

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

1.1. Ορισμός και είδη Στοιχείων Μηχανών

Στοιχεία Μηχανών είναι εκείνα τα τεμάχια που χρησιμοποιούνται κατ' επανάληψη, στην ίδια ή παραπλήσια μορφή, για τη διαμόρφωση και συγκρότηση μηχανών, συσκευών και οργάνων.

Εμφανίζονται τόσο με τη μορφή επί μέρους στοιχείων όπως κοχλίες, άτρακτοι, οδοντωτοί τροχοί κλπ., όσο και με τη μορφή συγκροτημάτων που αποτελούνται από επί μέρους στοιχεία τα οποία όμως διαμορφώνουν λειτουργικά ένα ενιαίο σύνολο όπως έδρανα, συμπλέκτες, βαλβίδες κλπ.

Επειδή κάθε τεχνικό κατασκεύασμα αποτελείται από επί μέρους στοιχεία, για την κατασκευή μηχανημάτων, είναι απαραίτητες εκτεταμένες γνώσεις των σχετικών στοιχείων.

Ανάλογα με το σκοπό χρησιμοποίησής τους διακρίνουμε:

Στοιχεία σύνδεσης π.χ. ήλους, κοχλίες, σφήνες, πείρους καθώς επίσης κολλήσεις διαφόρων ειδών (ηλεκτροσυγκολλήσεις, μαλακές κολλήσεις και κολλήσεις με κόλλα).

Στοιχεία έδρασης και μετάδοσης της κίνησης π.χ. έδρανα ολίσθησης και κύλισης, άξονες, ατράκτους, συμπλέκτες, οδοντωτούς τροχούς και μειωτήρες στροφών, ιμάντες και αλυσίδες κίνησης.

Στοιχεία για τη μεταφορά υγρών και αερίων π.χ. σωληνώσεις και εξαρτήματα αυτών, αποφρακτικά όργανα όπως βαλβίδες, σύρτες, κρουνοί κλπ.

Επί πλέον στα Στοιχεία Μηχανών ανήκουν ορισμένες συγγενείς περιοχές όπως οι **συναρμογές**, η **αντοχή** και οι **επιτρεπόμενες τάσεις** γιατί μετέχουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση και τον υπολογισμό αυτών.

1.2. Γενικοί κανόνες στην Κατασκευή

Σύμφωνα με την κατευθυντήρια οδηγία VDI-2222 η κατασκευή ή με την ευρύτερη έννοια ο **σχεδιασμός** είναι η πνευματική-δημιουργική εργασία που βασίζεται σε γνώσεις και εμπειρία και επιδιώκει βέλτιστες λύσεις για ένα τεχνικό κατασκεύασμα από τη διαμόρφωση της δομής και της λειτουργικότητάς του μέχρι την εκπόνηση των έτοιμων για την παραγωγή σχεδίων.

Βέλτιστη είναι η λύση η οποία πληροί, κατά τον καλλίτερο επί του παρόντος δυνατό τρόπο, όλες τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί.

Ο Κατασκευαστής κατά την εργασία του θα πρέπει να λάβει υπόψη τις απαιτήσεις αυτές οι οποίες αναφέρονται σε πολλά και διαφορετικά επί μέρους θέματα που αφορούν το τεχνικό κατασκεύασμα, όπως λειτουργικότητα, ασφάλεια, οικονομία, μεταφορά, συντήρηση, χειρισμός κ.ά.

Η αντιμετώπιση των θεμάτων αυτών είναι προφανώς διαφορετική από περίπτωση σε περίπτωση. Οι απαιτήσεις που τίθενται είναι πολλές φορές αλληλοσυγκρουόμενες (π.χ. προϊόν καλής ποιότητας και φθηνό, ελαφράς κατασκευής και υψηλής αντοχής) οπότε ο Κατασκευαστής θα πρέπει να εφαρμόσει μία διαδικασία βελτιστοποίησης προσαρμοσμένη στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Όμως σε ένα ευρύτερο πλαίσιο είναι δυνατή η διαμόρφωση ορισμένων γενικών κανόνων που μπορούν να βοηθήσουν στην κατασκευαστική εργασία για την ικανοποίηση των απαιτήσεων που αναφέρθηκαν πιο πάνω και τη δημιουργία μιας βέλτιστης κατασκευής.

