

# ΜΕΡΟΣ Ι

## Κατασκευαστικές Λειτουργίες

### Κεφάλαιο 2

# Κατασκευαστικές Διαδικασίες

#### Περιεχόμενα κεφαλαίου

#### **2.1 Κατασκευαστικές Βιομηχανίες και Προϊόντα**

#### **2.2 Λειτουργίες Παραγωγής**

- 2.2.1 Εργασίες επεξεργασίας και συναρμολόγησης
- 2.2.2 Άλλες εργοστασιακές εργασίες

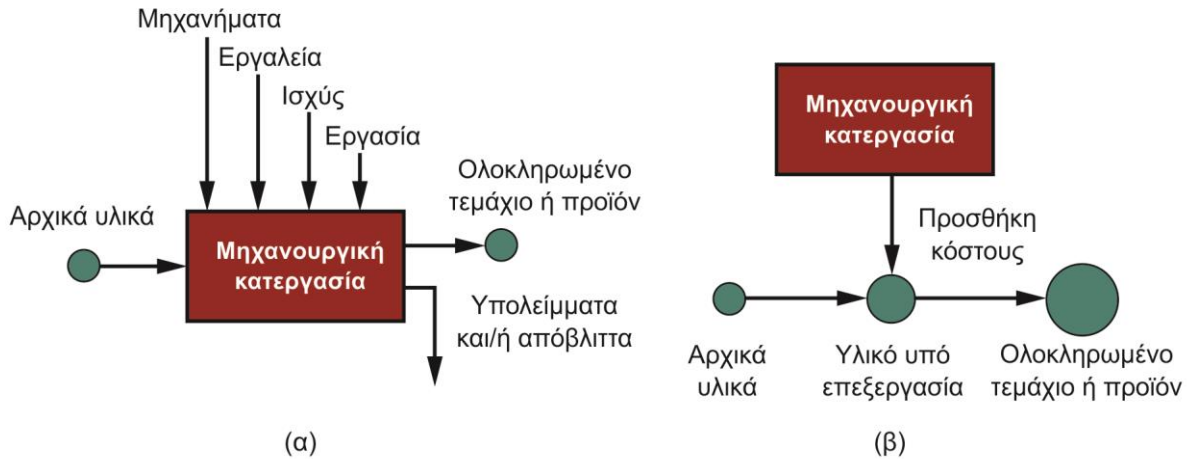
#### **2.3 Εγκαταστάσεις Παραγωγής**

- 2.3.1 Χαμηλός όγκος παραγωγής
- 2.3.2 Μεσαίος όγκος παραγωγής
- 2.3.3 Υψηλός όγκος παραγωγής

#### **2.4 Σχέσεις Προϊόντων - Παραγωγής**

- 2.4.1 Ποσότητα παραγωγής και ποικιλία προϊόντων
- 2.4.2 Προϊόν και πολυπλοκότητα τεμαχίων
- 2.4.3 Περιορισμοί και δυνατότητες μιας εργοστασιακής εγκατάστασης κατασκευών

Οι **κατασκευαστικές τεχνολογίες**<sup>1</sup> μπορούν να οριστούν ως η εφαρμογή φυσικών ή/και χημικών διεργασιών για την αλλαγή της γεωμετρίας, των ιδιοτήτων ή/και της εμφάνισης ενός αρχικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή επιμέρους τεμαχίων ή προϊόντων. Οι κατασκευαστικές τεχνολογίες περιλαμβάνουν επίσης τη σύνδεση επιμέρους εξαρτημάτων για την κατασκευή συναρμολογημένων προϊόντων. Οι κατασκευαστικές διαδικασίες που ολοκληρώνουν μια κατασκευή, όπως μια μηχανουργική κατεργασία, περιλαμβάνουν έναν συνδυασμό κατάλληλου εξοπλισμού, εργαλείων, ισχύος αλλά και χειρωνακτικής εργασίας, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1 (α). Μια κατασκευαστική εργασία σχεδόν πάντα πραγματοποιείται μέσα από την υλοποίηση μιας σειράς επιμέρους εργασιών<sup>2</sup> και κάθε επιμέρους εργασία από αυτές φέρνει το υλικό που υπόκειται σε κατεργασία πιο κοντά στην επιθυμητή τελική του μορφή.



**Σχήμα 2.1:** Εναλλακτικοί ορισμοί των κατασκευαστικών διαδικασιών: (α) ως μία τεχνολογική διαδικασία και (β) ως μια οικονομική διαδικασία.

Από οικονομική άποψη οι κατασκευαστικές διαδικασίες ασχολούνται με το μετασχηματισμό των υλικών σε αντικείμενα μεγαλύτερης αξίας μέσω μιας ή περισσότερων λειτουργιών επεξεργασίας ή/και συναρμολόγησης, όπως απεικονίζονται στο σχήμα 2.1 (β). Το σημαντικό σε αυτή την άποψη είναι ότι η κατεργασία ενός υλικού προσθέτει σε αυτό αξία, αλλάζοντας το σχήμα ή τις ιδιότητές του ή συνδυάζοντάς το με άλλα υλικά που έχουν επίσης υποστεί αλλαγές. Όταν το σιδηρομετάλλευμα μετατρέπεται σε χάλυβα, προστίθεται αξία. Όταν η άμμος μετατρέπεται σε γυαλί, προστίθεται αξία. Όταν το πετρέλαιο μετατρέπεται σε πλαστικό υλικό, προστίθεται αξία. Και όταν το πλαστικό διαμορφώνεται σε ένα αντικείμενο σύνθετης γεωμετρίας, πχ. καρέκλα, γίνεται ακόμη πιο πολύτιμο.

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει μια επισκόπηση των υλοποιούμενων κατασκευαστικών διαδικασιών, ξεκινώντας με τις βιομηχανίες που ασχολούνται στον κατασκευαστικό/μεταποιητικό τομέα και τους τύπους προϊόντων που παράγουν. Στη συνέχεια περιγράφονται εν συντομία οι διαδικασίες διαμόρφωσης και συναρμολόγησης που χρησιμοποιούνται στις κατασκευαστικές διαδικασίες, καθώς και οι δραστηριότητες που υποστηρίζουν αυτές τις εργασίες, όπως η διαχείριση υλικών και η επιθεώρηση. Στη συνέχεια εισάγονται διάφοροι παράμετροι σχετικές με τα προϊόντα, όπως η ποσότητα παραγωγής και η ποικιλία προϊόντων ενώ εξετάζεται και η επίδραση που έχουν αυτές οι παράμετροι στις υλοποιούμενες εργασίες στους χώρους παραγωγής.

Η ιστορία των κατασκευών περιλαμβάνει τόσο την ανάπτυξη των κατασκευαστικών τεχνολογιών, μερικές από τις οποίες χρονολογούνται από χιλιάδες χρόνια πριν, όσο και την εξέλιξη των παραγωγικών συστημάτων που απαιτούνται για την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών (βλέπε Ιστορική Σημείωση 2.1). Έμφαση σε αυτό το βιβλίο δίνεται στα συστήματα.

<sup>1</sup> Η εισαγωγή του κεφαλαίου και οι Ενότητες 2.1 και 2.2 βασίζονται στο [2], Κεφάλαιο 1.

