

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ Η ΔΟΜΗ ΤΟΥΣ

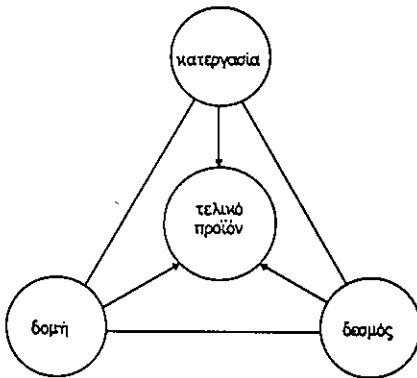
1.1 Η επιστήμη των υλικών

Η σημασία των υλικών στη ζωή μας γίνεται φανερή και μόνο από το γεγονός ότι οι περίοδοι στον ανθρώπινο πολιτισμό ονομάζονται "λίθινη εποχή", "εποχή του ορείχαλκου" και "εποχή του σιδήρου", δηλαδή με βάση υλικά. Όμως επί αιώνες η επιλογή του μετάλλου, της πέτρας ή του ξύλου, βασικών κατασκευαστικών υλικών μέχρι και τις αρχές αυτού του αιώνα, αφήνονταν στην εμπειρία ή τη διαίσθηση του τεχνίτη της κατασκευής.

Η πρώτη αναφορά για μέτρηση αντοχής υλικού πριν χρησιμοποιηθεί αποδίδεται στο Γαλιλαίο. Το 17ο αιώνα ο *Robert Hooke* έκανε μετρήσεις που κατέληξαν στον ομώνυμο νόμο της ελαστικότητας. Επίσης έκανε παρατηρήσεις με ένα σύστημα φακών, πρόδρομο του οπτικού μικροσκοπίου, χωρίς όμως να σκεφτεί να συνδέσει τα δύο αυτά μεταξύ τους.

Στο δεύτερο μισό του περασμένου αιώνα, την εποχή που ο χάλυβας είχε αρχίσει να "σημαδεύει" την παγκόσμια ανάπτυξη, ο Άγγλος γεωλόγος *Henry Clifton Sorby*, που ονομάζεται και "πατέρας" της Μεταλλογνωσίας, παρατήρησε ότι ήταν δυνατό να δει με οπτικό μικροσκόπιο την κρυσταλλική εμφάνιση του χάλυβα ύστερα από κατάλληλη χημική χάραξη (διάβρωση) της επιφάνειάς του. Έτσι μπόρεσε να συνδέσει εμπειρικά τη μικροδομή με τις μηχανικές ιδιότητες. Σημείωσε λοιπόν ότι οι ισχυροί χάλυβες περιείχαν ένα καρβίδιο του σιδήρου, που το ονόμασε σεμεντίτη, ενώ οι ασθενείς περιείχαν σε μεγάλο ποσοστό κρυστάλλους σχεδόν καθαρού σιδήρου, το φερρίτη. Πολύ γρήγορα ακολούθησε η παρατήρηση ότι περαιτέρω μεταβολή στη χημική σύσταση ή στη θερμική κατεργασία άλλαζε και τις ιδιότητες.

Αυτές οι παρατηρήσεις ήταν η αρχή αυτού που σήμερα ονομάζουμε "επιστήμη των υλικών" (*materials science*), η οποία έχει άμεση σχέση με



Σχήμα 1.1 Οι τρεις βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τις ιδιότητες ενός προϊόντος και αποτελούν το αντικείμενο της επιστήμης των υλικών.

