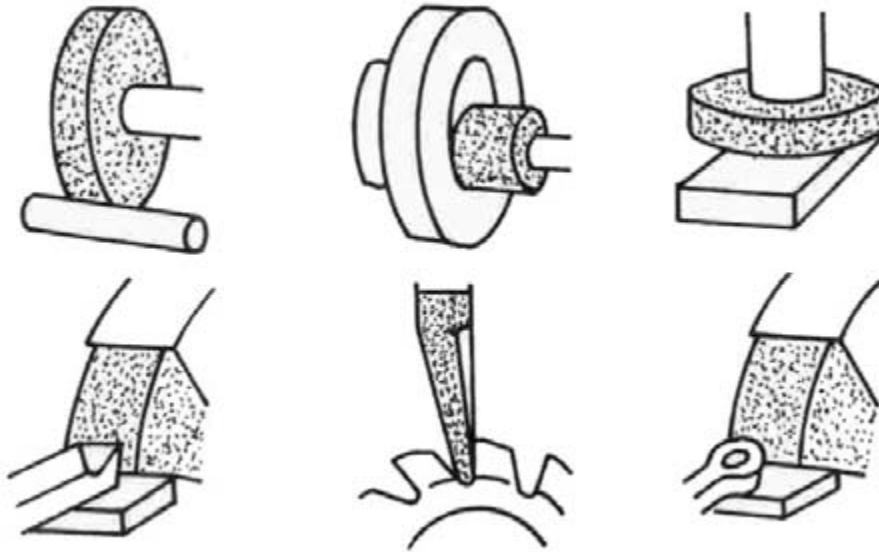
Κατά την διάρκεια της διάτρησης αναπτύσσονται δυνάμεις στο κοπτικό εργαλείο, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 30. Σε ένα τρυπάνι με ιδανική γεωμετρία αρκετές από αυτές τις δυνάμεις, όπως φαίνεται και στο σχήμα, αλληλοαναιρούνται.



Σχήμα 30 : Δυνάμεις κοπής σε ελικοειδή τρυπάνια

1.7 Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ

Το τρόχισμα των κοπτικών εργαλείων, όπως και η λείανση σκληρών ή όχι τεμαχίων, αποτελούν τις κύριες εφαρμογές της λείανσης. Η λείανση μπορεί να έχει σαν σκοπό την δημιουργία υψηλής ποιότητας επιφάνειας και υψηλής διαστατικής ακρίβειας, ενώ χρησιμοποιείται και για να δίδεται κατάλληλο σχήμα με υψηλή ακρίβεια μορφής. Στο σχήμα 31 παρουσιάζονται διάφορες εφαρμογές της λείανσης.



Σχήμα 31 : Εφαρμογές λείανσης

Η λείανση είναι μια κατεργασία με αφαίρεση υλικού στην οποία το κοπτικό εργαλείο είναι ένας περιστρεφόμενος λειαντικός τροχός. Ο τροχός αυτός ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται μπορεί να έχει διάφορα μεγέθη και σχήματα.

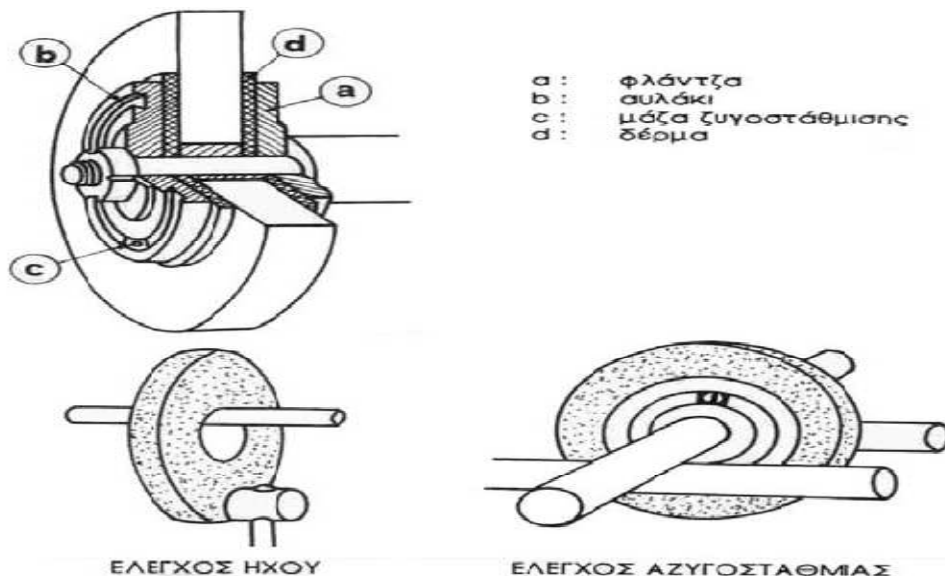
1.7.1 Ο λειαντικός τροχός

Ο λειαντικός τροχός αποτελείται από σκληρούς κόκκους οι οποίοι συνδέονται σε ένα σώμα με τη βοήθεια ενός συνδετικού υλικού, αφήνοντας διάκενα ή πόρους. Οι κόκκοι που προαναφέρθηκαν αποτελούν τις κόψεις του λειαντικού τροχού και μπορούν να είναι από φυσικά ή τεχνητά υλικά. Έτσι υπάρχουν κόκκοι από φυσικό κορούνδιο (οξειδίο του αλουμινίου), ή τεχνητό κορούνδιο που παράγεται σε υψικάμινο από τον βωξίτη, ενώ χρησιμοποιούνται και κόκκοι από ανθρακοπυρίτιο που και αυτό είναι τεχνητό υλικό και παρασκευάζεται σε υψικάμινο από την χαλαζιακή άμμο και τον άνθρακα. Εκτός αυτών σπανιότερα χρησιμοποιούνται κόκκοι από φυσικό ή τεχνητό διαμάντι και νιτρίδιο του Βορίου.

Οι κόκκοι από ανθρακοπυρίτιο είναι σκληρότεροι από τους αντίστοιχους του κορούνδιου και για αυτό τροχοί με κόκκους ανθρακοπυρίτιου χρησιμοποιούνται κυρίως για μαλακά και ψαθυρά υλικά, ενώ οι τροχοί από κορούνδιο χρησιμοποιούνται για την λείανση σκληρών υλικών. Γενικά χρησιμοποιούνται μαλακοί τροχοί για σκληρά υλικά και σκληροί τροχοί για μαλακά υλικά.

Στο σχήμα 32 παρουσιάζεται ένας λειαντικός τροχός σε τομή ενώ διακρίνονται και οι έλεγχοι για την καταλληλότητά του. Ο έλεγχος του ήχου χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί αν ο τροχός έχει ρωγμές ή σπασίματα. Για τον έλεγχο αυτό κρεμιέται ο τροχός σε ράβδο και χτυπιέται γύρω - γύρω με ξυλόσφυρο. Αν ο ήχος είναι οξύς και έχει διάρκεια, ο τροχός είναι γερός και κατάλληλος. Αν όμως ο ήχος είναι κούφιος και με μικρή διάρκεια, τότε ο τροχός έχει ρωγμή. Αντίστοιχα, πριν την τοποθέτηση του τροχού, πρέπει να γίνεται έλεγχος αν ο τροχός είναι ζυγοσταθμισμένος. Μετά τον έλεγχο αυτόν, αν παρατηρηθεί αζυγοσταθμία στον τροχό, τοποθετούνται αντίβαρα κατάλληλου βάρους στην κατάλληλη θέση ώστε να εξουδετερώνεται η αζυγοσταθμία. Τα βασικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν έναν λειαντικό τροχό είναι :

- η εξωτερική διάμετρος,
- η διάμετρος της κεντρικής οπής και
- το πάχος του.

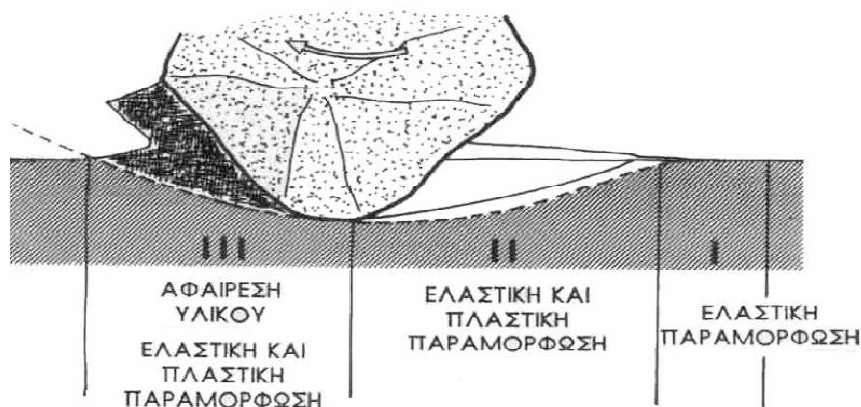


Σχήμα 32 : Λειαντικός τροχός και έλεγχοί του

Το σχήμα του λειαντικού τροχού είναι επίσης καθοριστικό για την επιλογή του για συγκεκριμένη κατεργασία λείανσης. Υπάρχουν διάφορων μορφών λειαντικοί τροχοί και κονδύλια ενώ χρησιμοποιούνται και ειδικά για το τρόχισμα κοπτικών εργαλείων από σκληρομέταλλα, λειαντικοί τροχοί με ειδικό αδαμαντοφόρο στρώμα στην επιφάνειά τους. Οι τροχοί αυτοί ονομάζονται διαμαντοτροχοί και χρησιμοποιούν συνήθως συνδετικό υλικό μεταλλικό ή συνθετικό.

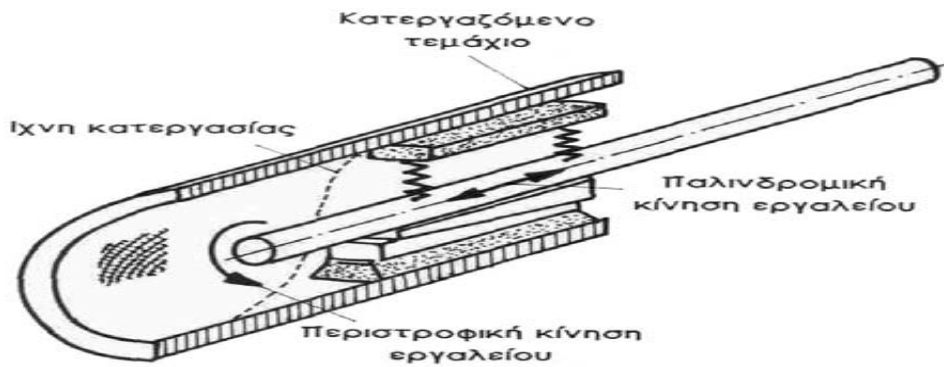
1.7.2 Μηχανισμός λείανσης

Κατά την λείανση έρχεται σε επαφή ο περιστρεφόμενος λειαντικός τροχός με το κατεργαζόμενο τεμάχιο το οποίο μπορεί να μετατοπίζεται ή να περιστρέφεται. Κάθε κόκκος της εξωτερικής επιφάνειας του τροχού αποτελεί και ένα κοπτικό εργαλείο, με ακαθόριστη όμως γεωμετρία κόψης. Κατά την είσοδο του κόκκου στο κατεργαζόμενο τεμάχιο διακρίνονται τρεις βασικές περιοχές όπου το κατεργαζόμενο υλικό αντιστέκεται με διαφορετικό τρόπο. Έτσι, όπως φαίνεται στο σχήμα 33, η είσοδος του κόκκου στο τεμάχιο με πολύ μικρό βάθος κοπής, δημιουργεί αρχικά μια ελαστική παραμόρφωση η οποία στη συνέχεια εξελίσσεται σε πλαστική. Στην τρίτη περιοχή ο κόκκος μπορεί και αφαιρεί λίγο υλικό με κοπή.



Σχήμα 33 : Αφαίρεση υλικού κατά τη λείανση

Η εργαλειομηχανή στην οποία ολοκληρώνεται η λείανση είναι η λειαντική μηχανή, η οποία ανάλογα το είδος της λείανσης έχει διάφορες μορφές. Η λείανση, σαν κατεργασία φινιρίσματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τρόχισμα κοπτικών εργαλείων ή και για κοπή. Ειδικά για εσωτερικές κυλινδρικές επιφάνειες, αντί για λειαντικό τροχό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λειαντικά ραβδίδια τα οποία πιέζονται με ελατήρια προς την εσωτερική κυλινδρική επιφάνεια του τεμαχίου. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται χόνινγκ και παρουσιάζεται στο σχήμα 34. Στο χόνινγκ το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται και ταυτόχρονα διαγράφει μία παλινδρομική κίνηση στο εσωτερικό του τεμαχίου. Επειδή κατά την ειδική αυτή λείανση, επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια κατεργασίας και υψηλή ποιότητα επιφάνειας, αυτή ονομάζεται και υπερλείανση.



Σχήμα 34 : Υπερλείανση

1.8 ΙΣΧΥΣ ΚΟΠΗΣ

Η ισχύς υπολογίζεται διαφορετικά για τον τόρνο από τις υπόλοιπες εργαλειομηχανές

1.8.1 Ισχύς ηλεκτροκινητήρα κοπής τόρνου

Η συνολική ισχύς κοπής αποτελείται από την κύρια ισχύ κοπής N_k και την ισχύ προώσεως N_f , υπολογίζεται από τον τύπο:

$$N_{ολ} = N_k + N_f \Rightarrow N_{ολ} = \frac{Ft \cdot u}{6120} + \frac{Ff \cdot s \cdot n}{6120 \cdot 1000} \text{ (KW)}$$

όμως λόγω του ότι το N_f είναι πολύ μικρό μέγεθος, τελικά:

$$N_{ολ} = \frac{Ft \cdot u}{6120} \text{ (KW)}$$

όπου:

F= κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής (KP)

U= ταχύτητα κοπής (m/min)

S= πρόωση (mm/rev)

n= περιστροφική ταχύτητα (rpm)

1.8.2 Ισχύς ηλεκτροκινητήρα κοπής εργαλειομηχανών

Η ισχύς του κύριου ηλεκτροκινητήρα της ηλεκτρομηχανής υπολογίζεται από την σχέση: $N_{κ0} = \frac{N_k}{\eta_k}$

όπου η_k ο μηχανικός βαθμός απόδοσης της κύριας μεταδόσεως κινήσεως της εργαλειομηχανής ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 0,65 ~ 0,80.

1.9 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σε αυτή την ενότητα, εργασία εννοούμε την ποσότητα εργασίας που χρειάζεται ένα οποιοδήποτε αντικείμενο, χωρίς τα υλικά κατασκευής του.

Θεωρώντας λοιπόν την εργασία σαν ένα μέγεθος, πρέπει να καθορίσουμε καταρχήν μια μονάδα μετρήσεώς της και στη συνέχεια μια διαδικασία με την οποία να μπορούμε να υπολογίζουμε την ποσότητα της εργασίας στην μονάδα αυτή σε ένα προϊόν. Η δυσκολία αυτού είναι προφανής και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως:

- η φυσιολογία του ανθρώπου που εργάζεται
- η μόρφωσή του
- η εξειδίκευση του
- η ταχύτητα με την οποία εργάζεται
- οι συνθήκες στις οποίες εργάζεται
- η ποιότητα που επιδιώκει
- τα μέσα που διαθέτει

Λόγο λοιπόν της προφανής δυσκολίας και εφόσον η μέτρηση αυτή πρέπει να γίνει πριν παραχθεί το προϊόν. Ιδανικό χρόνο εκτέλεσης θεωρούμε τον χρόνο που χρειάζεται ένας μέσος εξειδικευμένος εργάτης σε κατάλληλες συνθήκες. Με την μέθοδο προσπαθούμε να προσδιορίσουμε την ποσότητα ενός ανειδίκευτου εργαζόμενου σε διαφορετικές συνθήκες.

Με την μέτρηση της εργασίας επιτυγχάνεται:

- η αξιολόγηση εναλλακτικών τρόπων παραγωγής των προϊόντων.
- η εκτίμηση των αναγκών σε ανθρώπινο δυναμικό, μιας παραγωγικής διαδικασίας.
- ο προγραμματισμός της παραγωγής
- η προσέγγιση μιας ρεαλιστικής κοστολόγησης
- η δημιουργία κινήτρων στους εργαζομένους

Η μέτρηση της εργασίας μπορεί να ουσιαστικοποιήσει την εποπτεία και τον έλεγχο των εργαζομένων. Ο έλεγχος πρέπει να επιδιώκεται για να προσδιορίσει κατά πόσο οι εργαζόμενοι παράγουν αυτό που πρέπει και όχι κατά πόσο οι εργαζόμενοι απασχολούνται.

Οι κυριότερες μέθοδοι μετρήσεως της εργασίας είναι:

- η μελέτη χρόνων
- η σύνθεση χρόνων
- η σύνθεση χρόνων από χρόνους προκαθορισμένων κινήσεων
- η αναλυτική εκτίμηση

Στην συνέχεια θα εξετάσουμε την μελέτη των χρόνων, λόγω του ότι είναι η σημαντικότερη μέθοδος, τις υπόλοιπες μεθόδους θα τις σχολιάσουμε σε συντομία. Η ακρίβεια που επιδιώκουμε με την μέτρηση της εργασίας είναι στα πλαίσια του υπολογισμού του κόστους του προϊόντος πριν την παραγωγή του, που είναι ένα καθαρά οικονομικό θέμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη και δεν έχει την ακρίβεια επιστημονικών μεθόδων.

1.9.1 Μελέτη χρόνων

Με την μελέτη των χρόνων προσπαθούμε να προσδιορίσουμε, όσο γίνεται ακριβέστερα, τον χρόνο που χρειάζεται μια εργασία για να εκτελεστεί με την βοήθεια περιορισμένου αριθμού παρατηρήσεων. Πρόκειται για μια συστηματική διαδικασία της οποίας εξετάζουμε παρακάτω τα διάφορα επί μέρους στάδια.

1.9.1.1 Συγκέντρωση και καταγραφή πληροφοριών

Καταρχήν συγκεντρώνουμε και καταγράφουμε όλες τις πληροφορίες που έχουν σχέση με την εργασία, τον εργαζόμενο και τις συνθήκες που μπορεί να επηρεάζουν την εκτέλεση της εργασίας.

1.9.1.2 Καταγραφή μεθόδου – ανάλυση εργασίας σε στοιχεία

Στη φάση αυτή καταγράφουμε τη μέθοδο που χρησιμοποιείται και διαιρούμε την εργασία σε στοιχειώδεις εργασίες. Τις στοιχειώδεις εργασίες τις λέμε στοιχεία. Θα πρέπει βέβαια εξ αρχής να έχουμε πάρει την καλύτερη δυνατή μέθοδο. Όπου στοιχείο εννοούμε ένα τμήμα εργασίας που το διακρίνουμε εύκολα και που εκτελείται χωρίς διακοπή. Τα στοιχεία θα πρέπει να έχουν χαρακτηριστικά σημεία έναρξης-λήξης ώστε να αναγνωρίζονται εύκολα. Ένα στοιχείο θα πρέπει να έχει διάρκεια περίπου όχι μεγαλύτερη του μισού λεπτού. Ο αριθμός των στοιχείων εξαρτάται από την φύση της εργασίας και την ακρίβεια που χρειάζεται στους υπολογισμούς. Τα στοιχεία καταγράφονται στο Σχήμα 35 φύλλο μελέτης χρόνων.

ΦΥΛΛΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΧΡΟΝΩΝ					
ΤΜΗΜΑ:			Αυξ. Αριθμ. Μελέτης: σελίδα: από σελίδες:		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:			Χρόνος ενάρξεως: Χρόνος λήξεως:		
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: ΗΜΕΡΟΜΙΝΙΑ:			ΕΛΕΓΚΤΗΣ: ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:		
α/α	Περιγραφή στοιχείου	Ρυθμός	Ανάγνωση χρονομέτρου	Παρατηρηθείς χρόνος	Κανονικός χρόνος
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

Σχήμα 35: Φύλλο μελέτης χρόνων

1.9.1.3 Χρονομέτρηση των στοιχείων

Αφού επιλέξουμε και καταγράψουμε τα στοιχεία μπορούμε να αρχίσουμε τη χρονομέτρηση με άμεση παρατήρηση. Στην συνέχεια επιλέγουμε τον κατάλληλο εργαζόμενο, του δίνουμε οδηγίες και του ζητάμε να είναι συνεργάσιμος.

Χρησιμοποιούμε δυο τεχνικές χρονομετρήσεως. Με την πρώτη μετράμε το χρόνο που χρειάζεται να εκτελεστεί το κάθε στοιχείο χωριστά. Ενώ με την δεύτερη το δείκτη του χρονομέτρου δεν τον σταματάμε κατά την διάρκεια της χρονομετρήσεως, αλλά παράλληλα στο τέλος κάθε στοιχείου καταγράφουμε την ένδειξη του χρονομέτρου. Η συνεχής χρονομέτρηση έχει το πλεονέκτημα ότι αν δεν λάβουμε υπόψη μας κάποιο στοιχείο δεν επηρεάζεται ο συνολικός χρόνος της δραστηριότητας.

Από την επανάληψη της χρονομέτρησης θα διαπιστώσουμε διαφορά στους χρόνους, αυτό οφείλεται στο ότι οι κινήσεις του εργαζομένου δεν είναι πάντα ίδιες, επίσης τα υλικά και τα εργαλεία δεν είναι πάντα στην ίδια θέση.

Ο χρόνος εκτελέσεως ενός στοιχείου είναι μια μεταβλητή και ο αριθμός των χρονομετρήσεων του στοιχείου είναι ένα στατιστικό δείγμα των τιμών του αντίστοιχου χρόνου. Θα πρέπει να υπολογιστεί το πλήθος των χρονομετρήσεων, δηλαδή το μέγεθος του δείγματος, ώστε ο υπολογισμός του χρόνου να πλησιάζει το μέσο χρόνο. Ο υπολογισμός του πλήθους των χρονομετρήσεων ή μεγέθους του δείγματος χρειάζεται να γίνει μόνο στο μεγαλύτερο στοιχείο της εργασίας. Το μέγεθος του δείγματος, όπως ξέρουμε από την στατιστική, μπορούμε να το υπολογίσουμε από την σχέση:

$$n' = \left(\frac{Z_{1-1/2\alpha}}{d} \right)^2 * S^2 \quad \text{όπου} \quad S = \sqrt{\frac{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2}{\sum xi}}$$

n' = μέγεθος δείγματος

xi = χρόνοι στοιχείου

n = αριθμός χρόνων στοιχείου

d = επιτρεπόμενο σφάλμα στην εκτίμηση

$Z_{1-1/2\alpha}$ = συντελεστής εμπιστοσύνης εργαζομένων

Συνήθως επίπεδο εμπιστοσύνης παίρνουμε 90-97% και επιτρεπόμενο σφάλμα 3-7%. Από το άθροισμα των χρόνων εκτελέσεως των στοιχείων μιας εργασίας προκύπτει ο σχετικός χρόνος εκτελέσεως ολόκληρης της εργασίας.

1.9.1.4 Εκτίμηση ρυθμού

Λόγω του ότι η χρονομέτρηση των στοιχείων είναι σχεδόν απίθανο να είναι ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της εργασίας, αφού έχουμε επιλέξει ένα μόνο εργαζόμενο. Πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τον ρυθμό εκτέλεσης κατ'εκτίμηση. Με τη μέτρηση της εργασίας δεν επιδιώκουμε να καθορίσουμε μόνο σε πόσο χρόνο εκτελείται μια εργασία, αλλά και σε πόσο χρόνο πρέπει να εκτελεστεί, να δημιουργήσουμε πρότυπους χρόνους. Χρόνους για τον προγραμματισμό που θα στηρίζουν συστήματα κινήτρων. Για να είναι χρήσιμοι οι πρότυποι χρόνοι πρέπει να αντιπροσωπεύουν τον μέσο εργαζόμενο, να εκτιμηθεί δηλαδή ο ρυθμός εργασίας.

Για να εκτιμήσουμε τον ρυθμό με τον οποίο εκτελείται μια εργασία θα πρέπει να συγκρίνουμε την ταχύτητα με την οποία εκτελείται η εργασία που παρατηρούμε με ένα κανονικό ρυθμό εκτέλεσής της. Ως κανονικό ρυθμό θεωρούμε το ρυθμό εργασίας του μέσου εργαζομένου χωρίς αυτός να επηρεάζεται από συστήματα αμοιβών ή έντονης εποπτείας. Ο ρυθμός αυτός μπορεί να διατηρηθεί από τον εργαζόμενο από μέρα σε μέρα χωρίς κόπωση και με λογική προσπάθεια. Και ισοδυναμεί με την ταχύτητα κινήσεως των άκρων ενός ανθρώπου μέσης φυσικής κατάστασης, που βαδίζει χωρίς φορτίο σε ευθεία, σε επίπεδο έδαφος και με ταχύτητα τριών μιλίων ανά ώρα.

Για την εκτίμηση του ρυθμού χρησιμοποιούμε συνήθως τρεις κλίμακες στις οποίες ο κανονικός ρυθμός βαθμονομείται διαφορετικά, όπως θα αναλύσουμε παρακάτω. Στο παρακάτω σχήμα, Σχήμα 36: κλίμακες ρυθμού, αναφέρονται τα παραπάνω.

Σύγκριση με ταχύτητα πεζού(M/hr)	Περιγραφή	Ρυθμός		
		Κανονικός 60	Κανονικός 75	Κανονικός 100
2	Πολύ αργά, ο εργαζόμενος δεν έχει ενδιαφέρον στην εργασία	40	50	67
3	Σταθερή εκτέλεση, δεν σπαταλιέται χρόνος	60	75	100
4	επιτυγχάνεται η ποιότητα και η ακρίβεια	80	100	133
5	Πολύ γρήγορα, υψηλός βαθμός εμπιστοσύνης	100	125	167
6	Εξαιρετικά γρήγορα, μεγάλη πιθανότητα κόπωσης	120	150	200

Σχήμα 36: κλίμακες ρυθμού

1.9.1.5 Μετατροπή χρόνου εργασίας σε κανονικό

Ο κανονικός ρυθμός εκτελέσεως είναι 100, βάση του πίνακα που αναφέραμε παραπάνω. Εάν αυτός ο ρυθμός είναι πιο αργός ή πιο γρήγορος σε μια εργασία τότε αυξάνουμε ή μειώνουμε τον ρυθμό αντίστοιχα. Στην πράξη, συνήθως, συντελεστή κανονικότητας παίρνουμε από 90 έως 110.

Για κάθε ιδανική μέτρηση εργασίας ισχύει:

$$\text{Παρατηρηθείς χρόνος} * \frac{\text{Ρυθμός}}{\text{Κανονικός ρυθμός}} = \text{Κανονικός χρόνος}$$

1.9.1.6 Χρονικές παραδοχές

Για να προσδιορίσουμε τον πρότυπο χρόνο θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και τους εξής παραγωγικούς χρόνους. Και να τους συνυπολογίσουμε ως χρονικές παροχές.

- Παροχές διαδικασίας
- Ειδικές παροχές
- Παροχές πολιτικής της επιχειρήσεως
- Παροχές αναπαύσεως

Τους μη παραγωγικούς χρόνους δεν τους υπολογίζουμε, δηλαδή τους χρόνους:

- Καθυστερήσεις ενάρξεως εκτέλεσης και παραλαβής υλικών
- Συντηρήσεις μηχανημάτων
- Έκτακτες ανάγκες των εργαζομένων

1.9.1.6.1 Χρονικές παροχές διαδικασίας

Είναι ο άεργος χρόνος που δημιουργείται από την καθυστέρηση ανάμεσα στις φάσεις κατεργασίας και δεν μπορεί να καλυφθεί με κάποια άλλη απασχόληση.

1.9.1.6.2 Χρονικές παροχές αναπαύσεως

Δίδονται ως ποσοστό του κανονικού χρόνου εργασίας, με σκοπό την ανάπαυση του εργαζομένου. Στο σχήμα 37 περιγράφονται οι ποσοστιαίες παροχές για ανάπαυση.

Απολογία	Ποσοστό κανονικού χρόνου (%)		
Σταθερές χρονικές παροχές			
Προσωπικές	5		
κότωσης	4		
Μεταβλητές χρονικές παροχές			
εργασία σε όρθια θέση	2		
εργασία σε μη κανονική θέση	~ Ελαφρά	~ Σε κάμψη	~ Ξαπλωμένος ή ακωρούμενος
	0	2	7
Κότωση από την ανύψωση βαριών (Kgr.)			
5	0		
10	1		
15	2		
20	3		
25	4		
30	5		
35	7		
40	9		
45	11		
50	13		
60	17		
70	22		
Μη κανονικός φωτισμός	~ Ελαφρά κάτω του κανονικού	~ Κάτω του κανονικού	~ Σχεδόν ανύπαρκτος
	0	2	5
Ατμοσφαιρικές συνθήκες σε ψύξη (C°)			
15	0		
10	3		
5	10		
0	21		
-5	31		
-10	45		
-15	64		
-20	100		
Ακρίβεια στην εργασία	~ Μικρή ακρίβεια	~ Μέση ακρίβεια	~ Υψηλή ακρίβεια
	0	2	5
Θορυβώδες περιβάλλον	~ Συνεχής	~ Δυνατός	~ Πολύ δυνατός
	0	2	5
Πνευματική κότωση	~ Ελαφρά συνθετη εργασία	~ Σύνθετη εργασία	~ Πολύ σύνθετη εργασία
	1	4	8
Μονότονη εργασία	~ Μικρή	~ Μέση	~ Υψηλή
	0	1	4
Δημιουργία πλήξης	~ Μικρή	~ Μέση	~ Υψηλή
	0	2	5

Σχήμα 37: Χρονικές παροχές αναπαύσεως

1.9.1.6.3 Ειδικές χρονικές παροχές

Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Περιοδικών δραστηριοτήτων
 - Ανά κύκλο εργασίας
 - Ανά παρτίδα

Δίδονται για αλλαγή ή προσθήκη κάποιων υλικών ή και για κάποια τακτική συντήρηση.

- Παρεμβάσεων

Παρέχεται για τον χρόνο που χρειάζεται ένας εργαζόμενος να κάνει απεμπλοκή σε μια μηχανή.

- Απρόβλεπτων παραγόντων

Δίδεται συνήθως 1% επί του συνολικού χρόνου για να κάλυψη τυχών συμπτώσεων.

1.9.1.6.4 Παροχές πολιτικής

Δίδονται από την επιχείρηση για να ικανοποιήσουν ειδικούς σκοπούς, κυρίως επιβράβευσης των εργαζομένων.

1.9.1.7 Πρότυπος χρόνος

Τον πρότυπο χρόνο μιας εργασίας, που είναι ο χρόνος στον οποίο δεχόμαστε ότι μπορεί να εκτελεστεί η εργασία από τον μέσο εργαζόμενο, τον βρίσκουμε εάν στον κανονικό χρόνο προσθέσουμε όλες τις χρονικές παραδοχές, εκτός τις παροχές πολιτικής.

1.9.2 Άλλες τεχνικές μετρήσεως εργασίας

Για την εκτίμηση του χρόνου εκτέλεσης μιας εργασίας εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, οι οποίες διαφέρουν ως προς τον τρόπο εφαρμογής τους αλλά και το βαθμό ακρίβειας της μέτρησης. Άλλες είναι πρόχειρες και πρακτικές, ενώ άλλες συστηματικές και ακριβείς. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου γίνεται με κριτήρια τον επιθυμητό βαθμό ακρίβειας, δηλαδή το αποδεκτό σφάλμα αλλά και το κόστος της μεθόδου. Η ακρίβεια εξαρτάται από τον στόχο που καλείται να ικανοποιήσει η μέτρηση.