<sup>2</sup> Η λειτουργία μιας επιμέρους εργασίας είναι ένα βήμα στην ακολουθία των σταδίων επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται για το μετασχηματισμό ενός αρχικού υλικού σε ένα τελικό επιμέρους εξάρτημα ή προϊόν.

## Ιστορική Σημείωση 2.1 Ιστορία των Κατασκευαστικών Τεχνολογιών

Η ιστορία των κατασκευαστικών τεχνολογιών περιλαμβάνει δύο σχετικά θέματα: (1) την ανακάλυψη και τη διαπίστωση για υλικά και διαδικασίες ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή αντικειμένων και (2) την ανάπτυξη των συστημάτων παραγωγής. Τα υλικά και οι διαδικασίες προϋπήρχαν των συστημάτων παραγωγής εδώ και αρκετές χιλιετίες. Συστήματα παραγωγής εφαρμόζονται στους τρόπους οργάνωσης ατόμων και εξοπλισμού έτσι ώστε η παραγωγή να μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον πλέον αποδοτικό τρόπο. Ορισμένες από τις βασικές διαδικασίες χρονολογούνται από τη Νεολιθική περίοδο (περίπου 8000–3000 π.Χ.), όταν αναπτύχθηκαν εργασίες όπως: ξυλουργική, μορφοποίηση και ψήσιμο πήλινων αγγείων, λείανση και στίλβωση λίθων, κλώση ινών και ύφανση και βαφή υφασμάτων. Η μεταλλουργία και οι κατεργασίες μετάλλων ξεκίνησαν επίσης κατά τη Νεολιθική περίοδο στη Μεσοποταμία και σε άλλες περιοχές γύρω από τη Μεσόγειο ενώ εξαπλώθηκαν ή αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα σε περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας. Ο χρυσός βρέθηκε από τους πρώτους ανθρώπους σε σχετικά καθαρή μορφή στη φύση, όπου ήταν δυνατή η διαμόρφωσή του με σφυρηλάτηση. Ο χαλκός ήταν ίσως το πρώτο μέταλλο το οποίο εξαγόταν από μεταλλεύματα, οπότε και απαιτήθηκε η χρήση τήξης ως τεχνική επεξεργασία. Ο χαλκός δεν μπορούσε εύκολα να σφυρηλατηθεί επειδή έτσι αυξανόταν η σκληρότητά του, οπότε αντί αυτής της διαδικασίας για τη διαμόρφωσή του χρησιμοποιήθηκε η χύτευση. Άλλα μέταλλα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν το ασήμι και ο κασσίτερος. Ανακαλύφθηκε ότι κράμα χαλκού με κασσίτερο έδινε ένα πιο εύκολο διαχειρίσιμο μέταλλο από τον καθαρό χαλκό (στο οποίο μπορούσαν να υλοποιηθούν και η χύτευση και η σφυρηλάτηση). Αυτό προανήγγειλε τη σημαντική περίοδο που έγινε γνωστή ως **Εποχή του Χαλκού** (περίπου στο 3500–1500 π.Χ.).

Για το σίδηρο επίσης χρησιμοποιήθηκε η τήξη για πρώτη φορά κατά την Εποχή του Χαλκού. Οι μετεωρίτες μπορεί να ήταν μια πηγή του μετάλλου, αλλά σιδηρομετάλλευμα βρίσκεται και από εξόρυξη. Οι απαιτούμενες θερμοκρασίες για τη μετατροπή του σιδηρομεταλλεύματος σε μέταλλο είναι σημαντικά υψηλότερες από ότι για τον χαλκό, γεγονός που δυσκόλευε τις απαιτούμενες εργασίες με κλίβανο. Οι πρώτοι σιδηρουργοί γνώριζαν πως όταν σίδηροι με μικρές ποσότητες άνθρακα θερμαίνονταν επαρκώς και στη συνέχεια η θερμοκρασία τους έπεφτε (ψύχονταν με χρήση νερού), αποκτούσαν μεγαλύτερη σκληρότητα. Αυτό επέτρεψε σε αυτά τα μεταλλικά υλικά να διαμορφώνονται αρχικά με λείανση δημιουργώντας πολύ κοφτερές άκρες (για π.χ. μαχαίρια και όπλα) ενώ παράλληλα τα συγκεκριμένα υλικά γίνονταν πιο εύθραυστα. Η σκληρότητά τους μπορούσε όμως να αυξηθεί με την επαναθέρμανση σε χαμηλότερη θερμοκρασία, μια διαδικασία γνωστή ως βαφή. Αυτό που περιγράφεται εδώ είναι η θερμική επεξεργασία χάλυβα. Οι αναβαθμισμένες ιδιότητες του χάλυβα του έδωσαν τη δυνατότητα να αντικαταστήσει τον μπρούτζο σε πολλές εφαρμογές (όπλα, γεωργία και μηχανολογικές κατασκευές). Η περίοδος της χρήσης του ονομάστηκε **Εποχή του Σιδήρου** (ξεκινώντας περίπου το 1000 π.Χ.). Δεν ήταν πολύ αργότερα, μέχρι το 19ο αιώνα, όπου η ζήτηση σε χάλυβα αυξήθηκε σημαντικά και αναπτύχθηκαν πιο σύγχρονες τεχνικές κατεργασίας του.

Η πρώιμη κατασκευή εργαλείων και όπλων πραγματοποιήθηκε περισσότερο μέσα από χειροτεχνική εργασία για εμπορική χρήση παρά ως κατεργασία με τη μορφή που είναι γνωστή σήμερα. Οι αρχαίοι Ρωμαίοι είχαν αυτά που θα μπορούσαν να ονομαστούν «εργοστάσια» εκείνης της εποχής, για την παραγωγή όπλων, κυλίνδρων, κεραμικών, γυάλινων σκευών και άλλων προϊόντων, όπου όμως οι διαδικασίες παραγωγής βασιζόνταν σε μεγάλο βαθμό στη χειροτεχνία. Σημαντικές αλλαγές άρχισαν να επηρεάζουν τα συστήματα κατασκευής μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση (γύρω στο 1760–1830). Αυτή η περίοδος σηματοδότησε την αρχή της αλλαγής από μια οικονομία που βασιζόταν στη γεωργία και τη χειροτεχνία σε μια οικονομία που πλέον βασιζόταν στη βιομηχανία και τις κατασκευαστικές τεχνολογίες. Η αλλαγή ξεκίνησε στην Αγγλία, όπου εφευρέθηκε μια σειρά σημαντικών μηχανών ενώ η παροχή ισχύος από τον ατμό άρχισε να αντικαθιστά το νερό, τον άνεμο και την παροχή ισχύος από ζώα. Αρχικά αυτές οι εξελίξεις έδωσαν στη Βρετανική βιομηχανία σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων Εθνών, αλλά τελικά αυτή η επανάσταση εξαπλώθηκε και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες καθώς και στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η Βιομηχανική Επανάσταση συνέβαλε στην ανάπτυξη των κατασκευαστικών τεχνολογιών με τους ακόλουθους τρόπους: (1) Την ατμομηχανή του Watt, μια νέα τεχνολογία παραγωγής ισχύος, (2) την ανάπτυξη των εργαλειομηχα-

ών ξεκινώντας από τη μηχανή βαθείας διάτρησης του John Wilkinson που αναπτύχθηκε γύρω στο 1775 και χρησιμοποιήθηκε για να τρυπήσει τον κύλινδρο της ατμομηχανής του κινητήρα Watt, (3) την εφεύρεση της κλωστικής μηχανής, του μηχανοποιημένου αργαλειού και άλλου μηχανολογικού εξοπλισμού για την κλωστοϋφαντουργία, που οδήγησαν σε σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας και (4) το εργοστασιακό σύστημα, ενός νέου τρόπου οργάνωσης μεγάλου αριθμού εργαζομένων στην παραγωγή με βάση τον καταμερισμό εργασίας.