- Η βασικότερη απαίτηση που μπορεί να τεθεί σε ένα τεχνικό κατασκεύασμα είναι να πληροί τη **λειτουργία** για την οποία κατασκευάσθηκε.
Έναντι της αρχής όλες οι υπόλοιπες είναι υποδεέστερες.
- Η **ασφάλεια** εκπλήρωσης της λειτουργίας καθώς και η ασφάλεια έναντι κινδύνων για τον άνθρωπο και τη μηχανή είναι επίσης μια βασική απαίτηση προς την κατασκευή.

- Πολύ σημαντική είναι η απαίτηση για **οικονομική** κατασκευή, διότι θα κρίνει σε μεγάλο βαθμό την επιτυχή διάθεση του προϊόντος στην αγορά. Στην επίτευξη μιας καλής σχέσης οφέλους προς κόστος συμβάλλει η χρησιμοποίηση τυποποιημένων ή έτοιμων τεμαχίων και γενικά προϊόντων που διατίθενται στην αγορά όπως σωλήνες, σιδηροδοκοί, ελάσματα κλπ. Υπερβολές στην τεχνική τελειότητα είναι σκόπιμο να αποφεύγονται διότι επηρεάζουν δυσανάλογα το κόστος.
- Απαιτείται σωστή και ισορροπημένη **εκλογή των υλικών** της κατασκευής λόγω των διαφορετικών ιδιοτήτων τους π.χ. αντοχή, ελαστικότητα, σκληρότητα, ανθεκτικότητα σε διάβρωση κλπ. Υλικά με μικρή αντοχή οδηγούν σε μεγάλες διατομές, αντίστοιχες διαστάσεις και όγκο της κατασκευής. Με τη χρησιμοποίηση υλικών υψηλής αντοχής επιτυγχάνονται μεν μικρότερες διατομές αλλά αυξάνεται πολύ περισσότερο το κόστος των υλικών.
- Η **μέθοδος παραγωγής** π.χ. χύτευση, συγκόλληση, σφυριλάτηση κλπ. με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχει η καθεμιά, επηρεάζουν αποφασιστικά τη διαμόρφωση των τεμαχίων και πρέπει να ληφθεί υπόψη και να καθορισθεί εκ των προτέρων από τον κατασκευαστή. Αυτό απαιτεί γνώσεις των δυνατοτήτων παραγωγής του εργοστασίου και των συνεργαζομένων εργοστασίων.
Για την εκλογή της μεθόδου παραγωγής έχει μεγάλη σημασία ο αριθμός των προς κατασκευή τεμαχίων. Σε γενικές γραμμές ισχύει π.χ. ότι η συγκόλληση ενδείκνυται για μικρό σχετικά αριθμό και η χύτευση για μεγαλύτερο αριθμό τεμαχίων, παρόλο που η αυτόματη συγκόλληση με ρομπότ έχει ήδη ανατρέψει αυτόν τον κανόνα.
- Η **κατεργασία** είναι απαραίτητη για να πάρει το τεμάχιο την προβλεπόμενη μορφή και ποιότητα επιφάνειας, εάν π.χ. θα παραμείνει ένα χυτευτό τεμάχιο με ακατέργαστη επιφάνεια ή θα πρέπει για λειτουργικούς λόγους να κατεργασθεί.
Πολλές φορές είναι δυνατόν με μικρές τροποποιήσεις στην κατασκευή να μειωθούν υφιστάμενες υψηλές απαιτήσεις στην επιφάνεια, πράγμα που συντελεί βεβαίως στη μείωση του ολικού κόστους.
Οι συναρμογές έχουν υψηλό κόστος γι' αυτό οι ανοχές δεν πρέπει να είναι μικρότερες από το απόλυτα απαραίτητο μέγεθος (βλέπε παράγ.2.3.6.).