1.9.2.1 Σύνθεση χρόνων

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται δημιουργώντας χρόνους και στη συνέχεια συνθέτοντας τα στοιχεία των χρόνων, που έχουν προκύψει αναλυτικά από την μελέτη χρόνων όμοιων εργασιών, με όμοια μέθοδο.

1.9.2.2 Σύνθεση από χρόνους προκαθορισμένων κινήσεων

Η μέθοδος βασίζεται στο ότι κάθε χειρονακτική δραστηριότητα μπορεί να αναλυθεί σε στοιχειώδη κινήσεις του ανθρώπινου σώματος. Αυτές οι στοιχειώδεις κινήσεις θα πρέπει να εκτελούνται στον ίδιο χρόνο κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Γενικά μια εργασία αποτελείται από το άθροισμα των χρόνων των στοιχειωδών κινήσεων.

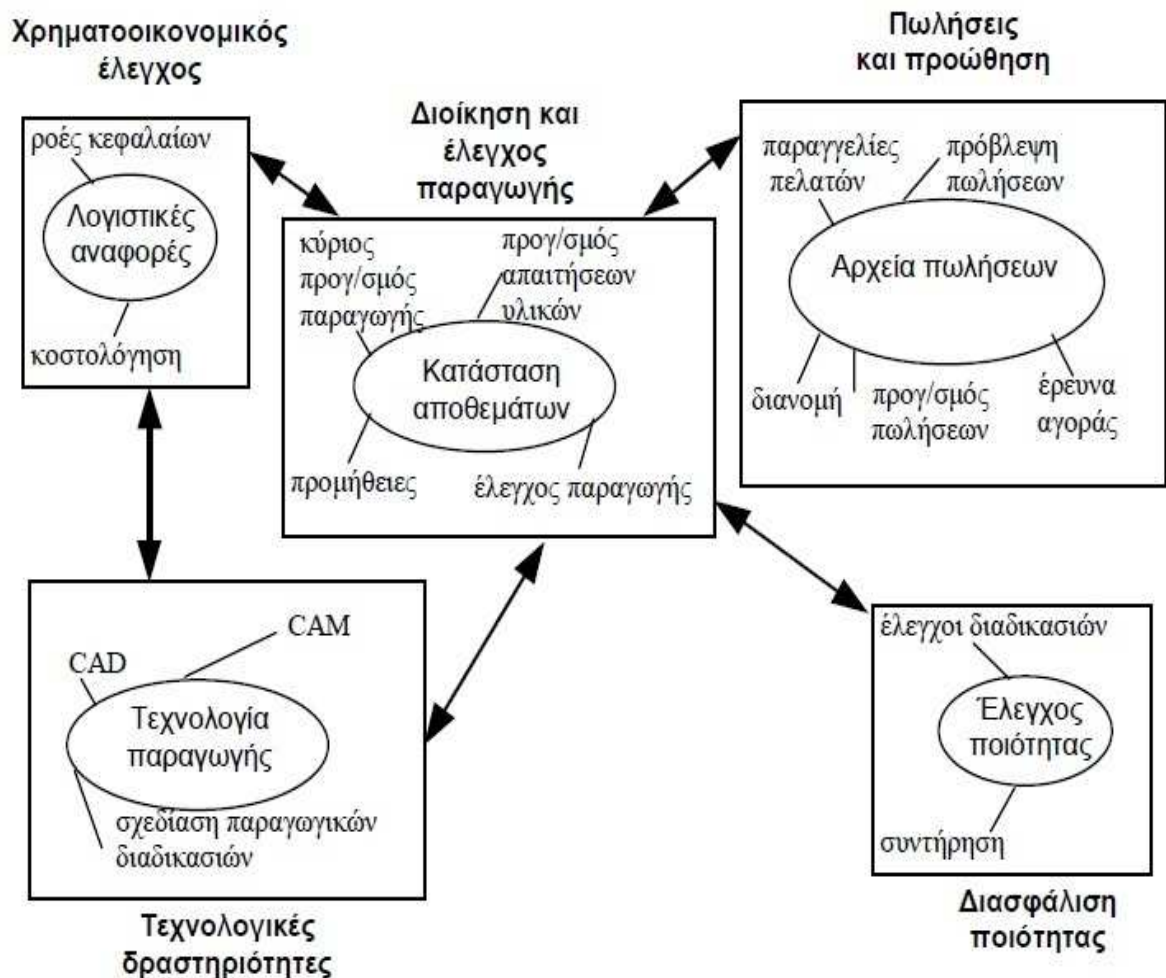
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ –ΒΕΛΤΙΩΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύσαμε τις κατεργασίες μορφοποίησης και αναφέραμε τους τύπους υπολογισμού ταχυτήτων-προώσεων και χρόνων κοπής.

Ωστόσο ο απαιτούμενος χρόνος για την αποπεράτωση ενός τεμαχίου ή μιας κατασκευής, εξαρτώνται και από πολλούς και σύνθετους παράγοντες, ενδεικτικά όπως την οργάνωση του μηχανουργείου, την σειρά κατεργασιών, την έγκαιρη παραγγελία A υλών.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την εξέλιξη της βιομηχανίας έχουν αναπτυχτεί διάφορες θεωρίες για την οργάνωση της παραγωγής. Το επίτευγμα της οργάνωσης της παραγωγής δεν μειώνει μόνο τον χρόνο κατασκευής, αλλά και το κόστος.

Για να φτάσουμε στην υλοποίηση μιας κατασκευής και στην παραγωγή της πρέπει πρώτα να κάνουμε μια σειρά διαδικασιών. Παρακάτω φαίνονται σχηματικά και θα αναλυθούν σε αυτό το κεφάλαιο.



Σχήμα 38: Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων στο βιομηχανικό περιβάλλον.

2.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ένα σύστημα παραγωγής ορίζεται ως ο συνδυασμός ανθρώπων, μηχανών και εξοπλισμού τα οποία συνδέονται με μία κοινή ροή υλικού και πληροφορίας. Το οργανωμένο αυτό σύνολο, αναλώνοντας υλικούς και παραγωγικούς πόρους, παράγει προϊόντα υψηλότερης προστιθέμενης αξίας. Γενικά τα συστήματα παραγωγής μπορούν να διακριθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες, σε σχέση με το είδος των τελικών τους προϊόντων (Chryssolouris 2006). Αυτές είναι τα συστήματα κατασκευής έργων, τα συστήματα διακριτής παραγωγής και τα συστήματα διεργασιών. Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των κατηγοριών αυτών.

2.1.1 Συστήματα κατασκευής έργων (Project Shops)

Τα συστήματα αυτά παράγουν ένα προϊόν μεγάλης αξίας, του οποίου η θέση καθόλη τη διάρκεια της επεξεργασίας του παραμένει σταθερή λόγω των διαστάσεων ή/και του βάρους του. Οι πρώτες ύλες και οι παραγωγικοί πόροι κινούνται γύρω από αυτό. Παραδείγματα τέτοιου τύπου συστημάτων παραγωγής συναντώνται στη βιομηχανία κατασκευής αεροσκαφών, στα ναυπηγεία και στα εργοτάξια κατασκευής δημόσιων έργων.

2.1.2 Συστήματα διακριτής παραγωγής (Discrete Production Systems)

Τα συστήματα διακριτής παραγωγής, ή αλλιώς τα συστήματα παραγωγής διακριτών προϊόντων, παράγουν προϊόντα σε μεγάλες ποσότητες που είναι πλήρως διακριτά μεταξύ τους, δηλαδή προϊόντα σε στερεά κατάσταση με περιορισμένες διαστάσεις. Σε αυτή την κατηγορία προϊόντων ανήκει το μεγαλύτερο ποσοστό των αγαθών ευρείας κατανάλωσης. Δεν συμπεριλαμβάνονται όμως τα προϊόντα σε ρευστή κατάσταση και τα στερεά σε μορφή σκόνης. Τα συστήματα διακριτής παραγωγής μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω ανάλογα με τον αρχικό σχεδιασμό και τη δομή των τμημάτων επεξεργασίας τους. Οι βασικοί τύποι των συστημάτων διακριτής παραγωγής είναι οι παρακάτω:

2.1.3 Σύστημα παραγωγής κατά παραγγελία (Job Shop)

Τα συστήματα αυτά παράγουν συνήθως μεγάλη ποικιλία προϊόντων σε περιορισμένες ποσότητες και με προδιαγραφές προσαρμοσμένες στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του πελάτη (product customization). Ο εξοπλισμός τους δεν είναι εξειδικευμένος αλλά ευέλικτος και κάθε παρτίδα ακολουθεί διαφορετική ακολουθία δρομολόγησης μέσα στο επίπεδο του εργοστασίου, σύμφωνα με τον τεχνολογικό προγραμματισμό παραγωγής του συγκεκριμένου προϊόντος. Οι μηχανές που έχουν ίδιες ή παρόμοιες δυνατότητες επεξεργασίας τοποθετούνται μαζί. Για παράδειγμα, οι τόρνοι τοποθετούνται μαζί σε ένα κέντρο κατεργασιών (workcenter), οι φρέζες σχηματίζουν ένα άλλο κέντρο κατεργασιών και με τον ίδιο τρόπο σχηματίζονται και τα υπόλοιπα κέντρα.

Η διακίνηση των υλικών ανάμεσα τους είναι μη αυτοματοποιημένη και γίνεται συνήθως με τη χρήση χειροκίνητα ελεγχόμενων μέσων, όπως είναι τα περνοφόρα οχήματα. Μέσα σε ένα κέντρο κατεργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας αριθμός εναλλακτικών μηχανών για την εκτέλεση μίας εργασίας. Η δυνατότητα αυτή προσδίδει ευελιξία στο συγκεκριμένο τύπο συστημάτων διακριτής παραγωγής.

2.1.4 Σύστημα παραγωγής συνεχούς ροής (Flow Shop)

Ο τύπος αυτός παραγωγικών συστημάτων είναι κατάλληλος για την παραγωγή ενός περιορισμένου αριθμού τυποποιημένων προϊόντων σε μεγάλες ποσότητες που προορίζονται για την ευρεία κατανάλωση (mass production). Κάθε προϊόν ακολουθεί την ίδια ακολουθία δρομολόγησης, περνώντας από μία σειρά εξειδικευμένων μηχανών με τη μεσολάβηση κάποιου αυτοματοποιημένου συστήματος εσωτερικών μεταφορών, όπως είναι οι μεταφορικές ταινίες, τα ρομπότ και τα AGVs. Η ροή του κάθε κομματιού είναι συνεχής μέσα στο χώρο παραγωγής. Τα συστήματα αυτά έχουν πολύ μικρό βαθμό ευελιξίας. Η προετοιμασία των μηχανών για την παραγωγή ενός νέου εξαρτήματος ή προϊόντος, εφόσον βέβαια αυτό είναι εφικτό, διαρκεί συνήθως ώρες ή και ημέρες.

2.1.5 Σύστημα παραγωγής τύπου κυψέλης (Cellular Shop)

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός στα συστήματα αυτά ομαδοποιείται σε κυψέλες σύμφωνα με την ακολουθία των κατεργασιών που πρέπει να ακολουθηθεί για τις διάφορες οικογένειες προϊόντων (product families). Οι τελευταίες ορίζονται ως ομάδες προϊόντων με κοινά βασικά χαρακτηριστικά. Η κάθε κυψέλη περιλαμβάνει παραγωγικούς πόρους κατάλληλους για την παραγωγή μίας συγκεκριμένης οικογένειας προϊόντων. Η ροή των υλικών εντός της κυψέλης συχνά διαφέρει για τα διάφορα προϊόντα της οικογένειας. Το εσωτερικό σύστημα διακίνησης υλικών μπορεί να είναι είτε αυτοματοποιημένο, όπως στα συστήματα συνεχούς ροής, είτε χειροκίνητο, όπως στα συστήματα κατά παραγγελία. Όταν η ακολουθία δρομολόγησης για την παραγωγή κάθε τελικού προϊόντος περιορίζεται εντός μίας και μόνο κυψέλης, τότε ο προγραμματισμός κάθε κυψέλης μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητος από των άλλων, κάτι που απλοποιεί ιδιαίτερα τη διαδικασία λήψης αποφάσεων χρονοπρογραμματισμού.

Στα πραγματικά συστήματα διακριτής παραγωγής, οι βασικοί τύποι δομών που παρουσιάστηκαν, εμφανίζονται συνήθως σε συνδυασμούς ή σε διάφορες παραλλαγές. Η επιλογή του ακριβούς τύπου της δομής ενός συστήματος παραγωγής εξαρτάται κυρίως από τον τεχνολογικό προγραμματισμό των παραγόμενων προϊόντων και εξαρτημάτων τους, αλλά και από εξωγενείς παράγοντες που επιβάλλει η αγορά, όπως είναι η απαίτηση για μεγάλη ευελιξία. Ένα παράδειγμα συστήματος παραγωγής, του οποίου η δομή αποτελεί συνδυασμό δύο βασικών τύπων συστημάτων διακριτής παραγωγής, αποτελεί το ευέλικτο σύστημα παραγωγής.

2.1.6 Ευέλικτο σύστημα παραγωγής (Flexible Manufacturing System - FMS)

Ένα ευέλικτο σύστημα παραγωγής συνδυάζει τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος παραγωγής κατά παραγγελία και ενός συστήματος τύπου κυπέλης. Παρέχει ευελιξία ως προς την ποικιλία και τις προδιαγραφές των τελικών προϊόντων του, καθώς και ως προς την αλληλουχία των διαδικασιών που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν κατά την παραγωγή τους. Η ευελιξία αυτή είναι αποτέλεσμα του μεγάλου βαθμού αυτοματοποίησης του συστήματος. Η ροή των υλικών και των πληροφοριών μέσα στο σύστημα είναι ολοκληρωτικά αυτοματοποιημένη και συνήθως δεν απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση.

Η επέκταση των δυνατοτήτων των ευέλικτων συστημάτων παραγωγής είναι δυνατή μέσα σε ένα περιβάλλον «λιτής» παραγωγής (lean production), εντός του οποίου γίνεται χρήση ενός μικρού αριθμού ευέλικτων και πλήρως αυτοματοποιημένων σταθμών επεξεργασίας για την παραγωγή μίας ευρείας γκάμας προϊόντων υψηλής ποιότητας, σε μεγάλες ποσότητες (Stevenson 1996). Σε σχέση με τα συστήματα μαζικής παραγωγής επιτυγχάνεται η παραγωγή ισοδύναμου όγκου προϊόντων με επίσης χαμηλό κόστος, χρησιμοποιώντας όμως λιγότερους αλλά πιο ευέλικτους πόρους.

2.1.7 Συστήματα διεργασιών (Process Systems)

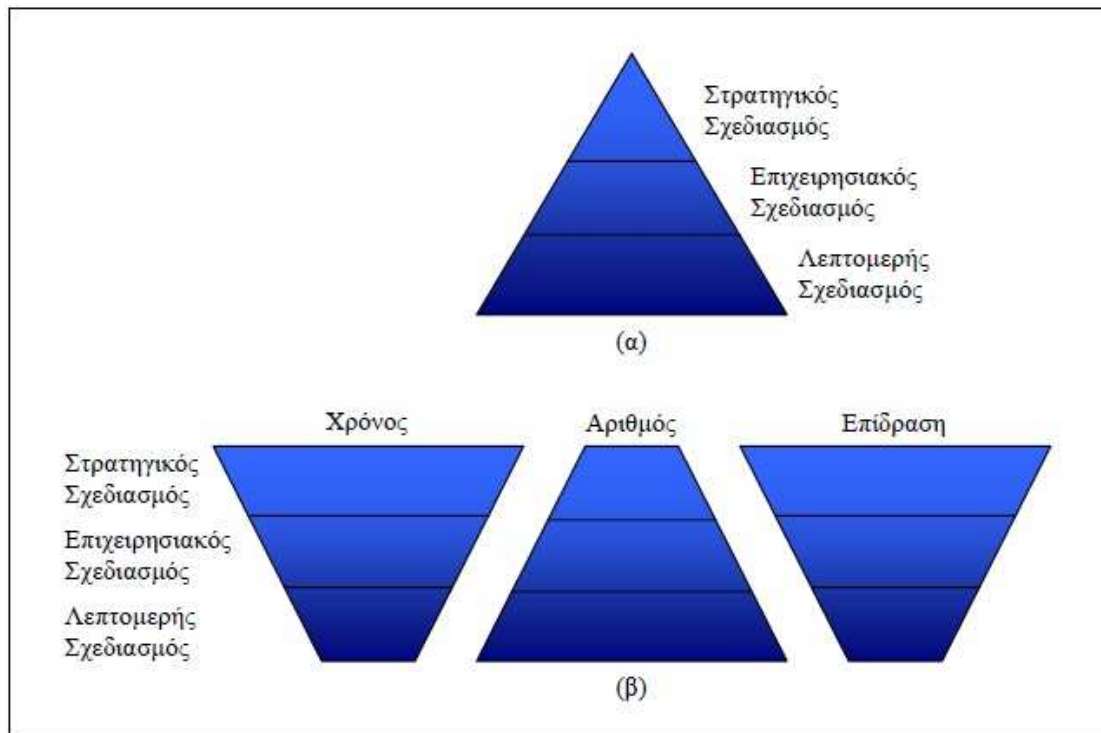
Σε αντίθεση με όλους τους άλλους τύπους συστημάτων παραγωγής που επεξεργάζονται διακριτά εξαρτήματα, ηλεκτρομηχανολογικού ή άλλου χαρακτήρα, τα συστήματα διεργασιών παράγουν υγρά, αέρια ή στερεά προϊόντα υπό τη μορφή σκόνης. Όπως και στην περίπτωση των συστημάτων παραγωγής συνεχούς ροής, ο μηχανολογικός εξοπλισμός είναι διατεταγμένος σύμφωνα με την αλληλουχία των διεργασιών στο φασεολόγιο των προϊόντων. Τα συστήματα διεργασιών έχουν τη μικρότερη ευελιξία από όλους τους άλλους τύπους συστημάτων παραγωγής. Παραδείγματα τέτοιου τύπου παραγωγικών συστημάτων συναντώνται στις χημικές βιομηχανίες και στα διυλιστήρια πετρελαίου.

2.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Η λειτουργία ενός παραγωγικού συστήματος μπορεί να διακριθεί σε τρία κύρια επίπεδα:

- Στρατηγικός Σχεδιασμός (Strategic Planning).
- Επιχειρησιακός Σχεδιασμός (Operational Planning).
- Λεπτομερής Σχεδιασμός (Detailed Planning).

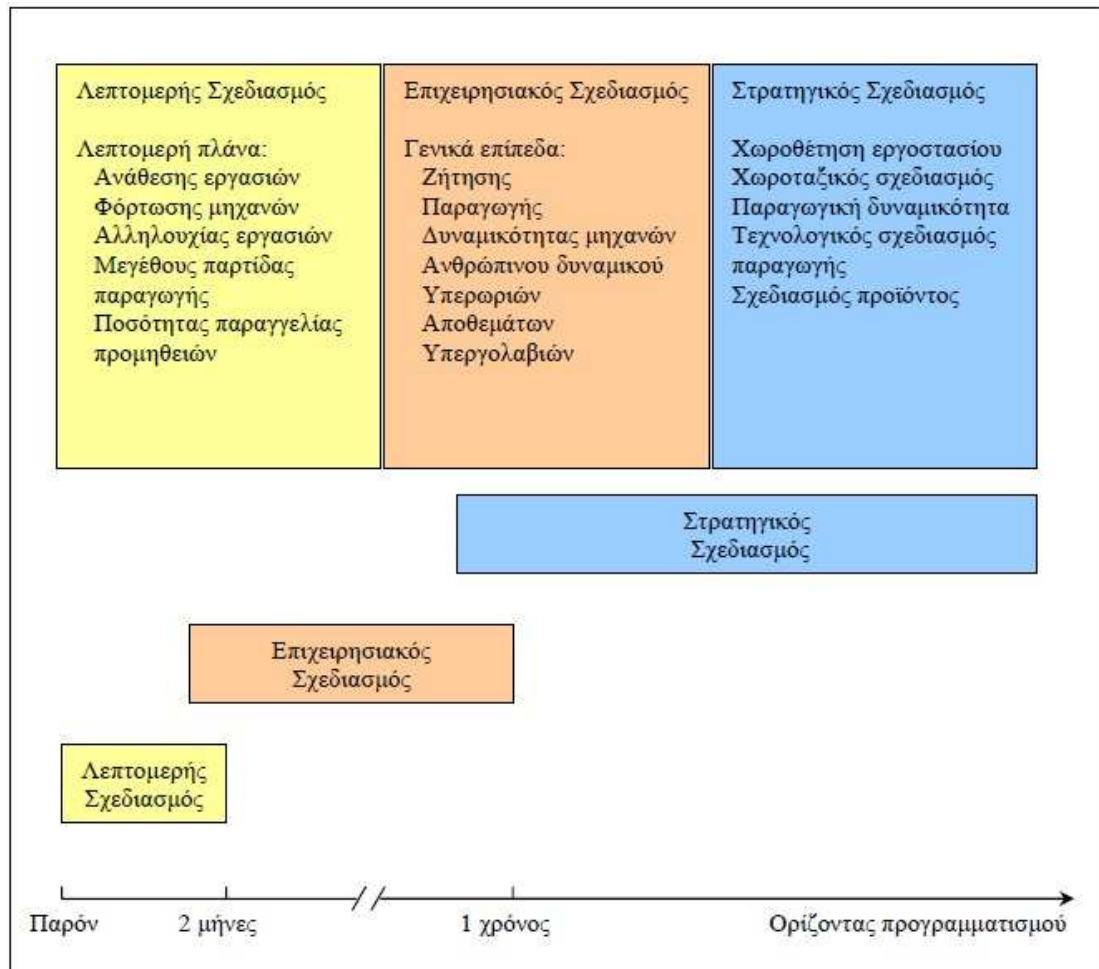
Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα επίπεδα σχεδιασμού ενός συστήματος παραγωγής και τα χαρακτηριστικά των αποφάσεων που λαμβάνονται στα πλαίσια τους.



Σχήμα 39: (α) Τα επίπεδα σχεδιασμού των συστημάτων παραγωγής
(β) Τα χαρακτηριστικά των αποφάσεων σε κάθε επίπεδο

Στο επίπεδο του στρατηγικού σχεδιασμού λαμβάνονται λίγες αποφάσεις, οι οποίες όμως απαιτούν μεγάλο χρόνο λήψης και έχουν μακροχρόνια επίδραση σε ολόκληρη την επιχείρηση. Στο επίπεδο του λεπτομερούς σχεδιασμού λαμβάνονται πολλές αποφάσεις, οι οποίες απαιτούν πολύ λιγότερο χρόνο. Παρά το γεγονός ότι η επίδραση της κάθε απόφασης στο επίπεδο αυτό είναι τοπική και έχει βραχυχρόνια μόνο επίδραση, ο συνολικός αριθμός των αποφάσεων αυτών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το σύστημα παραγωγής.

Τα χαρακτηριστικά των αποφάσεων στο επίπεδο του επιχειρησιακού σχεδιασμού βρίσκονται μεταξύ εκείνων των προηγούμενων δύο επιπέδων (σχήμα 39). Κατά τον επιχειρησιακό σχεδιασμό τα γενικευμένα πλάνα του στρατηγικού σχεδιασμού μετατρέπονται σε πιο συγκεκριμένα και ειδικά σχέδια. Τα τελευταία αποτελούν συνήθως το συνδετικό κρίκο μεταξύ του στρατηγικού και του λεπτομερή σχεδιασμού. Οι αποφάσεις που σχετίζονται με τα αντίστοιχα επίπεδα σχεδιασμού των συστημάτων παραγωγής που παρατίθενται στο σχήμα 40.



Σχήμα 40: Οι αποφάσεις και ο ορίζοντας προγραμματισμού του κάθε επιπέδου σχεδιασμού ενός συστήματος παραγωγής

Οι αποφάσεις του στρατηγικού σχεδιασμού έχουν μακροπρόθεσμο ορίζοντα επίδρασης και αφορούν κυρίως τη χωροθέτηση και τη δομή του παραγωγικού συστήματος, τη δυναμικότητα του, την επιλογή του μηχανολογικού εξοπλισμού και των παραγόμενων προϊόντων, τη διαρρύθμιση των διαφόρων τμημάτων επεξεργασίας και τον τεχνολογικό σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας (process planning). Οι μακροπρόθεσμες αυτές αποφάσεις ουσιαστικά καθορίζουν τους περιορισμούς δυναμικότητας εντός των οποίων πρέπει να γίνει ο επιχειρησιακός σχεδιασμός. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται στο επίπεδο του τελευταίου έχουν μεσοπρόθεσμο ορίζοντα επιρροής και σχετίζονται με τα γενικά επίπεδα δυναμικότητας των παραγωγικών πόρων (μηχανές, εργατικό προσωπικό κλπ.), της παραγωγής, των προβλέψεων ζήτησης τελικών προϊόντων και των αποθεμάτων.

Αυτές με τη σειρά τους, θέτουν τα όρια μέσα στα οποία πρέπει να ληφθούν οι αποφάσεις του λεπτομερούς σχεδιασμού. Οι τελευταίες αφορούν κυρίως την ανάθεση των εργασιών, τη σειρά εκτέλεσής τους, τη φόρτωση των μηχανών, τον υπολογισμό του μεγέθους των παρτίδων παραγωγής και της ποσότητας των παραγγελιών προμηθειών. Ο λεπτομερής σχεδιασμός είναι επιπλέον υπεύθυνος για τη συλλογή δεδομένων από το επίπεδο του εργοστασίου και για την ανάδραση της ροής της πληροφορίας πίσω στο επίπεδο του επιχειρησιακού σχεδιασμού. Μετά τη συγκέντρωση και επεξεργασία τους, οι πληροφορίες ανάδρασης θα περάσουν από το επιχειρησιακό επίπεδο στο στρατηγικό επίπεδο.

2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (PPC)

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των παραγωγικών πόρων μιας επιχείρησης και ο έλεγχος της ροής των υλικών και των πληροφοριών μέσα σε αυτή, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση της ανταγωνιστικότητας της. Η ανάγκη παραγωγής μεγάλης ποικιλίας τελικών προϊόντων με χαρακτηριστικά προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του κάθε πελάτη, σε σχετικά μικρούς όγκους και με στενές προθεσμίες παράδοσης, σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα της σύγχρονης παραγωγικής αλυσίδας, καθιστά απαραίτητη τη δυνατότητα τεκμηριωμένης λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων. Η αποδοτική εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων πόρων της κρίνεται επιτακτική μέσα στα πιεστικά όρια που θέτει ο σύγχρονος παγκόσμιος ανταγωνισμός. Η αποτελεσματική διαχείριση και κάλυψη των ανωτέρω απαιτήσεων επιτυγχάνεται μέσω της λειτουργίας του Προγραμματισμού και Ελέγχου Παραγωγής της επιχείρησης (Production Planning and Control - PPC).

Γενικά, ο προγραμματισμός και έλεγχος της παραγωγής αποτελεί, μαζί με την Εμπορική που συνδέει την παραγωγή με τη ζήτηση και τη Χρηματοοικονομική που εξασφαλίζει τους απαιτούμενους χρηματοοικονομικούς πόρους, τις κύριες λειτουργίες ενός συστήματος παραγωγής. Ο προγραμματισμός και έλεγχος ενός συστήματος παραγωγής είναι η πολύπλοκη διαδικασία του σχεδιασμού της ροής πληροφορίας και των υλικών μέσα στο σύστημα, με στόχο την παραγωγή προϊόντων μέσα σε προκαθορισμένο χρόνο και στη σωστή ποσότητα και ποιότητα, εφαρμόζοντας ένα σύνολο εντολών. Οι τελευταίες εκδίδονται από τους υπευθύνους παραγωγής με ή χωρίς τη βοήθεια ενός σύγχρονου λογισμικού πληροφοριακού συστήματος PPC. Η θεμελιώδης λοιπόν δραστηριότητα της λειτουργίας του προγραμματισμού και ελέγχου ενός παραγωγικού συστήματος είναι ο καθορισμός των εντολών που διαχειρίζονται τη ροή του υλικού μέσα στο σύστημα. Τα πιο διαδεδομένα σήμερα συστήματα PPC ανήκουν στη γενική κατηγορία των MRP/MRPII/ERP συστημάτων. Τα τελευταία κυριαρχούν κατά την τελευταία εικοσαετία σε παγκόσμια κλίμακα.

Τα σημαντικότερα εναλλακτικά συστήματα προγραμματισμού και ελέγχου παραγωγής είναι τα Ιαπωνικά συστήματα JIT/JITII, τα συστήματα OPT, καθώς και τα συστήματα χρονοπρογραμματισμού πεπερασμένης δυναμικότητας FCS, όπως τα APS και BAM που χρησιμοποιούνται όμως συνήθως σε συνεργασία με κάποιο άλλο σύστημα της κατηγορίας MRP/MRP II/ERP (Shayan and Fallah 1999). Στη συνέχεια γίνεται μία σύντομη αναφορά σε καθένα από αυτά.

2.3.1 Συστήματα MRP/MRP II/ERP

Τα συστήματα MRP, MRP κλειστού βρόγχου, MRP II και ERP αποτελούν το ένα μετεξέλιξη του άλλου, σύμφωνα με τη σειρά αναφοράς τους. Η κλασική μέθοδος Προγραμματισμού Απαιτήσεων Υλικών (Material Requirements Planning - MRP) εμφανίστηκε στις Η.Π.Α. στις αρχές της δεκαετίας του '70 και μέσα σε λίγα χρόνια υλοποιήθηκε υπό τη μορφή λογισμικών προγραμμάτων MRP. Τα τελευταία αντικατέστησαν τις μέχρι τότε εποπτικές μεθόδους ελέγχου των αποθηκών (physical cycle counting) σε μία προσπάθεια για μείωση των υψηλών επιπέδων αποθεμάτων των Αμερικανικών επιχειρήσεων. Τα τελευταία θεωρούντο ως τότε σαν μία ακόμη μορφή επένδυσης κεφαλαίων. Η ραγδαία άνοδος της Ιαπωνικής βιομηχανίας που στηρίχθηκε στον περιορισμό των αποθεμάτων σε όλα τα στάδια της παραγωγής, οδήγησε στην αναθεώρηση αυτής της αντίληψης. Τα πρωτοεμφανιζόμενα συστήματα MRP υπόσχονταν την άμεση μείωση του ύψους των αποθεμάτων και την καλύτερη διαχείριση των παραγγελιών, τόσο προς τους εξωτερικούς προμηθευτές, όσο και προς τα παραγωγικά τμήματα της επιχείρησης.