Η μηχανή βαθείας διάτρησης του Wilkinson αναγνωρίζεται γενικά ως η αρχή της τεχνολογίας των εργαλειομηχανών. Η τροφοδότηση ισχύος γινόταν από νερόμυλο. Κατά την περίοδο 1775-1850 αναπτύχθηκαν και άλλες εργαλειομηχανές για τις περισσότερες από τις συμβατικές κατεργασίες όπως η βαθεία διάτρηση, η τόννευση, η διάτρηση, το φραιζάρισμα και η πλάνιση. Καθώς η παροχή ισχύος από τον ατμό έγινε πιο διαδεδομένη, σταδιακά έγινε η προτιμώμενη πηγή ενέργειας για τις περισσότερες από αυτές τις εργαλειομηχανές. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι πολλές από αυτές τις κατεργασίες χρονολογούνται πολλούς αιώνες πριν τη χρήση των εργαλειομηχανών. Για παράδειγμα η διάτρηση, το πριόνισμα και η τόννευση (σε ξύλο) χρονολογούνται από την αρχαιότητα.

Οι μέθοδοι συναρμολόγησης χρησιμοποιήθηκαν στους αρχαίους πολιτισμούς για την κατασκευή πλοίων, όπλων, εργαλείων, εξαρτημάτων για αγροτικές εργασίες, σε άμαξες, σε καρότσια μεταφοράς, σε έπιπλα και σε ενδύματα. Οι διαδικασίες περιλάμβαναν δέσιμο με σπάγκο και σχοινί, συνδέσεις με καρφιά αλλά και κολλήσεις. Περίπου στις αρχές της μετά Χριστού εποχής, αναπτύχθηκαν οι κατεργασίες της συγκόλλησης με θέρμανση και σφυρηλάτηση αλλά και της κόλλησης. Η ευρεία χρήση μικροεξαρτημάτων (κοχλίες με περικόχλια ή κοχλίες που βιδώνουν σε τυφλές οπές – συνηθισμένα μικροεργαλεία και στη σημερινή εποχή – απαιτούσε την ανάπτυξη εργαλειομηχανών. Ενδεικτικά αναφέρεται ο τόννος του Maudsley (1800), ο οποίος μπορούσε να διαμορφώσει με ακρίβεια ελικοειδή σπειρώματα. Μόνο μετά το 1900 άρχισαν να αναπτύσσονται διαδικασίες συγκόλλησης τήξης και να χρησιμοποιούνται ως τεχνικές σύνδεσης.

Ενώ η Αγγλία ηγήθηκε της Βιομηχανικής Επανάστασης, μια σημαντική αντίληψη που σχετίζεται με την τεχνολογία της συναρμολόγησης ξεκίνησε από τις Ηνωμένες Πολιτείες και αφορούσε την κατασκευή των ανταλλακτικών. Η ιδέα δημιουργίας της συγκεκριμένης τεχνολογίας οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στον Eli Whitney (1765-1825), αν και η σπουδαιότητά της είχε ήδη αναγνωριστεί και από άλλους [3]. Το 1797 ο Whitney διαπραγματεύτηκε ένα συμβόλαιο για να παράγει 10.000 μουσκέτα για την κυβέρνηση των ΗΠΑ. Ο παραδοσιακός τρόπος κατασκευής όπλων εκείνη την εποχή ήταν η κατασκευή κάθε επιμέρους τμήματος ειδικά για το κάθε συγκεκριμένο όπλο και στη συνέχεια τα εξαρτήματα αυτά να συναρμολογούνται χειρωνακτικά και να δίνουν το τελικό αποτέλεσμα. Επομένως το κάθε μουσκέτο ήταν μοναδικό και ο χρόνος για να κατασκευαστεί σημαντικός. Ο Whitney πίστευε ότι τα επιμέρους εξαρτήματα μπορούσαν να κατασκευαστούν με την απαιτούμενη ακρίβεια ώστε να επιτρέπεται η συναρμολόγησή τους στη συνέχεια, χωρίς το κάθε επιμέρους εξάρτημα να ταιριάζει σε ένα και μόνο όπλο. Μετά από αρκετά χρόνια εργασίας στο εργοστάσιό του στο Connecticut, ταξίδεψε στην Ουάσιγκτον το 1801 για να παρουσιάσει τη θεωρία του. Μπροστά σε κυβερνητικούς υπαλλήλους, συμπεριλαμβανομένου και του Thomas Jefferson, παρουσίασε τεμάχια 10 μουσκετών και προχώρησε στη συνέχεια στην τυχαία επιλογή επιμέρους εξαρτημάτων για τη συναρμολόγησή τους. Διαπιστώθηκε ότι δεν απαιτείτο πιθανό λιμάρισμα και συναρμογή αλλά όλα τα όπλα λειτουργούσαν κανονικά. Το μυστικό πίσω από το επίτευγμά του ήταν η συλλογή των ειδικών εργαλειομηχανών, των συσκευών συγκράτησης και άλλων ιδιοσυσκευών που είχε αναπτύξει στο εργοστάσιό του. Η κατασκευή ανταλλακτικών απαίτησε πολλά χρόνια ανάπτυξης και βελτίωσης πριν γίνει εφικτή στην πράξη, αλλά έφερε επανάσταση στις μεθόδους κατασκευής και αποτέλεσε απαραίτητη προϋπόθεση για τη μαζική παραγωγή συναρμολογημένων προϊόντων. Επειδή η προέλευσή της ήταν από τις Ηνωμένες Πολιτείες, η παραγωγή ανταλλακτικών έγινε γνωστή ως το Αμερικανικό Σύστημα κατασκευών.

Στα μέσα και τα τέλη του 1800 έρχεται η επέκταση των σιδηροδρόμων, των ατμόπλοιων και άλλων μηχανών που οδήγησαν σε αύξηση των αναγκών σε σίδηρο και χάλυβα. Νέες μέθοδοι παραγωγής χάλυβα αναπτύχθηκαν προκειμένου να καλυφθεί αυτή τη ζήτηση. Επίσης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αρκετά καταναλωτικά προϊόντα αναπτύχθηκαν, συμπεριλαμβανομένων της ραπτομηχανής, του ποδηλάτου και του αυτοκινήτου. Για την κάλυψη των αναγκών της μαζικής ζήτησης

αυτών των προϊόντων, απαιτούνταν πιο αποτελεσματικές μέθοδοι παραγωγής. Μερικοί ιστορικοί προσδιορίζουν τις εξελίξεις κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ως τη Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση που χαρακτηρίζεται από τις επιπτώσεις που έφερε στα συστήματα παραγωγής και συγκεκριμένα: (1) στη μαζική παραγωγή, (2) στις γραμμές συναρμολόγησης, (3) στην επιστημονική διαχείριση των επιμέρους εργασιών και (4) στην ηλεκτροδότηση των εργοστασίων.

