



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

4^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ:

**ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΜΕΣΩ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Μουστάκας Γεώργιος, Αριθμός Μητρώου: 714222017159

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. Αναστάσιος Γκοτσόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής

Αιγάλεω, Φεβρουάριος 2024



SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION ENGINEERING

**4th INDUSTRIAL REVOLUTION:
IMPLEMENTATION OF ALUMINIUM FRAMES AND IRON
CONSTRUCTIONS THROUGH AUTOMATED PROCESSES**

DIPLOMA THESIS

STUDENT: Moustakas Georgios, Register Number: 714222017159

SUPERVISOR: Dr. Anastasios Gotsopoulos, Assistant Professor

Egaleo, February 2024

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

4η Βιομηχανική Επανάσταση:

Υλοποίηση Κουφωμάτων Αλουμινίου και Σιδηροκατασκευών

μέσω Αυτοματοποιημένων Διαδικασιών

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την κάτωθι Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ. του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του Τμήματος.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
Αναστάσιος Γκοτσόπουλος	Επίκουρος Καθηγητής	
Χαράλαμπος Μουτσάτσος	Λέκτορας Εφαρμογών	
Εμμανουέλα Σφυρόερα	Λέκτορας Εφαρμογών	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μουστάκας Γεώργιος του Παναγιώτη με Αριθμό Μητρώου 71422201159 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο παρόν σημείο, θα ήθελα να εκφράσω την βαθιά ευγνωμοσύνη μου απέναντι στους καθηγητές μου, που καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών, στάθηκαν δίπλα σε όλους τους φοιτητές, εφοδιάζοντας με επαγγελματικές γνώσεις, σε σφαιρικό επίπεδο, και έθεσαν τα θεμέλια για την ολοκλήρωση των σπουδών μας.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω σε ξεχωριστό επίπεδο, στον κύριο Αναστάσιο Γκοτσόπουλο, που εκτός από τις πολύτιμες συμβουλές του στη διάρκεια των διαλέξεων, με βοήθησε πλήρως στην εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας, και συνεπώς στην ολοκλήρωση των προπτυχιακών σπουδών μου.

*Είμαστε νάνοι στους ώμους γιγάντων και
γι' αυτό μπορούμε να βλέπουμε πιο μακριά απ' αυτούς.*

Isaak Newton

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο όρος «Βιομηχανική Επανάσταση» αναφέρεται σε μια σειρά βαθιών μετασχηματισμών στην ανθρώπινη κοινωνία που συνέβησαν κατά τη διάρκεια αρκετών αιώνων, αλλάζοντας θεμελιωδώς τον τρόπο που ζούσαν και εργάζονταν οι άνθρωποι.

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιείται μια σύντομη επισκόπηση της Πρώτης, Δεύτερης και Τρίτης Βιομηχανικής Επανάστασης και μια εις βάθος ανάλυση της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης την οποία και βιώνουμε. Αυτή η επανάσταση βασίζεται στις ψηφιακές τεχνολογίες της τρίτης επανάστασης και τις ενσωματώνει με τις εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη, τη ρομποτική, τη νανοτεχνολογία, τη βιοτεχνολογία και άλλους τομείς και αναδιαμορφώνει τις βιομηχανίες, τις οικονομίες και τις κοινωνίες, με επιπτώσεις στην απασχόληση, την εκπαίδευση, τη διακυβέρνηση και την ηθική.

Επιπλέον, στο πλαίσιο αυτών των τεχνολογικών εξελίξεων πραγματοποιείται ενδεικτική μελέτη περίπτωσης η οποία αφορά σε σύγκριση των διαδικασιών κατασκευής κουφωμάτων αλουμινίου και σιδηροκατασκευών με βάση τις υπάρχουσες διαδικασίες και με χρήση νέων, αυτοματοποιημένων διαδικασιών.