Αργότερα, νέες τεχνικές αναπτύχθηκαν και ενσωματώθηκαν στη μέθοδο MRP, όπως ο Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (Capacity Requirements Planning - CRP), οδηγώντας στην υλοποίηση συστημάτων γνωστών ως MRP κλειστού βρόγχου (closed-loop MRP). Μέσα στη δεκαετία του '80, οι εταιρίες άρχισαν να εκμεταλλεύονται την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των Η/Υ και την κατακόρυφη μείωση του κόστους αγοράς τους. Νέα εργαλεία προστέθηκαν στα συστήματα MRP κλειστού βρόγχου, τα οποία απορρόφησαν τα προγράμματα αναλυτικής λογιστικής και εμπορικής διαχείρισης, καθώς και τα προγνωστικά μοντέλα πρόβλεψης της ζήτησης (Umble et al. 2003). Τα νέα αυτά πιο ολοκληρωμένα συστήματα μετονομάστηκαν σε συστήματα Προγραμματικού Παραγωγικών Πόρων (Manufacturing Resource Planning - MRP II).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία ανάπτυξη των συστημάτων Προγραμματισμού Επιχειρησιακών Πόρων (Enterprise Resource Planning - ERP) που αποτελούν την τέταρτη γενιά στην εξελικτική πορεία των συστημάτων MRP. Ο όρος ERP επινοήθηκε από τη *Gartner Group* για να περιγράψει τα συστήματα MRP II της επόμενης γενιάς, τα οποία απέκτησαν ακόμη μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών. Οι τελευταίες καλύπτουν τομείς όπως η συντήρηση, η διοίκηση ανθρωπίνων πόρων, η διοίκηση ποιότητας, η διοίκηση έργων, ο σχεδιασμός προϊόντων και ο τεχνολογικός προγραμματισμός παραγωγής.

Για είναι σε θέση κάποιος να μελετήσει το πληροφοριακό οικοδόμημα ενός ERP θα πρέπει να αναλύσει την οργανωτική δομή μιας επιχείρησης σε επιχειρηματικές διαδικασίες, λειτουργίες και δραστηριότητες σε αντιστοιχία με τα υποσυστήματα και τις λειτουργίες ενός συστήματος ERP, σε μια transactional μορφή.

Οι διαδικασίες αυτές μπορούν να διαχωριστούν στις εξής ενότητες:

- Σχεδιασμός πωλήσεων και κερδοφορίας (Sales&profitability planning SP).
- Προγραμματισμός Παραγωγής (Production Planning PP).
- Προμήθειες (Purchase PO).
- Εντολές παραγωγής (Production Orders PrO).
- Τελική κοστολόγηση της παραγωγής (Costing CO).
- Πωλήσεις (Sales SO).

Τα συστήματα MRP II και ERP συνδέουν την οικονομική και εμπορική λειτουργία με την παραγωγή, σε διαφορετικό βαθμό το καθένα. Συνιστούν ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα, τα οποία αποτελούνται από μικρότερες ανεξάρτητες υπομονάδες που μπορούν να διαχειριστούν μεγάλους όγκους δεδομένων. Από την άλλη μεριά όμως, τα συστήματα αυτά δεν συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης και δεν προτείνουν νέες θεωρητικές μεθόδους. Ο βασικός μηχανισμός τους για τον προγραμματισμό και έλεγχο της παραγωγής παραμένει ο ίδιος, δηλαδή η κλασική μέθοδος MRP κλειστού βρόγχου. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μέχρι σήμερα τον πυρήνα της λειτουργίας PPC των συστημάτων MRP II και ERP. Για το λόγο αυτό τα συστήματα αυτά θα αναφέρονται στα πλαίσια της παρούσας διατριβής με τον κοινό όρο “MRP-based” συστήματα. Μέσα στο περιβάλλον ενός MRP-based συστήματος, η κλασική μέθοδος MRP συνδέεται τώρα με όλες τις κύριες λειτουργίες ενός παραγωγικού συστήματος, τη χρηματοοικονομική, την εμπορική και την παραγωγή.

Στο σημείο αυτό αξίζει να παρατηρηθεί ότι τα ολοκληρωμένα MRP-based συστήματα δεν παρέχουν πληροφορίες για όλες τις επιχειρήσεις που συμμετέχουν στην αλυσίδα παραγωγής ενός προϊόντος. Αποτελούν απομονωμένες νησίδες πληροφόρησης που εφαρμόζονται τοπικά σε μία επιχείρηση και περιορίζονται στο να παρέχουν πληροφορίες που αφορούν το συγκεκριμένο μόνο τμήμα της συνολικής αλυσίδας. Καθώς τα τοπικά MRP-based συστήματα λειτουργούν ανεξάρτητα, χωρίς να είναι δυνατή η μεταξύ τους επικοινωνία, τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Management - SCM). Αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως πλαίσια διασύνδεσης των επιμέρους τοπικών MRP-based συστημάτων.

Τα συστήματα SCM προωθούν τη συνεργασία των επιχειρήσεων προσφέροντας ένα περιβάλλον ανταλλαγής δεδομένων και προγραμμάτων παραγωγής ανάμεσα σε ξεχωριστούς οργανισμούς της εφοδιαστικής αλυσίδας, από τους προμηθευτές μέχρι τα κέντρα διανομής και τους πελάτες. Ο προγραμματισμός και έλεγχος της παραγωγής στις βιομηχανικές μονάδες της αλυσίδας συνεχίζει να εκτελείται από τα τοπικά MRP-based συστήματα.

Ο ρόλος των συστημάτων SCM είναι η υποστήριξη της συλλογικής λήψης αποφάσεων (collaboration), η οικονομικότερη λειτουργία της αλυσίδας μέσω της ελάττωσης των αποθεμάτων σε κάθε κρίκο της, η μείωση του απαιτούμενου χρόνου επικοινωνίας χάρη στην άμεση διασύνδεση των συνεργαζόμενων επιχειρήσεων και η ομαδική διερεύνηση της αγοράς (Shapiro 2001).

Πολλές είναι όμως οι δυσκολίες που παρουσιάζονται σε τέτοιου είδους στενές συνεργασίες και αφορούν κυρίως θέματα ανταγωνισμού και εταιρικού απορρήτου. Η ολοκλήρωση των συστημάτων και των διαδικασιών τους επιβάλλει τη δημοσιοποίηση εσωτερικών πληροφοριών των επιχειρήσεων που τις περισσότερες φορές δεν είναι διατεθειμένες να μοιραστούν. Ένα άλλο ζήτημα που προκύπτει είναι ο διαμοιρασμός του οφέλους που προκύπτει από την οικονομικότερη λειτουργία και διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ανάμεσα στις συνεργαζόμενες επιχειρήσεις. Τέλος, οι σχετικά μικρές επιχειρήσεις δεν έχουν τη δύναμη να επιβάλουν κοινά πρότυπα στους προμηθευτές τους. Μεταξύ των εταιρειών με το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς συστημάτων MRPII/ERP/SCM συγκαταλέγονται οι SAP, Baan, i2, People Soft και Oracle.

2.3.2 Συστήματα JIT/JIT II

Το σύστημα JIT (Just-in-Time) έκανε αρχικά την εμφάνιση του ως το σύστημα PPC της αυτοκινητοβιομηχανίας *Toyota*, το οποίο αναπτύχθηκε από τον Ohno (1988). Θεωρήθηκε ως ο κύριος παράγοντας για τη ραγδαία ανάπτυξη της Ιαπωνικής βιομηχανίας και την επικράτηση των προϊόντων της στο Δυτικό κόσμο μέσα στις δεκαετίες του '80 και του '90.

Το σημαντικότερο στοιχείο που διακρίνει το σύστημα JIT από τα MRP-based συστήματα είναι ότι η λειτουργία του δεν στηρίζεται τόσο στην διατήρηση μεγάλων αρχείων δεδομένων που επιβάλλουν τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, όσο στις οργανωτικές αλλαγές στο επίπεδο του εργοστασίου. Στην πραγματικότητα, το σύστημα JIT δεν αποτελεί λογισμικό, παρότι πολλές εταιρίες ανάπτυξης λογισμικού χρησιμοποιούν στα προϊόντα τους το ακρωνύμιο αυτό για διαφημιστικούς σκοπούς, αλλά μία φιλοσοφία που στοχεύει στη διαρκή βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και στην εξάλειψη των περιττών αποθεμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, η φιλοσοφία JIT έχει τους ακόλουθους στόχους:

- Μείωση του μεγέθους των παρτίδων παραγωγής και προμηθειών. Το σύστημα παραγωγής, στην ιδανική του μορφή, πρέπει να είναι ικανό να λειτουργήσει με μοναδιαίο μέγεθος παρτίδων. Αυτό θα οδηγούσε στην εξάλειψη των αποθεμάτων υπό επεξεργασία, τα οποία γενικώς θεωρούνται περιττά.
- Μηδενικά αποθέματα. Ο στόχος αυτός αφορά τα αποθέματα όλων των τύπων, δηλαδή αυτά των πρώτων υλών, των ημι-έτοιμων και των τελικών προϊόντων.

- Μείωση του χρόνου προετοιμασίας των μηχανών (setup time). Λόγω των χαμηλών επιπέδων αποθεμάτων οι διακοπές λειτουργίας μίας μηχανής μεταδίδονται γρήγορα μέσα σε ολόκληρη τη γραμμή παραγωγής.
- Μηδέν ελαττωματικά υλικά (scrap). Η απόρριψη ενός κομματιού σε ένα κέντρο κατεργασίας λόγω χαμηλής ποιότητας, θα καθυστερήσει όλο το σύστημα διότι δεν υπάρχουν ενδιάμεσες αποθήκες υλικών.

Αναγκαία προϋπόθεση για την εφαρμογή της φιλοσοφία JIT στην πράξη είναι η γρήγορη ανταπόκριση και η συνεργασία όλων των κρίκων της εφοδιαστικής αλυσίδας που στην περίπτωση του συστήματος JIT II περιλαμβάνει εκτός από τα παραγωγικά τμήματα μίας επιχείρησης και τους προμηθευτές της. Η ανάπτυξη στενών δεσμών με τους τελευταίους αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των Ιαπωνικών επιχειρήσεων.

Σύμφωνα με τη λογική των συστημάτων JIT, στους προσωρινούς αποθηκευτικούς χώρους που βρίσκονται στην είσοδο των κέντρων κατεργασίας (buffers), υπάρχει διαθέσιμος μικρός μόνο αριθμός εξαρτημάτων του κάθε τελικού προϊόντος της γραμμής παραγωγής. Σε κάθε ομάδα εξαρτημάτων υπάρχει προσκολλημένη μία κάρτα γνωστή ως *kanban*, στην Ιαπωνική γλώσσα. Όταν ένα κέντρο κατεργασίας ξεκινήσει την επεξεργασία ενός συγκεκριμένου προϊόντος, αφαιρεί τα απαραίτητα εξαρτήματα από την είσοδο του, οι κάρτες αυτών στέλνονται στο προηγούμενο κέντρο κατεργασίας, σύμφωνα με το φασεολόγιο του προϊόντος, σηματοδοτώντας την έναρξη της λειτουργίας του για την αναπλήρωση τους και την επανατροφοδότηση του επόμενου κέντρου κατεργασίας. Το προηγούμενο κέντρο κατεργασίας αφαιρεί με τη σειρά του τα κατάλληλα κομμάτια από τη δική του αποθήκη εισόδου, στέλνει τις κάρτες τους στον αμέσως προηγούμενο από αυτό σταθμό και ούτω καθεξής. Με τον τρόπο αυτό η ζήτηση των τελικών προϊόντων δημιουργεί μία αλληλουχία εντολών ανεφοδιασμού προς την αντίθετη κατεύθυνση της ακολουθίας δρομολόγησής τους, η οποία φτάνει μέχρι την προμήθεια των πρώτων υλών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ένα κέντρο κατεργασίας δεν αρχίζει ποτέ τη λειτουργία του εφόσον δεν κληθεί από το επόμενο κέντρο. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα παραγωγής αντιδρά, ή αλλιώς «σύρεται» (pulled) από τη ζήτηση των τελικών προϊόντων, εξού και ο δημοφιλής στη βιβλιογραφία όρος των *pull* συστημάτων. Ακόμη, ο ρυθμός παραγωγής των τελικών προϊόντων καθορίζεται από το κέντρο κατεργασίας με τη μικρότερη παραγωγικότητα .

Τα συστήματα JIT εστιάζουν επομένως στην αποδοτική εκμετάλλευση των υλικών θυσιάζοντας την αποδοτική εκμετάλλευση άλλων πόρων, όπως των μηχανών και του εργατικού δυναμικού. Η φιλοσοφία τους δεν επιτρέπει την παραγωγή σε κάποιο κέντρο κατεργασίας μέχρι να έρθει μία άδεια κάρτα από το επόμενο στάδιο επεξεργασίας, γεγονός που θεωρείται σε άλλα συστήματα PPC ως σπατάλη δυναμικότητας.

Στους περισσότερους βιομηχανικούς κλάδους οι πόροι που προσφέρουν το μεγαλύτερο ποσοστό της προστιθέμενη αξίας του τελικού προϊόντος είναι τα υλικά (Veral 1995). Στην αυτοκινητοβιομηχανία για παράδειγμα, η προστιθέμενη αξία που προσφέρει η εργασία αποτελεί περίπου το 7-8% της τελικής αξίας του προϊόντος, ενώ η προστιθέμενη αξία των υλικών είναι περίπου το 50-55%. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα συγκριτικό πλεονέκτημα της φιλοσοφίας JIT.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της φιλοσοφίας των συστημάτων JIT είναι ότι εμπριέχει τις αρχές της συνεχούς βελτίωσης (continuous improvement) και της Ολικής Διοίκησης Ποιότητας (Total Quality Management - TQM). Η αφοσίωση των εργαζομένων στην ιδέα πως πρέπει να συμβάλλουν δημιουργικά και οι ίδιοι στη διαρκή προσπάθεια βελτίωσης της απόδοσης της επιχείρησης, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες επιτυχίας των συστημάτων JIT.

Η τελευταία δεκαετία χαρακτηρίζεται από την ανάγκη των συστημάτων παραγωγής να προσφέρουν μεγάλη γκάμα προϊόντων με προδιαγραφές ειδικά προσαρμοσμένες στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του πελάτη. Όμως τα συστήματα JIT δύναται να εφαρμοστούν σε περιβάλλον επαναληπτικής παραγωγής (repetitive production) μόνο, όπου επιτρέπονται περιορισμένες μόνο μεταβολές των παραγόμενων προϊόντων, ώστε να μην επηρεαστεί αρνητικά η αλυσίδα παραγωγής από τους αναγκαίους χρόνους προετοιμασίας των μηχανών που επιφέρει η αλλαγή προϊόντος.

Η αδυναμία αυτή των συστημάτων JIT να παράγουν μεγάλη ποικιλία προϊόντων οδηγεί σε χαμηλό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών (Veral 1995). Τα MRP-based συστήματα προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία όσον αφορά την ποικιλία των προϊόντων. Αυτό έχει γίνει αντιληπτό από πολλές Ιαπωνικές βιομηχανίες παραγωγής κατά παραγγελία (job shops) που επιλέγουν την εφαρμογή τους ακόμη και σε εγκαταστάσεις τους εντός της Ιαπωνίας. Επιπλέον, οι επιχειρήσεις αυτές σπάνια χρησιμοποιούν το σύστημα JIT εκτός των συνόρων της χώρας τους.

Εκτιμάται ότι ο αριθμός εγκαταστάσεων MRP-based συστημάτων σε εργοστάσια Ιαπωνικών συμφερόντων στη Νοτιοανατολική Ασία, όπου η Ιαπωνία αποτελεί τον κύριο ξένο επενδυτή, είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των εγκαταστάσεων όλων των άλλων συστημάτων PPC μαζί, συμπεριλαμβανομένων και του JIT (Plenert 1999). Το αντίθετο φαινόμενο, της χρήσης δηλαδή συστημάτων JIT σε χώρες του Δυτικού κόσμου, σπάνια παρατηρείται. Οι λόγοι περιλαμβάνουν εκτός των άλλων τις πολιτισμικές διαφορές, τη γεωγραφική διασπορά των προμηθευτών και τη διαφορετική νοοτροπία στη διοίκηση των επιχειρήσεων (Benton and Shin 1998).

2.3.3 Συστήματα OPT/TOC

Η λογική της μεθόδου OPT (Optimized Production Technology) που αναπτύχθηκε από τον Goldratt, είναι γνωστή και ως “drum-buffer-rope”. Η κεντρική ιδέα του “drum” (τύμπανο) είναι ότι ο έλεγχος ολόκληρης της γραμμής παραγωγής πρέπει να βασίζεται στην παραγωγικότητα του πιο αργού σταδίου επεξεργασίας. Παρότι οι μηχανές των προηγούμενων σταδίων επεξεργασίας μπορεί να προσφέρουν τη δυνατότητα μεγαλύτερου ρυθμού παραγωγής, αυτός δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τις ανάγκες του πιο αδύναμου παραγωγικού πόρου. Με τον τρόπο αυτό αποτρέπεται η συσσώρευση επιπλέον αποθεμάτων υπό επεξεργασία στις αποθήκες εισόδου των υπερφορτωμένων μηχανών.

Η έννοια του “buffer” (αποθήκη εισόδου) είναι ότι πρέπει να υπάρχουν πάντα επαρκή αποθέματα για την τροφοδοσία των αδύναμων πόρων, ώστε να εξασφαλίζεται η αδιάκοπη λειτουργία τους.

Τέλος, η έννοια του “rope” (σκοινί) είναι ότι διαδοχικές κατεργασίες πρέπει να εκτελούνται με ελάχιστο χρονικό περιθώριο μεταξύ τους. Στην πράξη, η τεχνική drum-buffer-rope στέλνει σήματα, αντίστοιχα με αυτά των kanbans των συστημάτων JIT, προς την είσοδο των μηχανών του πρώτου σταδίου επεξεργασίας (gateway resources) για την καθυστέρηση αποδέσμευσης οποιασδήποτε παραγγελίας που πρέπει να περάσει από ένα υπερφορτωμένο σταθμό επεξεργασίας (Goldratt and Cox 1984).

Σύμφωνα με τη λογική της OPT, η οποία όμως ακόμη δεν έχει αποδειχτεί ικανοποιητικά (Plenert 1999), η βελτίωση της αποδοτικότητας του αδύναμου πόρου βελτιώνει την παραγωγικότητα και κερδοφορία του συνολικού οργανισμού. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο ακριβής μηχανισμός της OPT παραμένει άγνωστος μέχρι σήμερα και δεν έχει δημοσιευτεί πουθενά. Η μυστικότητα γύρω από τον κώδικα της OPT έχει άμεσες επιπτώσεις στην εμπιστοσύνη που δείχνουν οι χρήστες στα αποτελέσματά της. Για να διαχωρίσουν τις αρχές της OPT από το ομώνυμο λογισμικό σύστημα (OPT/SERVE), ο Goldratt και οι συνεργάτες του επινόησαν τον όρο «Θεωρία των Περιορισμών» (Theory of Constraints - TOC). Στα πλαίσια του νέου αυτού όρου, η έννοια του αδύναμου πόρου γενικεύεται σε περιορισμό που περιλαμβάνει πέραν των περιορισμών του παραγωγικού συστήματος και αυτού της αγοράς. Στόχος της νέας θεωρίας είναι η υπέρβαση ενός περιορισμού και ο προσδιορισμός του επόμενου αμέσως πιο σημαντικού. Όπως και στη φιλοσοφία JIT, η αρχή της συνεχούς βελτίωσης αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της θεωρίας TOC.

2.3.4 Συστήματα FCS

Ο βασικός στόχος των συστημάτων FCS (Finite Capacity Scheduling) ή αλλιώς των *Leitstands*, όπως είναι ευρέως γνωστά με το γερμανικό τους όρο, είναι ο λεπτομερής χρονοπρογραμματισμός της παραγωγής λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς δυναμικότητας της επιχείρησης. Τα συστήματα αυτά έχουν γίνει πολύ δημοφιλή τα τελευταία χρόνια, κυρίως ως συμπληρωματικά εργαλεία των MRP-based συστημάτων που αποσκοπούν στη βελτίωση των αποτελεσμάτων τους μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διεπαφών. Πολλές είναι μάλιστα οι εταιρίες ανάπτυξης MRP-based λογισμικού που επέλεξαν να εξοπλίσουν τα πακέτα τους με κάποια μέθοδο FCS. Στα τελευταία ανήκουν το *Rhythm* της i2 Technologies και το *Manugistics* της Manugistics Inc. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρυθμη συνεργασία μεταξύ των FCS και των MRP-based συστημάτων είναι η σωστή εφαρμογή των τελευταίων. Τα συστήματα FCS λειτουργούν σεβόμενα τους περιορισμούς που θέτουν τα αποτελέσματα προγραμματισμού της μεθόδου MRP, ενώ προσθέτουν παράλληλα έναν ακόμη βαθμό πολυπλοκότητας στη συνολική διαδικασία.

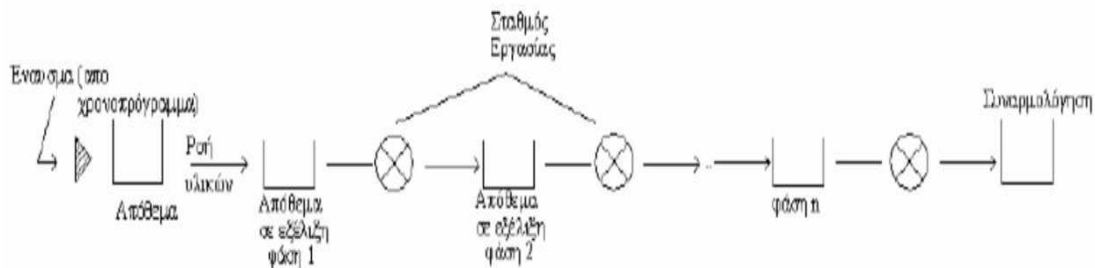
Οι βασικότεροι αντιπρόσωποι των συστημάτων FCS είναι η μέθοδος BAM (Bottleneck Allocation Methodology) και τα συστήματα APS (Advanced Planning and Scheduling). Κανένα όμως από αυτά δεν επιλύει το πρόβλημα των περιορισμών δυναμικότητας σε ικανοποιητικό βαθμό.

Η μέθοδος BAM, όπως και η OPT, στοχεύει στη βελτίωση της κερδοφορίας της επιχείρησης μέσω της αντιμετώπισης του προβλήματος των αδύναμων παραγωγικών πόρων στο επίπεδο του εργοστασίου. Η διαδικασία της BAM ξεκινάει με τον υπολογισμό της δυναμικότητας του παραγωγικού συστήματος και την προσαρμογή του λεπτομερούς χρονοπρογράμματος στους διαθέσιμους πόρους. Λειτουργεί παράλληλα με ένα MRP-based σύστημα, χρησιμοποιώντας τους χρόνους υστέρησης του τελευταίου και αφαιρώντας από αυτούς τους μη παραγωγικούς χρόνους, όπως είναι οι χρόνοι αδράνειας, μετακίνησης και αναμονής. Οι τιμές που προκύπτουν διαμορφώνουν τους ελάχιστους χρόνους υστέρησης που χρησιμοποιούνται κατά τη λεπτομερή ανάθεση των εργασιών. Η BAM αποτελεί μία προσπάθεια συγχώνευσης της κλασικής μεθόδου MRP και του CRP σε μία ενοποιημένη ρουτίνα.

Τα συστήματα APS αποτελούν σήμερα το κυριότερο πεδίο επιστημονικής έρευνας για την ανάπτυξη προγραμμάτων PPC που θα βελτιώσουν τις δυνατότητες των MRP-based συστημάτων. Σύμφωνα με την Αμερικανική εταιρία *AMR Research*, η μέχρι σήμερα περιορισμένη διάδοση τους οφείλεται στη σχετικά πρόσφατη εμφάνισή τους. Τα συστήματα APS αποτελούν λογισμικά εργαλεία που εφαρμόζουν αναλυτικές μεθόδους για το χρονοπρογραμματισμό του επιπέδου εργοστασίου και τη δημιουργία ρεαλιστικών πλάνων, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς δυναμικότητας της επιχείρησης. Λειτουργούν συνήθως εντός των ορίων των γενικών προγραμμάτων που παράγει η μέθοδος MRP. Χρησιμοποιούν διάφορους ιδιοκτησιακούς αλγόριθμους που γενικά ανήκουν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: γραμμικός προγραμματισμός, γενετικοί αλγόριθμοι, ευρετικοί κανόνες και προγραμματισμός βάση περιορισμών.

2.3.5 Σύστημα kanban

Η τεχνική αυτή αποτελεί την πλέον αναγνωρισμένη μέθοδο JIT και προήλθε από την Toyota. Η μέθοδος αυτή ρυθμίζει τον τρόπο ροής των υλικών (ειδών) σε ένα σύστημα παραγωγής. Βασίζεται στην ιδέα του ελέγχου παραγωγής pull, η οποία διαφέρει ριζικά από τον έλεγχο παραγωγής push που εφαρμόζεται σε ένα περιβάλλον MRP II. Στο περιβάλλον MRP II οι εντολές απελευθερώνονται στην παραγωγή με βάση συγκεκριμένο χρονοπρόγραμμα (schedule). Μόλις ολοκληρωθεί μία φάση η εντολή προωθείται ("σπρώχνεται") στην επόμενη φάση έως την τελευταία φάση του φασεολογίου της εντολής και την παράδοση της στην αποθήκη (Σχήμα 41).

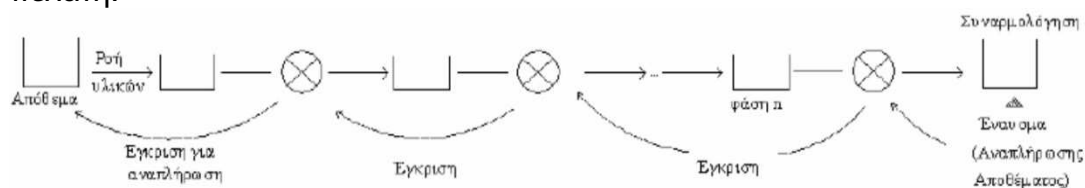


Σχήμα 41: ροή υλικών σε περιβάλλον MRP

Επισημαίνεται ότι στο περιβάλλον MRP II το χρονοπρόγραμμα αναπτύσσεται απευθείας από τις προθεσμίες των παραγγελιών και το σύστημα δεσμεύεται να ανταποκριθεί (όσο καλύτερα γίνεται) στην δυναμική του εργοστασίου, αναθεωρώντας το πρόγραμμα παραγωγής όπου απαιτείται. Στο περιβάλλον JIT η απελευθέρωση μίας εντολής γίνεται κατόπιν έγκρισης, η οποία βασίζεται στην δυναμική κατάσταση (state) του εργοστασίου. Το έναυσμα παραγωγής δίδεται από τη ζήτηση. Μόλις ένα είδος αφαιρείται από το τελικό απόθεμα, ο τελευταίος σταθμός εργασίας στο φασεολόγιο του είδους αυτού ειδοποιείται να αντικαταστήσει το είδος.

Ο τελευταίος σταθμός ειδοποιεί τον προηγούμενο σταθμό στο φασεολόγιο να αντικαταστήσει τα υλικά που μόλις χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του είδους, κ.ο.κ Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως τον αρχικό σταθμό εργασίας στο φασεολόγιο, ο οποίος ειδοποιεί την αποθήκη υλικών (ή ημιετοιμών) να τον τροφοδοτήσει με τα απαραίτητα υλικά (Σχήμα 42)

Στο σύστημα αυτό ο χειριστής ενός σταθμού εργασίας χρειάζεται τόσο τα υλικά όσο και την έγκριση (ειδοποίηση) για να εκτελέσει την συγκεκριμένη παραγωγική δραστηριότητα. Με την τακτική αυτή το σύστημα pull ανταποκρίνεται απευθείας στην δυναμική κατάσταση του εργοστασίου και δεσμεύεται (μέσω του MPS) να ικανοποιήσει τις προθεσμίες παράδοσης στον πελάτη.



Σχήμα 42: ροή υλικών σε περιβάλλον Kanban

Η εφαρμογή του συστήματος Kanban στην Toyota βασίστηκε σε ένα σύστημα δύο καρτών:

- Όταν ένας σταθμός εργασίας είναι διαθέσιμος, ο εργαζόμενος αναλαμβάνει τη δραστηριότητα που προσδιορίζεται στην επόμενη κάρτα παραγωγής, την οποία συλλέγει από ειδικό κουτί. Η κάρτα αυτή προσδιορίζει στον εργαζόμενο συγκεκριμένο είδος που απαιτείται από έναν επόμενο σταθμό εργασίας. Ο εργαζόμενος αναζητεί τα απαραίτητα υλικά για την παραγωγή του είδους στον ειδικό χώρο υποδοχής υλικών του σταθμού του. Κάθε υλικό συνοδεύεται και από ειδική κάρτα διακίνησης.
 - Εάν τα υλικά είναι διαθέσιμα, τότε ο εργαζόμενος αφαιρεί από αυτά τις κάρτες διακίνησης και τις τοποθετεί σε άλλο ειδικό κουτί.
 - Εάν τα υλικά δεν είναι διαθέσιμα, ο εργαζόμενος επιστρέφει στο αρχικό κουτί των καρτών παραγωγής και συλλέγει την επόμενη κάρτα παραγωγής.
- Όταν ο εργαζόμενος βρίσκει και την κάρτα παραγωγής και τα απαραίτητα υλικά, τότε ολοκληρώνει την συγκεκριμένη παραγωγική δραστηριότητα και μαζί με την κάρτα παραγωγής τοποθετεί το είδος στον χώρο αποστολής υλικών του σταθμού εργασίας.
- Ειδικός εργαζόμενος διακίνησης υλικών :
 - Επισκέπτεται περιοδικά το κουτί του σταθμού εργασίας που περιλαμβάνει τις κάρτες διακίνησης και συλλέγει τις διαθέσιμες κάρτες,
 - Παραλαμβάνει τα αντίστοιχα υλικά από τους χώρους αποστολής των κατάλληλων σταθμών εργασίας,
 - Αντικαθιστά τις κάρτες παραγωγής τους με τις κάρτες διακίνησης και
 - Τα εναποθέτει στο χώρο υποδοχής του πρώτου σταθμού εργασίας.
 - Οι κάρτες παραγωγής που αφαιρέθηκαν εναποτίθενται στα αντίστοιχα κουτιά των σταθμών εργασίας από τους οποίους προήλθαν τα υλικά, σημαίνοντας την αναπλήρωση του αποθέματος.