Η μαζική παραγωγή ήταν κυρίως Αμερικανικό φαινόμενο και το κίνητρό της ήταν η μεγάλη αγορά που υπήρχε στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο πληθυσμός στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1900 ήταν 76 εκατομμύρια και αυξανόταν σταδιακά. Μέχρι το 1920 ξεπέρασε τα 106 εκατομμύρια. Ένας τόσο μεγάλος πληθυσμός, μεγαλύτερος από τον πληθυσμό κάθε δυτικής Ευρωπαϊκής χώρας, δημιούργησε μια ζήτηση για μεγάλο αριθμό προϊόντων. Η ανάγκη αυτή καλύφθηκε από τη **μαζική παραγωγή**. Σίγουρα μία από τις πιο σημαντικές τεχνολογίες για τη μαζική παραγωγή ήταν η γραμμή συναρμολόγησης που εισήγαγε ο Henry Ford (1863–1947) το 1913 στο εργοστάσιό του στο Highland Park (Ιστορική Σημείωση 15.1). Η γραμμή συναρμολόγησης κατέστησε δυνατή τη μαζική παραγωγή σύνθετων καταναλωτικών προϊόντων. Η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου επέτρεψε στη Ford να πουλήσει το 1916 το μοντέλο αυτοκινήτου Model T σε τιμή λιγότερη από 500\$, καθιστώντας έτσι εφικτό για μεγάλο τμήμα του αμερικανικού πληθυσμού να αποκτήσει αυτοκίνητο.

Το «κίνημα» της επιστημονικής διαχείρισης ξεκίνησε στα τέλη του 1800 στις Ηνωμένες Πολιτείες ως απάντηση στην ανάγκη σχεδιασμού και ελέγχου των δραστηριοτήτων ενός όλο και αυξανόμενου αριθμού εργαζομένων στην παραγωγική διαδικασία. Το συγκεκριμένο κίνημα καθοδηγήθηκε από τον Frederick W. Taylor (1856–1915), τον Frank Gilbreath (1868–1924) και τη σύζυγό του Lillian (1878-1972) και άλλους. Η επιστημονική διαχείριση περιελάμβανε (1) μελέτη κίνησης, που στόχευε στην εξεύρεση της καλύτερης μεθόδου για την εκτέλεση μιας δεδομένης εργασίας, (2) μελέτη χρόνου, για τη δημιουργία προτύπων για την κάθε εργασία, (3) εκτεταμένη χρήση προτύπων στη βιομηχανία, (4) σύστημα βαθμολόγησης και σχέδια κινήτρων για την παρεχόμενη εργασία και (5) χρήση των δεδομένων που συλλέγονταν, τήρηση αρχείων και κοστολόγησης στις εργοστασιακές εργασίες.

Το 1881, η ηλεκτροκίνηση ξεκίνησε με την κατασκευή του πρώτου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην πόλη της Νέας Υόρκης και σύντομα οι ηλεκτρικοί κινητήρες άρχισαν να χρησιμοποιούνται ως πηγή ισχύος για τη λειτουργία του εργοστασιακού εξοπλισμού. Αυτό ήταν ένα πολύ πιο βολικό σύστημα παροχής ισχύος από ότι με τους ατμοκινητήρες που απαιτούσαν εναέριους ιμάντες για τη διανομή μηχανικής ισχύος στις μηχανές. Μέχρι το 1920, η ηλεκτρική ενέργεια είχε ξεπεράσει τον ατμό ως κύρια πηγή ενέργειας στα εργοστάσια των ΗΠΑ. Ο ηλεκτρισμός επίσης υποκίνησε τη δημιουργία πολλών νέων εφευρέσεων που επηρέασαν την εξέλιξη των κατεργασιών και των συστημάτων παραγωγής. Ο εικοστός αιώνας υπήρξε μια εποχή περισσότερων τεχνολογικών εξελίξεων από ότι όλοι οι προηγούμενοι αιώνες μαζί. Πολλές από αυτές τις εξελίξεις είχαν ως αποτέλεσμα την αυτοματοποίηση των κατασκευαστικών τεχνολογιών. Ιστορικές σημειώσεις για ορισμένες από αυτές τις εξελίξεις στον αυτοματισμό περιλαμβάνονται σε αυτό το βιβλίο.

## 2.1 Κατασκευαστικές Βιομηχανίες και Προϊόντα

Οι κατασκευαστικές διαδικασίες προσφέρουν μια σημαντική εμπορική δραστηριότητα που υλοποιείται από εταιρείες που πωλούν προϊόντα σε πελάτες. Ο τύπος των κατασκευαστικών διαδικασιών που πραγματοποιείται από μια εταιρεία εξαρτάται από τα είδη των προϊόντων που παράγει.

**Κατασκευαστικές βιομηχανίες.** Η βιομηχανία αποτελείται από επιχειρήσεις και οργανισμούς που παράγουν ή/και προμηθεύουν αγαθά ή/και υπηρεσίες. Οι βιομηχανίες μπορούν να ταξινομηθούν ως πρωτογενείς, δευτερογενείς και τριτογενείς. Οι πρωτογενείς βιομηχανίες είναι εκείνες που καλλιεργούν και εκμεταλλεύονται φυσικούς πόρους, όπως η γεωργία και η εξόρυξη. Οι δευτερογενείς βιομηχανίες μετατρέπουν τα αποτελέσματα των πρωτογενών βιομηχανιών σε προϊόντα. Η μεταποίηση είναι η κύρια δραστηριότητα σε αυτήν την κατηγορία, αλλά στις δευτερογενείς βιομηχανίες περιλαμβάνονται επίσης ο κατασκευαστικός τομέας και οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας.

Οι τριτογενείς βιομηχανίες αποτελούν τον τομέα των υπηρεσιών. Μια λίστα με συγκεκριμένες βιομηχανίες σε αυτές οι κατηγορίες παρουσιάζονται στον [Πίνακα 2.1](#). Αυτό το βιβλίο αφορά τις δευτερογενείς βιομηχανίες (μεσαία στήλη στον Πίνακα 2.1) που περιλαμβάνει εταιρείες του μεταποιητικού/κατασκευαστικού τομέα. Είναι χρήσιμο σε αυτό το σημείο να υπάρξει μια διάκριση μεταξύ των βιομηχανιών που ασχολούνται με διεργασίες και των βιομηχανιών που ασχολούνται με την παραγωγή διακριτών τεμαχίων και προϊόντων. Οι βιομηχανίες διεργασιών περιλαμβάνουν χημικά προϊόντα, φαρμακευτικά, πετρέλαιο, βασικά μέταλλα, τρόφιμα, ποτά και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι βιομηχανίες παραγωγής διακριτών προϊόντων περιλαμβάνουν αυτοκίνητα, αεροσκάφη, διάφορες συσκευές, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, μηχανήματα καθώς και τα επιμέρους εξαρτήματα από τη συναρμολόγηση των οποίων προέρχονται τα συγκεκριμένα προϊόντα.