- Για τη μείωση του κόστους πρέπει να υπάρχει κατασκευαστική πρόβλεψη ώστε η **συναρμολόγηση** των επί μέρους τεμαχίων και συγκροτημάτων να είναι απλή. Επίσης πρέπει να προβλέπεται καλή πρόσβαση για την εύκολη και γρήγορη αντικατάσταση φθαρμένων τεμαχίων.
- **Ο χειρισμός** των τεχνικών κατασκευασμάτων πρέπει να είναι απλός και εποπτικός και να λαμβάνει υπόψη τους κανόνες της εργονομίας. Τα στοιχεία χειρισμού να βρίσκονται στην κατάλληλη προσβάσιμη θέση και να χαρακτηρίζονται με αντίστοιχα λογικά σύμβολα. Να υπάρχουν διατάξεις για την παρεμπόδιση λανθασμένων χειρισμών και να δίνεται έμφαση στη βέλτιστη εργονομική διαμόρφωση των θέσεων εργασίας.
- **Η συντήρηση** πρέπει να πραγματοποιείται σε σύντομο χρονικό διάστημα και να μην συνεπάγεται κατά το δυνατόν την αναγκαστική διακοπή της λειτουργίας της εγκατάστασης. Αυτό σημαίνει ότι οι θέσεις ελέγχου θα έχουν εύκολη πρόσβαση και τα φθαρμένα τεμάχια θα μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα και γρήγορα. Σκόπιμος είναι ένας περιοδικός προληπτικός έλεγχος τα αποτελέσματα του οποίου θα προσδιορίσουν και το χρόνο διακοπής λειτουργίας της εγκατάστασης για συντήρηση.

Όλα τα ανωτέρω αποτελούν μερικούς από τους γενικούς κανόνες που πρέπει να λαμβάνει υπόψη ο μελετητής-κατασκευαστής κατά την εκτέλεση του έργου του επειδή επηρεάζουν ουσιαστικά το κόστος της κατασκευής.

1.3. Υπολογισμός, διαμόρφωση

Κατά την κατασκευή μηχανών ή τμημάτων των αυτών ο υπολογισμός και η διαμόρφωση πρέπει να συμβαδίζουν, να γίνονται παράλληλα. Διαστάσεις που προέκυψαν υπολογιστικά, πολλές φορές θα πρέπει να μεταβληθούν γιατί τελικά δεν μπορούν να ενταχθούν στο σύνολο της κατασκευής ή γιατί αρχικά είχαν γίνει υποθέσεις π.χ. μηκών και αποστάσεων που δεν μπόρεσαν να τηρηθούν.

Αντίθετα πολλές φορές θα πρέπει να αλλάξουν εκ των υστέρων ήδη διαμορφωμένα τμήματα γιατί το απαιτεί ο έλεγχος αντοχής που έγινε κατόπιν.

Γι' αυτό το λόγο δεν πρέπει κανείς μόνο να υπολογίζει ή μόνο να διαμορφώνει, αλλά να υπολογίζει και να διαμορφώνει παράλληλα.

Οι διαστάσεις ενός τεμαχίου καθορίζονται πριν από τη σχεδίαση με βάση τις καταπονήσεις και τις επιτρεπόμενες τάσεις. Η διάμετρος της ατράκτου μιας αντλίας π.χ. υπολογίζεται με βάση τη φορτή στρέψης που μεταφέρει και την επιτρεπόμενη τάση στρέψης του υλικού.

Οι διαστάσεις ενός τεμαχίου που καθορίστηκαν σχεδιαστικά ελέγχονται εκ των υστέρων. Οι τάσεις που εμφανίζονται πρέπει να συγκριθούν και να προκύψουν μικρότερες από τις επιτρεπόμενες. Στην αντίθετη περίπτωση επιφέρονται αλλαγές στις διαστάσεις ή στο χρησιμοποιούμενο υλικό.

1.4. Μεθοδολογία στην Κατασκευή

Η τάση που επικρατεί σήμερα είναι η επιδίωξη μιας κατά το δυνατό βέλτιστης λύσης ενός προβλήματος με τη βοήθεια συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Έτσι επιτυγχάνεται εν μέρει η απελευθέρωση της κατασκευαστικής διαδικασίας από την προσωπική εμπειρία και το χάρισμα της διαίσθησης του μηχανικού, η οποία όμως δίνει λύσεις που εξαρτώνται πολλές φορές από τον παράγοντα της τύχης.