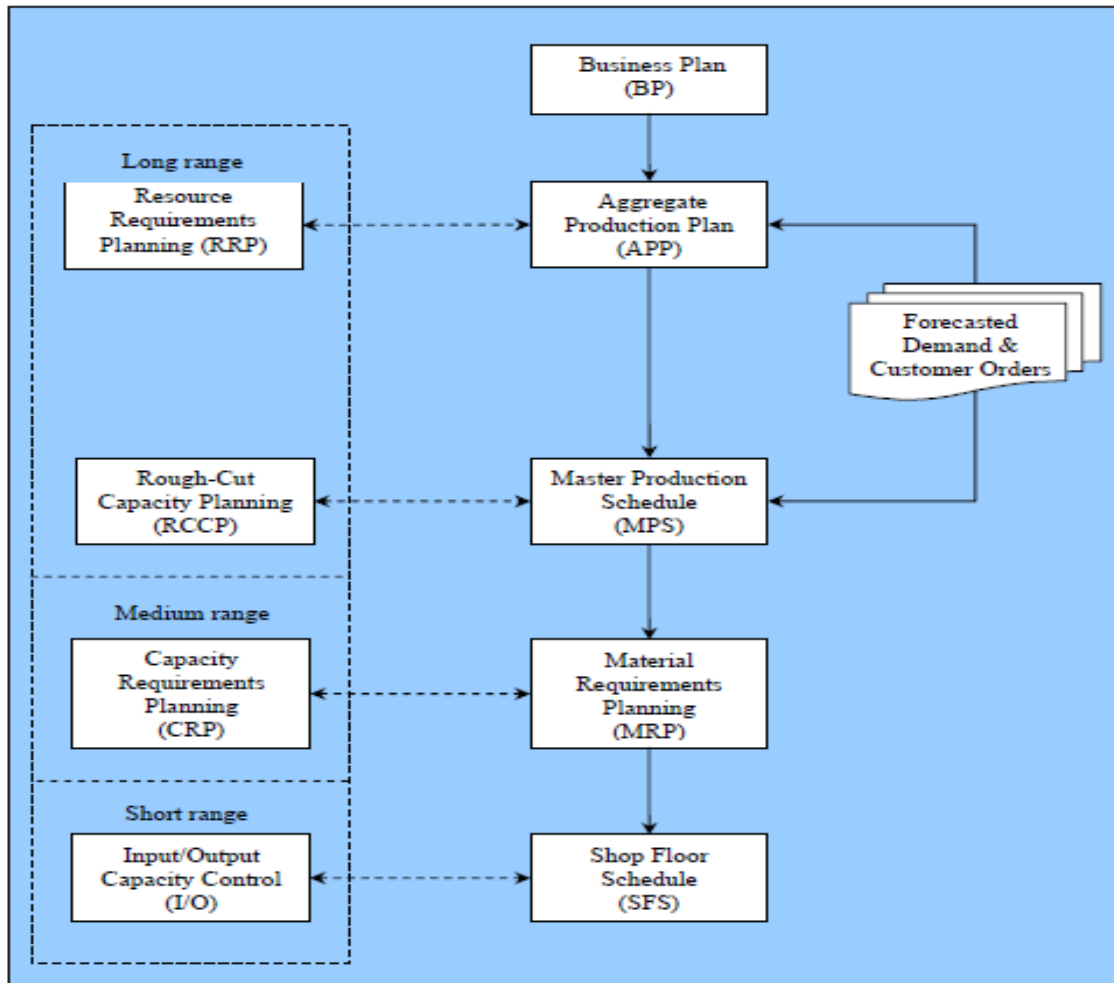
Με την τεχνική αυτή υλοποιείται η μέθοδος Kanban σε ένα περιβάλλον με χωροταξικά κατανομημένους σταθμούς εργασίας, στο οποίο δεν είναι δυνατή η άμεση διακίνηση των υλικών από τον ένα σταθμό εργασίας στον επόμενο. Σε ένα περιβάλλον στο οποίο οι σταθμοί εργασίας γειτνιάζουν, οι κάρτες διακίνησης δεν είναι απαραίτητες. Ο εργαζόμενος στην περίπτωση αυτή δεν αφαιρεί κάρτες διακίνησης από τα εισερχόμενα υλικά, αλλά χρησιμοποιεί την κάρτα παραγωγής που λαμβάνει από την επόμενη φάση και την παραδίδει στην προηγούμενη φάση. Και στις δύο μορφές υλοποίησης της τεχνικής Kanban το βασικό στοιχείο ελέγχου είναι το πλήθος καρτών κάθε σταθμού εργασίας που ισούται με το απόθεμα παραγωγής εν εξελίξει. Επισημαίνεται επίσης η ομοιότητα της τεχνικής Kanban με την μέθοδο ροής της παραγωγής με βάση το σημείο αναπαραγγελίας.

2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ MRP-BASED ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η βασική δομή ενός MRP-based συστήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 34. Διακρίνονται τρία επίπεδα προγραμματισμού των απαιτήσεων που θέτει η συνολική ζήτηση. Η τελευταία συνίσταται στη ζήτηση που προκύπτει από πραγματικές παραγγελίες πελατών και σε αυτή που εξάγεται από διάφορα προγνωστικά μοντέλα. Στο κάθε επίπεδο προγραμματισμού υπάρχει και ο αντίστοιχος μηχανισμός υπολογισμού απαιτήσεων δυναμικότητας.

Η υπολογιστική διαδικασία ενός MRP-based συστήματος ξεκινάει από το Επιχειρησιακό Σχέδιο που καθορίζει τις κατευθυντήριες γραμμές της επιχείρησης, λαμβάνοντας υπόψη τη στρατηγική και την πολιτική της. Ο αντικειμενικός στόχος του BP είναι ο συντονισμός των μεσοπρόθεσμων πλάνων των κύριων λειτουργιών του οργανισμού (παραγωγική, εμπορική και χρηματοοικονομική). Οι λειτουργίες αυτές δεν βρίσκονται πάντα σε αρμονική σχέση μεταξύ τους και συνήθως αναπτύσσουν ανταγωνιστικές σχέσεις ως αποτέλεσμα της επιδίωξης να επιτύχουν τους επιμέρους στόχους τους και όχι τους συνολικούς στόχους του οργανισμού.

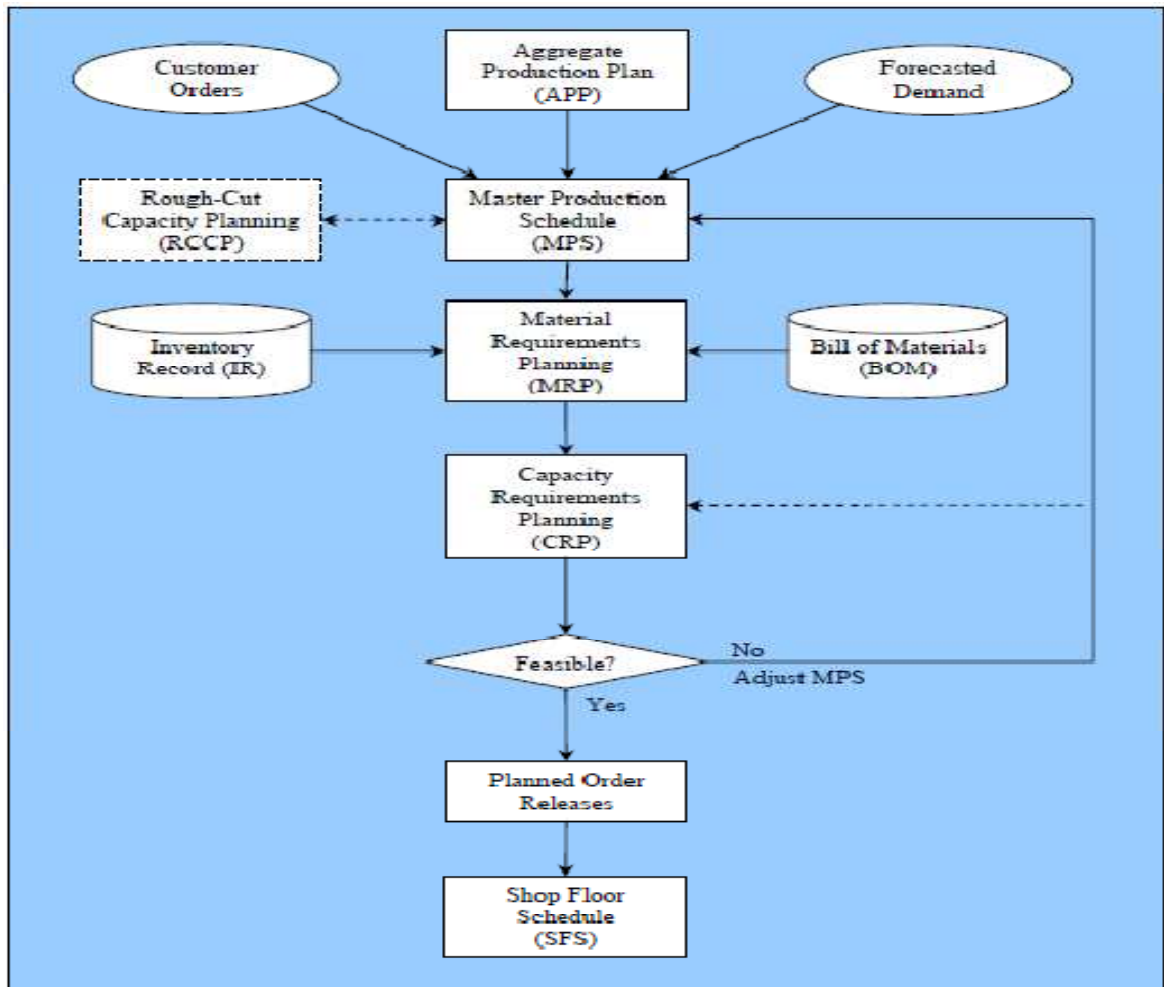
Το Επιχειρησιακό Σχέδιο καθοδηγεί τη διαδικασία προγραμματισμού της κάθε λειτουργίας. Η λειτουργία Προγραμματισμού και Ελέγχου Παραγωγής (PPC) αναπτύσσει εντός των περιορισμών του ένα Συγκεντρωτικό Πλάνο Παραγωγής (Aggregate Production Plan - APP). Αυτό αποτελεί ένα γενικό πρόγραμμα παραγωγής αναφερόμενο σε οικογένειες προϊόντων και ελέγχεται σε πρώτη φάση χονδρικά από τον Προγραμματισμό Απαιτήσεων Πόρων (Resource Requirements Planning - RRP). Από την αποσύνθεση του APP προκύπτει το Κύριο Πρόγραμμα Παραγωγής (Master Production Schedule - MPS) που αναλύει τον προγραμματισμό στο επίπεδο οικογένειας προϊόντων σε επιμέρους προγράμματα για κάθε τελικό προϊόν ξεχωριστά. Το κατά πόσο είναι εφικτή η παραγωγή των ποσοτήτων που αναφέρει το MPS, σε σχέση με τη δυναμικότητα του συστήματος, υπολογίζεται από μία τεχνική γνωστή ως Πρόχειρος Προγραμματισμός Δυναμικότητας (Rough-Cut-Capacity Planning - RCCP). Από το σημείο αυτό και ύστερα αναλαμβάνει η κλασική μέθοδος MRP που περιγράφεται στην αμέσως επόμενη ενότητα.



Σχήμα 43: Βασική δομή ενός MRP-based συστήματος

2.4.1 Περιγραφή της κλασικής μεθόδου MRP

Η μέθοδος MRP έχει σχεδιαστεί με στόχο τη διαχείριση των προμηθειών και τον προγραμματισμό των αποθεμάτων εξαρτημένης ζήτησης, δηλαδή της ζήτηση υλικών της αποθήκης που αποτελούν υπομονάδες ή εξαρτήματα ή πρώτες ύλες απαραίτητες για την παραγωγή των τελικών προϊόντων. Οι βασικές μονάδες εισόδου του MRP είναι ο Κατάλογος Υλικών (Bill Of Materials - BOM), το Κύριο Πρόγραμμα Παραγωγής (Master Production Schedule - MPS) και το Μητρώο Αποθεμάτων (Inventory Record - IR). Το δομικό διάγραμμα της μεθόδου παρατίθεται στο σχήμα 44.



Σχήμα 44: Δομικό διάγραμμα της κλασικής μεθόδου MRP

Η βασική διαδικασία προγραμματισμού του MRP ξεκινάει από το MPS που περιέχει τις προγραμματισμένες ποσότητες παραγωγής των τελικών προϊόντων για ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα προγραμματισμού, ο οποίος χωρίζεται σε διακριτές περιόδους, διάρκειας μίας εβδομάδας συνήθως. Ο αλγόριθμος του MRP, λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα του MPS, υπολογίζει τις μεικτές απαιτήσεις των εξαρτημένων υλικών, για κάθε περίοδο προγραμματισμού, με τη βοήθεια των BOMs κάθε τελικού προϊόντος, τα οποία αποτελούν κατά κάποιον τρόπο τις «συνταγές» τους.

Ένας κατάλογος BOM περιγράφει τα αναγκαία συστατικά υλικά, εξαρτήματα, υπομονάδες, καθώς και τις αντίστοιχες ποσότητες τους για την παραγωγή μίας μονάδας του τελικού προϊόντος.

Οι μεικτές απαιτήσεις των εξαρτημένων υλικών για κάθε περίοδο, μετατοπίζονται χρονικά κατά προκαθορισμένους σταθερούς χρόνους υστέρησης. Ο όρος του χρόνου υστέρησης αναφέρεται στο επιτρεπόμενο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της έκδοσης μίας παραγγελίας παραγωγής ή προμήθειας ενός υλικού εξαρτημένης ζήτησης και της παράδοσης της. Οι μεικτές απαιτήσεις ελαττώνονται κατά τις ποσότητες που υπάρχουν ήδη αποθηκευμένες, σύμφωνα με το μητρώο IR, για την εύρεση των καθαρών απαιτήσεων για κάθε υλικό, σε κάθε περίοδο. Οι τελευταίες ομαδοποιούνται και ρυθμίζονται σύμφωνα με τη λογική μίας προεπιλεγμένης τεχνικής υπολογισμού μεγέθους παραγγελίας (lot-sizing technique), για τη διαμόρφωση των παραγγελιών που πρέπει να εκδώσει η μέθοδος MRP για κάθε είδος εξαρτημένης ζήτησης, σε κάθε επίπεδο των καταλόγων BOM, μέσα στο δεδομένο ορίζοντα προγραμματισμού.

Μερικές από τις σημαντικότερες και πιο διαδεδομένες τεχνικές υπολογισμού μεγέθους παραγγελίας είναι οι παρακάτω:

- Σταθερή ποσότητα παραγγελίας (Fixed Order Quantity - FOQ).
- Οικονομική ποσότητα παραγγελίας (Economic Order Quantity - EOQ).
- Παρτίδα προς παρτίδα (Lot for Lot - LFL).
- Ποσότητα για σταθερό αριθμό περιόδων (Fixed Period Requirements - FPR).
- Ποσότητα για σταθερό αριθμό περιόδων, λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική ποσότητα παραγγελίας EOQ (Period Order Quantity - POQ).
- Ελάχιστο κόστος μονάδας (Least Unit Cost - LUC).
- Ελάχιστο συνολικό κόστος (Least Total Cost - LTC).
- Ισορρόπηση ποσότητας Part-Period (Part-Period Balancing - PPB).
- Αλγόριθμος των Wagner-Whitin (Wagner-Whitin Algorithm - WWA).
- Αλγόριθμος των Silver-Meal (Silver-Meal Algorithm - SMA).

Στο επιχειρησιακό επίπεδο, δίπλα στη μέθοδο MRP βρίσκεται η λειτουργία CRP που ελέγχει τις απαιτήσεις δυναμικότητας των σχεδίων του με μεγαλύτερη λεπτομέρεια από ότι η RCCP. Παρόλα αυτά οι ονομασίες των λειτουργιών RCCP και CRP είναι παραπλανητικές. Δεν έχουν καμία σχέση με τον προγραμματισμό πεπερασμένης δυναμικότητας. Απλώς ελέγχουν με μικρότερη ή μεγαλύτερη ακρίβεια εάν η διαθέσιμη δυναμικότητα επαρκεί για την υποστήριξη των προτεινόμενων σχεδίων MPS και MRP, αντίστοιχα.

Γενικά οι υπολογισμοί του MRP και του CRP γίνονται διαδοχικά σε δύο ξεχωριστά βήματα. Αρχικά το MRP παράγει το πρόγραμμα παραγγελίας των αναγκαίων υλικών για την υποστήριξη του MPS και στη συνέχεια το CRP αποφασίζει αν αυτό το πρόγραμμα είναι εφικτό από την άποψη της διαθέσιμης παραγωγικής δυναμικότητας.

Αν δεν είναι εφικτό, τότε οι ποσότητες του MPS διορθώνονται ή η δυναμικότητα αυξάνεται, π.χ. μέσω υπερωριών, προσλήψεων προσωπικού, υπερβολαβιών, αγοράς νέου εξοπλισμού κλπ., το MRP παράγει ένα νέο πλάνο, το οποίο ελέγχεται πάλι από το CRP και ούτω καθεξής (σχήμα 44). Αυτή η κυκλική διαδικασία είναι υπολογιστικά επίπονη και καταναλώνει μεγάλο χρόνο.

2.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΝΟΣ BOM

Ο κατάλογος υλικών (bill of materials) είναι μία βάση πληροφοριών για τα υλικά που συνθέτουν κάθε προϊόν που παράγεται από το σύστημα παραγωγής. Συγκεκριμένα ο κατάλογος υλικών ενός προϊόντος περιλαμβάνει τον κωδικό που αντιστοιχεί στο προϊόν, τους κωδικούς των εξαρτημάτων από τα οποία συναρμολογείται και τις αντίστοιχες ποσότητες συναρμολόγησης. Περιλαμβάνει επι πλέον, τις ίδιες πληροφορίες για κάθε εξάρτημα που συνθέτει το τελικό προϊόν, καταλήγοντας διαδοχικά στις πρώτες ύλες τις οποίες προμηθεύεται το εργοστάσιο. Στον κατάλογο υλικών αποθηκεύονται επίσης οι διάρκειες παραγωγής κάθε εξαρτήματος και οι διάρκειες συναρμολογήσεων.

2.5.1 Δημιουργία BOM

Καθορισμός γενικών στοιχείων:

- γενική περιγραφή (general description)
- κωδικός (BOM No)
- μονάδα μέτρησης (Quantity per)

Προσδιορισμός συστατικών BOM

- είδη (item)
- εικονικά είδη (phantom BOMs)
- ημικατεργασμένα (smaller BOMs)

καθορισμός των συστατικών:

- η απαιτούμενη ποσότητα (Quantity)
- μια προβλεπόμενη φύρα (scrap)
- ένα routing link code (σύνδεση του υλικού με τις λειτουργίες της παραγωγής-φασεολόγιο)
- ο προγραμματισμένος χρόνος αναπλήρωσης (production lead time)

Τέλος ανάλογα με το συστατικό μπορεί να χρειαστεί να καταχωρηθούν στοιχεία που αφορούν τις γεωμετρικές διαστάσεις (μήκος, πλάτος και ύψος) και το βάρος του.

2.5.2 Κατηγορίες BOM

Για την ορθολογικότερη διαχείριση των διαφορετικών εκδόσεων υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες στις οποίες μπορεί να ανήκει ένα BOM.

- **New:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν αυτόματα όλα τα BOM που έχουν μόλις δημιουργηθεί. Τα BOM αυτής της κατηγορίας δεν λαμβάνουν μέρος στον προγραμματισμό της παραγωγής και μπορούν οι πληροφορίες που περιέχουν να τροποποιηθούν.
- **Certified:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν BOM τα οποία λαμβάνουν μέρος στις λειτουργίες προγραμματισμού και εντολών της παραγωγής, αλλά δεν επιδέχονται αλλαγές ή τροποποιήσεις.
- **Under development:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα Certified BOMs στα οποία γίνονται κάποιες αλλαγές ή τροποποιήσεις. Όταν ολοκληρωθούν οι αλλαγές αυτά πρέπει να γυρίσουν πίσω στην κατηγορία των Certified.
- **Closed:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν παλιές εκδόσεις του BOM οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

2.5.3 Λειτουργίες αλλαγής και διαγραφής στοιχείων

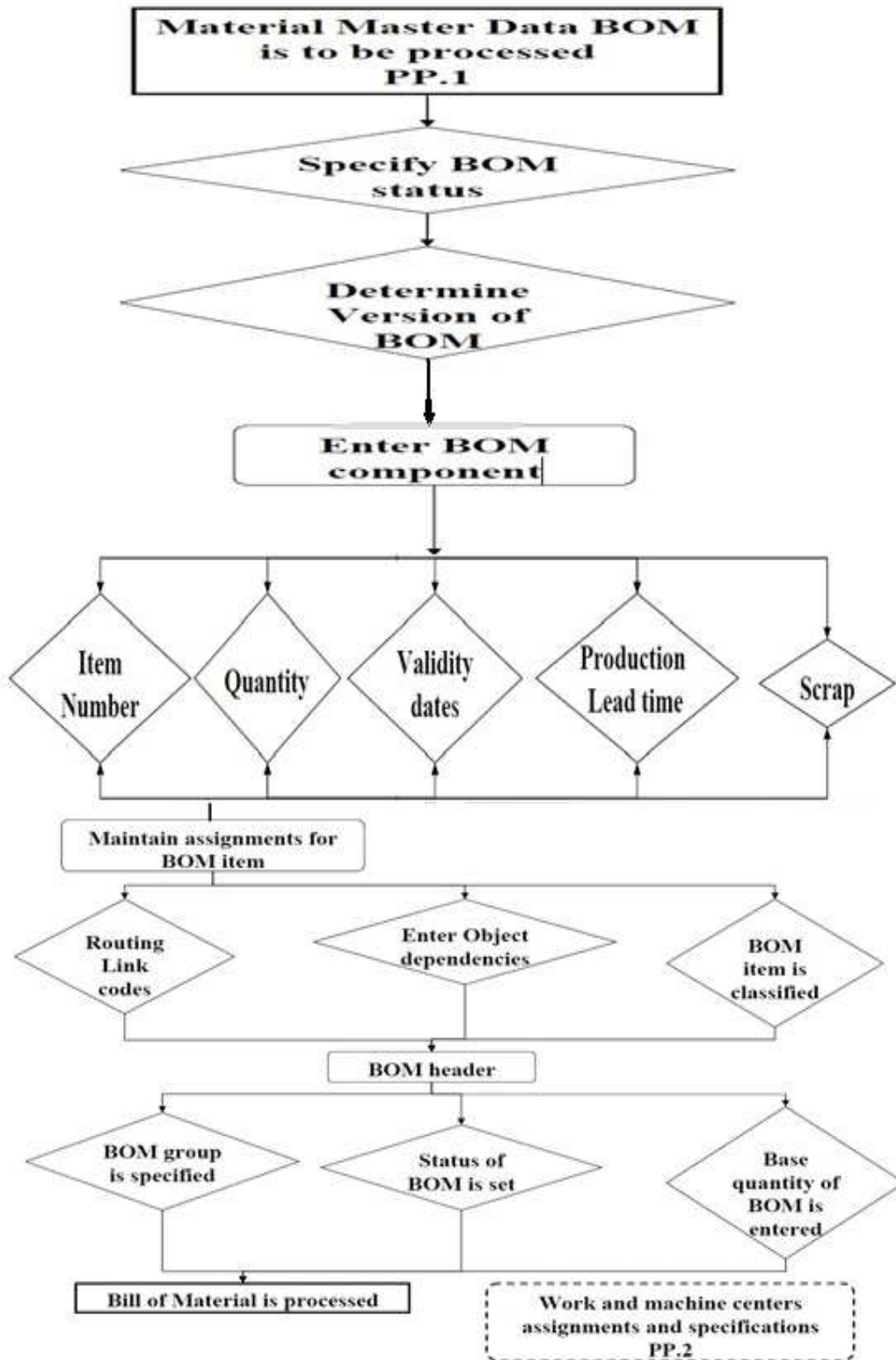
Εκτός από την κατηγοριοποίηση υπάρχουν και δύο άλλες βασικές περιοδικές λειτουργίες (periodic activities) για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των τροποποιήσεων που γίνονται σε ένα BOM. Η exchange production BOM item μπορούν να αντικατασταθούν παλαιά συστατικά με καινούργια (replacement parts) είτε τροποποιώντας το υπάρχον BOM είτε δημιουργώντας μια καινούργια version. Η delete expired component διαγράφει από το BOM τα συστατικά εκείνα στα οποία έχει περάσει η ημερομηνία λήξης τους.

2.5.4 Λειτουργίες ελέγχου και σύγκρισης

Την Where used per version που μπορεί να ελέγξει σε ποιο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας χρησιμοποιείται ένα συγκεκριμένο BOM. Και την λειτουργία Matrix per version μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους όλες οι υπάρχουσες εκδόσεις ενός BOM. Η σύγκριση αυτή συνήθως γίνεται μέσα από πίνακες οι οποίοι δείχνουν όλα τα συστατικά με τις αντίστοιχες ποσότητες, σε όλα τα επίπεδα του BOM (fully exploded basis).

2.5.5 Phantom BOMs

Πολύ σημαντική λειτουργία είναι και ο καθορισμός των phantom BOMs που μπορεί να περιέχονται σε ένα BOM. Τα phantom BOMs είναι και αυτά τεχνική προδιαγραφή (BOMs) αλλά είναι «εικονικά» ημιέτοιμα τα οποία συνήθως ομαδοποιούνται, αλλά σπανίως αποθηκεύονται π.χ. υλικά συσκευασίας. Ο χρόνος αναπλήρωσης τους τίθεται ίσος με το μηδέν και η ποσότητα της παραγγελιάς ακολουθεί το lot for lot κανόνα. Όσον αφορά στην επεξεργασία του MRP, το phantom item θεωρείται σαν ένα κανονικό BOM και αναλύεται και αυτό από το σύστημα στα χαμηλότερα επίπεδα του, δηλαδή στα συστατικά του. Ωστόσο, με τη χρήση των phantom BOMs διευκολύνεται η διαδικασία της πρόβλεψης απαιτήσεων υλικών (MRP) αφού μειώνεται ο συνολικός αριθμός των επιπέδων του BOM.



Σχήμα 45: Συστατικά και φασεολόγιο

2.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΩΝ

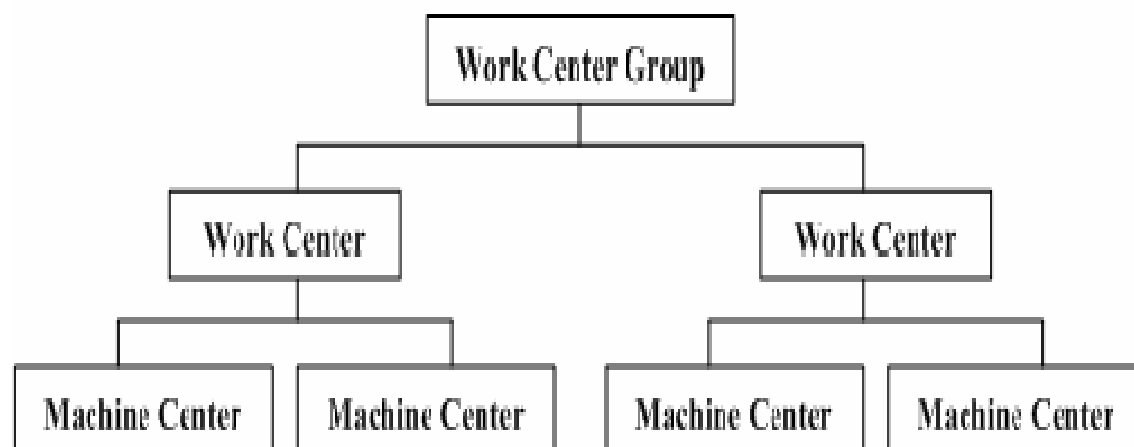
Σε κάθε σύστημα ERP οι εργασίες (operations) εκτελούνται:

- είτε σε κάποιο κέντρο εργασίας (work center)
- είτε σε κάποια κέντρα μηχανών (machine center)

Τα κέντρα αυτά αντιπροσωπεύουν είτε παραγωγικούς πόρους είτε μονάδες ή τμήματα της παραγωγής. Το φρασεολόγιο καθορίζει τη σειρά των εργασιών ή λειτουργιών για να παραχθεί ένα προϊόν. Με βάση το φρασεολόγιο καθορίζονται ο χρονοπρογραμματισμός της παραγωγής και διαχειρίζονται οι παραγωγικοί πόροι. Οι παραγωγικές επιχειρήσεις χρησιμοποιούν το φρασεολόγιο για να διαχειριστούν και να απεικονίσουν την παραγωγική διαδικασία.

2.6.1 Ιεραρχία των παραγωγικών τμημάτων και πόρων

Για να μπορεί να δημιουργηθεί το φρασεολόγιο πρέπει αρχικά να καθοριστούν οι παραγωγικές μονάδες της επιχείρησης στα αντίστοιχα κέντρα με βάση την ιεραρχία.



Σχήμα 46: Ιεραρχία κέντρων εργασίας

Τα work center groups αντιπροσωπεύουν συνήθως ολόκληρα τμήματα της οργανωτικής δομής μιας επιχείρησης, για παράδειγμα ολόκληρο το τμήμα παραγωγής ή το τμήμα της αποθήκης.

Τα κέντρα εργασίας (work centers) αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένες τοποθεσίες ή τμήματα της παραγωγής στα οποία εκτελούνται κάποιες εργασίες.

- Οι εντολές παραγωγής χρονοπρογραμματίζονται στα κέντρα εργασιών μέσα από τα φρασεολόγια.
- Τα κέντρα εργασιών μπορεί να περιέχουν επιμέρους διακριτά κέντρα μηχανών.

Τα κέντρα μηχανών (machine centers) είναι το χαμηλότερο επίπεδο στην ιεραρχία των παραγωγικών μονάδων. Συνήθως αντιπροσωπεύουν μια μηχανή, μια ομάδα μηχανών με πανομοιότυπα χαρακτηριστικά, έναν εργάτη ή μια ολόκληρη ομάδα εργατών. Συνήθως, μόνο οι παραγωγικοί πόροι που απαιτούν ιδιαίτερο έλεγχο ή έχουν την τάση να δημιουργούν συμφορήσεις προσδιορίζονται ως κέντρα μηχανών.