την τεχνολογία, μια και ο σκοπός της είναι η κατανόηση και πρόβλεψη της συμπεριφοράς ενός υλικού με τη βοήθεια τριών βασικών παραμέτρων, σχήμα 1.1 : των δυνάμεων που συγκρατούν μεταξύ τους τα διάφορα άτομα, δηλαδή του δεσμού, της γεωμετρικής διάταξης των ατόμων στο χώρο, δηλαδή της δομής, και της κατεργασίας στην οποία υποβάλλεται κατά τη διάρκεια της παραγωγής, ιδιαίτερα της πλαστικής παραμόρφωσης και της θερμικής κατεργασίας. Εξηγεί λοιπόν γιατί τα μέταλλα είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και τα αμέταλλα δεν είναι, γιατί το γυαλί είναι διαφανές ενώ το αλουμίνιο δεν είναι ή ακόμη γιατί ο χάλυβας γίνεται πιο ανθεκτικός σε φορτία όταν υποβληθεί προηγουμένως σε μια θερμική κατεργασία ενώ αυτό δε γίνεται με το χαλκό.

Στα 1920 οι ακτίνες X άρχισαν να χρησιμοποιούνται για να ξεχωρίσουμε πιο λεπτά καταμερισμένες φάσεις, και μια πρώτη επιτυχία ήταν η εξήγηση της συμπεριφοράς του ντουραλουμινίου, ενός υλικού που πρωτοχρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή αεροπλάνων στον 1ο Παγκόσμιο Πόλεμο.

Στη δεκαετία του 30 η κβαντομηχανή είχε τη δική της συμβολή, βοηθώντας στην εξήγηση μερικών ηλεκτρικών και οπτικών ιδιοτήτων, όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η οπτική διαπερατότητα. Αυτή η μεθοδολογία κατέληξε, το 1947, στην κατασκευή του *transistor* που αποτέλεσε μια πραγματική επανάσταση στην τεχνολογία.

Όμως για πολλά χρόνια ακόμα οι επιστήμονες, και ιδιαίτερα οι μηχανικοί, διδάσκονταν καθόλου ή πολύ λίγα για τα υλικά που χρησιμοποιούσαν -και αυτό είχε επιπτώσεις που ήταν μεγαλύτερες σε

πολυπλοκότερες κατασκευές. Οχι μόνο είχαμε τεράστιες υλικές ζημιές αλλά και εκατοντάδες ζωές χάθηκαν από χρήση ακατάλληλων υλικών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα καταστροφών από το πρόσφατο παρελθόν είναι:

— Της γέφυρας Tacoma, στην πολιτεία της Washington USA, της γέφυρας της King Street, στη Μελβούρνη της Αυστραλίας, των δυο γεφυρών πάνω από τον άγιο Λαυρέντιο, στο Quebec του Καναδά, και μιας σειράς μικρών γεφυριών στα κανάλια του Βελγίου.

— Τα ναυάγια των πλοίων Liberty στο 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, εξαιτίας κυρίως ελλιπούς μελέτης της συμπεριφοράς των συγκολλήσεων, παρόλο που το φορτίο τους ήταν πολύ μικρότερο από αυτό που προβλεπόταν ως όριο ασφάλειας.

— Τα εν πτήσει ατυχήματα (1954) του επιβατικού αεροσκάφους Comet I της εταιρείας de Havilland, εξαιτίας της κυκλικής κόπωσης στα τετραγωνικής μορφής παράθυρα του θαλάμου διακυβέρνησης. Από τα ρήγματα που δημιουργούνταν χανόταν η υπερπίεση στο εσωτερικό και φυσικά το αεροπλάνο έπεφτε.

Τελικά μεταξύ 1960 και 1965, στην αρχή στις ΗΠΑ και στη συνέχεια στην Αγγλία, ο τίτλος "επιστήμη υλικών" έκανε την επίσημη εμφάνισή του στα πανεπιστημιακά προγράμματα.