Λέξεις Κλειδιά: Βιομηχανικές Επαναστάσεις, Τεχνητή Νοημοσύνη, Αυτοματοποίηση, Κουφώματα Αλουμινίου, Σιδηροκατασκευές

ABSTRACT

The term "Industrial Revolution" refers to a series of profound transformations in human society that occurred over several centuries, fundamentally changing the way people lived and worked.

In the present study, a brief overview of the First, Second and Third Industrial Revolutions and an in-depth analysis of the Fourth Industrial Revolution that we are experiencing is presented. This revolution builds on and integrates the digital technologies of the third revolution with developments in artificial intelligence, robotics, nanotechnology, biotechnology and other areas and is reshaping industries, economies and societies, with implications for employment, education, governance and ethics.

In addition, in the context of these technological developments, an indicative case study is carried out, which concerns a comparison of the manufacturing processes of aluminum and iron frames based on existing processes and using new, automated processes.

Key Words: *Industrial Revolutions, Artificial Intelligence, Automation, Aluminum Casings, Iron Constructions*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	III
ABSTRACT.....	IV
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	VII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	XIX
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	4
1 ^Η -3 ^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	4
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	4
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	5
1.1 1 ^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	5
1.1.1 Ανακαλύψεις – Εφευρέσεις που Σημάδεψαν την Εποχή της 1 ^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης	6
1.1.2 Κοινωνικοπολιτικές Αλλαγές κατά την 1 ^η Βιομηχανική Επανάσταση.....	14
1.1.3 Συμπεράσματα των Αποτελεσμάτων της 1 ^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης	17
1.2 2 ^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	18
1.2.1 Ανακαλύψεις – Εφευρέσεις που Σημάδεψαν την Περίοδο της 2 ^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης	19
1.2.2 Κοινωνικοπολιτικές Αλλαγές κατά τη 2 ^η Βιομηχανική Επανάσταση	33
1.2.3 Συμπεράσματα των Αποτελεσμάτων της 2 ^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης	37
1.3 3 ^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ.....	38
1.3.1 Ανακαλύψεις – Εφευρέσεις που Σημάδεψαν την Περίοδο της 3 ^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης	40
1.3.2 Κοινωνικοπολιτικές και Οικονομικές Αλλαγές κατά την 3 ^η Βιομηχανική Επανάσταση	137
1.3.3 Συμπεράσματα των Αποτελεσμάτων της 3 ^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	143
4 ^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ.....	144
2.1 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ 4 ^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	145
2.1.1 Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT).....	145
2.1.2 Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση	148
2.1.3 Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων – Big Data Analytics.....	151
2.1.4 Τρισδιάστατοι Σαρωτές – 3D Scanners	154
2.1.5 Τεχνητή Νοημοσύνη και Κατασκευαστικός Τομέας.....	157

2.2	ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ 4^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	161
2.3	ΚΥΡΙΕΣ ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ ΤΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ 4^ΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	163
2.3.1	Εργασιακή απασχόληση.....	163
2.3.2	Περιβαλλοντική βιωσιμότητα	164
2.3.3	Υποβάθμιση της ιδιωτικότητας	165
2.4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ 4^ΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	165
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	167
	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	167
	ΕΙΣΑΓΩΓΗ 168	
3.1	ΠΡΩΤΕΣ ΎΛΕΣ – ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	168
3.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	170
3.2.1	Διαδικασία Παραγωγής Πρώτης Ύλης - Προφίλ Αλουμινίου.....	170
3.2.2	Διαδικασία Παραγωγής Πρώτης Ύλης - Μαλακός Χάλυβας.....	180
3.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΡΟΦΙΛ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ – ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	186
3.3.1	Μέτρηση Απαιτούμενων Διαστάσεων	187
3.3.2	Κοστολόγηση και Προετοιμασία	188
3.3.3	Σειρά Κεντρικών Διαδικασιών.....	190
3.4	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΡΟΦΙΛ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ – ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	194
3.4.1	Αυτοματοποίηση Διαδικασίας Λήψης Διαστάσεων	195
3.4.2	Μερική Αυτοματοποίηση Κοπής	196
3.4.3	Μερική Αυτοματοποίηση Πρέσας	200
3.4.4	Μερική Αυτοματοποίηση Γωνιάσματος	200
3.5	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΙ ΚΙΓΚΛΙΔΩΜΑΤΩΝ – ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	202
3.5.1	Μεταλλικά Κουφώματα	203
3.5.2	Μεταλλικά Κυκλιδώματα	206
3.6	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΙ ΚΙΓΚΛΙΔΩΜΑΤΩΝ – ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ	207
3.6.1	Αυτοματοποίηση Συγκόλλησης και Τροχίσματος για Μεταλλικά Προφίλ	207
3.6.2	Αυτοματοποίηση Συγκόλλησης και Τροχίσματος για Κυκλιδώματα	209
3.7	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ	211
3.7.1	Μετρήσεις Ήχου και Χρόνου	211
3.7.2	Μετρήσεις - Εκμετάλλευση Φύρας	212
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	215
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	216