Πρωτογενής τομέας	Δευτερογενής τομέας	Τριτογενής τομέας (υπηρεσίες)
Γεωργία	Αεροδιαστημική	Τραπεζικός τομέας
Δασοκομία	Ένδυση	Επικοινωνίες
Αλιεία	Αυτοκινητοβιομηχανία	Εκπαίδευση
Κτηνοτροφία	Βασικά μέταλλα	Ψυχαγωγία
Λατομεία	Ποτά	Χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες
Ορυχεία	Οικοδομικά υλικά	Κυβέρνηση
Πετρέλαιο	Χημικά	Υγεία και ιατρικές υπηρεσίες
	Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	Ξενοδοχεία
	Κατασκευές	Πληροφορίες
	Καταναλωτικές συσκευές	Ασφάλιση
	Ηλεκτρονικά	Νομικές υπηρεσίες
	Εξοπλισμός	Ακίνητα
	Επεξεργασία μετάλλων	Επισκευή και συντήρηση
	Επεξεργασία τροφίμων	Εστιατόρια
	Γυαλί, κεραμικά	Λιανικό εμπόριο
	Βαριά μηχανήματα	Τουρισμός
	Χαρτί	Μεταφορές
	Διύλιση πετρελαίου	Χονδρικό εμπόριο
	Φαρμακευτικά προϊόντα	
	Διαμόρφωση πλαστικών	
	Ηλεκτρική ενέργεια	
	Εκδόσεις	
	Υφάσματα	
	Ελαστικό και καουτσούκ	
	Ξύλο και έπιπλα	

**Πίνακας 2.1:** Ενδεικτικές Μορφές Βιομηχανιών που ανήκουν στον Πρωτογενή, Δευτερογενή και Τριτογενή Τομέα, με Βάση κατά Προσέγγιση το Διεθνές Πρότυπο Βιομηχανικής Ταξινόμησης (International Standard Industrial Classification, ISIC) που Χρησιμοποιείται από τα Ηνωμένα Έθνη

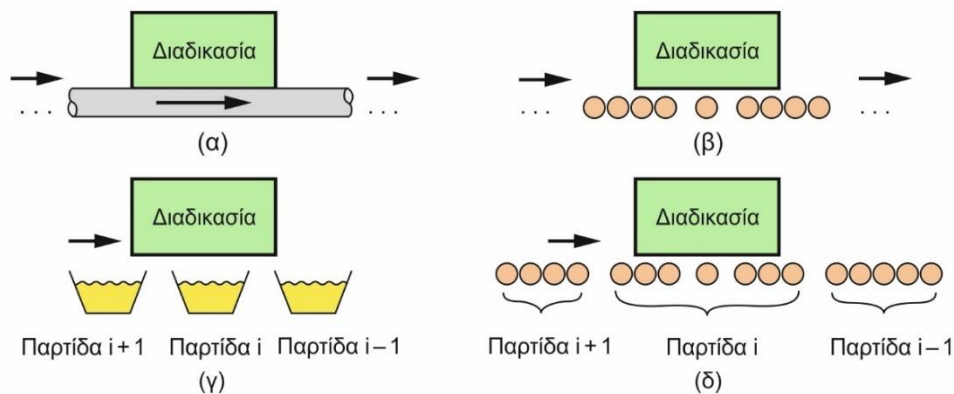
Το Διεθνές Πρότυπο Βιομηχανικής Ταξινόμησης (International Standard Industrial Classification, ISIC) των βιομηχανιών σύμφωνα με τους τύπους των προϊόντων που κατασκευάζονται παρατίθεται στον [Πίνακα 2.2](#).

Γενικά οι βιομηχανίες διεργασιών περιλαμβάνονται στους κωδικούς ISIC 31–37 και οι βιομηχανίες παραγωγής διακριτών προϊόντων περιλαμβάνονται στους κωδικούς ISIC 38 και 39. Ωστόσο πρέπει να αναγνωριστεί ότι πολλά από τα προϊόντα που κατασκευάζονται από τις βιομηχανίες διεργασιών πωλούνται τελικά στον καταναλωτή ως διακριτές μονάδες. Για παράδειγμα, τα ποτά πωλούνται σε φιάλες και δοχεία και τα φαρμακευτικά προϊόντα αγοράζονται συχνά ως χάπια και κάψουλες.

Βασικός κωδικός	Προϊόντα που κατασκευάζονται
31	Τρόφιμα, ποτά (αλκοολούχα και μη αλκοολούχα), καπνός
32	Υφάσματα, είδη ένδυσης, δερμάτινα είδη, προϊόντα γούνας
33	Ξύλο και προϊόντα ξύλου (π.χ. έπιπλα), προϊόντα φελλού
34	Χαρτί, προϊόντα χαρτιού, εκτύπωση, έκδοση, βιβλιοδεσία
35	Χημικές ουσίες, άνθρακας, πετρέλαιο, πλαστικό, καουτσούκ, προϊόντα από αυτά τα υλικά, φαρμακευτικά προϊόντα
36	Κεραμικά (συμπεριλαμβανομένου του γυαλιού), μη μεταλλικά ορυκτά προϊόντα (π.χ. τσιμέντο)
37	Βασικά μέταλλα (χάλυβας, αλουμίνιο, κ.λπ.)
38	Κατεργάσιμα μεταλλικά προϊόντα, μηχανήματα, εξοπλισμός (π.χ. αεροσκάφη, κάμερες, υπολογιστές και άλλος εξοπλισμός γραφείου, μηχανήματα, μηχανοκίνητα οχήματα, εργαλεία, τηλεοράσεις)
39	Άλλα προϊόντα που υπόκεινται σε κατεργασία (π.χ. κοσμήματα, μουσικά όργανα, αθλητικά είδη, παιχνίδια)

**Πίνακας 2.2** Κωδικοί Διεθνούς Τυποποιημένης Βιομηχανικής Ταξινόμησης Διαφόρων Τύπων Βιομηχανιών του Κατασκευαστικού Τομέα / Τομέα Κατεργασιών

Οι εργασίες παραγωγής στις βιομηχανίες διεργασιών και στις βιομηχανίες διακριτών προϊόντων μπορούν να διαχωριστούν σε **συνεχή παραγωγή** και **παραγωγή σε παρτίδες**. Οι διαφορές που έχουν φαίνονται στο σχήμα 2.2.



**Σχήμα 2.2:** Συνεχής παραγωγή και παραγωγή σε παρτίδες σε βιομηχανίες διεργασιών και βιομηχανίες διακριτών προϊόντων για τα εξής σενάρια: (α) συνεχή παραγωγή σε βιομηχανίες διεργασιών, (β) συνεχή παραγωγή σε βιομηχανίες κατασκευής διακριτών προϊόντων, (γ) παραγωγή σε παρτίδες σε βιομηχανίες διεργασιών και (δ) παραγωγή σε παρτίδες σε βιομηχανίες κατασκευής διακριτών προϊόντων.