2.6.2 Προσδιορισμός στοιχείων κέντρου εργασίας

Αρχικά όταν δημιουργείται ένα κέντρο εργασίας πρέπει να καθοριστούν:

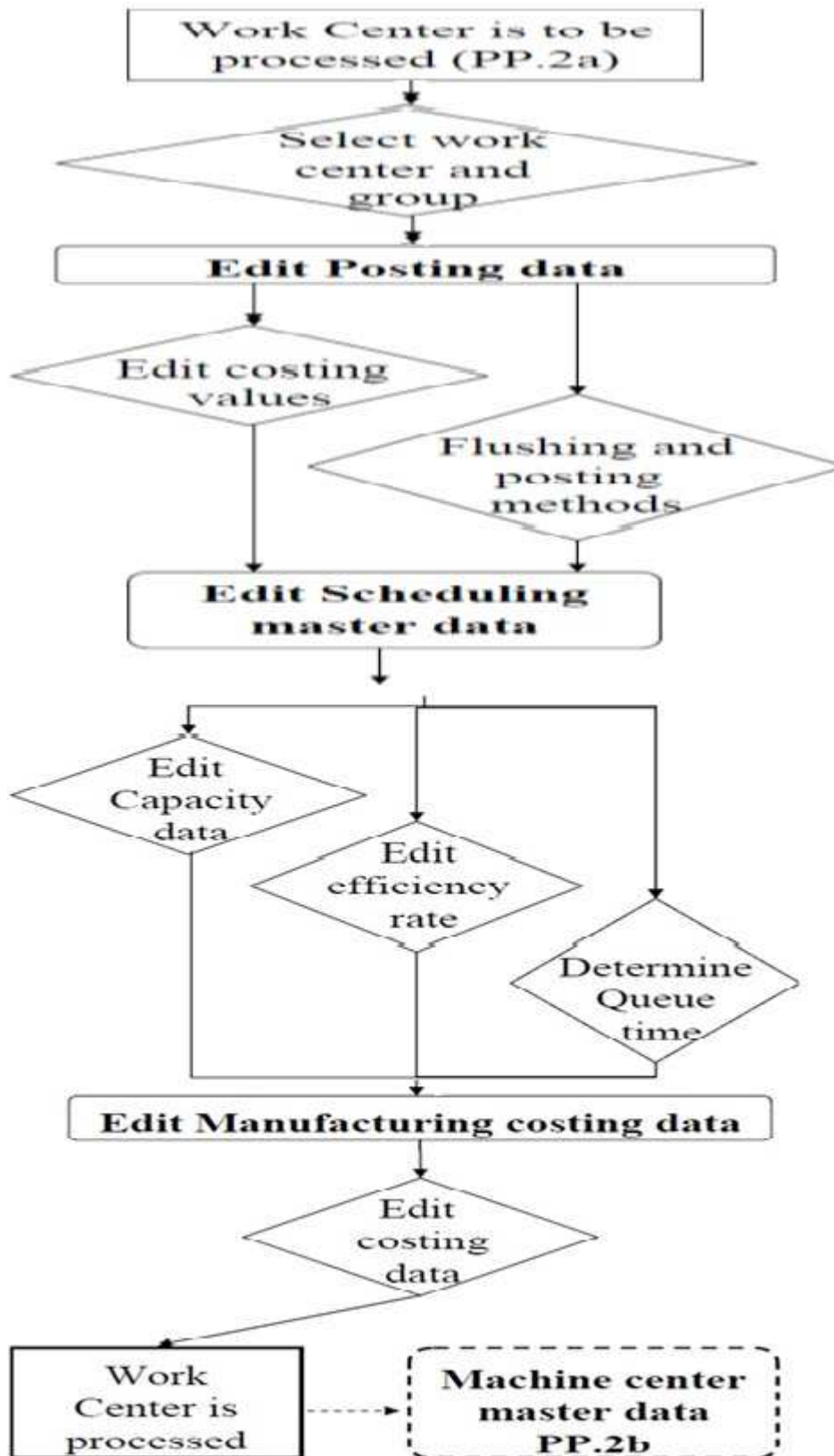
- η ομάδα των κέντρων εργασίας (work center group) στην οποία ανήκει.
- στοιχεία που αφορούν το κόστος και τον τρόπο καταχώρησης τους. Τα στοιχεία αυτά χωρίζονται σε:
 - το άμεσο κόστος (direct cost), αφορά οτιδήποτε μπορεί να κοστολογηθεί άμεσα όπως για παράδειγμα το κόστος των πρώτων υλών.
 - το έμμεσο κόστος (indirect cost), αυτό που δεν είναι δυνατό να αντιστοιχιστεί απευθείας σε μια μονάδα.
 - τον συντελεστή ΓΒΕ (overhead rate), ένα απόλυτο ποσό και χρησιμοποιείται για να καλύψει άλλα έξοδα εκτός από το κόστος υλικών και εργατικών, για παράδειγμα έξοδα συντήρησης ή διοικητικά έξοδα για το κέντρο εργασίας.

Με βάση τα στοιχεία κόστους μπορεί να υπολογιστεί το ανά μονάδα κόστος για τον πόρο παραγωγής.

$$\text{Κόστος Μονάδας} = \text{Άμεσο Κόστος Μονάδας} + (\text{Άμεσο Κόστος Μονάδας} * \text{Έμμεσο Κόστος Μονάδας \%}) + \text{Συντελεστής ΓΒΕ.}$$

Στη συνέχεια πρέπει να καθοριστούν στοιχεία που αφορούν τον λεπτομερή χρονοπρογραμματισμό και την διαθεσιμότητα των παραγωγικών πόρων

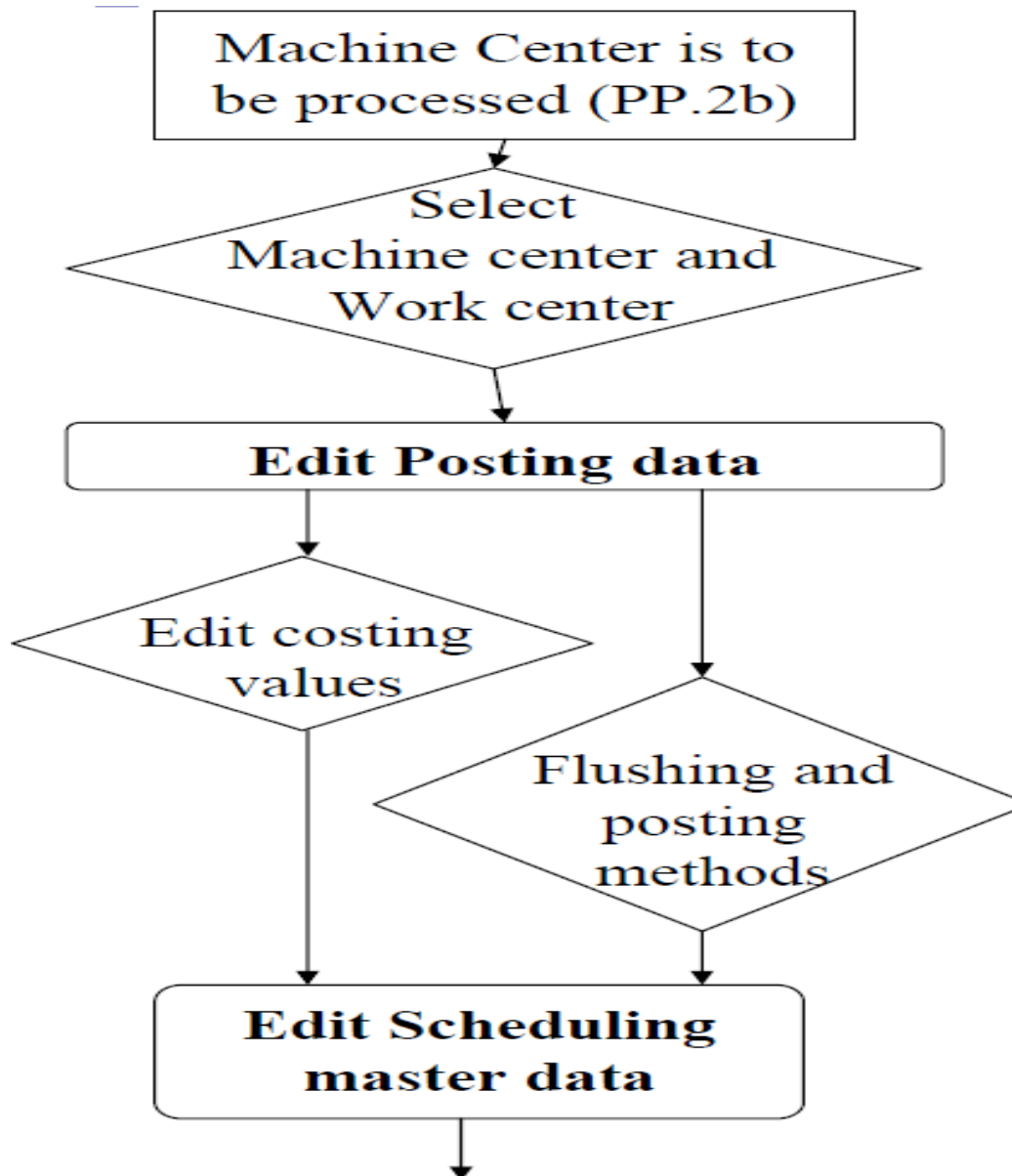
- καθορίζεται η μονάδα μέτρησης της δυναμικότητας. Αυτή μπορεί να μετριέται είτε σε λεπτά είτε σε ώρες ή μέρες. Η δυναμικότητα (capacity) δείχνει τον αριθμό των ανθρώπων που εργάζονται στο κέντρο.
- προσδιορίζεται ένας συντελεστής αποτελεσματικότητας. Ο συντελεστής αξιοποίησης - αποτελεσματικότητας χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση του όγκου παραγωγής ενός κέντρου εργασίας σε σχέση με τον αναμενόμενο καθιερωμένο όγκο παραγωγής.



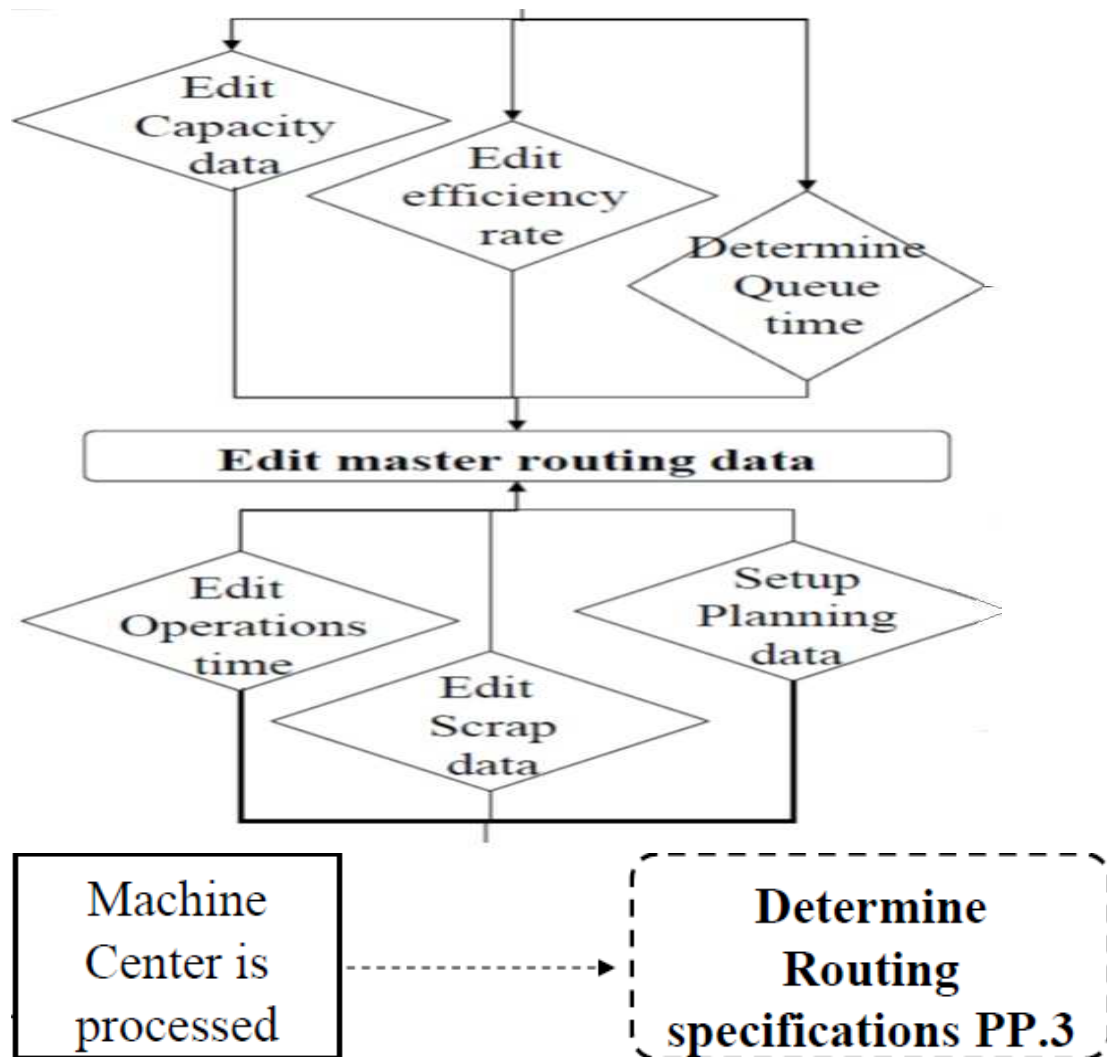
Σχήμα 47: Υπολογισμός στοιχείων κέντρου

2.6.3 Χρόνος αναμονής και ημερολόγιο

Σημαντική πληροφορία στο λεπτομερή προγραμματισμό είναι και ο χρόνος αναμονής. Ο χρόνος αναμονής δηλώνει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο υπολογίζεται ότι πρέπει να παραμείνει ένα τεμάχιο (μια μονάδα μέτρησης παραγωγής) σε ένα κέντρο εργασίας μέχρι να ξεκινήσει η πραγματική επεξεργασία του. Για παράδειγμα, αν ένα τεμάχιο παραδοθεί σε ένα κέντρο εργασίας στις 10:00, αλλά η επεξεργασία του δεν ξεκινά νωρίτερα από τις 12.00, ο χρόνος αναμονής είναι δύο ώρες. Τέλος πρέπει να προσδιοριστεί ένα συγκεντρωτικό ημερολόγιο το οποίο θα περιέχει πληροφορίες για τις ημερομηνίες λειτουργίας και τις βάρδιες του κέντρου.



Σχήμα 48α: Δεδομένα ημερολογίου και φασεολογίου



Σχήμα 48β: Δεδομένα ημερολογίου και φασεολογίου

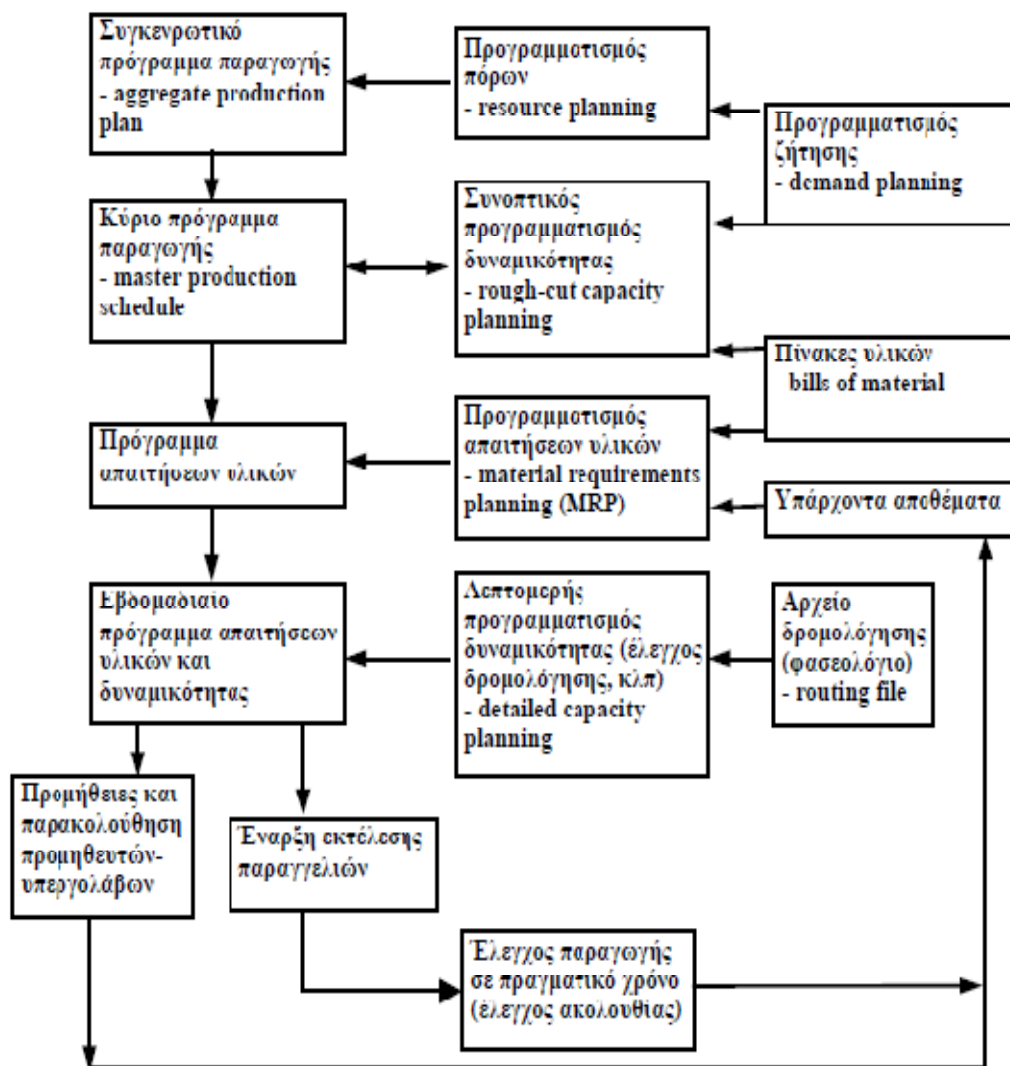
2.6.4 Προσδιορισμός στοιχείων κέντρου μηχανής

Αντίστοιχη με το κέντρο εργασίας είναι και η διαδικασία προσδιορισμού των στοιχείων ενός κέντρου μηχανής (machine center). Δηλαδή προσδιορίζονται το κέντρο εργασίας στο οποίο ανήκει και καταχωρούνται τα στοιχεία κόστους όπως προηγούμενα. Η δυναμικότητα, ο συντελεστής αποτελεσματικότητας και ο χρόνος αναμονής. Και τέλος στοιχεία που αφορούν το φασεολόγιο. Αυτές συνήθως είναι διάφορες προεπιλεγμένες τιμές για το χρόνο επεξεργασίας, προετοιμασίας, αναμονής και μετακίνησης, ελάχιστοι και μέγιστοι χρόνοι επεξεργασίας, ποσότητες έναρξης και μια προβλεπόμενη φύρα.

2.7 ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

- Οι αποφάσεις που λαμβάνονται από τη διοίκηση παραγωγής διακρίνονται σε
- μακροπρόθεσμες (τύποι παραγόμενων προϊόντων, τεχνολογικός εξοπλισμός, στρατηγικοί στόχοι, ετήσιες πολιτικές προμηθειών, παραγωγής και επενδύσεων),
 - μεσοπρόθεσμες (προγραμματισμός απαιτήσεων υλικών και πόρων σε εβδομαδιαία ή μηνιαία βάση, υπερωρίες, υπεργολαβίες) και
 - βραχυπρόθεσμες (χρονικός προγραμματισμός κάθε μηχανής και κάθε κατεργασίας σε πραγματικό χρόνο).

Οι αποφάσεις που λαμβάνονται στις κατώτερες βαθμίδες της ιεραρχίας είναι τέτοιες ώστε να τηρούνται οι στόχοι και περιορισμοί των αμέσως ανώτερων βαθμίδων. Στο εξής θα εξετάσουμε προβλήματα μεσοπρόθεσμου και βραχυπρόθεσμου προγραμματισμού, τα οποία φαίνονται στο Σχ. 49



Σχήμα 49: Ιεράρχηση προβλημάτων

2.8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟΥ

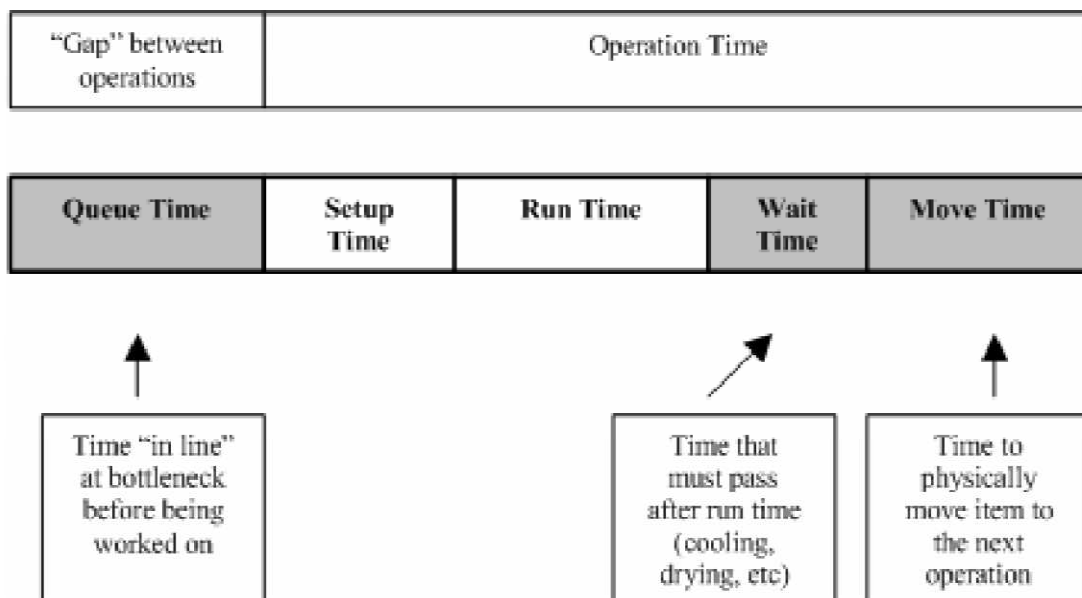
Το φασεολόγιο (routing list) καθορίζει τη σειρά των εργασιών ή λειτουργιών για να παραχθεί ένα προϊόν. Η διαδικασία προσδιορισμού των στοιχείων του φασεολόγιου

- επιλέγεται το προϊόν και δίνεται ένας κωδικός για το συγκεκριμένο φασεολόγιο.
- ορίζετε πώς θα διευθετηθούν οι εργασίες κατά την εκτέλεση σε μια εντολή παραγωγής. Δηλαδή αν αυτές θα εκτελεστούν σειριακά ή παράλληλα με τη μορφή δικτύου.
- καθορίζονται οι απαιτούμενοι χρόνοι παραγωγής και επεξεργασίας. Οι χρόνοι αυτοί διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες στους παραγωγικούς και μη παραγωγικούς χρόνους.

2.8.1 Παραγωγικοί χρόνοι

Παραγωγικοί χρόνοι (Productive time)

- Χρόνος προετοιμασίας (Setup time): Ο χρόνος προετοιμασίας είναι ο χρόνος που απαιτείται για έναν πόρο παραγωγής ή ένα κέντρο εργασίας ώστε να αλλάξει από την παραγωγή του τελευταίου αποδεκτού τεμαχίου του είδους A στο πρώτο αποδεκτό τεμάχιο του είδους B.
- Χρόνος επεξεργασίας (Run time): Ο χρόνος επεξεργασίας είναι ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία ή την παραγωγή ενός τεμαχίου ή μιας ολόκληρης παρτίδας σε μια συγκεκριμένη εργασία. Ο χειρισμός του χρόνου επεξεργασίας γίνεται ανά μέγεθος παρτίδας του παραγόμενου είδους. Ο χρόνος επεξεργασίας δε συμπεριλαμβάνει το χρόνο προετοιμασίας.

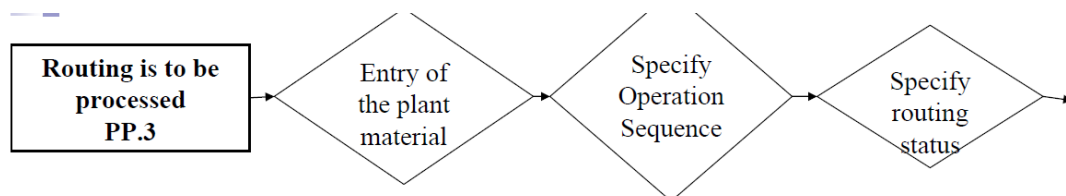


Σχήμα 50: Παραγωγικοί χρόνοι

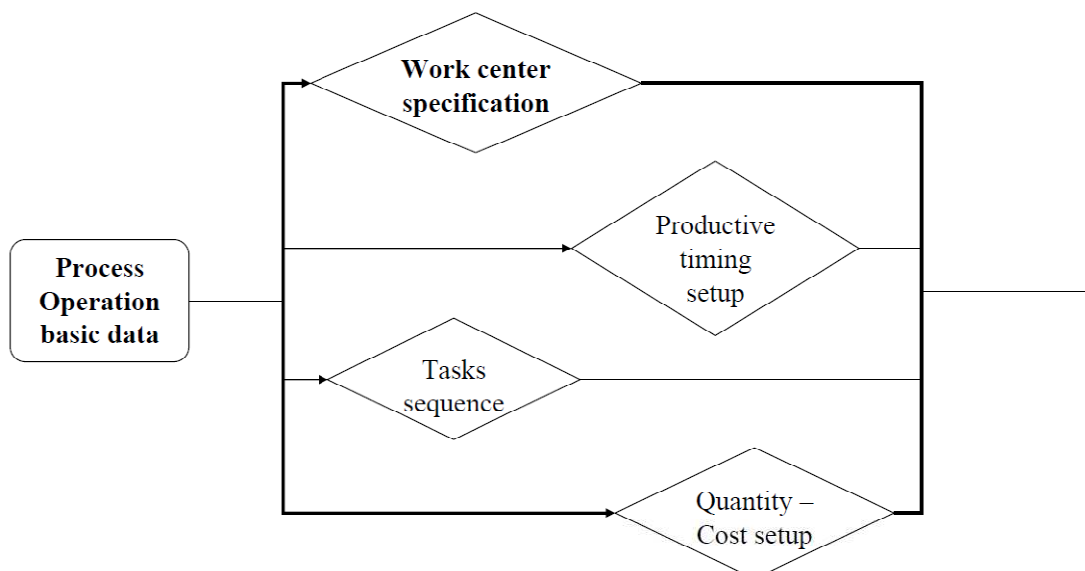
2.8.2 Μη παραγωγικοί χρόνοι

Μη παραγωγικοί χρόνοι (Non-productive time)

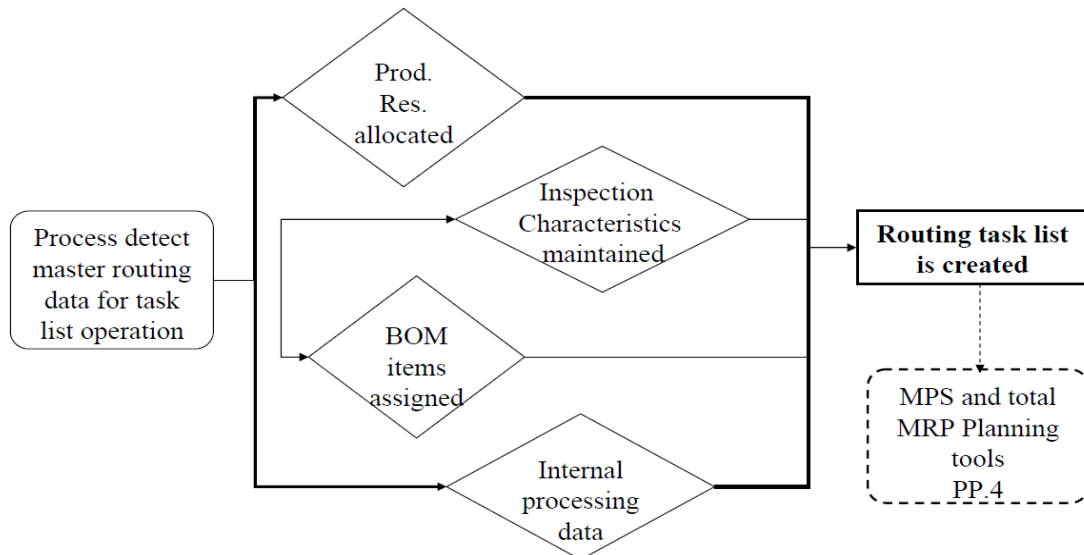
- Χρόνος αναμονής μετά (Wait time): Μετά την ολοκλήρωση μιας εργασίας, ο χρόνος αναμονής μετά είναι ο χρόνος παραμονής ενός είδους σε ένα κέντρο εργασίας ή ένα πόρο παραγωγής μέχρι να μπορούμε να το μετακινήσουμε στην επόμενη εργασία. Η αναμονή αυτή μπορεί να οφείλεται σε διαδικασίες όπως ξήρανση ή ψύξη.
- Χρόνος μετακίνησης (Move time): Ο χρόνος μετακίνησης είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά ενός έργου ή ενός είδους από μία εργασία σε άλλη.
- Χρόνος αναμονής (Queue time): Ο χρόνος αναμονής δηλώνει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο υπολογίζεται ότι πρέπει να παραμείνει ένα τεμάχιο σε έναν πόρο παραγωγής μέχρι να ξεκινήσει η πραγματική επεξεργασία του. Γενικά αύξηση του χρόνου αναμονής συνεπάγεται αύξηση του χρόνου παραγωγής και του work in progress inventory.



Σχήμα 51α: Μη παραγωγικοί χρόνοι



Σχήμα 51β: Μη παραγωγικοί χρόνοι



Σχήμα 51γ: Μη παραγωγικοί χρόνοι

2.8.3 Κατηγορίες και λειτουργίες φασεολογίου

Το φασεολόγιο περιγράφει τον τρόπο παραγωγής του αντίστοιχου παραγόμενου είδους. Σε κάθε παραγόμενο είδος (κωδικό) αντιστοιχεί ένα φασεολόγιο. Σε ορισμένες περιπτώσεις για ένα είδος μπορεί να υφίστανται περισσότερα του ενός φασεολόγια, ένα κύριο και πολλαπλά εναλλακτικά.

Όπως και στην περίπτωση του BOM έτσι και για τα φασεολόγια χρειάζεται να υπάρχουν κάποιες λειτουργίες που να επιτρέπουν την διαχείριση διαφορετικών τεχνικών προδιαγραφών. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες στις οποίες μπορεί να ανήκει ένα φασεολόγιο:

- new
- certified
- under development
- closed

Επίσης μπορεί να έχει τις εξής λειτουργίες:

- where-used
- routing versions
- parallel routing

Φάση 1 ^η	Store -> 1	Μηχανή 1 ^η
	Setup 1	
	Load 1	
	Process 1	
	Unload 1	
Φάση 2 ^η	Trans 1 -> 2	Μηχανή 1 ^η
	Setup 2	
	Load 2	
	Process 2	
	Unload 2	
Φάση 3 ^η	Trans 2 -> 3	Μηχανή 2 ^η
	Setup 3	
	Load 3	
	Process 3	
	Unload 3	
	3 -> Store	

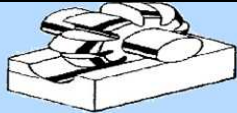
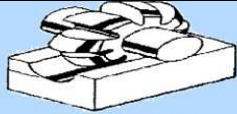


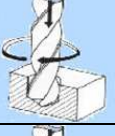
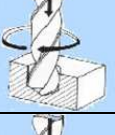
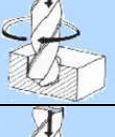
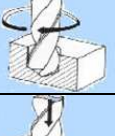
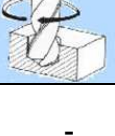
Σχήμα 52: Φασεολόγιο

2.8.4 Εναλλακτική μέθοδος κατασκευής φασεολογίου

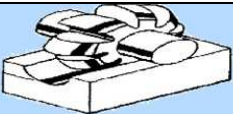
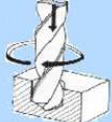
Στόχος της εναλλακτικής αυτής μεθόδου είναι να μπορεί να προγραμματιστεί, βάση αυτής, οποιαδήποτε παραγωγή. Η ανάγνωση του φασεολογίου να είναι εύκολη στο τεχνικό προσωπικό που εργάζεται στην παραγωγή. Και τέλος, να μπορεί να δημιουργηθεί η βέλτιστη οργάνωση παραγωγής, εύκολα από το φασεολόγιο. Το φασεολόγιο χρησιμοποιεί πίνακες που περιέχουν σύμβολα, αριθμητικά στοιχεία και πληροφορίες για την κατεργασία. Οι ενότητες που περιέχονται είναι:

- Η φάση, που είναι ο αριθμός σε σειρά της κατεργασίας, από το σύνολο των κατεργασιών ή της απαιτούμενης ενέργειας.
- Η κατεργασία, ονομασία και σύμβολο.
- Μηχανή, είναι ο αριθμός της μηχανής που προσδιορίζεται από πρόσθετο πίνακα και μας δείχνει την συγκεκριμένη μηχανή στο μηχανουργείο που εκτελεί την κατεργασία, όπως στο σχήμα 55.
- Κίνηση στο μηχανουργείο, είναι ένα σύμβολο, από ένα σύνολο συμβόλων, που δείχνει το είδος της ενέργειας που απαιτείται. Που θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα.
- Την ενέργεια, περιγράφει το στάδιο της εργασίας που εκτελείται, χωρίζοντας την σε τμήματα:
 - Δέσιμο
 - Κατεργασία
 - Έλεγχο
 - Λύσιμο
 - Μεταφορά
 - Καθυστέρηση
 - Αποθήκευση
- Τον ενεργό χρόνο, είναι ο χρόνος που απαιτείται για την κάθε κατεργασία.
- Τον νεκρό χρόνο, είναι ο χρόνος που απαιτείται για να γίνουν όλες οι απαραίτητες ενέργειες πλιν των κατεργασιών.