Εάν για παράδειγμα μία υπό κατασκευή μηχανή αποτελείται από ένα διαφορετικά εξαρτήματα, καθένα από τα οποία μπορεί να κατασκευαστεί σε μια διαφορετικές παραλλαγές, προκύπτουν $k = \mu^v$ διαφορετικοί συνδυασμοί κατασκευαστικών λύσεων. Για μηχανή αποτελούμενη από $v = 6$ διαφορετικά εξαρτήματα με $\mu = 4$ δυνατές παραλλαγές το καθένα προκύπτουν $k = 4^6 = 4096$ διαφορετικές κατασκευαστικές λύσεις. Από τις λύσεις αυτές, μόνο μία μπορεί να είναι η βέλτιστη και είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί διαισθητικά ή τυχαία.

Στόχος λοιπόν της μεθοδολογίας στην κατασκευή είναι η επίλυση ενός δεδομένου προβλήματος που έχει ανατεθεί

- με το κατά το δυνατό μικρότερο κόστος,
- στον ελάχιστο δυνατό χρόνο
- με τη σχετική σιγουριά ότι έχει επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή κατασκευαστική λύση

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν σε συντομία οι βάσεις της κατασκευαστικής μεθοδολογίας σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες VDI 2221 (Μεθοδολογία για την ανάπτυξη και σχεδιασμό τεχνικών συστημάτων και προϊόντων), VDI 2222 (Σύλληψη της ιδέας για το σχεδιασμό τεχνικών προϊόντων) και VDI 2225 (Τεχνικούς οικονομικός σχεδιασμός).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν διάφορες συμπερασματικές μέθοδοι που εφαρμόζονται στην κατασκευαστική διαδικασία και ορίζουν συγκεκριμένα βήματα και κανόνες με σκοπό τη σταδιακή πρόοδο της της σχετικής εργασίας.

Μεταξύ αυτών εξέχουνσα θέση κατέχει η μεθοδολογία κατά Pahl/Beitz [9] με την οποία όμως συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό οι οδηγίες VDI.

1.4.1. Σχεδιασμός νέων προϊόντων

Η διαδικασία σχεδιασμού νέων προϊόντων μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα βασικά στάδια. Αυτά είναι το στάδιο της **διασάφησης**, της **σύλληψης της ιδέας**, της **σχεδιομελέτης** και της **επεξεργασίας**, όπως φαίνονται και στο σχήμα 1-1.