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΕΛΙΔΑ
01	Ατμομηχανή τύπου Newcomen, άντληση ύδατος από πυθμένα ορυχείου (05/08/2023)	7
02	Ατμομηχανή τύπου Watt, παρατηρούμε τον δεύτερο συμπιεστή (κάτω αριστερά) (05/08/2023)	9
03	Η πρώτη επίσημη μπαταρία (Voltaic Pile) από τον Alessander Volta- Είναι εμφανείς οι μεταλλικές πλάκες κατά ύψος της στήλης-διασύνδεση με λάμπα(05/08/2023)	10
04	Διάγραμμα Απεικόνισης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου- Παρατηρούμε την αναλογική σχέση μεταξύ Μαγνητικού Πεδίου-Ροής ρεύματος-Μήκους κύματος μαγνητικού πεδίου και Κατεύθυνσης ροής (05/08/2023)	12
05	Ηλεκτρομαγνητικό Διακοπτικό Ρελέ - Κομβικό σημείο για την ανάπτυξη των τομέων ηλεκτρολογίας, ηλεκτρονικής και τηλεπικοινωνιών (05/08/2023)	12
06	Συσκευή Τηλέγραφου: Παρατηρούμε τα κλειδιά Morse και τα ηλεκτρομαγνητικά ρελέ (05/08/2023)	13
07	Εγκαίνια σιδηροδρομικής γραμμής με ατμοκίνητο τρένο των Stockton και Darlington - Τεράστια ανάπτυξη σε επίπεδο μεταφορών (05/08/2023)	15

08	Η παιδική εργασία ως η χειρότερη μορφή εκμετάλλευσης - Η παιδική εργασία δεν αποτελούσε κάτι το πρωτοφανές την περίοδο αυτή (05/08/2023)	16
09	Εργοστάσια επεξεργασίας μετάλλων σε αστικό κέντρο της Βρετανίας - Ανεξέλεγκτη καύση άνθρακα (05/08/2023)	17
10	Λάμπα πυρακτώσεως - Εφεύρεση μέγιστης σημασίας-(05/08/2023)	20
11	Γεννήτρια Δυναμό από τον Thomas Edison (05/08/2023)	21
12	Δωμάτιο Δυναμό-Απεικόνιση του δικτύου διανομής ρεύματος - Παρατηρούμε τις 4 δ υναμογεννήτριες, τις παροχές πεπιεσμένου ατμού, τις εξόδους ρεύματος και τους μετασχηματιστές (08/08/2023)	22
13	Εναλλασσόμενο και Συνεχές Ρεύμα-Διαγραμματική απεικόνιση	23
14	Benz Patent-Motorwagen:Το πρώτο αυτοκινούμενο όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης-παρατηρούμε την ραγδαία αλλαγή που έλαβαν τα οχήματα έως και σήμερα (08/08/2023)	25
15	Μηχανή εσωτερικής καύσης από τον Γάλλο εφευρέτη Alphonse de Rochas-βασικότερη προϋπόθεση κατασκευής του οχήματος από τον Karl-Benz- (08/08/2023)	26
16	Βιομηχανία παραγωγής χάλυβα μέσω μετατροπών Bessemer- (08/08/2023)	28
17	Η πρώτη λειτουργική εφεύρεση απομακρυσμένης επικοινωνίας από τον Graham Bell - (08/08/2023)	31