Παρακάτω θα δούμε ένα φασεολόγιο ως παράδειγμα (Σχήμα 53) και ένα τυποποιημένο φύλλο (σχήμα 54) Αποτελείται από 3 φάσεις. Η 1^η είναι το φρεζάρισμα, η 2^η το τρυπάνισμα και την 3^η φάση, την αποθήκευση.

Φ Α Σ Η	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ		Μ Η Χ Α Ν Η	ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥ ΡΓΕΙΟ	ΕΝΕ- ΡΓΕΙΑ	ΕΝΕΡΓΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	ΝΕΚΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ
1η	milling		1	○	Δέσιμο	0	36
1η	milling		1	○	Κατεργα- σία	236	0
1η	milling		1	◻	Έλεγχος	0	25
1η	milling		1	○	Λύσιμο	0	27
2 ^η	drilling		2	➔	Μεταφορά	0	102
2η	drilling		2	○	Δέσιμο	0	80
2η	drilling		2	○	Κατεργα- σία	192	0
2η	drilling		2	◻	Έλεγχος	0	7
2η	drilling		2	○	Λύσιμο	0	28
3η	storage	-	-	▽	Αποθή- κευση	0	6
ΣΥΝΟΛΑ ΧΡΟΝΩΝ						428	311
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ						739	

Σχήμα 53: Εναλλακτικό φασεολόγιο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ			
ΜΗΧΑΝΗ 1	No 1	milling	
ΜΗΧΑΝΗ 2	No 2	drilling	

Σχήμα 55: πίνακας μηχανών

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ			
ΜΗΧΑΝΗ	No	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ

Σχήμα 56: πίνακας μηχανών

2.8.5 Ανάλυση σχημάτων της κίνησης στο μηχανουργείο.

Γενικά μελετάμε την κίνηση στο μηχανουργείο για να μελετήσουμε, εκτός των άλλων, την σχεδίαση των μεθόδων εργασίας που μας δίνει μεθόδους με τις οποίες μπορούμε αφενός να καταγράψουμε συστηματικά, να αναλύσουμε και να εξετάσουμε κριτικά τον τρόπο με τον οποίο πρόκειται να εκτελεστεί κάθε εργασία και αφετέρου να αναπτύξουμε νέο τρόπο εργασίας ευκολότερο, ασφαλέστερο και αποτελεσματικότερο.

Αν εφαρμοστεί σε όλες τις παραγωγικές δραστηριότητες του εργοστασίου, τότε:

- Βελτιώνεται λειτουργικά η παραγωγική διαδικασία
- Βελτιώνεται η χωροταξία τόσο σε ολόκληρο το εργοστάσιο, όσο και στις ατομικές θέσεις εργασίας
- Ελάττωση της ανθρώπινης εργασίας και μείωση της μη απαραίτητης προσπάθειας των εργαζομένων
- Βελτίωση συνθηκών εργασίας.

Με μια προκαταρκτική εξέταση της αναμενόμενης ωφέλειας από την έρευνα θα πρέπει τόσο να αξίζει την προσπάθεια που θα καταβάλουμε όσο και την σχετική δαπάνη που αυτή θα συνεπιφέρει. Ακόμη θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η συγκεκριμένη εργασία είναι από εκείνες που επιδέχονται σοβαρές βελτιώσεις. Την ωφέλεια αυτή δεν πρέπει να την σκεπτόμαστε μόνο ως οικονομική. Οπωσδήποτε μείωση του κόστους των εργατικών, των υλικών, της απασχολήσεως του εξοπλισμού, κτλ. πρέπει να είναι βασικοί στόχοι. Παράλληλα βέβαια και η μείωση του κόστους για εποπτεία, για εκπαίδευση προσωπικού, κτλ.. Πέρα όμως από όλες αυτές τις αλλαγές θα πρέπει να δώσουμε μέγιστη βαρύτητα στις βελτιώσεις που αφορούν άμεσα τους εργαζομένους.

Οι βασικότερες ενδείξεις που μας οδηγούν εκ πείρας στο συμπέρασμα ότι πρέπει να προβούμε σε αλλαγές είναι:

- Τα ατυχήματα
- Η κόπωση
- Οι απουσίες
- Οι αλλαγές προσωπικού.
- Σφάλματα στην εκτέλεση της εργασίας, μεγάλος αριθμός ελαττωματικών
- Μεγάλοι χρόνοι αναμονής και καθυστερήσεις στις παραδώσεις
- Μεγάλη ποσότητα αποβλήτων
- Υποδείξεις εργαζομένων και στελεχών του εργοστασίου.

Αν παρακολουθούμε συστηματικά τις παραπάνω ενδείξεις γρήγορα θα αποκαλυφθούν οι εργασίες που πρέπει και μπορούν να βελτιωθούν από άποψη μεθόδου εκτελέσεως τους. Προφανώς μέγιστο βάρος ρίχνουμε στις αλλαγές που θα προκαλέσουν μεγαλύτερα οφέλη.

2.8.5.1 Σύμβολα κίνησης στο μηχανουργείο

Επειδή οι διάφορες εργασίες μέσα στις παραγωγικές διαδικασίες είναι πολύπλοκες δεν μπορούμε να τις περιγράψουμε με λόγια. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν διάφορα βοηθητικά μέσα αναπαράστασης του τρόπου εκτέλεσης μίας εργασίας. Τα βοηθητικά αυτά μέσα είναι κυρίως διαγράμματα. Τα διαγράμματα, ως γλώσσα φραστικών συντημήσεων που μας βοηθούν να περιγράψουμε σύνθετες λειτουργίες, έχουν αποδειχθεί χρήσιμα γιατί μας βοηθούν από τη μια να αναγνωρίσουμε άμεσα και να κατανοήσουμε τη μέθοδο που εξετάζουμε και από την άλλη να συγκρίνουμε εύκολα διαφορετικές μεθόδους.

Τα μέσα που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε την εκτέλεση μιας εργασίας είναι δυο κατηγοριών:

- εκείνα με τα οποία εκφράζουμε τη χρονική διαδοχή των διαφόρων φάσεων εκτέλεσης της εργασίας
- εκείνα με τα οποία παρακολουθούμε την εκτέλεση της εργασίας χωρικά

Για συντομία και απλούστευση της σύνταξης των διαφόρων διαγραμμάτων περιγραφής της μεθόδου εκτέλεσης των εργασιών, χρησιμοποιούμε ορισμένα σύμβολα που έχουν αναγνωριστεί διεθνώς. Τα σύμβολα αυτά είναι τα εξής:

- Ενέργεια



Γενικά ενέργεια θεωρούμε οποιαδήποτε δραστηριότητα προετοιμάζει και εξελίσσει την παραγωγική διαδικασία.

- Έλεγχος



Έλεγχος κάνουμε για να διαπιστώσουμε την ποιότητα ή την ποσότητα κάποιου προϊόντος. Ο έλεγχος δεν περιέχει καμία ενέργεια, έτσι θεωρούμε ότι μένει στο ίδιο παραγωγικό σημείο.



- Μεταφορά

Με το σύμβολο της μεταφοράς σημειώνουμε την κίνηση ενός αντικειμένου από μια θέση της παραγωγής σε μια διαφορετική.

➤ Καθυστέρηση

D

Το σύμβολο αυτό χρησιμοποιείται για να δήξει καθυστέρηση στη διαδοχή γεγονότων.

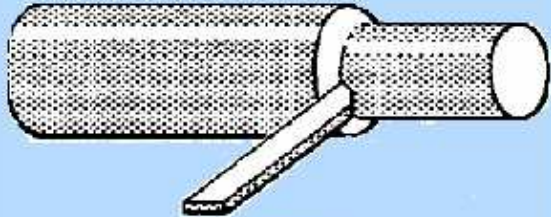

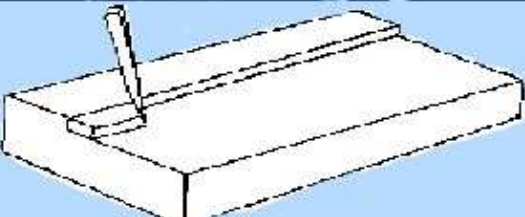

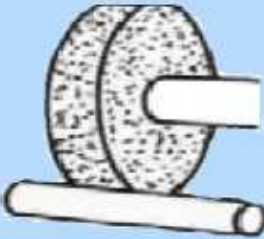


➤ Αποθήκευση

Αποθήκευση θεωρούμε ότι δίδεται σε τρίτους προς φύλαξη.

2.8.5.2 Σχηματικός συμβολισμός κατεργασιών

Τα σύμβολα του παρακάτω πίνακα (σχήμα 56) χρησιμοποιούμε στο φασεολόγιο για να αποφύγουμε τυχών τεχνικά λάθη στην παραγωγή.

ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΣΧΗΜΑ
ΤΟΡΝΕΥΣΗ	
ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ	
ΠΛΑΝΙΣΜΑ	
ΔΙΑΤΡΗΣΗ	
ΛΕΙΑΝΣΗ	

Σχήμα 57: σχηματικός συμβολισμός κατεργασιών

2.9 ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα το κόστος ανά μονάδα υπολογίζεται:

$$\text{Κόστος Μονάδας} = \text{Άμεσο Κόστος Μονάδας} + (\text{Άμεσο Κόστος Μονάδας} * \text{Έμμεσο Κόστος Μονάδας \%}) + \text{Συντελεστής ΓΒΕ.}$$

Σχήμα 57: κόστος μονάδας

2.9.1 Άμεσο κόστος

Άμεσο είναι το κόστος που γίνεται αποκλειστικά χάριν ενός μόνο είδους προϊόντος, ή λειτουργίας, ή πελάτη, ή τμήματος, ή άλλης υποδιαίρεσης της επιχείρησης, που αποτελεί αντικείμενο κόστους. Χαρακτηριστικό του κόστους αυτού είναι ότι είναι εύκολα *ανιχνεύσιμο* από τη διοίκηση. Παράδειγμα τέτοιου κόστους είναι το κόστος των α' υλών για την παραγωγή ενός προϊόντος.

- Ισχύς κοπής, όπως αναφέρεται και υπολογίζεται στο κεφάλαιο 1, είναι η ισχύς που καταναλώνεται από τις εργαλειομηχανές για να κατασκευαστεί ένα τεμάχιο.
- Πρότυπος χρόνος κατασκευής. Που χωρίζεται στους:
 - Χρόνος κατεργασίας ή ενεργός χρόνος, είναι παραγωγικός χρόνος και υπολογίζεται διαφορετικά για κάθε εργαλειομηχανή, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 1.
 - Χρόνος διενεργειών ή νεκρός χρόνος, είναι ο χρόνος που απαιτείται εκτός της κατεργασίας. υπολογίζεται με μέτρηση χρόνου ή κάποια άλλη μέθοδο, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 1. Ανεξάρτητα εάν είναι παραγωγική ή μη παραγωγική, μια ενέργεια στις μηχανουργικές κατεργασίες είναι προτιμότερο να την θεωρήσουμε χρόνο διενέργειας και να την υπολογίσουμε με μέτρηση εργασίας.

Από τον πρότυπο χρόνο υπολογίζουμε πόσο μας κοστίζει η εργασία για ένα τεμάχιο.

- Κόστος πρώτων υλών. Είναι όλα τα κύρια υλικά τα οποία ενσωματώνονται στο παραγόμενο προϊόν. Το κόστος τους επιβαρύνει απευθείας το παραγόμενο προϊόν, καθώς είναι ευκόλως ανιχνεύσιμο και άμεσα συνδεδεμένο με την παραγωγική διαδικασία.

2.9.2 Έμμεσο κόστος

Έμμεσο είναι το κόστος που γίνεται ταυτόχρονα χάριν περισσότερων του ενός ειδών προϊόντων, ή λειτουργιών, ή τμημάτων της επιχείρησης. Παραδείγματα τέτοιου κόστους είναι οι αποσβέσεις των μηχανών και ο μισθός του επιβλέποντος της παραγωγής.

Ένα έμμεσο κόστος μπορεί να μετατραπεί σε άμεσο αν γίνουν οι κατάλληλες ενέργειες για την ανίχνευσή του. Συχνά, όμως, δεν υπάρχουν οι κατάλληλες οργανωτικές, τεχνικές, λογιστικές κ.α. προϋποθέσεις για την μετατροπή του από έμμεσο σε άμεσο και το κόστος που απαιτείται για τη δημιουργία αυτών των προϋποθέσεων και την εξακρίβωση της αμεσότητας της δαπάνης είναι απαγορευτικό και δεν αντισταθμίζεται από την ωφέλεια που δίνει η ακρίβεια της κοστολόγησης. Παραδείγματος χάριν, μια επιχείρηση χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια τόσο για την ηλεκτροκίνηση των μηχανών του εργοστασίου, όσο και για τον φωτισμό των γραφείων της διοίκησης. Αν δεν υπάρχουν δύο ξεχωριστοί μετρητές που να καταγράφουν το έξοδο που αφορά τη λειτουργία παραγωγής και το έξοδο που αφορά τη λειτουργία διοίκησης, το έξοδο αυτό θα είναι έμμεσο ως προς τις μονάδες του παραγόμενου προϊόντος. Στην περίπτωση αυτή το συνολικό ποσό της ανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να καταναμηθεί μεταξύ των δύο λειτουργιών με κάποια αναλογία.

2.9.3 Γενικά βιομηχανικά έξοδα (ΓΒΕ)

Είναι όλα εκείνα τα έξοδα που δεν σχετίζονται άμεσα με τα συγκεκριμένα προϊόντα, υπηρεσίες ή τμήματα τα οποία αποτελούν αντικείμενο κοστολόγησης (και καλούνται αντικείμενα κόστους), αφορούν όμως στη λειτουργία της παραγωγής. Στα ΓΒΕ περιλαμβάνονται τα έξοδα εκείνα που πραγματοποιούνται στο στάδιο μετατροπής της πρώτης ύλης σε έτοιμο προϊόν ή μετατροπής ενός υλικού από μια μορφή σε άλλη κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Τα ΓΒΕ είναι δυσκόλως ανιχνεύσιμα ως προς το αντικείμενο κόστους, γιατί συνήθως αποτελούνται από πολλά χωριστά κόστη μικρού ποσού, που βρίσκονται στη σφαίρα ευθύνης διαφορετικών διευθυντών. Παραδείγματα τέτοιων εξόδων είναι τα εξής :

- το ενοίκιο του εργοστασίου.
- η έμμεση εργασία, δηλαδή η εργασία που προσφέρεται όχι για να γίνει επεξεργασία του προϊόντος, αλλά για να υποβοηθηθεί η επεξεργασία αυτή (π.χ. ο μισθός του επιβλέποντος παραγωγής και ο μισθός των συντηρητών μηχανημάτων).
- τα βοηθητικά υλικά (π.χ. στουπιά, μηχανέλαια, εργαλεία).
- η ενέργεια για να κινηθούν τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή πολλών προϊόντων.
- οι αποσβέσεις και τα έξοδα συντήρησης και επισκευής των εργοστασίων , των μηχανημάτων κ.ο.κ.

Τα ΓΒΕ είναι εξ ορισμού έμμεσα κόστη (η έννοια του έμμεσου κόστους θα δοθεί στη συνέχεια) ως προς τα παραγόμενα προϊόντα, γιατί δεν είναι εύκολη η άμεση σύνδεσή τους με αυτά. Αυτό δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην ακριβή μέτρηση του κόστους προϊόντος, ή υπηρεσίας, ή λειτουργίας ενός τμήματος του εργοστασίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η ανάπτυξη και ανάλυση ενός αξιόπιστου εργαλείου υπολογισμού της συνολικής παραγωγικότητας και προσέγγισης της βέλτιστης μεθοδολογίας. Για την καλύτερη προσέγγιση του στόχου θα αναλυθεί η θεωρητική κατασκευή ενός δοκιμίου.

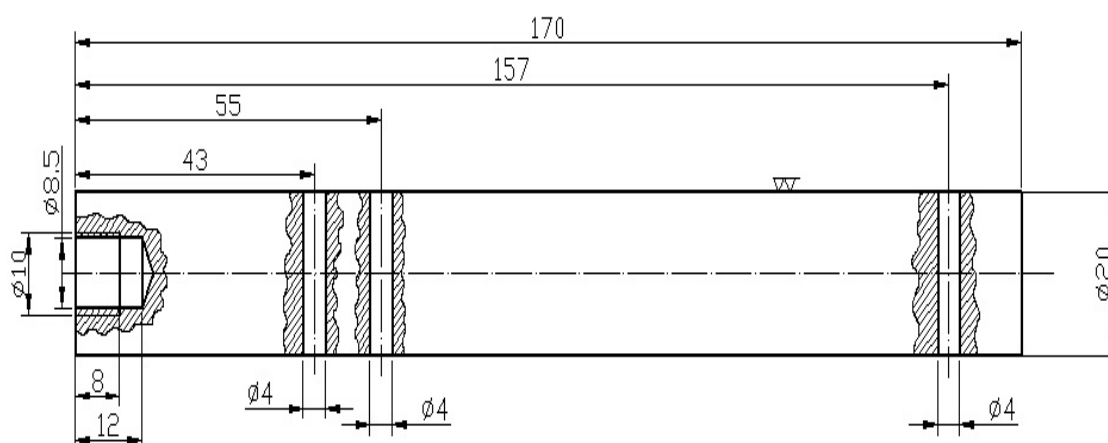
3.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΓΙΑ ΝΕΟ ΠΡΟΪΩΝ

Όταν μια ιδέα επιλεγεί ανάμεσα από πολλές άλλες μέσω μιας διαδικασίας διαλογής, μια έννοια προϊόντος θα πρέπει να αναπτυχθεί βασισμένη σε αυτήν την ιδέα. Αυτή η έννοια του προϊόντος θα πρέπει να αποτελεί μια καινοτόμο λύση που θα πωληθεί στην αγορά και θα αποφέρει εισόδημα στην επιχείρηση. Η διαδικασία της παραγωγής και της έννοιας του νέου προϊόντος περιλαμβάνονται στην αξιολόγηση διάφορων εννοιών προϊόντων οι οποίες είναι όλες βασισμένες στην επιλεγμένη ιδέα προϊόντος. Η παραγωγή της έννοιας προϊόντος περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Καθορισμός της αγοράς και των πιθανών πελατών.
- Εντοπισμός του ανταγωνισμού και η ανάπτυξη μιας ανταγωνιστικής στρατηγικής.
- Προκαταρκτική τεχνική ανάπτυξη προϊόντων και προγραμματισμός ελέγχων.
- Εκτίμηση των απαραίτητων πόρων για την ανάπτυξη του προϊόντος.
- Δημιουργία ενός προκαταρκτικού επιχειρησιακού σχεδίου.

3.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ

Έχοντας ακολουθήσει την διαδικασία για την δημιουργία της βέλτιστης λύσης καταλήξαμε στο δοκίμιο που η κατασκευή του θα μελετηθεί παρακάτω.



Σχήμα 58: σχέδιο ατράκτου κατασκευής

3.2.1 Φάσεις κατεργασίας ατράκτου

1^η φάση: Κοπή από άξονα Φ22 σε μήκος L=180mm, με κοπτικό τροχό.

2^η φάση: Κατεργασία για επίτευξη της τελικής διαμέτρου Φ20, με φινιρισμένη την τελική επιφάνεια και επίτευξη του τελικού μήκους L=170mm. Κατασκευή σε τόρνο.

3^η φάση: Διάνοιξη μετωπικής οπής Φ8,5 για την κατασκευή του σπειρώματος M10. Κατασκευή σε τόρνο.

4^η φάση: Κατασκευή του σπειρώματος M10, με σπειροτόμο τόρνου.

5^η φάση: Χάραξη κέντρων και διάνοιξη των οπών Φ4, με δράπανο.

3.2.2 Επιλογή του υλικού κατασκευής

Παίρνοντας ως βασικό κριτήριο την απαιτούμενη αντοχή του τελικού τεμαχίου στην εργασία για την οποία προορίζεται και δεύτερο κριτήριο για πόσο χρόνο εργασίας ή χρόνο ζωής υπολογίζεται, έτσι ώστε να είναι ανταγωνιστικό προϊόν και η επένδυση συμφέρουσα, προχωράμε στην επιλογή του υλικού. Υποθέτοντας λοιπόν ότι ο ταχυχάλυβας κατασκευών st37 κατά DIN και S237 κατά ISO είναι το ιδανικό υλικό κατασκευής προχωράμε στους περεταίρω υπολογισμούς.

Structural steel hot rolled, non-alloy steels								
material		R _e [MPa]					R _m [MPa]	
name	nr	d<16	≤40	≤63	≤80	≤100	<3	≤100
S235JR	1.0038	235	225	215	215	215	360-510	360-510
S235JO	1.0114	235	225	215	215	215	360-510	360-510
S235J2	1.0117	235	225	215	215	215	360-510	360-510

Σχήμα 59: Αντοχή ταχυχάλυβα St37

*Πίνακας από: <http://www.tribology-abc.com/calculators/uts.htm>

Τυποποιημένες διαστάσεις άξονα St37 στο εμπόριο: Φ22 - L=6000 mm

Αντοχή σε εφελκυσμό: 450 MPa

Αντοχή σε θλίψη: 235 MPa

Βάρος: 2.980 Kgr/m

Περιεκτικότητα C % : 0.0825

Κόστος: 1,2 €/Kgr

3.2.3 Άμεσο κόστος του υλικού ανά τεμάχιο

$$L_{\text{άξονα}} = 6000\text{mm} \Rightarrow \frac{6000}{180} = 33 \text{ τεμάχια}$$

Συν απώλειες 60mm, που το κόστος τους πρέπει να υπολογιστεί στα 33 τεμάχια του κάθε άξονα των 6000mm:

$$0,06 \text{ m} * 1,2 \text{ €/m} \div 33 \text{ τεμάχια} = 0,0022 \text{ €}$$

Κόστος ακατέργαστου τεμαχίου: 0,64588 €

3.2.4 Κόστος εργασίας

Το κόστος της εργασίας για τον κάθε εργαζόμενο υπολογίζεται στα 5€/ώρα. Το ποσό αυτό συνυπολογίζει όλα τα έξοδα του εργαζομένου, την ασφάλεια και επιδόματα.

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΑ ΦΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σε αυτή την ενότητα θα υπολογίσουμε τον χρόνο και το κόστος. Τις δυνάμεις κοπής καθώς και τα περάσματα κάθε κατεργασίας.

Το κόστος όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο προκύπτει, από: Το άμεσο κόστος, το έμμεσο κόστος και το κόστος που προκύπτει από λοιπά γενικά έξοδα.

Στο παράδειγμα που αναλύουμε για άμεσο κόστος έχουμε την Α' ύλη, την εργασία και την ενέργεια που δαπανάται. Έμμεσο κόστος υπολογίζουμε τις φθορές των κοπτικών, τα σκάρτα τεμάχια και τις απώλειες της Α' ύλης. Και γενικά έξοδα τις αποσβέσεις της επένδυσης και το κόστος πώλησης.

3.3.1 Φάση 1^η

Για την πρώτη φάση κατεργασίας απασχολείτε ένας δίσκος κοπής. Παρακάτω θα αναλυθεί ο χρόνος κοπής, που θα μας δώσει το κόστος και το πόσα άτομα θα ασχοληθούν τελικά στην πρώτη φάση.

3.3.1.1 Υπολογισμός χρόνου εργασίας

Για να κοστολογηθεί η εργασία κοπής της 1^{ης} φάσης θα πρέπει να εφαρμοσθεί η μέτρηση χρόνων που περιγράφεται στο 1^ο κεφάλαιο. Από τον χρόνο κατεργασίας προκύπτει άμεσα το κόστος εργασίας του κάθε τεμαχίου.

Θα εφαρμόσουμε την μέτρηση χρόνων με υποθετικά νούμερα διότι για πραγματικά πειράματα θα υπήρχε ένα υψηλό κόστος, έτσι ζήτησα την βοήθεια του κυρίου Παπαδάκη έμπυρου τεχνίτη. Ο ρυθμός για την εργασία της 1^{ης} φάσης θα πρέπει να είναι κανονικός 100 και η εκτέλεση σταθερή (100). Ο συνολικός κενός χρόνος για τις παροχές υπολογίζεται 16% από τον πίνακα του σχήματος 37. Η εργασία θα χρονομετρηθεί με την μέθοδο της συνολικής χρονομέτρησης.

- Εάν αποδοτικότητα 95%
- Δείκτης εμπιστοσύνης 1,01
- Και S= 2
- Τότε n'=4

ΦΥΛΛΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΧΡΟΝΩΝ					
ΤΜΗΜΑ: ΦΑΣΗ 1 ^η			Αυξ. Αριθμ. Μελέτης: 1		
			σελίδα: 1	από σελίδες: 1	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:			Χρόνος ενάρξεως:		
ΚΟΠΗ ΑΚΑΤΕΡΓ. ΑΞΟΝΑ			Χρόνος λήξεως:		
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Παπαδάκης			ΕΛΕΓΚΤΗΣ: Μπουλαδάκης		
ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29/ 9 / 2012			ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29 /9 / 2012		
α/α	Περιγραφή στοιχείου	Ρυθμός	Ανάγνωση χρονομέτρου	Παρατηρηθείς χρόνος	Κανονικός χρόνος
1	εργασία 1	100	70 s	81 s	81 s
2	εργασία 1	100	69 s	80 s	80 s
3	εργασία 1	100	71 s	82 s	82 s
4	εργασία 1	100	70 s	81 s	81 s
				average	81 s

Σχήμα 60: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου

- Άρα ο μέσος χρόνος ανά άξονα μήκους L=6m είναι 81 s. Από τον άξονα κατασκευάζονται 33 τεμάχια, άρα ο χρόνος κατασκευής του κάθε τεμαχίου είναι 2.46s.

3.3.1.2 Επιλογή και κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου

Αρχικά θα πρέπει να επιλέξουμε το κοπτικό εργαλείο, εκείνο που ικανοποιεί περισσότερο τις ανάγκες μας. Στην συνέχεια είτε εργαστηριακά, είτε ζητώντας την αντοχή του κοπτικού από τον κατασκευαστή, ή από μελέτες που έχουν γίνει για την αντοχή των κοπτικών, εφαρμόζοντας εργαστηριακά κυρίως την μαθηματική εξίσωση του Taylor .

Τα βασικότερα κριτήρια επιλογής του κοπτικού είναι το κόστος, η αντοχή και η ποιότητα της κατεργασίας. Βάση αυτών έγινε η επιλογή του δίσκου κοπής για αυτή την φάση κατεργασίας.

SEG 225mm Κόστος ανά τεμάχιο 60€

Η αντοχή του κοπτικού θα υπολογισθεί κατά προσέγγιση στις έξι ώρες λειτουργίας. Άρα το κόστος ανά τεμάχιο είναι:

$$\text{➤ } 6h = 6 \cdot 3600s \Rightarrow \frac{6 \cdot 3600}{2,46} \text{ τεμάχια} = 8780 \text{ τεμάχια}$$

$$\text{➤ } \frac{60 \text{ €}}{8780 \text{ τεμ.}} = 0,0068 \text{ €/τεμάχιο}$$

3.3.1.3 Υπολογισμός ισχύος κοπής

$$N_{ko} = \frac{N_k}{n_k} \Rightarrow N_{ko} = \frac{1119}{0,75} \Rightarrow N_{ko} = 1492 \text{ W}$$

Κόστος ενέργειας = N_{ko} x τρέχον τιμή βιομηχανικής Kwh (υψηλής κατανάλωσης)

$N_k = 1119 \text{ W}$ (κατανάλωση ρεύματος δίσκου κοπής)

Τιμή Kwh = 0.039€/Kwh

Κόστος ενέργειας = 1,492 Kw x 0,039 €/Kw =>

Κόστος ενέργειας ανά ώρα λειτουργίας = 0.0582 €

Κόστος ενέργειας ανά τεμάχιο = $\frac{0,0582}{\frac{3600}{2,46}}$ € = 0,00004€

3.3.1.4 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων

Αφού η ποιότητα της επιφάνειας του τεμαχίου από την κοπή δεν μας ενδιαφέρει, διότι δεν είναι η τελική, ακατάλληλα τεμάχια θεωρούνται μόνο όσα έχουν μήκος μικρότερο των <175mm. Και εφόσον υπάρχει το πλεόνασμα των 60mm ανά άξονα δεν θα αχρηστευθεί κάποιο τεμάχιο.

Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων = 1/2000

3.3.1.5 Κόστος 1^{ης} Φάσης

Το κόστος του τεμαχίου στην 1^η φάση = 0,64368 (Α ύλη) + $\frac{0,0022}{33}$ (πλεόνασμα άξονα) + $\frac{0,64368}{2000}$ (ακατάλληλα) + $\frac{2,46}{3600} * 5$ (κόστος εργασίας)

⇒ 0,6475 €

3.3.2 Φάση 2^η

Η φάση αυτή θα χωριστεί σε υποφάσεις ανά δέσιμο του τεμαχίου στον τόρνο. Έτσι ώστε να μπορούν να υπολογιστούν οι χρόνοι και τελικά το κόστος της κατεργασίας.

- **Δέσιμο 1^ο:** στα 40mm
 - 1: Μετωπική εκχόνδριση 4,7mm
 - 2: Αξονική εκχόνδριση για $L=125\text{mm}$, στα $\Phi 20,3$
 - 3: Μετωπική λείανση 0,3mm
 - 4: Αξονική λείανση για $L=125\text{mm}$, στα $\Phi 20$

- **Δέσιμο 2^ο:** στα 50mm, της κατεργασμένης πλευράς
 - 1: Μέτρηση του μήκους του τεμαχίου πριν το δέσιμο
 - 2: Μετωπική εκχόνδριση σε $L_{170}= L_1-0,3\text{mm}$
 - 3: Αξονική εκχόνδριση ακατέργαστου
 - 4: Μετωπική λείανση 0,3mm
 - 5: Αξονική λείανση ακατέργαστου, στα $\Phi 20$

3.3.2.1 Υπολογισμοί κρίσιμων μεγεθών

Σε αυτή την φάση είναι κρίσιμη η σωστή επιλογή κοπτικού και στην συνέχεια η επιλογή ταχύτητας κοπής και προώσεως. Βάση εκτίμησης προϋπολογισμού και απαιτήσεων επιλέγουμε το κοπτικό εργαλείο. Όπως για κάθε κοπτικό ο υπολογισμός της αντοχής υπολογίζεται με τους τρεις τρόπους που αναφέραμε στην πρώτη φάση.