**Συνεχής παραγωγή.** Συμβαίνει όταν ο εξοπλισμός παραγωγής χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ένα συγκεκριμένο προϊόν και η έξοδος του προϊόντος είναι μη διακοπτόμενη. Στις βιομηχανίες διεργασιών, συνεχή παραγωγή σημαίνει ότι η διαδικασία πραγματοποιείται με μια συνεχή ροή υλικού χωρίς διακοπές στη ροή εξόδου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2 (α). Το υλικό που υποβάλλεται σε επεξεργασία είναι πιθανό να έχει τη μορφή υγρού, αερίου, σκόνης ή παρόμοιας φυσικής κατάστασης. Στις βιομηχανίες κατασκευής διακριτών προϊόντων, συνεχή παραγωγή σημαίνει 100% απασχόληση του εξοπλισμού παραγωγής στο συγκεκριμένο τεμάχιο ή προϊόν, χωρίς διακοπές για αλλαγές προϊόντων. Οι μεμονωμένες μονάδες παραγωγής είναι αναγνωρίσιμες, όπως φαίνονται στο σχήμα 2.2 (β).

**Παραγωγή σε παρτίδες.** Παρουσιάζεται όταν τα υλικά υποβάλλονται σε επεξεργασία σε πεπερασμένους αριθμούς ή ποσότητες. Ο πεπερασμένος αριθμός ή η ποσότητα υλικού ονομάζεται **παρτίδα** τόσο στις βιομηχανίες διεργασιών όσο και στις βιομηχανίες διακριτών προϊόντων. Η παραγωγή παρτίδων είναι ασυνεχής επειδή υπάρχουν διακοπές στην παραγωγή μεταξύ των παρτίδων. Οι λόγοι για την παραγωγή προϊόντων σε παρτίδες μπορεί να είναι (1) διαφορές στις μονάδες εργασίας μεταξύ παρτίδων που απαιτούν αλλαγές στις μεθόδους, στα εργαλεία και τον εξοπλισμό για την αντιμετώπιση αυτών των διαφορών, (2) τα όρια ικανότητας του εξοπλισμού που ορίζουν την ποσότητα ή τις μονάδες του υλικού που μπορούν

να υποστούν ταυτόχρονη επεξεργασία και (3) ο ρυθμός παραγωγής του εξοπλισμού που είναι μεγαλύτερος από το ποσοστό ζήτησης για τα επιμέρους εξαρτήματα ή προϊόντα και συνεπώς είναι λογικό να μοιράζεται ο εξοπλισμός σε πολλά διαφορετικά επιμέρους τεμάχια ή προϊόντα.

Οι διαφορές στην παραγωγή παρτίδων μεταξύ των βιομηχανιών διεργασιών και διακριτών προϊόντων απεικονίζονται στα σχήματα 2.2 (γ) και (δ). Η παραγωγή παρτίδων στις βιομηχανίες διεργασιών γενικά σημαίνει ότι τα αρχικά υλικά είναι σε υγρή ή σε μια στερεή μορφή κάποιου όγκου και υποβάλλονται σε επεξεργασία συνολικά ως μια μονάδα. Αντίθετα, στις βιομηχανίες κατασκευής διακριτών προϊόντων, μια παρτίδα είναι μια συγκεκριμένη ποσότητα μονάδων εργασίας και οι μονάδες εργασίας υποβάλλονται σε επεξεργασία, είτε σειριακά (μία κάθε φορά), είτε ταυτόχρονα (όλες μαζί στην ίδια χρονική διάρκεια). Ο αριθμός των μονάδων σε μια παρτίδα μπορεί να κυμαίνεται από λίγες όπως μία, έως και χιλιάδες μονάδες.

**Κατασκευή προϊόντων.** Όπως αναφέρεται στον Πίνακα 2.2, οι δευτερογενείς βιομηχανίες περιλαμβάνουν τρόφιμα, ποτά, υφάσματα, ξύλο, χαρτί, εκδόσεις, χημικά και βασικά μέταλλα (κωδικό ISIC 31-37). Σκοπός αυτού του βιβλίου είναι η αναφορά κυρίως στις βιομηχανίες που παράγουν διακριτά προϊόντα. Στον Πίνακα 2.3 παρατίθενται κατασκευαστικές βιομηχανίες και αντίστοιχα προϊόντα τους για τα οποία είναι κατάλληλα τα συστήματα παραγωγής που αναφέρονται σε αυτό το βιβλίο.

Τα τελικά προϊόντα που κατασκευάζονται από τις βιομηχανίες που αναφέρονται στον Πίνακα 2.3 μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες ομάδες: **καταναλωτικά αγαθά** και **κεφαλαιουχικά αγαθά**. Τα καταναλωτικά αγαθά είναι προϊόντα που αγοράζονται απευθείας από καταναλωτές, όπως αυτοκίνητα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τηλεοράσεις, ελαστικά, παιχνίδια, ρακέτες τένις, κ.ά.. Τα κεφαλαιουχικά αγαθά είναι προϊόντα που αγοράζονται από άλλες εταιρείες για να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αγαθών και την παροχή υπηρεσιών. Παραδείγματα κεφαλαιουχικών αγαθών είναι: εμπορικά αεροσκάφη, υπολογιστές ελέγχου διεργασιών, εργαλειομηχανές, εξοπλισμός σιδηροδρόμων, μηχανήματα κατασκευών, κ.ά..

Εκτός από τα τελικά προϊόντα τα οποία συνήθως συναρμολογούνται, υπάρχουν εταιρείες στη βιομηχανία των οποίων η δραστηριότητα είναι κυρίως η παραγωγή υλικών, εξαρτημάτων και προμηθειών για τις εταιρείες που κατασκευάζουν τα τελικά προϊόντα. Παραδείγματα αυτών των αντικειμένων είναι: χαλύβδινες λαμαρίνες, ράβδοι αλουμινίου, κατεργασμένα τεμάχια, καλούπια πλαστικών, κοπτικά εργαλεία, μήτρες, καλούπια και λιπαντικά.