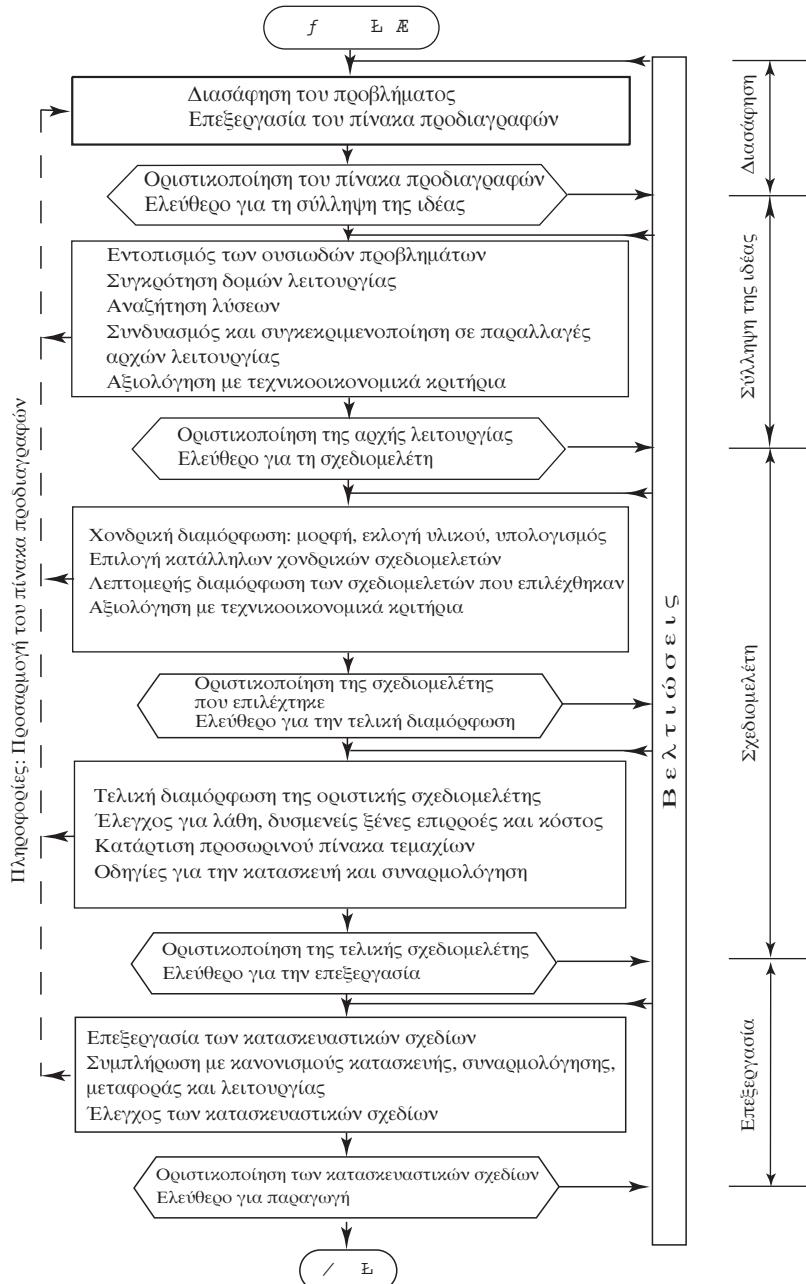
1.4.1.1. Διασάφηση

Κατά το στάδιο αυτό γίνεται η διασάφηση του προβλήματος και καθορίζεται πλήρως το προϊόν το οποίο θα αναπτυχθεί.

Είναι απαραίτητο πρώτιν από την ανάπτυξη ενός προϊόντος που θα βγει στην αγορά να προηγηθεί μια μελέτη σκοπιμότητας. Σύμφωνα με αυτή θα αποδεικνύεται ότι για τις υπάρχουσες συνθήκες της αγοράς, της επιχείρησης αλλά και του γενικότερου οικονομικού και πολιτικού κλίματος είναι συμφέρουσα η ανάπτυξη και παραγωγή είτε ενός συγκεκριμένου νέου προϊόντος, είτε η βελτίωση ενός προϊόντος το οποίο ήδη υπάρχει στην αγορά.

Το πρώτο βήμα στο στάδιο αυτό είναι η ανάλυση και διασάφηση του προβλήματος με το οποίο θα καταπιαστεί η ομάδα ανάπτυξης του προϊόντος και περιλαμβάνει την απάντηση όλων των ερωτημάτων που αφορούν στην κατασκευή του. Μέσα από τη συλλογή πληροφοριών για το συγκεκριμένο πρόβλημα και τη συζήτηση καθορίζονται οι προδιαγραφές που πρέπει να τεθούν καθώς και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες αυτές θα πληρούνται.

Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ο πίνακας προδιαγραφών, (σχήμα 1-2), ο οποίος είναι και το αποτέλεσμα του πρώτου αυτού σταδίου. Περιλαμβάνει όλες τις απαιτήσεις αλλά και τις επιθυμίες που πρέπει να πληροί η κατασκευή.

**Σχήμα 1-1.** Στάδια εργασίας στο Σχεδιασμό [9]

Οι απαιτήσεις (Α) είναι απαραίτητο να πληρούνται κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες δηλ. η εκπλήρωσή τους είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αποδοχή της προβλεπόμενης λύσης (π.χ. τιμές ισχύος που πρέπει να επιτευχθούν, ποιοτικές απαιτήσεις όπως προστασία από σταγόνες νερού σε ηλεκτροκινητήρες κλπ.)

Οι επιθυμίες (Ε) λαμβάνονται κατά το δυνατόν υπόψη, ενδεχομένως με την παραχώρηση ότι ένα περιορισμένο επί πλέον κόστος είναι επιτρεπτό (π.χ. κεντρικός χειρισμός, λιγότερη συντήρηση κλπ.).

Στον πίνακα προδιαγραφών μπορούν επίσης να περιληφθούν ιδιαίτερες οδηγίες και προθέσεις του κατασκευαστή για τη διεξαγωγή του έργου.

Από τον πίνακα προδιαγραφών που συμπληρώνεται συνέχεια, ώστε να είναι πάντοτε ενημερωμένος, ξεκινά όλη η περαιτέρω εργασία.