18	Έκθεση αυτοκινήτου κατά την 2η Β.Ε.-Παρατηρούμε την ήδη αυξημένη ποιότητα ζωής- (08/08/2023)	35
19	Κατασκευή Σιδηροδρομικού Δικτύου- Παρατηρούμε τις τεράστιες ποσότητες ατσαλιού αλλά και εργατικού δυναμικού που απαιτείται - (08/08/2023)	37
20	Μοντέλο Μηχανής Turing με σύγχρονα δεδομένα- (08/08/2023)	41
21	Υπολογιστής ENIAC σε λειτουργία: Παρατηρούμε πως για τον προγραμματισμό και την λήψη δεδομένων απαιτείται ένα άτομο για την υπαγόρευση των λαμβανόμενων από το σύστημα ανάγνωσης καρτών δεδομένων και ένα άτομο για την διασύνδεση των λυχνιών κενού- (08/08/2023)	42
22	Διάτρητη Κάρτα Δεδομένων- Οι οπές και οι στήλες καταγράφονται προσεκτικά για τον προγραμματισμό του συστήματος ENIAC-Britannica.com	44
23	Αναγνώστης Καρτών και η είσοδος των δεδομένων στον υπολογιστή- (08/08/2023)	45
24	Kenbak-1: Πρώτος Προσωπικός Υπολογιστής-Οι δυνατότητές του περιορίζονταν σε απλές αριθμητικές πράξεις- (08/08/2023)	47
25	Apple 1: Παρατηρούμε την ηλεκτρονική πλακέτα που εμπεριείχε – (08/08/2023)	47
26	Apple 2: Πρώτος υπολογιστής που εμπεριείχε στοιχειώδη γραφικά και ελάχιστη δυνατότητα διεπαφής χρήστη - (08/08/2023)	48

27	Πρώτες απόπειρες διασύνδεσης δικτύου: Παρατηρούμε το τεράστιο μέγεθος των εργαλείων μετάδοσης της εποχής - (08/08/2023)	50
28	Απεικόνιση των φασμάτων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων: Για την μετάδοση πληροφορίας αξιοποιούνται τα Ραδιοκύματα- (14/08/2023)	52
29	Απλό Δίκτυο Επικοινωνίας μεταξύ συσκευών (14/08/2023)	52
30	Προγραμματισμός μέσω COBOL το έτος 1960 - ο προγραμματισμός πραγματοποιούταν σε γλώσσα μηχανής - (14/08/2023)	56
31	Flowchart Απεικόνισης Βημάτων Λειτουργίας κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος - (14/08/2023)	59
32	Μηχατρονική - Συνδυασμός μηχανικής και προγραμματισμού για την δημιουργία έξυπνων συστημάτων	60
33	Δημιουργία σχεδίων με τον κλασικό τρόπο- Παρατηρούμε την τεράστια αλλαγή που προσέφεραν τα συστήματα λογισμικών CAD- (14/08/2023)	62
34	Δημιουργία Τρισδιάστατου σχεδίου μέσω λογισμικού AUTOCAD - Παρατηρούμε την τεράστια αλλαγή στον τομέα σχεδιασμού συστημάτων - Μουστάκας Γιώργος	62
35	Παράδειγμα μετατροπής σχεδιαστικού αρχείου σε αρχείο STL - Στερεολιθογραφία - (14/08/2023)	66
36	Παράδειγμα δημιουργίας αρχείου από λογισμικό Slicing - Παρατηρούμε τις τομές που έχουν δημιουργηθεί - (14/08/2023)	67