Κοπτικό εκχόνδρισης: Taegutec TNMG 160408 ML

Κόστος ανά τεμάχιο: 7€

Κοπτικό λείανσης: Taegutec TNMG 220404 ML

Κόστος ανά τεμάχιο: 10€

Ο υπολογισμός ταχύτητας, προώσεως και βάθους κοπής θα γίνει από τον πίνακα που ακολουθεί.

Suggested Cutting Speeds and Feeds Using High Speed Steel (HSS) Tools				
Material to be Cut	Roughing Cut 0.01"–0.020" 0.25 mm–0.50 mm feed		Finishing Cut 0.001"–0.010" 0.025 mm–0.25 mm feed	
	fpm	mpm	fpm	mpm
Cast iron	70	20	120	36
Steel				
Low carbon	130	40	160	56
Med carbon	90	27	100	30
High carbon	50	15	65	20
Tool steel (annealed)	50	15	65	20
Brass–yellow	160	56	220	67
Bronze	90	27	100	30
Aluminum*	600	183	1000	300

Σχήμα 61: επιλογή ταχύτητας και προώσεως
Πίνακας από <http://neme-s.org/CTHSS/Machining%20Fundamentals/MFIM13.pdf>

Εκχόνδριση

Ταχύτητα: 130 fpm
Πρόωση: 0.40 mm/rev
Βάθος κοπής περάσματος: 1 mm
Αντοχή κοπτικού: 120 min

Λείανση

Ταχύτητα: 160 fpm
Πρόωση: 0.2 mm/rev
Βάθος κοπής περάσματος: 0.3mm
Αντοχή κοπτικού: 120 min

*Οι υπολογισμοί των μεγεθών έγιναν με υγρά κοπής.

3.3.2.2 Υπολογισμός χρόνου κατεργασίας

Ο υπολογισμός του συνολικού χρόνου είναι το άθροισμα του χρόνου κατεργασίας και των νεκρών χρόνων. Τους νεκρούς χρόνους θα τους υπολογίσουμε με την μέθοδο της μελέτης χρόνων, ενώ τον χρόνο κατεργασίας θα τον υπολογίσουμε με την μέθοδο υπολογισμών που αναφέρεται στο πρώτο κεφάλαιο για τον κύριο χρόνο κοπής.

3.3.2.2.1 Υπολογισμός χρόνου μετωπικής τόνρευσης

Δέσιμο 1^ο - Εκχόνδριση

$$t_c = i \cdot \frac{D}{2 \cdot S \cdot n} \text{ (Min)}$$

$$i = 5 \text{ πάσα}$$

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$S = 0.4 \text{ mm/rev}$$

$$n = 130 \text{ rpm}$$

$$t_c = 1.06 \text{ min}$$

Δέσιμο 1^ο – Λείανση

$$t_c = i \cdot \frac{D}{2 \cdot S \cdot n} \text{ (Min)}$$

$$i = 1 \text{ πάσα}$$

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$S = 0.2 \text{ mm/rev}$$

$$n = 160 \text{ rpm}$$

$$t_c = 0,34 \text{ min}$$

Δέσιμο 2^ο – Εκχόνδριση

$$t_c = i \cdot \frac{D}{2 \cdot S \cdot n} \text{ (Min)}$$

$$i = 5 \text{ πάσα}$$

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$S = 0.4 \text{ mm/rev}$$

$$n = 130 \text{ rpm}$$

$$t_c = 1.06 \text{ min}$$

Δέσιμο 2° – Λείανση

$$t_c = i \cdot \frac{D}{2 \cdot S \cdot n} \text{ (Min)}$$

$$i = 1 \text{ πάσα}$$

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$S = 0.2 \text{ mm/rev}$$

$$n = 160 \text{ rpm}$$

$$t_c = 0,34 \text{ min}$$

Συνολικός χρόνος μετωπικής τόννευσης $t_c = 2.8 \text{ Min}$

3.3.2.2 Υπολογισμός χρόνου αξονικής τόννευσης

Δέσιμο 1° - Εκχόνδριση

$$t_c = i \cdot \frac{L}{U_f} \text{ Min,} \quad \text{όπου } L = l + l_a + l_u \text{ mm και } U_f = S \cdot n$$

$$S = 0,4 \text{ mm/rev, } n = 130 \text{ rpm}$$

$$U_f = 52 \text{ mm/Min}$$

$$i = 2 \text{ πάσσα}$$

$$l = 125 \text{ mm, } l_a = 1 \text{ mm, } l_u = 1 \text{ mm}$$

$$L = 127 \text{ mm}$$

$$t_c = 4.88 \text{ Min}$$

Δέσιμο 1° – Λείανση

$$t_c = i \cdot \frac{L}{U_f} \text{ Min,} \quad \text{όπου } L = l + l_a + l_u \text{ mm και } U_f = S \cdot n$$

$$S = 0,2 \text{ mm/rev, } n = 160 \text{ rpm}$$

$$U_f = 32 \text{ mm/Min}$$

$$i = 1 \text{ πάσσα}$$

$$l = 125 \text{ mm, } l_a = 1 \text{ mm, } l_u = 1 \text{ mm}$$

$$L = 127 \text{ mm}$$

$$t_c = 3.97 \text{ Min}$$

Δέσιμο 2^ο – Εκχόνδριση

$$t_c = i \cdot \frac{L}{U_f} \text{ Min,} \quad \text{όπου } L=l+l_a+l_u \text{ mm και } U_f=S \cdot n$$

$$S= 0,4 \text{ mm/rev, } n= 130 \text{ rpm}$$

$$U_f= 52 \text{ mm/Min}$$

$$i= 2 \text{ πάσσα}$$

$$l= 50 \text{ mm, } l_a= 1 \text{ mm, } l_u= 1 \text{ mm}$$

$$L= 52 \text{ mm}$$

$$t_c= 2 \text{ Min}$$

Δέσιμο 2^ο – Λείανση

$$t_c = i \cdot \frac{L}{U_f} \text{ Min,} \quad \text{όπου } L=l+l_a+l_u \text{ mm και } U_f=S \cdot n$$

$$S= 0,2 \text{ mm/rev, } n= 160 \text{ rpm}$$

$$U_f= 32 \text{ mm/Min}$$

$$i= 1 \text{ πάσσα}$$

$$l= 50 \text{ mm, } l_a= 1 \text{ mm, } l_u= 1 \text{ mm}$$

$$L= 52 \text{ mm}$$

$$t_c= 1.63 \text{ Min}$$

Συνολικός χρόνος αξονικής τόννευσης $t_c= 12,48\text{Min}$

3.3.2.2.3 Υπολογισμός νεκρών χρόνων

Όπως και στην πρώτη φάση θα εφαρμόσουμε την μέτρηση χρόνων με εμπειρικά νούμερα διότι για πραγματικά πειράματα θα υπήρχε ένα υψηλό κόστος, έτσι ζήτησα την βοήθεια του κυρίου Παπαδάκη και πάλι. Ο ρυθμός για την εργασία της 2^{ης} φάσης θα πρέπει να είναι κανονικός 100 και η εκτέλεση κανονική (100). Ο συνολικός κενός χρόνος για τις παροχές υπολογίζεται 16%. Η εργασία θα χρονομετρηθεί με την μέθοδο χρονομέτρησης ανά υποφάση.

- Εάν αποδοτικότητα 95%
- Δείκτης εμπιστοσύνης 1,01
- Και $S= 2$
- Τότε $n'=4$

ΦΥΛΛΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΧΡΟΝΩΝ					
ΤΜΗΜΑ: ΦΑΣΗ 2 ^η		Αυξ. Αριθμ. Μελέτης: 2			
		σελίδα: 1	από σελίδες: 1		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Διαμόρφωση Φ20–L=170mm		Χρόνος ενάρξεως:			
		Χρόνος λήξεως:			
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Παπαδάκης		ΕΛΕΓΚΤΗΣ: Μπουλαδάκης			
ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29/ 9 / 2012		ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29 /9 / 2012			
α/α	Περιγραφή στοιχείου	Ρυθμός	Ανάγνωση χρονομέτρου (s)	Παρατηρηθείς χρόνος (s)	Κανονικός χρόνος (s)
1	Δέσιμο 1	100	10	10	10
2	Λύσιμο 1	100	8	8	8
3	μετρ. Μήκους	100	7	7	7
4	Δέσιμο 2	100	10	10	10
5	Λύσιμο 2	100	7	7	7
				Σύνολο	42
6	Δέσιμο 1	100	9	9	9
7	Λύσιμο 1	100	7	7	7
8	μετρ. Μήκους	100	8	8	8
9	Δέσιμο 2	100	11	11	11
10	Λύσιμο 2	100	8	8	8
				Σύνολο	43
11	Δέσιμο 1	100	11	11	11
12	Λύσιμο 1	100	8	8	8
13	μετρ. Μήκους	100	7	7	7
14	Δέσιμο 2	100	11	11	11
15	Λύσιμο 2	100	9	9	9
				Σύνολο	46
16	Δέσιμο 1	100	10	10	10
17	Λύσιμο 1	100	8	8	8
18	μετρ. Μήκους	100	8	8	8
19	Δέσιμο 2	100	9	9	9
20	Λύσιμο 2	100	10	10	10
				Σύνολο	45
				Average	44

Σχήμα 62: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου

- Ο συνολικός νεκρός χρόνος είναι 44 s συν τις χρονικές παροχές 16%.

➤ **51 s**

3.3.2.3 Κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου

Η επιλογή του κοπτικού εργαλείου έχει γίνει εξ αρχής, για τους υπολογισμούς.

➤ Κοπτικό εκχόνδρισης: Taegutec TNMG 160408 ML

Κόστος ανά τεμάχιο: 7€

➤ Κοπτικό λείανσης: Taegutec TNMG 220404 ML

Κόστος ανά τεμάχιο: 10€

Από τους υπολογισμούς τα κοπτικά αντικαθίστανται ανά 120 min. Άρα το κάθε κοπτικό παράγει:

➤ Για την εκχόνδριση

$$Κ.Τ. = \frac{120}{9} = 13 \text{ τεμάχια}$$

➤ Για την λείανση

$$Κ.Τ. = \frac{120}{6,28} = 19 \text{ τεμάχια}$$

Το κόστος ανά τεμάχιο για τα κοπτικά της 2^{ης} φάσης είναι:

➤ 1,065 €

3.3.2.4 Υπολογισμός ισχύος κοπής

Ο υπολογισμός της ισχύος κοπής γίνεται από τον παρακάτω τύπο που αναφέρεται στο 1^ο κεφάλαιο.

$$N_{ολ} = \frac{Ft \cdot u}{6120} \text{ KW}$$

όπου:

$$F_{εκχ} = 2312 \text{ KP}$$

$$U_{εκχ} = 19,2 \text{ m/min}$$

$$N_{εκχ} = 7,2 \text{ KW}$$

$$F_{λει} = 1988 \text{ KP}$$

$$U_{λει} = 31,2 \text{ m/min}$$

$$N_{λει} = 10,13 \text{ KW}$$

$$N_{ολ} = N_{εκχ} \frac{9}{15,28} + N_{λει} \frac{6,28}{15,28} = 8,4 \text{ KW}$$

Το κόστος της ισχύος είναι: $8.4 \text{ KW} \cdot 0.039 \text{ €/KW} \cdot \text{h} = 0.33 \text{ €/h}$

➤ Το κόστος ανά τεμάχιο είναι: 0,084 €

3.3.2.5 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων

Ακατάλληλα τεμάχια μπορούν να προκύψουν από την πρόωρη αστοχία κάποιου κοπτικού, από λάθος χειρισμό του τόννου ή από λάθος μέτρηση του μήκους του τεμαχίου πριν το δεύτερο δέσιμο. Υποθέτουμε ότι το σφάλμα που μπορεί να προκύψει είναι 1/1000.

3.3.2.6 Κόστος 2^{ης} Φάσης

Το κόστος του τεμαχίου μέχρι την 2^η φάση = 0,6475 (1^η φάση) + 1,065 (κοπτικά) + 0,084 (ενέργεια) + $\frac{16,13}{60} * 5$ (εργασία) + $\frac{3,0698}{1000}$ (ακατάλληλα)

⇒ **3,1437 €**

3.3.3 Φάση 3^η

Σε αυτή την φάση το τεμάχιο θα πρέπει να δεθεί σε παραστάτη και το κοπτικό να μπει στο jock. Ο παραστάτης θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε το κοπτικό να είναι κεντραρισμένο με το κέντρο του τεμαχίου.

- **Δέσιμο:** στα 100mm
- Τρύπημα 12 mm

3.3.3.1 Επιλογή κρίσιμων μεγεθών

Η επιλογή του κοπτικού γίνεται όπως αναφέραμε και στις προηγούμενες φάσεις.

Werco Φ8,5 4,5 €

Η μέση αντοχή που δίνει ο κατασκευαστής είναι 600 τυφλά τρυπήματα, με υγρά κοπής. Με ταχύτητα 150 rpm και πρόωση 0,25mm/rev.

3.3.3.2 Υπολογισμός χρόνου εργασίας

Ο συνολικός χρόνος θα υπολογισθεί και πάλι, όπως και στην προηγούμενη φάση, από το άθροισμα του νεκρού χρόνου και του χρόνου κατεργασίας.

3.3.3.2.1 Υπολογισμός χρόνου κατεργασίας

$t_c = \frac{L}{U_f}$ Min, όπου $L = l + l_a$ mm και $U_f = S \cdot n$

$S = 0,25$ mm/rev, $n = 150$ rpm

$U_f = 37.5$ mm/Min

$l = 12$ mm, $l_a = 1$ mm

$L = 13$ mm

$t_c = 0.347$ Min

3.3.3.2.2 Υπολογισμός νεκρών χρόνων

Θα εφαρμόσουμε μέτρηση χρόνων με εμπειρικά νούμερα διότι για πραγματικά πειράματα θα υπήρχε υψηλό κόστος, έτσι ζητήθηκε η βοήθεια του κυρίου Παπαδάκη και πάλι. Ο ρυθμός για την εργασία της 3ης φάσης θα πρέπει να είναι κανονικός 100 και η εκτέλεση κανονική (100). Ο συνολικός κενός χρόνος για τις παροχές υπολογίζεται 16%. Η εργασία θα χρονομετρηθεί με την μέθοδο της συνολικής χρονομέτρησης.

- Εάν αποδοτικότητα 95%
- Δείκτης εμπιστοσύνης 1,01
- $S = 2$
- Τότε $n' = 4$

ΦΥΛΛΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΧΡΟΝΩΝ					
ΤΜΗΜΑ: ΦΑΣΗ 3 ^η		Αυξ. Αριθμ. Μελέτης: 3			
		σελίδα: 1	από σελίδες: 1		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Τρύπημα Φ8,5 – L=12mm		Χρόνος ενάρξεως:			
		Χρόνος λήξεως:			
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Παπαδάκης		ΕΛΕΓΚΤΗΣ: Μπουλαδάκης			
ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29/ 9 / 2012		ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29 /9 / 2012			
α/α	Περιγραφή στοιχείου	Ρυθμός	Ανάγνωση χρονομέτρου (s)	Παρατηρηθείς χρόνος (s)	Κανονικός χρόνος (s)
1	Δέσιμο	100	14	16,24	16,24
2	Δέσιμο	100	13	15,08	15,08
3	Δέσιμο	100	15	17,4	17,4
4	Δέσιμο	100	15	17,4	17,4
				Average	16,53

Σχήμα 63: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου

3.3.3.3 Κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου

Η επιλογή του κοπτικού εργαλείου έχει γίνει εξ αρχής, για τους υπολογισμούς.

Werco Φ8,5 4,5 €

Η μέση αντοχή που δίνει ο κατασκευαστής είναι 600 τυφλά τρυπήματα.

Το κόστος ανά τεμάχιο για το κοπτικό της 3^{ης} φάσης είναι:

➤ **0,0075 €**

3.3.3.4 Υπολογισμός ισχύος κοπής

Ο υπολογισμός της ισχύος κοπής γίνεται από τον παρακάτω τύπο που αναφέρεται στο 1^ο κεφάλαιο.

$$N_{ολ} = \frac{Ft \cdot u}{6120} \text{ KW}$$

όπου:

$$F_{εκχ} = 2312 \text{ KP}$$

$$U_{εκχ} = 37.5 \text{ m/min}$$

$$N_{εκχ} = 14,17 \text{ KW}$$

Το κόστος της ισχύος είναι: 14,17 KW * 0.039 €/KW*h = 0.55 €/h

➤ **Το κόστος ανά τεμάχιο είναι: 0,0032 €**

3.3.3.5 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων

Ακατάλληλα τεμάχια μπορούν να προκύψουν από την πρόωρη αστοχία κάποιου κοπτικού ή από λάθος χειρισμό του τόνου. Υποθέτουμε ότι το σφάλμα που μπορεί να προκύψει είναι 1/1000.

3.3.3.6 Κόστος 3^{ης} Φάσης

Το κόστος του τεμαχίου μέχρι την 3^η φάση= 3,1437 (2^η φάση) + 0,0075 (κοπτικά) + 0,0032 (ενέργεια) + $\frac{0,6225}{60} * 5$ (εργασία) + $\frac{3,2063}{1000}$ (ακατάλληλα)
⇒ **3,2095 €**

3.3.4 Φάση 4^η

Αυτή η φάση θα εκτελεστεί στο δέσιμο της 3^{ης} φάσης, που το τεμάχιο δένεται σε ειδικό παραστάτη κεντραρισμένο στο jock. Άρα αυτά που θα πρέπει να υπολογισθούν είναι το λύσιμο του κοπτικού, το δέσιμο του κολαούζου, η σπειροτόμιση, το λύσιμο του τεμαχίου και το δέσιμο του τρυπανιού για την εκτέλεση της 3^{ης} φάσης του επόμενου τεμαχίου.

- **Δέσιμο:** 3^{ης} Φάσης
- Σπειροτόμιση 8mm

3.3.4.1 Επιλογή κρίσιμων μεγεθών

Η επιλογή του κοπτικού γίνεται όπως αναφέραμε και στις προηγούμενες φάσεις.

Volkel M10 x 1.5 13 €

Η μέση αντοχή που δίνει ο κατασκευαστής είναι 300 σπειροτομίσης , με υγρά κοπής. Με ταχύτητα 10 rpm και πρόωση 1.5mm/rev.

3.3.4.2 Υπολογισμός χρόνου εργασίας

Ο συνολικός χρόνος θα υπολογισθεί και πάλι, όπως και στην προηγούμενη φάση, από το άθροισμα του νεκρού χρόνου και του χρόνου κατεργασίας.

3.3.4.2.1 Υπολογισμός χρόνου κατεργασίας

$$t_c = \frac{L}{n \cdot h}$$

$$L = 8 \text{ mm}$$

$$n = 10 \text{ rev/min}$$

$$h = 1.5 \text{ mm/rev}$$

$t_c = 0.53 \text{ min}$

3.3.4.2.2 Υπολογισμός νεκρών χρόνων

Θα εφαρμόσουμε μέτρηση χρόνων με εμπειρικά νούμερα διότι για πραγματικά πειράματα θα υπήρχε υψηλό κόστος, έτσι ζητήθηκε η βοήθεια του κυρίου Παπαδάκη και πάλι. Ο ρυθμός για την εργασία της 4^{ης} φάσης θα πρέπει να είναι κανονικός 100 και η εκτέλεση κανονική (100). Ο συνολικός κενός χρόνος για τις παροχές υπολογίζεται 16%. Η εργασία θα χρονομετρηθεί με την μέθοδο χρονομέτρησης ανά υποφάση.

- Εάν αποδοτικότητα 95%
- Δείκτης εμπιστοσύνης 1,01
- S= 2
- Τότε $n' = 4$

ΦΥΛΛΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΧΡΟΝΩΝ					
ΤΜΗΜΑ: ΦΑΣΗ 4 ^η			Αυξ. Αριθμ. Μελέτης: 4		
			σελίδα: 1 από σελίδες: 1		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Σπειροτόμηση			Χρόνος ενάρξεως:		
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Παπαδάκης			Χρόνος λήξεως:		
ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29/ 9 / 2012			ΕΛΕΓΚΤΗΣ: Μπουλαδάκης		
			ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29 /9 / 2012		
α/α	Περιγραφή στοιχείου	Ρυθμός	Ανάγνωση χρονομέτρου (s)	Παρατηρηθείς χρόνος (s)	Κανονικός χρόνος (s)
1	Λύσιμο τρυπανιού	100	11	11	11
2	Δέσιμο κολαούζου	100	12	12	12
3	Λύσιμο τεμαχίου	100	15	15	15
4	Δέσιμο τεμαχίου #	100	14	14	14
5	Λύσιμο κολαούζου	100	12	12	12
6	Δέσιμο τρυπανιού	100	11	11	11
				Σύνολο	75
1	Λύσιμο τρυπανιού	100	12	12	12
2	Δέσιμο κολαούζου	100	13	13	13
3	Λύσιμο τεμαχίου	100	14	14	14
4	Δέσιμο τεμαχίου #	100	14	14	14
5	Λύσιμο κολαούζου	100	13	13	13
6	Δέσιμο τρυπανιού	100	10	10	10
				Σύνολο	76
1	Λύσιμο τρυπανιού	100	10	10	10
2	Δέσιμο κολαούζου	100	14	14	14
3	Λύσιμο τεμαχίου	100	14	14	14
4	Δέσιμο τεμαχίου #	100	14	14	14
5	Λύσιμο κολαούζου	100	11	11	11
6	Δέσιμο τρυπανιού	100	11	11	11
				Σύνολο	74
1	Λύσιμο τρυπανιού	100	12	12	12
2	Δέσιμο κολαούζου	100	12	12	12
3	Λύσιμο τεμαχίου	100	15	15	15
4	Δέσιμο τεμαχίου #	100	13	13	13
5	Λύσιμο κολαούζου	100	12	12	12
6	Δέσιμο τρυπανιού	100	11	11	11
				Σύνολο	75
				Average	75

Σχήμα 64: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου

- Ο συνολικός νεκρός χρόνος είναι 75 s συν τις χρονικές παροχές 16%.
- 87 s

3.3.4.3 Κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου

Η επιλογή του κοπτικού εργαλείου έχει γίνει εξ αρχής, για τους υπολογισμούς.

Volkel M10 x 1.5 13 €

Η μέση αντοχή που δίνει ο κατασκευαστής είναι 300 σπειροτομίσης.

Το κόστος ανά τεμάχιο για το κοπτικό της 4^{ης} φάσης είναι:

➤ **0,043 €**

3.3.4.4 Υπολογισμός ισχύος κοπής

Ο υπολογισμός της ισχύς κοπής γίνεται από τον παρακάτω τύπο που αναφέρεται στο 1^ο κεφάλαιο.

$$N_{ολ} = \frac{F_t \cdot u}{6120} \text{ KW}$$

όπου:

$$F_{εκχ} = 2312 \text{ KP}$$

$$U_{εκχ} = 15 \text{ m/min}$$

$$N_{εκχ} = 14,17 \text{ KW}$$

Το κόστος της ισχύος είναι: $5,67 \text{ KW} \cdot 0,039 \text{ €/KW} \cdot \text{h} = 0,22 \text{ €/h}$

➤ **Το κόστος ανά τεμάχιο είναι: 0,0032 €**

3.3.4.5 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων

Ακατάλληλα τεμάχια μπορούν να προκύψουν από την πρόωρη αστοχία κάποιου κοπτικού ή από λάθος χειρισμό του τόνου. Υποθέτουμε ότι το σφάλμα που μπορεί να προκύψει είναι 1/1000.

3.3.4.6 Κόστος 4^{ης} Φάσης

Το κόστος του τεμαχίου μέχρι την 4^η φάση = 3,2095 (3^η φάση) + 0,043 (κοπτικά) + 0,0032 (ενέργεια) + $\frac{1,98}{60} \cdot 5$ (εργασία) + $\frac{3,4207}{1000}$ (ακατάλληλα)

➤ **3,4241 €**

3.3.5 Φάση 5^η

Η χάραξη και το ποντάρισμα, για την διάνοιξη των 3^{ωv} οπών της φάσης αυτής γίνεται μετά το δέσιμο του τεμαχίου στην τράπεζα του δραπάνου. Στην συνέχεια κεντράρουμε την τράπεζα με κάθε ποντάρισμα, για την διάνοιξη της οπής.

3.3.5.1 Υπολογισμός χρόνου εργασίας

Θα πρέπει να εφαρμοσθεί η μέτρηση χρόνων που περιγράφεται στο 1ο κεφάλαιο. Στην μέτρηση των χρόνων θα περιληφθεί ο χρόνος κατεργασίας και ο νεκρός χρόνος.

Θα εφαρμόσουμε την μέτρηση χρόνων με υποθετικά νούμερα διότι για πραγματικά πειράματα θα υπήρχε υψηλό κόστος, έτσι ζητήθηκε η βοήθεια του κυρίου Παπαδάκη έμπυρου τεχνίτη. Ο ρυθμός για την εργασία της 5^{ης} φάσης θα πρέπει να είναι κανονικός 100 και η εκτέλεση σταθερή (100). Ο συνολικός κενός χρόνος για τις παροχές υπολογίζεται 16% από τον πίνακα του σχήματος 37. Η εργασία θα χρονομετρηθεί με την μέθοδο χρονομέτρησης ανά υποφάση.

- Εάν αποδοτικότητα 95%
- Δείκτης εμπιστοσύνης 1,01
- Και S= 2
- Τότε $n'=4$

ΦΥΛΛΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΧΡΟΝΩΝ					
ΤΜΗΜΑ: ΦΑΣΗ 5 ^η			Αυξ. Αριθμ. Μελέτης: 5		
			σελίδα: 1	από σελίδες: 1	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Διάνοιξη οπών Φ4			Χρόνος ενάρξεως:		
			Χρόνος λήξεως:		
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Παπαδάκης			ΕΛΕΓΚΤΗΣ: Μπουλατάκης		
ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29/9/2012			ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 29/9/2012		
α/α	Περιγραφή στοιχείου	Ρυθμός	Ανάγνωση χρονομέτρου (s)	Παρατηρηθείς χρόνος (s)	Κανονικός χρόνος (s)
1	Δέσιμο τεμαχίου	100	11	11	11
2	Χάραξη - ποντάρισμα	100	25	25	25
3	Κεντράρισμα 1ο	100	7	7	7
4	Διάνοιξη 1η	100	14	14	14
5	Κεντράρισμα 2ο	100	6	6	6
6	Διάνοιξη 2η	100	11	11	11
7	Κεντράρισμα 3ο	100	8	8	8
8	Διάνοιξη 3η	100	11	11	11
9	Λύσιμο τεμαχίου	100	10	10	10
				Σύνολο	103
1	Δέσιμο τεμαχίου	100	12	12	12
2	Χάραξη - ποντάρισμα	100	27	27	27
3	Κεντράρισμα 1ο	100	6	6	6
4	Διάνοιξη 1η	100	13	13	13
5	Κεντράρισμα 2ο	100	8	8	8
6	Διάνοιξη 2η	100	11	11	11
7	Κεντράρισμα 3ο	100	8	8	8
8	Διάνοιξη 3η	100	11	11	11
9	Λύσιμο τεμαχίου	100	11	11	11
				Σύνολο	107
1	Δέσιμο τεμαχίου	100	10	10	10
2	Χάραξη - ποντάρισμα	100	26	26	26
3	Κεντράρισμα 1ο	100	7	7	7
4	Διάνοιξη 1η	100	14	14	14
5	Κεντράρισμα 2ο	100	8	8	8
6	Διάνοιξη 2η	100	11	11	11
7	Κεντράρισμα 3ο	100	6	6	6
8	Διάνοιξη 3η	100	11	11	11
9	Λύσιμο τεμαχίου	100	11	11	11
				Σύνολο	104
1	Δέσιμο τεμαχίου	100	12	12	12
2	Χάραξη - ποντάρισμα	100	27	27	27
3	Κεντράρισμα 1ο	100	6	6	6
4	Διάνοιξη 1η	100	13	13	13
5	Κεντράρισμα 2ο	100	8	8	8
6	Διάνοιξη 2η	100	11	11	11
7	Κεντράρισμα 3ο	100	7	7	7
8	Διάνοιξη 3η	100	11	11	11
9	Λύσιμο τεμαχίου	100	11	11	11
				Σύνολο	106
				Average	105

Σχήμα 65: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου

- Ο συνολικός νεκρός χρόνος είναι 105 s συν τις χρονικές παροχές 16%.
- 122 s

3.3.5.2 Επιλογή και κόστος φθοράς κοπτικού εργαλείου

Η επιλογή του κοπτικού γίνεται όπως αναφέραμε και στις προηγούμενες φάσεις.

Werco Φ4 1,5 €

Η μέση αντοχή που δίνει ο κατασκευαστής είναι 450 διαμπερές τρυπήματα, με υγρά κοπής.

Η αντοχή του κοπτικού καλύπτει $\frac{450}{3} = 150$ τεμάχια

Το κόστος του κοπτικού ανά τεμάχιο είναι $\frac{1,5}{150} = 0,01€$

3.3.5.3 Υπολογισμός ισχύος κοπής

$$N_{ko} = \frac{N_k}{n_k} \Rightarrow N_{ko} = \frac{700}{0.75} \Rightarrow N_{ko} = 933 \text{ W}$$

Κόστος ενέργειας = N_{ko} x τρέχον τιμή βιομηχανικής Kwh(υψηλής κατανάλωσης)

$$N_k = 700 \text{ W}$$

$$\text{Τιμή Kwh} = 0.039€/\text{Kwh}$$

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 0.933 \text{ Kw} \times 0,039 \text{ €/Kw} \Rightarrow$$

Κόστος ενέργειας ανά ώρα λειτουργίας = 0.0362 €

$$\text{Κόστος ενέργειας ανά τεμάχιο} = \frac{0,0362}{3600} \text{ €} = 0,00033€$$

3.3.5.4 Υπολογισμός ακατάλληλων τεμαχίων

Ακατάλληλα τεμάχια μπορούν να προκύψουν από την πρόωρη αστοχία κάποιου κοπτικού ή από λάθος χειρισμό του τόρνου. Υποθέτουμε ότι το σφάλμα που μπορεί να προκύψει είναι 1/1000.

3.3.5.5 Κόστος 5^{ης} Φάσης

Το κόστος του τεμαχίου μέχρι την 5^η φάση = □ 3,4241 (4^η φάση) + 0,01 (κοπτικά) + 0,00033 (ενέργεια) + $\frac{122}{3600} * 5$ (εργασία) + $\frac{3,6039}{1000}$ (ακατάλληλα)
➤ 3,6075 €

3.4 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Το βέλτιστο παραγωγικό πλάνο που μπορεί να επιτευχτεί, όπως είδαμε στο 2^ο κεφάλαιο, προκύπτει από τον βασικότερο παράγοντα δηλαδή τον χρόνο της κάθε φάσης. Ακριβολογώντας για να μην υπάρχουν κενοί χρόνοι στους εργαζόμενους της κάθε φάσης θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα πλάνο τέτοιο ώστε να μην χάνεται χρόνος, βασισμένο σε ένα σύστημα διεργασιών που θα χρησιμοποιεί φασεολόγιο και κατάλογο υλικών (BOM).