Χρήστης		<i>f INAKA " fΡΟΦΙΑ ; PA...ξN ØΞ: (, Β)</i>			Έκδοση Σελίδα
Μεταβολή	A _E	<i>f</i>	ØΞ	Ξ	Υπεύθυνος
Ημερομηνία μεταβολής Χρονική πορεία μετά Α ή Ε		Αντικείμενο ή ιδιότητα με ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα			
		A Ø°ΞιØ	°	Ξ Ξ

Σχήμα 1-2. Δομή ενός πίνακα προδιαγραφών. [9]

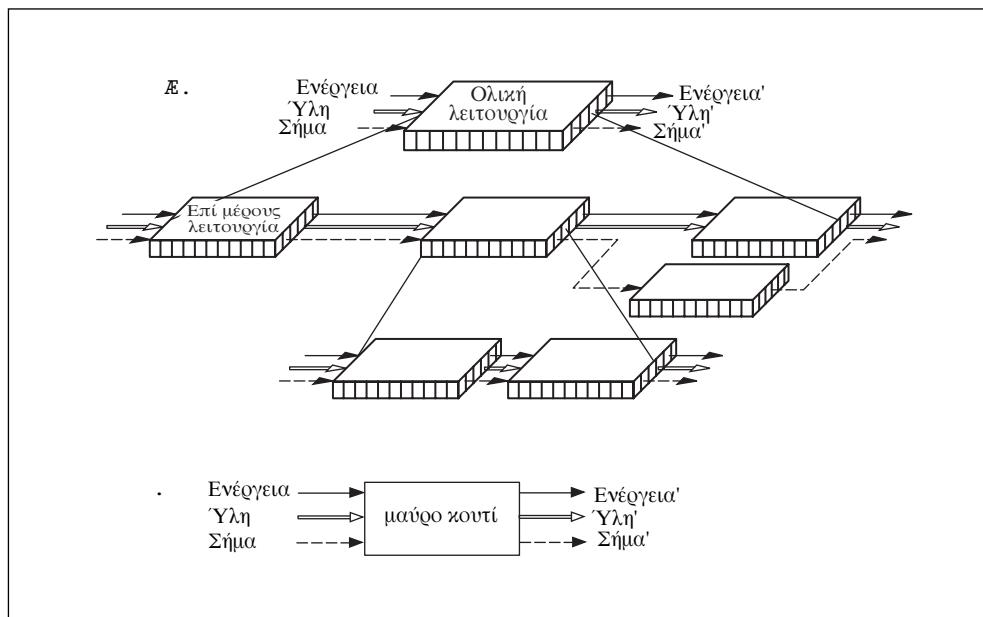
1.4.1.2. Σύλληψη της ιδέας

Μετά την ολοκλήρωση και συμφωνία του εντολέα με τον εντολοδόχο πάνω στον πίνακα προδιαγραφών ξεκινά το στάδιο της σύλληψης της ιδέας για τη λύση του προβλήματος. Αν και το υπό επίλυση πρόβλημα έχει περιγραφεί και οριοθετηθεί με σαφήνεια στο προηγούμενο στάδιο, υπάρχουν συχνά πολλές και πολύ διαφορετικές μεταξύ τους προσεγγίσεις λύσεων.

Για να καταφέρει ο κατασκευαστής να καταλήξει στη βέλτιστη λύση πρέπει

κατ' αρχήν να απελευθερωθεί από προκαταλήψεις. Θα πρέπει δηλαδή να αποφύγει κατά το δυνατό να κατευθυνθεί προς ήδη υπάρχουσες λύσεις που έχει, από εμπειρία, στη σκέψη του μέσω της διαδικασίας της **αφαιρέσης**. Στην αφαιρεση παραβλέπει κανείς το ειδικό και τυχαίο και προσπαθεί να προβάλλει το ουσιώδες και αυτό που ισχύει γενικά, πράγμα που οδηγεί στον πυρήνα του προβλήματος.