Βιομηχανία	Τυπικά προϊόντα
Αεροδιαστημική	Εμπορικά και στρατιωτικά αεροσκάφη, διαστημόπλοια, πύραυλοι
Αυτοκινητοβιομηχανία	Αυτοκίνητα, φορτηγά, λεωφορεία, μοτοσυκλέτες
Υπολογιστές	Ηλεκτρονικοί υπολογιστές (επιτραπέζιοι υπολογιστές, φορητοί υπολογιστές, notebooks, υπέρ-υπολογιστές, κ.ά.)
Καταναλωτικές συσκευές	Μεγάλες και μικρές οικιακές συσκευές
Ηλεκτρονικά	Smartphones, τηλεοράσεις, συσκευές αναπαραγωγής DVD, εξοπλισμός ήχου, κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών
Εξοπλισμός	Βιομηχανικός εξοπλισμός, εξοπλισμός σιδηροδρόμων
Κατεργασμένα υλικά (μέταλλα)	Κατεργασμένα τεμάχια, εργαλεία
Γυαλί, κεραμικά	Γυάλινα προϊόντα, κεραμικά εργαλεία, κεραμικά
Βαριά μηχανήματα	Εργαλειομηχανές, εξοπλισμός κατασκευών
Μορφοποίηση πλαστικών	Καλούπια πλαστικών, εξώθηση
Ελαστικά και καουτσούκ	Ελαστικά, σόλες παπουτσιών, μπάλες τένις

**Πίνακας 2.3:** Κατασκευαστικές Βιομηχανίες των οποίων τα Προϊόντα είναι πιθανό να παραχθούν από Συστήματα Παραγωγής που περιγράφονται σε αυτό το Βιβλίο

Έτσι, οι κατασκευαστικές βιομηχανίες αποτελούνται από μια πολύπλοκη υποδομή με διάφορες κατηγορίες και επίπεδα ενδιάμεσων προμηθευτών με τους οποίους δεν ασχολείται ποτέ ο τελικός καταναλωτής.

## 2.2 Λειτουργίες Παραγωγής

Υπάρχουν ορισμένες βασικές δραστηριότητες που πρέπει να εκτελούνται σε ένα εργοστάσιο για τη μετατροπή πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα. Για μια εργοστασιακή εγκατάσταση που ασχολείται με την παραγωγή διακριτών προϊόντων, οι δραστηριότητες του εργοστασίου είναι: (1) εργασίες επεξεργασίας και συναρμολόγησης, (2) διαχείριση υλικών, (3) επιθεώρηση και δοκιμή και (4) συντονισμός και έλεγχος.

Οι πρώτες τρεις δραστηριότητες είναι οι φυσικές δραστηριότητες που «αγγίζουν» το προϊόν καθώς αυτό κατασκευάζεται. Οι εργασίες επεξεργασίας και συναρμολόγησης αλλάζουν τη γεωμετρία, τις ιδιότητες ή/και την εμφάνιση της μονάδας εργασίας και προσθέτουν αξία στο προϊόν. Το προϊόν πρέπει να μετακινηθεί από τη μία λειτουργία στην άλλη μέσα στην ακολουθία ενεργειών της κατασκευαστικής διαδικασίας και πρέπει να ελέγχεται ή/και να γίνονται πάνω σε αυτό δοκιμές προκειμένου να διασφαλιστεί η υψηλή του ποιότητα. Μερικοί υποστηρίζουν ότι η διαχείριση υλικών και οι δραστηριότητες επιθεώρησης δεν προσθέτουν αξία στο προϊόν. Ωστόσο, η διαχείριση υλικών και η επιθεώρηση ενδέχεται να απαιτούνται για την ολοκλήρωση των απαραίτητων εργασιών επεξεργασίας και συναρμολόγησης, για παράδειγμα στη φόρτωση εξαρτημάτων σε μια μηχανή παραγωγής να διασφαλίζεται ότι η εργασία που θα ξεκινήσει να υλοποιείται έχει αποδεκτό επίπεδο ποιότητας πριν ξεκινήσει η υλοποίησή της.

### 2.2.1 Εργασίες επεξεργασίας και συναρμολόγησης

Οι κατασκευαστικές διαδικασίες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: (1) εργασίες επεξεργασίας και (2) εργασίες συναρμολόγησης. Μια εργασία επεξεργασίας μετατρέπει το υλικό που υπόκειται σε κατεργασία από την τρέχουσα κατάσταση στην οποία βρίσκεται σε μια πιο προηγμένη μορφή που είναι πιο κοντά στο τελικό επιθυμητό τεμάχιο ή προϊόν. Αξία προστίθεται μέσα από την αλλαγή της γεωμετρίας, των ιδιοτήτων ή της εμφάνισης του αρχικού υλικού. Γενικά, οι εργασίες επεξεργασίας εκτελούνται σε διακριτά τεμάχια εργασίας, αλλά ορισμένες εργασίες επεξεργασίας εφαρμόζονται επίσης και σε συναρμολογημένα αντικείμενα, για παράδειγμα σε φύλλα λαμαρίνας που έχουν υποστεί βαφή ή συγκόλληση και αποτελούν το αμάξωμα ενός αυτοκινήτου. Μια εργασία συναρμολόγησης ενώνει δύο ή περισσότερα εξαρτήματα και δημιουργεί μια νέα οντότητα, που ονομάζεται συναρμολόγηση ή συναρμολόγημα ή υποσυναρμολόγηση ή με κάποιο άλλο όρο που αναφέρεται στη συγκεκριμένη διαδικασία σύνδεσης. Το [σχήμα 2.3](#) παρουσιάζει μια ταξινόμηση των κατεργασιών καθώς και πως αυτές διαιρούνται σε διάφορες κατηγορίες.