Η εποχή που ζούμε σήμερα και τα χρόνια που έρχονται είναι, κατά γενική ομολογία, η εποχή των υλικών. Αξίζει εδώ να σημειώσουμε ότι στα τελευταία 20 βραβεία Nobel τα μισά σχεδόν είχαν σχέση με υλικά. Ολοι ψάχνουνε για κράματα ή πλαστικά που θα ελαττώσουν το βάρος και το κόστος των μεταφορικών μέσων (υπολογίζεται π.χ. ότι μείωση βάρους κατά ένα κιλό εξοικονομεί τουλάχιστον 10,000 δολάρια από κάθε διαστημόπλοιο) χωρίς μείωση της αντοχής, κεραμικά ανθεκτικά σε ψηλές θερμοκρασίες που θα αυξήσουν την απόδοση (κύκλος *Carnot*) και το χρόνο ζωής των μηχανών, ηλεκτρονικά υλικά για γρηγορότερους και μεγαλύτερης χωρητικότητας ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Και ας μην ξεχνούμε τις οπτικές ίνες και τους laser ημιαγωγούς που αντικαθιστούν συνεχώς στις επικοινωνίες τα χάλκινα σύρματα και τα μικροκύματα. Η μεγάλη ταχύτητα και ποσότητα πληροφορίας με τα μέσα αυτά μειώνει δραματικά το κόστος. Και βέβαια στο θέμα της

σύντηξης των πυρήνων, που θα συμβάλει στη λύση του ενεργειακού προβλήματος καθώς και περιβαντολογικών και άλλων σχετικών θεμάτων του πλανήτη μας, θα χρειαστούν για την κατασκευή του πυρηνικού αντιδραστήρα σύντηξης υλικά ανθεκτικά σε εξαιρετικά ψηλές θερμοκρασίες και ισχυρές ακτινοβολίες.

Ποιοι είναι όμως οι λόγοι που συνέβαλαν στην τρομερή αυτή ανάπτυξη της επιστήμης των υλικών; Ως πρώτος, αν και λίγο απλοϊκός, θα μπορούσε να θεωρηθεί το γεγονός ότι ένα νέο υλικό είναι κάτι που μπορείς να το πιάσεις, που μπορείς να κάνεις επίδειξη των ιδιοτήτων του. Δεν είναι δηλαδή το ίδιο με το να αποδεικνύεις ένα νέο θεώρημα στα μαθηματικά. Αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι έχει και οικονομικό αντίκρουσμα, άρχισε να κινεί περισσότερο το ενδιαφέρον των καλύτερων σπουδαστών. Ένας άλλος λόγος είναι ότι ο επιστήμονας έχει τώρα στη διάθεσή του κατάλληλα όργανα ώστε η παρατήρησή του να φτάνει σε ατομικό πλέον επίπεδο, μπορεί δηλαδή να "βλέπει" και να μελετά ομάδες ατόμων και να ξεχωρίζει το είδος τους. Έτσι η σύνδεση με την αντίστοιχη ιδιότητα είναι πολύ πιο ακριβής. Ένας τρίτος λόγος είναι η κατασκευή και συνεχής βελτίωση υπερυπολογιστών, οι οποίοι επιτρέπουν μοντελοποίηση με εκατοντάδες ή και χιλιάδες άτομα και δίνουν τη δυνατότητα στον επιστήμονα να καταλάβει τη "μεταφορά" των ατομικών ιδιοτήτων του αερίου στο στερεό υλικό.

Με αυτή τη θεαλωδή πραγματικά ανάπτυξη της επιστήμης των υλικών, τα όρια ανάμεσα στη βασική έρευνα, την ανάπτυξη και την εφαρμογή γίνονται δυσδιάκριτα, ενώ το χρονικό διάστημα μεταξύ βασικής έρευνας για ένα νέο υλικό και της βιομηχανικής του παραγωγής συνεχώς μικραίνει.

1.2 Κατηγορίες υλικών

Τα 92 απλά υλικά, τα στοιχεία (*elements*), μαζί με τους διάφορους συνδυασμούς τους σχηματίζουν ό,τι βλέπουμε γύρω μας και χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, τους αγωγούς ή μέταλλα (*conductors or metals*), τους μονωτές ή αμέταλλα (*insulators or non-metals*) και τους ημιαγωγούς (*semiconductors*). Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται ανάλογα με τις καλές, κακές ή υπό προϋποθέσεις καλές ηλεκτρικές και θερμικές τους ιδιότητες.