Στη συνέχεια πρέπει να αναλυθεί η ολική λειτουργία στις βασικές, λιγότερο πολύπλοκες, επί μέρους λειτουργίες και να συγκροτηθεί έτσι η **δομή λειτουργίας** του προβλήματος (σχήμα 1-3α). Κατά την ανάλυση αυτή θα πρέπει να τονιστεί μόνο ότι είναι σημαντικό και ουσιαστικό μέσω μιας γενικής περιγραφής του στόχου του κατασκευαστικού προβλήματος ώστε να μην αποκλεισθούν από την αρχή ορισμένες λύσεις. Για παράδειγμα η διατύπωση του προβλήματος δεν θα πρέπει να είναι “κατασκευή μιας μεταφορικής ταινίας για τη μεταφορά σιτηρών”, αλλά ευρύτερα “κατασκευή συστήματος μεταφοράς ενός προϊόντος χύδην”. Με τη διατύπωση αυτή δεν δεσμεύεται κανείς για την κατασκευή μιας μεταφορικής ταινίας, η οποία όμως και δεν αποκλείεται από το πεδίο λύσεων.



Σχήμα 1-3. α. Συγκρότηση μιας δομής λειτουργίας με ανάλυση της ολικής λειτουργίας σε επί μέρους λειτουργίες β. Μετατροπή ενέργειας, ύλης, σήματος. [9]

Η ολική λειτουργία αποτελεί το ολικό πρόβλημα, ενώ οι επί μέρους λειτουργίες αποτελούν τα προς επίλυση επί μέρους προβλήματα. Η σύνδεση των επί μέρους λειτουργιών σε ολική λειτουργία οδηγεί στη δομή λειτουργίας.

Τόσο στην ολική λειτουργία όσο και στις επί μέρους λειτουργίες το πρόβλημα (η λειτουργία) περιγράφεται με βάση τα μεγέθη εισόδου και εξόδου σε ένα μαύρο κουτί (black box σχήμα 1-3β). Η λύση, η οποία θα πρέπει να ανταποκρίνεται στα προκαθορισμένα μεγέθη εισόδου και εξόδου είναι ακόμα άγνωστη.

Μέσα στο μαύρο κουτί λαμβάνει χώρα μετατροπή ενέργειας, ύλης, σήματος ξεχωριστά ή συγχρόνως. Μία από αυτές τις μετατροπές (ροές), η βασικότερη κατά περίπτωση, χαρακτηρίζεται ως κύρια ροή, ενώ οι υπόλοιπες, αν υπάρχουν, είναι δευτερεύουσες ροές.

Για την **αναζήτηση λύσεων** στις επί μέρους λειτουργίες χρησιμοποιείται πλήθος μεθόδων, διαισθητικών όπως Brainstorming (καταιγισμός ιδεών), μέθοδος 635, μέθοδος Δελφοί κ.ά., καθώς και συμπερασματικών όπως η συστηματική εξέταση φυσικών φαινομένων, οι κατάλογοι λύσεων, οι μήτρες ταξινόμησης, οι μορφολογικοί πίνακες κ.ά.

Αν η ολική λειτουργία αναλυθεί σε F_n επί μέρους λειτουργίες και προκύψουν m_1 λύσεις για την επί μέρους λειτουργία F_1 , m_2 λύσεις για την επί μέρους λειτουργία F_2 κλπ., ένας πλήρης συνδυασμός θα δώσει $N = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \dots m_n$ θεωρητικά δυνατές παραλλαγές της ολικής λύσης. Για τη σύνδεση και συστηματικό συνδυασμό αυτών των επί μέρους λύσεων ενδείκνυται η μέθοδος του μορφολογικού πίνακα, όπου στην πρώτη στήλη αναγράφονται οι επί μέρους λειτουργίες F_1 , F_2 ... F_n της δομής λειτουργίας και στις αντίστοιχες σειρές οι επί μέρους λύσεις 1, 2 ... m για τις εκάστοτε λειτουργίες. Για κάθε επί μέρους λειτουργία εκλέγεται μία λύση και αυτές συνδέονται μεταξύ τους ώστε να αποτελέσουν μία ολική λύση (σχήμα 1-4).

Κατά τον συνδυασμό των λύσεων θα πρέπει από την αρχή να αποφεύγεται η σύνδεση ακατάλληλων και μη συμβιβαστών μεταξύ τους λύσεων, ώστε από το πλήθος των δυνατών να προκύψει ένας λογικός αριθμός συνδυασμών.

Αν ο αριθμός των παραλλαγών λύσεων είναι μεγάλος εφαρμόζεται μία μέθοδος επιλογής, βάσει ορισμένων κριτηρίων, ώστε να παραμείνει προς περαιτέρω αξιολόγηση ένας μικρός αριθμός λύσεων, εκ των πραγμάτων οι πλέον κατάλληλες.