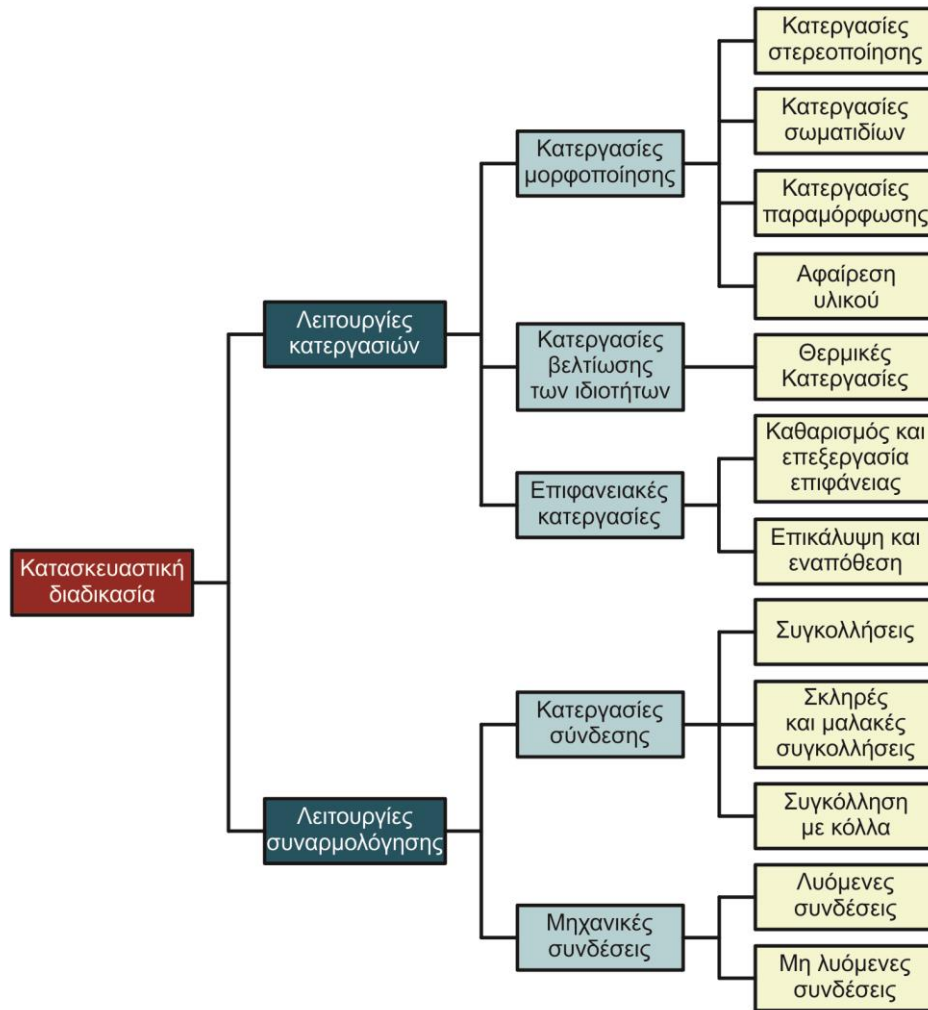
**Εργασίες επεξεργασίας.** Μια εργασία επεξεργασίας χρησιμοποιεί ενέργεια για να αλλάξει το σχήμα ενός κατεργαζόμενου τεμαχίου, τις φυσικές ιδιότητές του ή την εμφάνισή του και να προσθέσει αξία στο υλικό. Η απαιτούμενη ενέργεια εφαρμόζεται με ελεγχόμενο τρόπο μέσω των χρησιμοποιούμενων μηχανημάτων και εργαλείων ενώ μπορεί να απαιτείται επίσης και ανθρώπινη ενέργεια. Σε γενικές γραμμές όμως ισχύει ότι οι εργαζόμενοι ασχολούνται στον έλεγχο των μηχανών, την επίβλεψη των λειτουργιών τους και στη φόρτωση και εκφόρτωση τεμαχίων πριν και μετά από κάθε κύκλο λειτουργίας. Ένα γενικό μοντέλο μιας διαδικασίας επεξεργασίας απεικονίζεται στο σχήμα 2.1 (α). Το υλικό εισέρχεται στη διαδικασία της επεξεργασίας και μέσω των μηχανημάτων και εργαλείων μετασχηματίζεται και στο τέλος της διαδικασίας εξάγεται το ολοκληρωμένο κατεργαζόμενο τεμάχιο. Όπως φαίνεται στο μοντέλο, οι περισσότερες εργασίες στη διαδικασία παραγωγής παράγουν απόβλητα ή άχρηστα υλικά, είτε ως ένα φυσικό υποπροϊόν της διαδικασίας (π.χ., αφαίρεση υλικού όπως στις μηχανουργικές κατεργασίες) ή με τη μορφή περιστασιακών ελαττωματικών τεμαχίων. Ένας επιθυμητός στόχος στις κατεργασίες είναι η μείωση των αποβλήτων και από τις δύο αυτές μορφές.

Συνήθως απαιτούνται περισσότερες από μία εργασίες επεξεργασίας για τη μετατροπή του αρχικού υλικού στην τελική του μορφή. Οι λειτουργίες εκτελούνται με μια συγκεκριμένη ακολουθία έως ότου επιτευχθεί η γεωμετρία ή/και η κατάσταση που ορίζεται από τις προδιαγραφές σχεδιασμού.

Διακρίνονται τρεις γενικές κατηγορίες εργασιών επεξεργασίας: (1) εργασίες διαμόρφωσης, (2) εργασίες βελτίωσης ιδιοτήτων και (3) εργασίες επεξεργασίας επιφανειών.

Οι **εργασίες διαμόρφωσης επιμέρους τεμαχίων** εφαρμόζουν πίεση και θερμότητα ή άλλες μορφές ή συνδυασμούς ενέργειας για την αλλαγή της γεωμετρίας του κατεργαζόμενου υλικού. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να ταξινομηθούν αυτές οι διαδικασίες. Η ταξινόμηση που χρησιμοποιείται εδώ βασίζεται στην κατάσταση του αρχικού υλικού. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες:

1. **Διαδικασίες στερεοποίησης.** Οι σημαντικές διαδικασίες σε αυτήν την κατηγορία είναι η χύτευση (για μέταλλα) και η χύτευση (για πλαστικά και γυαλί), όπου το αρχικό υλικό είναι ένα θερμαινόμενο υγρό ή ημι-ρευστό και μπορεί με έκχυση ή άλλο τρόπο να διοχετευτεί σε μια κοιλότητα καλουπιού όπου ψύχεται και στερεοποιείται, λαμβάνοντας μια στερεά μορφή που είναι η ίδια με τη μορφή της κοιλότητας.



**Σχήμα 2.3:** Ταξινόμηση των κατασκευαστικών διαδικασιών

2. **Επεξεργασία κόννεων.** Το αρχικό υλικό είναι μια σκόνη. Η κλασική τεχνική περιλαμβάνει την υψηλή πίεση αυτού του υλικού σε μια κοιλότητα μήτρας οπότε η σκόνη παίρνει το σχήμα της κοιλότητας. Ωστόσο, η συμπαγής μορφή του τεμαχίου εργασίας δεν διαθέτει την απαιτούμενη αντοχή για οποιαδήποτε χρήσιμη εφαρμογή. Για την αύξηση της αντοχής το τεμάχιο υπόκειται σε πυροσυσσωμάτωση - θερμαίνεται σε θερμοκρασία κάτω από το σημείο τήξης, που προκαλεί τη σύνδεση των επιμέρους σωματιδίων. Με τέτοιες διαδικασίες μπορούν να διαμορφωθούν μέταλλα (μεταλλουργία σκόνης) και κεραμικά (π.χ. προϊόντα αργίλου).
3. **Διαδικασίες παραμόρφωσης.** Στις περισσότερες περιπτώσεις το αρχικό υλικό είναι ένα όγκιμο μέταλλο που διαμορφώνεται με την εφαρμογή τάσεων που υπερβαίνουν την αντοχή του μετάλλου. Για να είναι πιο εύπλαστο το μέταλλο συχνά θερμαίνεται πριν τη διαμόρφωση. Οι διαδικασίες παραμόρφωσης περιλαμβάνουν σφυρηλάτηση, έλαση, διέλαση κ.λπ.. Επίσης περιλαμβάνονται σε αυτήν την κατηγορία μέθοδοι επεξεργασίας μεταλλικών ελασμάτων όπως απότμηση, βαθεία κοίλανση και κάμψη.
4. **Διαδικασίες αφαίρεσης υλικού.** Το αρχικό υλικό είναι στερεό (συνήθως ένα μέταλλο, όγκιμο ή ψαθυρό) από το οποίο αφαιρείται υλικό έτσι ώστε το τεμάχιο που προκύπτει να έχει την επιθυμητή γεωμετρία. Πιο σημαντικές διαδικασίες σε αυτήν την κατηγορία είναι οι μηχανουργικές κατεργασίες όπως τόννευση, διάτρηση και φραιζάρισμα, που πραγματοποιούνται με τη χρήση κοπτικών εργαλείων που είναι πιο σκληρά και μεγαλύτερης αντοχής από το μέταλλο που υπόκειται σε κατεργασία. Η λείανση είναι μια άλλη κλασική διαδικασία σε αυτήν την κατηγορία κατεργασιών, στην οποία χρησιμοποιείται ένας λειαντικός τροχός για την αφαίρεση του υλικού.