3.4.1 Στρατηγικός σχεδιασμός (Strategic planning)

Εάν υποθέσουμε ότι το ποσό της επένδυσης (budget) είναι 150.000 € και η απόσβεση υπολογισθεί στα 15 έτη, τότε μπορούμε να βρούμε εάν η επένδυση συμφέρει συγκρίνοντας την με την παραγωγικότητα.

3.4.1.1 Μηχανολογικός εξοπλισμός και κτιριακά

- Προϋπολογισμός κατασκευής κτιρίου: 70.000€
- Αγορά 3 μηχανουργικών τórνων:
MD 460-1500 DIGI Erple Maschinen 3 * 21.000 = 63.000€
- Αγορά γραναζωτού δράπανου:
GB 50 - 400V Erple Maschinen 8.000€
- Αγορά Δισκοπρίονου υγρής κοπής:
KKS 315 L - 400V Erple Maschinen 2.500€

Σύνολο επένδυσης 143.500€ και μένουv 7.500€ από το budget για κάλυψη εξόδων.

3.4.2 Επιχειρησιακός σχεδιασμός (Business planning)

Εάν υποθέσουμε ότι η μηνιαία ζήτηση είναι σταθερή 2.500 τεμάχια μηνιαίως, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την ημερήσια παραγωγή, το εργατικό δυναμικό, τις βάρδιες. Και τα κόστη που προκύπτουν από τα Γενικά Βιομηχανικά Έξοδα (Γ.Β.Ε.), τις αποσβέσεις και το κέρδος της επιχείρησης.

3.4.2.1 Υπολογισμός κόστους

Προσθέτοντας τις αποσβέσεις που αναλογούν στο κόστος κάθε παραγόμενου εξαρτήματος, το ποσοστό των ΓΒΕ και το κόστος του υπολογιζόμενου κέρδους 30%. βλέπουμε πόσο συμφέρουσα είναι η επένδυση και πόσο ανταγωνιστική είναι η τιμή του εξαρτήματος. Διότι η τιμή που προκύπτει είναι πολύ κοντά στην τελική τιμή του προϊόντος, συγκεκριμένα αυτό που θα καθορίσει την τελική τιμή στην συνέχεια είναι μόνο η οργάνωση της παραγωγής.

Αποσβέσεις: $\frac{150.000}{450.000} = 0,3334 + 3,6075 = 3,9409\text{€}$

ΓΒΕ: αναλύοντας τα βιομηχανικά έξοδα για να γίνουν πιο ρεαλιστικά και κατανοητά, θα υπολογισθούν μηνιαία:

Έξοδα λογιστηρίου: 600€
Έξοδα μεταφορών: 800€
Έξοδα διαφημίσεως: 150€
Έξοδα επικοινωνίας: 150€
Έξοδα πώλησης: 700€
Έξοδα συντήρησης: 600€

Σύνολο ΓΒΕ: 3.000€

$$\text{ΓΒΕ: } \frac{3000}{2500} = 1,2 + 3,9409 = 5,1409\text{€}$$

$$\text{Υπολογισμός κέρδους: } 5,1409 + 30\% * 5,1409 = 6,6832\text{€}$$

3.4.2.2 Καθορισμός ημερήσιας παραγωγικότητας και εργατικού δυναμικού

- Με τους 2 τόνους συνεχής λειτουργίας στην δεύτερη φάση και έναν ακόμη να συμπληρώνει την παραγωγή όταν εξαντλεί τα τεμάχια προς κατεργασία στην 3^η-4^η Φάση.

Με 2 τόνους σε συνεχή παραγωγή, παράγονται καθημερινά 59 τεμάχια. Που απασχολούν τον 3^ο τόννο: 59 τεμάχια * 156,15 sec = 2 ώρες 33 λεπτά και 33 δευτερόλεπτα. Από το 8 όρο απομένουν 5 ώρες 26 λεπτά και 27 δευτερόλεπτα. Σε αυτόν τον χρόνο μπορούν να παραχθούν και στις 3 Φάσεις ακόμη: $\frac{967,8}{156,15} = \frac{6,1979}{1} \Rightarrow \frac{19587}{6,1979} = 3160,27 \text{ sec}$, θα παράγει για την 3^η και 4^η Φάση. Άρα 19587-3160,27= 16426,74 sec, για την 2^η Φάση.

$$\frac{16426,74}{967,8} = 17 \text{ τεμάχια.}$$

Συνολική δυναμικότητα ανά 8 ώρες είναι 76 τεμάχια

➤ Άρα 9,5 τεμάχια ανά ώρα

Και απομένει νεκρός χρόνος στον 3 τόννο, ανά 8 ώρες 480 sec

➤ Άρα 60sec ανά ώρα

Με τους παραπάνω υπολογισμούς μπορούμε να υπολογίσουμε επίσης την ημερήσια αναγκαία παραγωγή, ξέροντας και την μηνιαία ζήτηση των 2.500 τεμαχίων.

Εργάσιμες θα θεωρήσουμε, σε ετήσια βάση, τις: 365 ημέρες – 52 Κυριακές = 313 ημέρες. Στις οποίες χρειάζεται να παραχθούν 2.500 τεμάχια * 12 μήνες= 30.000 τεμάχια. Έτσι προκύπτει $30.000/313 = 95,8466$ τεμάχια ημερησίως. Τα οποία χρειάζονται $\frac{95,8466}{9,5} = 10$ ώρες, 5 λεπτά και 21 δευτερόλεπτα.

Επομένως θα χρειαστούμε 2 βάρδιες των 6 ωρών, που στην επόμενη ενότητα, του λεπτομερή σχεδιασμού, θα αναλύσουμε εκτενώς τον τρόπο διαχείρισής τους.

Σε αυτές τις 2 βάρδιες χρειάζονται 3 χειριστές τόνου, σε κάθε 6ώρη βάρδια και στην 2^η βάρδια της ημέρας ένας χειριστής για το δράπανο της 5^{ης} Φάσης, ο οποίος θα απασχολείται 4 ώρες.

3.4.3 Λεπτομερής σχεδιασμός (detailed design)

Σε αυτό το στάδιο θα αποφασίσουμε για τα αποθέματα, την κίνηση των αποθεμάτων, τον κατάλογο των υλικών (BOM) και το φασεολόγιο (routing list). Τέλος όπως αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, θα αναλυθούν τα καθήκοντα του κάθε εργαζομένου.

3.4.3.1 Διαχείριση αποθεμάτων

Είναι ευνόητο ότι τα τεμάχια σε κάθε Φάση μιας βάρδιας είναι τεμάχια που στην προηγούμενη βάρδια ήταν στην προηγούμενη. Για λόγους ασφαλείας το απόθεμα υπολογίζεται στις 3 ημέρες, έτσι ώστε σε περίπτωση ζημιάς, να προλάβει να διορθωθεί. Αυτό επιβαρύνει βεβαίως την επιχείρηση με μια δέσμευση κεφαλαίων της τάξεως των:

$$3,6075 * 3 * 99 = 1.071,43\text{€}$$

Άρα από το κεφάλαιο (budget) μένουν ακόμη περίπου 6.400€

3.4.3.2 Κίνηση αποθεμάτων και διαχείριση του χωροταξικού

Τα τεμάχια θα μεταφέρονται σε καρότσια. Η κάθε μηχανή θα έχει δύο καρότσια έτσι ώστε να μην υπάρχουν άσκοπες κινήσεις και καθυστερήσεις. Επίσης τα έτοιμα τεμάχια θα μένουν στα ίδια καρότσια, 100 τεμάχια ανά καρότσι.

Τα απαιτούμενα καρότσια είναι 13. Το κόστος τους υπολογίζεται $13 * 40 = 520\text{€}$

Άρα από το κεφάλαιο (budget) μένουν ακόμη περίπου 5.900€

Από την ημερήσια δυναμικότητα των 114, η ημερήσια απαιτούμενη παραγωγή είναι 96 τεμάχια περίπου, οπότε $\frac{96}{18} =$ ανά 6 ημέρες θα έχουμε απόθεμα μιας ημέρας ακόμα. Αυτό θα το εκμεταλλευτούμε για τακτικές συντηρήσεις, καθαριότητες και αποστολή παραγγελιών. Ένα ρεαλιστικό πλάνο είναι η παραγωγή να μην λειτουργεί κάθε Τρίτη. Έτσι θα εργάζονται 2 άτομα κάθε Τρίτη για 5 ώρες ώστε να εκτελούν όλα τα παραπάνω.

Ο νεκρός χρόνος υπολογίζεται: 10 ώρες ανά 5 ημέρες παραγωγή

Στους 2 τόνους που εκτελούν μόνο την 2^η Φάση, έχουμε:

$$\text{Από τις 6 ώρες: } 6 \cdot 3600 = 21600 \Rightarrow \frac{21600}{967,8} = 22 \text{ τεμάχια}$$

Ο νεκρός χρόνος είναι 5 λεπτά και 9 δευτερόλεπτα για κάθε τόνο. Στον οποίο θα κάνουν συντήρηση και καθαριότητα.

Επίσης για τον 3^ο τόνο που εκτελεί και την 3^η-4^η φάση, υπολογίζονται για ημερήσια παραγωγή τα εξής τεμάχια και νεκρός χρόνος:

Στις 6 ώρες:

- 13 τεμάχια στην 2^η Φάση
- Κατεργασία στην 3^η-4^η Φάση, των 57 τεμάχια που παράγονται στην βάρδια.

Και νεκρός χρόνος 18 λεπτά. Στον οποίο θα πρέπει να καθαριστεί και να συντηρηθεί ο τόνος. Και στην συνέχεια ο εργαζόμενος να εκτελέσει την 1^η Φάση, για τα τεμάχια που θα χρειαστεί η επόμενη βάρδια. Επίσης θα πρέπει να καθορίσει τον κοπτικό τροχό και να μεταφέρει τα καρότσια από φάση σε φάση.

Κατεργασία 1^{ης} Φάσης:

$$2 \text{ άξονες} \cdot 33 \text{ τεμάχια} = 66 \text{ τεμάχια}$$

$$81 \text{ sec} \cdot 2 \text{ άξονες} = 2 \text{ λεπτά και } 40 \text{ δευτερόλεπτα}$$

Άρα ο απομένων νεκρός χρόνος είναι 15 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα.

Τέλος ο εργαζόμενος της 5^{ης} Φάσης θα εκτελεί την βάρδια του στην απογευματινή βάρδια. Μετά το πέρας της κατεργασίας των 57 τεμαχίων, θα μεταφέρει τα έτοιμα τεμάχια και θα τα κάνει 100 σε κάθε καρότσι. Επίσης θα καθαρίζει τον ευρύτερο χώρο της παραγωγής.

$$57 \text{ τεμάχια} \cdot 122 \text{ sec} = 1 \text{ ώρα, } 55 \text{ λεπτά και } 56 \text{ δευτερόλεπτα.}$$

Ο νεκρός χρόνος που προκύπτει είναι 2 ώρες, 4 λεπτά και 4 δευτερόλεπτα.

3.4.3.3 Επιβάρυνση κόστους από τους νεκρούς χρόνους

Από την ημέρα χωρίς παραγωγή, θα έχουμε:

$$5 \text{ ημέρες} \cdot 114 \text{ τεμάχια} = 570 \Rightarrow 10 \text{ ώρες} \cdot 5 \text{ €/ώρα} = 50 \text{ €} \Rightarrow \frac{50}{570} =$$

$$0,0877 \text{ €/τεμ.}$$

Από τους 2 τόνους που εκτελούν μόνο την 2^η Φάση, βάση του ότι καθορίζουν την παραγωγή, έχουμε:

$$309 \text{ sec} \cdot 2 = \frac{618}{967,8} = 0,6386 \Rightarrow 0,6386 \cdot 6,6832 = 4,26 \Rightarrow \frac{4,26}{44} =$$

$$0,09699 \text{ €/τεμ.}$$

Από τον 3^ο τόρνο, βάση του ότι καθορίζει την παραγωγή και αυτός, έχουμε:

$$\frac{156,15}{967,8}=0,1613 \Rightarrow 0,1613 \text{ αναλογία χρόνου για } 2^{\text{η}}-3^{\text{η}}-4^{\text{η}} * 920\text{sec}= 148,396 \Rightarrow$$

$$\frac{148,396}{967,8}= 0,1533 \Rightarrow 0,1533 * 6.6832= 1,0248 \Rightarrow \frac{1,0248}{13}=$$

0,0788 €/τεμ.

Από την 5^η Φάση, βάση μη παραγωγικών εργατοωρών, έχουμε:

$$2,0678\text{hr} * 5\text{€/hr}= 10.3388 \Rightarrow \frac{10.3388}{57}=$$

0.1814 €/τεμ.

Άρα το τελικό κόστος του εξαρτήματος είναι 7,13 €

3.4.3.4 Κατάλογος των υλικών (BOM)

Λόγω του ότι ένας κατάλογος BOM εξελίσσεται εμπειρικά, μπορούμε να φτιάξουμε ένα New BOM το οποίο θα εξελιχτεί στην πράξη.

Τα βασικά μεγέθη που πρέπει να προσδιοριστούν για την δημιουργία του BOM, είναι η ημερήσια αναγκαία ποσότητα κοπτικών εργαλείων και η ποσότητα πρώτης ύλης. Έτσι θα προκύψουν και τα αναγκαία αποθηκευμένα υλικά, καθώς και οι παραγγελίες τους.

Απαιτούμενα υλικά:

- Δίσκος κοπής: SEG 225mm κόστος ανά τεμάχιο 60€, υπολογισμένη αντοχή 8780 τεμάχια
- Κοπτικό εκχόνδρισης: Taegutec TNMG 160408 ML κόστος ανά τεμάχιο 7€, υπολογισμένη αντοχή 13 τεμάχια
- Κοπτικό λείανσης: Taegutec TNMG 220404 ML κόστος ανά τεμάχιο 10€, υπολογισμένη αντοχή 19 τεμάχια
- Τρυπάνι εκτέλεσης 3^{ης} Φάσης: Wercos Φ8,5 κόστος ανά τεμάχιο 4,5 €, υπολογισμένη αντοχή 600 τεμάχια
- Κολαούζο: Volkel M10 x 1.5 κόστος ανά τεμάχιο 13 €, υπολογισμένη αντοχή 300 τεμάχια
- Τρυπάνι εκτέλεσης 5^{ης} Φάσης Wercos Φ4 κόστος ανά τεμάχιο 1,5 €, υπολογισμένη αντοχή 150 τεμάχια
- Άξονας Φ22 L=6000mm S237-s2 τυποποίηση κατά ISO, κόστος ανά τεμάχιο 21,456€

Για λόγους λειτουργικότητας οι απαιτούμενοι κατάλογοι υλικών είναι ένας της βάρδιας και ένας υποκατάλογος για κάθε μηχανή.

Εάν υποθέσουμε ότι οι παραγγελίες των υλικών γίνονται μια φορά την βδομάδα, θα υπολογίσουμε υλικά για 8 ημέρες παραγωγή, για λόγους ασφαλείας, τότε οι μέγιστες ποσότητες που θα πρέπει να υπάρχουν στην αποθήκη των υλικών είναι οι εξής:

- Άξονα Φ22 St37 L6000 – 28 τεμάχια
- Δίσκος κοπής - 3 τεμάχια
- Κοπτικό εκχόνδρισης – 71 τεμάχια
- Κοπτικό λείανσης – 48 τεμάχια
- Τρυπάνι Φ8,5 – 3 τεμάχια
- Κολαούζο – 4 τεμάχια
- Τρυπάνι Φ4 – 8 τεμάχια

Οι παραγγελίες των υλικών θα γίνονται τις Τρίτες από τους εργαζομένους που έχουν υπολογισθεί. Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω ποσότητες και αφαιρώντας τις από τις ποσότητες της αποθήκης.

Το κόστος των αποθηκευμένων υλικών είναι 1822€.

Άρα από το κεφάλαιο (budget) μένουν ακόμη περίπου 4.100€

Κατάλογος υλικών βάρδιας

Κατάλογος υλικών Βάρδιας			
α/α	απαιτούμενα τεμάχια	ανάλωση ανά τεμάχια	έλεγχος (x)
Άξονας Φ22	2	33	
Δίσκος κοπής	1	8780	
Κοπτικό εκχόνδρισης	5	13	
Κοπτικό λείανσης	3	19	
Τρυπάνι Φ8,5	1	600	
Κολαούζο	1	300	
Τρυπάνι Φ4	1	150	

Σχήμα 66: BOM Βάρδιας

Ο εργαζόμενος του πρώτου τόννου θα θεωρείτε υπεύθυνος βάρδιας και είναι υποχρέωση του να ελέγχει τις ποσότητες.

Υποκατάλογοι υλικών ανά Φάση που χρειάζονται είναι οι παρακάτω:

Κατάλογος υλικών 2ης Φάσης - Τόρνος 1			
α/α	απαιτούμενα τεμάχια	ανάλωση ανά τεμάχια	έλεγχος (x)
Άξονας Φ22 - L 180	22	33	
Κοππικό εκχόνδρισης	2	13	
Κοππικό λείανσης	2	19	

Σχήμα 67: BOM Τόρνου 1

Κατάλογος υλικών 2ης Φάσης - Τόρνος 2			
α/α	απαιτούμενα τεμάχια	ανάλωση ανά τεμάχια	έλεγχος (x)
Άξονας Φ22 - L 180	22	33	
Κοππικό εκχόνδρισης	2	13	
Κοππικό λείανσης	2	19	

Σχήμα 68: BOM Τόρνου 2

Κατάλογος υλικών 2ης Φάσης - Τόρνος 3			
α/α	απαιτούμενα τεμάχια	ανάλωση ανά τεμάχια	έλεγχος (x)
Άξονας Φ22 - L 180	13	33	
Κοππικό εκχόνδρισης	1	13	
Κοππικό λείανσης	1	19	
Κατάλογος υλικών 3ης-4ης Φάσης - Τόρνος 3			
Τρυπάνι Φ8,5	1	600	
Κολαούζο	1	300	

Σχήμα 69: BOM Τόρνου 3

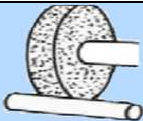
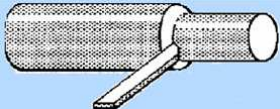
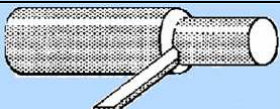
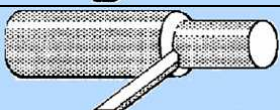
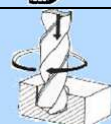
Κατάλογος υλικών Δράπανου			
α/α	απαιτούμενα τεμάχια	ανάλωση ανά τεμάχια	έλεγχος (x)
κατεργασμένα τεμάχια 4ης φάσης	57	-	
Τρυπάνι Φ4	1	150	

Σχήμα 70: BOM Δράπανου

Οι παραπάνω κατάλογοι συμπληρώνονται από τον εργαζόμενο του μηχανήματος. Όπως επίσης συμπληρώνει και σχετικό έντυπο συντήρησης, για την αλλαγή των κοπτικών.

3.4.3.5 Δημιουργία φασεολογίου και πίνακα μηχανών

Ο πίνακας μηχανών είναι ο εξής:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ			
ΜΗΧΑΝΗ	Νο	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ
Κοπτικός δίσκος	1	Φάση 1 ^η	
Τόρνος	2	Φάση 2 ^η	
Τόρνος	3	Φάση 2 ^η	
Τόρνος	4	Φάση 2 ^η / Φάση 3 ^η / Φάση 4 ^η	
Δράπανο	5	Φάση 5 ^η	

Σχήμα 71: Πίνακας μηχανών

Στο βιβλίο συντηρήσεων, στην τήρηση ιχνηλασιμότητας και ότι άλλο αρχείο κρατήσει η επιχείρηση θα πρέπει να αναφέρεται ο αριθμός της μηχανής. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει σε κάθε μηχανή μαζί με τα BOM και το φασεολόγιο που βρίσκεται παρακάτω.

ΦΑΣΗ	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΜΗΧΑΝΗ	ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	ΝΕΚΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ
1	Τεμαχισμός	1	○	Δέσιμο	-	0,8
1	Τεμαχισμός	1	○○	Κατεργασία	0,86	-
1	Τεμαχισμός	1	○○○	Λύσιμο	-	0,8
			↑	Μετακίνηση	-	0,1
2	Τόρνευση	2-3-4	○○○	Δέσιμο	-	10
2	Τόρνευση	2-3-4	○○○○	Κατεργασία	615	-
2	Τόρνευση	2-3-4	○○○○○	Λύσιμο	-	10
2	Τόρνευση	2-3-4	□	Έλεγχος	-	8
2	Τόρνευση	2-3-4	○○○○○	Δέσιμο	-	10
2	Τόρνευση	2-3-4	○○○○○○	Κατεργασία	301,8	-
2	Τόρνευση	2-3-4	○○○○○○○	Λύσιμο	-	10
			↑	Μετακίνηση	-	0,1
3	Τόρνευση	4	○○○○○	Δέσιμο	-	14
3	Τόρνευση	4	○○○○○○	Κατεργασία	20,82	-
3	Τόρνευση	4	○○○○○○○	Αλλαγή κοπτικού	-	11
4	Τόρνευση	4	○○○○○○○	Αλλαγή κοπτικού	-	12
4	Τόρνευση	4	○○○○○○○○	Κατεργασία	31,8	-
4	Τόρνευση	4	○○○○○○○○○	Λύσιμο	-	10
4	Τόρνευση	4	○○○○○○○○○	Αλλαγή κοπτικού	-	11
4	Τόρνευση	4	○○○○○○○○○	Αλλαγή κοπτικού	-	12
			↑	Μετακίνηση	-	0,1
5	Διάτρηση	5	○○○○○	Δέσιμο	-	10
5	Διάτρηση	5	□	Έλεγχος	-	27
5	Διάτρηση	5	□	Έλεγχος	-	7
5	Διάτρηση	5	○○○○○	Κατεργασία	13	-
5	Διάτρηση	5	□	Έλεγχος	-	7
5	Διάτρηση	5	○○○○○	Κατεργασία	13	-
5	Διάτρηση	5	□	Έλεγχος	-	7
5	Διάτρηση	5	○○○○○	Κατεργασία	13	-
5	Διάτρηση	5	□	Έλεγχος	-	7
5	Διάτρηση	5	○○○○○	Λύσιμο	-	10
	Αποθήκευση		▽	Μετακίνηση	-	2
				Σύνολα χρόνων	1009,28	196,9
				Συνολικός χρόνος	1206,18	

Σχήμα 72: Φασεολόγιο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κόστη στο παράδειγμα του 3^{ου} κεφαλαίου έγιναν όσο πιο ρεαλιστικά για να φανεί η σπουδαιότητα της οργάνωσης παραγωγής και πόσο πολύ μπορεί να αυξήσει το συνολικό κόστος. Το παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε είναι πολύ απλό, αλλά εύκολα κανείς συμπεραίνει πως χωρίς οργάνωση το κόστος θα ανέβαινε πάνω από 10€ και το προϊόν θα έχανε την ανταγωνιστικότητά του.

Επίσης καταλαβαίνει κανείς το πόσο περίπλοκο είναι να δημιουργηθεί μια παραγωγή, έτσι είναι λογικό αυτή η εργασία μέσα στο παράδειγμα που αναλύει να υπάρχουν αρκετές ελλείψεις.

Τέλος θα ήθελα να προτείνω μέσα από αυτήν εδώ την εργασία, την πειραματική μεθόδευση στην οργάνωση μιας απλής παραγωγής που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν βάσεις δεδομένων MRP όπως αυτήν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία Πέτρου Πετρόπουλου:

- Μηχανουργική τεχνολογία δεύτερος τόμος '77
- Μηχανουργική τεχνολογία εργαστήριο '01
- Μηχανουργική τεχνολογία πρώτος τόμος '80
- Μηχανουργική τεχνολογία τόμος Α'78

Βιβλίο Αριστομένη Αντωνιάδη:

- Μηχανουργική τεχνολογία Κατεργασίες κοπής, τόμος Β

Πτυχιακή εργασία Γουσγουνέλη Κωνσταντίνου:

- Σχεδιασμός κατασκευής ημιαξονίου

Πτυχιακή εργασία Σακελλάριου Φωτίου:

- Σύνθεση συστημάτων κατεργασιών με βάση εναλλακτικά φασεολόγια

Πτυχιακή εργασία Θεοδώρου Θεόδωρος:

- Κατασκευή και θεωρητική αντιμετώπιση ασκήσεων τόνου

Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Μηχανικών Οικονομίας και Διοίκησης

- Οι αρχές JUST- IN - TIME

Διπλωματική εργασία Μανταλία Γεωργία:

- Μελέτη των δυνάμεων κοπής στις κατεργασίες υψηλών ταχυτήτων



- Σημειώσεις μηχανουργικών κατεργασιών

ΣΧΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Σχήμα 1: Κατεργασίες μορφοποιήσεως μετάλλου.....	8
Σχήμα 2 : κατεργασίες επίπεδων επιφανειών.....	9
Σχήμα 3 : κατεργασίες κυλινδρικών επιφανειών.....	9
Σχήμα 4 Χαρακτηριστικά μεγέθη κατά την ορθογωνική κοπή.....	11
Σχήμα 5: Υπολογισμός του δείκτη λ.....	12
Σχήμα 6: Νομογράφημα υπολογισμού της φ συναρτήσει των λ και γ.....	13
Σχήμα 7: (α) Αλληλεξάρτηση γωνίας διάτμησης φ, δείκτη συμπίεσης αποβλίττου λ και γωνίας αποβλίττου γ. (β) Επίδραση της γ επί του λ.....	14
Σχήμα 8: Επίδραση της ταχύτητας κοπής u, της πρόωσης s, του βάθους κοπής a και της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας επαφής αποβλίττου/ΚΕ θf στο δείκτη συμπίεσης του αποβλίττου λ κατά την ορθογωνική τόννευση ανθρακούχου χάλυβα με π (C)=0.40.....	14
Σχήμα 9,10: (α) Συμβατικός τόννος και (β) Μηχανή τόννευσης CNC.....	15
Σχήμα 11: Βασική αρχή τόννευσης.....	15
Σχήμα 12: Τυποποιημένη μορφή του κοπτικού εργαλείου τόννευσης.....	15
Σχήμα 13: Διάφορα είδη τόννευσης – Διαμήκης και εγκάρσια τόννευση.....	17
Σχήμα 14: Διάφορα είδη τόννευσης – Κωνική και ειδικές τόννευσεις.....	18
Σχήμα 15: Υπολογισμός ταχύτητας κοπής.....	21
Σχήμα 16: Υπολογισμός συντελεστή Χt.....	22
Σχήμα 17 : Τεμάχια κατεργασμένα με φρεζάρισμα.....	26
Σχήμα 18 : Περιφερικό και μετωπικό φρεζάρισμα.....	27
Σχήμα 19 : Ομόροτρο και αντίροτρο φρεζάρισμα.....	28
Σχήμα 20 : Μέρη φρεζομηχανής.....	29
Σχήμα 21 : Κοπτικά εργαλεία φρεζαρίσματος.....	30
Σχήματα 22,23: Κάθετες ταχυπλάνες.....	32
Σχήμα 24: Η κάθετη πλάνη και τα μέρη της.....	33
Σχήμα 25: Η οριζόντια πλάνη και τα μέρη της.....	33
Σχήμα 26: ταχύτητες κοπής με SS και HM κοπτικά.....	34
Σχήμα 27 : Κινηματική της διάτρησης και είδη οπών.....	36
Σχήμα 28 : Διάτρηση με δράπανο στήλης.....	37
Σχήμα 29 : Γεωμετρία ελικοειδούς τρυπανιού.....	38
Σχήμα 30 : Δυνάμεις κοπής σε ελικοειδή τρυπάνια.....	39
Σχήμα 31 : Εφαρμογές λείανσης.....	40
Σχήμα 32 : Λειαντικός τροχός και έλεγχό του.....	41
Σχήμα 33 : Αφαίρεση υλικού κατά τη λείανση.....	42
Σχήμα 34 : Υπερλείανση.....	43
Σχήμα 35: Φύλλο μελέτης χρόνων..... (ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΛΛΟ)	46
Σχήμα 36: κλίμακες ρυθμού.....	48
Σχήμα 37: Χρονικές παροχές αναπαύσεως.....	50

Σχήμα 38: Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων στο βιομηχανικό περιβάλλον.....	52
Σχήμα 39: (α) Τα επίπεδα σχεδιασμού των συστημάτων παραγωγής (β) Τα χαρακτηριστικά των αποφάσεων σε κάθε επίπεδο.....	56
Σχήμα 40: Οι αποφάσεις και ο ορίζοντας προγραμματισμού του κάθε επιπέδου σχεδιασμού ενός συστήματος παραγωγής.....	57
Σχήμα 41: ροή υλικών σε περιβάλλον MRP.....	66
Σχήμα 42: ροή υλικών σε περιβάλλον Kanban.....	66
Σχήμα 43: Βασική δομή ενός MRP-based συστήματος.....	69
Σχήμα 44: Δομικό διάγραμμα της κλασικής μεθόδου MRP.....	70
Σχήμα 45: Συστατικά και φασεολόγιο.....	74
Σχήμα 46: Ιεραρχία κέντρων εργασίας.....	75
Σχήμα 47: Υπολογισμός στοιχείων κέντρου.....	77
Σχήμα 48α: Δεδομένα ημερολογίου και φασεολογίου.....	78
Σχήμα 48β: Δεδομένα ημερολογίου και φασεολογίου.....	79
Σχήμα 49: Ιεράρχηση προβλημάτων.....	80
Σχήμα 50: Παραγωγικοί χρόνοι.....	81
Σχήμα 51α: Μη παραγωγικοί χρόνοι.....	82
Σχήμα 51β: Μη παραγωγικοί χρόνοι.....	82
Σχήμα 51γ: Μη παραγωγικοί χρόνοι.....	83
Σχήμα 52: Φασεολόγιο.....	84
Σχήμα 53: Εναλλακτικό φασεολόγιο.....	85
Σχήμα 54: Εναλλακτικό φασεολόγιο (ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΛΛΟ)	86
Σχήμα 55: πίνακας μηχανών	87
Σχήμα 56: πίνακας μηχανών..... (ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΛΛΟ)	87
Σχήμα 57: σχηματικός συμβολισμός κατεργασιών.....	91
Σχήμα 58: σχέδιο ατράκτου κατασκευής.....	95
Σχήμα 59: Αντοχή ταχυχάλυβα St37.....	96
Σχήμα 60: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου.....	98
Σχήμα 61: επιλογή ταχύτητας και προώσεως.....	101
Σχήμα 62: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου.....	105
Σχήμα 63: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου.....	109
Σχήμα 64: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου.....	113
Σχήμα 65: Υπολογισμός του μέσου κανονικού χρόνου.....	117
Σχήμα 66: BOM Βάρδιας.....	125
Σχήμα 67: BOM Τόρνου 1.....	126
Σχήμα 68: BOM Τόρνου 2.....	126
Σχήμα 69: BOM Τόρνου 3.....	126
Σχήμα 70: BOM Δράπανου.....	126
Σχήμα 71: Πίνακας μηχανών.....	127
Σχήμα 72: Φασεολόγιο.....	128