37	Τρισδιάστατος Εκτυπωτής FFF ανοικτού θαλάμου - (14/08/2023)	70
38	Απεικόνιση μηχανισμού τρισδιάστατου εκτυπωτή FFF ή FDM - Παρατηρούμε τα κυριότερα στάδια λειτουργίας και εξαρτημάτων του εκτυπωτή - (14/08/2023)	70
39	Εκτυπωτής SLA - Η κατεργασία πάντα εκτελείται εντός κλειστού θαλάμου λόγω επικινδυνότητας από απελευθέρωση τοξικών αερίων - (17/08/2023)	72
40	Απεικόνιση μηχανικής λειτουργίας ενός SLA εκτυπωτή - (17/08/2023)	72
41	Τρισδιάστατος Εκτυπωτής DLP- Κατασκευή παρόμοια με SLA - (17/08/2023)	73
42	Παρουσίαση εικονογραφημένου μηχανισμού λειτουργίας του DLP εκτυπωτή - Παρατηρούμε την μεγαλύτερη πηγή φωτός - (17/08/2023)	74
43	Εκτυπωτής SLS Βιομηχανικών Εφαρμογών – (17/08/2023)	75
44	Μηχανική Επεξήγηση SLS εκτυπωτή - (17/08/2023)	76
45	Μετεπεξεργασία εκτυπωμένου τρισδιάστατου αντικειμένου - (17/08/2023)	77
46	SLM Εκτυπωτής για την κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων Βιομηχανικού Τύπου - Παρατηρούμε το τεράστιο μέγεθος σε σύγκριση με τους επιτραπέζιους εκτυπωτές απλών χρηστών - (17/08/2023)	78
47	Σχηματικό Διάγραμμα λειτουργίας και μηχανισμού του SLM εκτυπωτή - (02/09/2023)	79

48	EBM Εκτυπωτής - Ειδικότερη εφαρμογή του οι τομείς ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης - (02/09/2023)	80
49	Σχηματικό Διάγραμμα απεικόνισης κυριότερων μερών λειτουργίας ενός EBM εκτυπωτή - (02/09/2023)	81
50	Binder Jetting Εκτυπωτής Βιομηχανικής Κλίμακας - (02/09/2023)	83
51	Σχηματικό Διάγραμμα απεικόνισης μηχανικών λειτουργιών ενός εκτυπωτή εκτόξευσης συνδετικού υλικού - (02/09/2023)	83
52	Τύποι διαφόρων μεγεθών εκτυπωτών εκτόξευσης υλικών - (02/09/2023)	85
53	Σχηματική Απεικόνιση λειτουργίας εκτυπωτή εκτόξευσης υλικού - (02/09/2023)	85
54	Διαδικασία Παραγωγής του υλικού PLA - Παρατηρούμε την πλήρως φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία και πρώτων υλών - (02/09/2023)	87
55	Καρούλι υλικού PLA σε διάφορους χρωματισμούς	88
56	Συγκριτικά διαγράμματα απεικόνισης αντοχής εφελκυσμού εφελκυσμού και θλίψης μεταξύ υλικού PLA και ABS - (02/09/2023)	89
57	Υλικό ABS σε μορφή καρουλιού - Παρόμοια με PLA - (02/09/2023)	90
58	Διάγραμμα απεικόνισης δύναμης εφελκυσμού και ορίου θραύσης αναλόγως του ποσοστού περιεκτικότητας σε υλικό PETG - (02/09/2023)	91

59	Υλικό εκτύπωσης PETG σε μορφή νήματος - (02/09/2023)	92
60	Διάγραμμα απεικόνισης δυνάμεων εφελκυσμού, κρούσης και θερμοκρασίας για το Nylon - (02/09/2023)	94
61	Υλικό Nylon σε μορφή καρουλιού - (02/09/2023)	96
62	Διάγραμμα Απεικόνισης δύναμης εφελκυσμού και ορίου θραύσης του υλικού TPU συγκριτικά με θερμοκρασία - (02/09/2023)	97
63	Τεμάχιο κατασκευασμένο από υλικό TPU - Παρατηρούμε τον μεγάλο βαθμό ελαστικότητας του υλικού	98
64	Υλικό TPU σε μορφή καρουλιού - (02/09/2023)	99
65	Πούδρες έτοιμες προς χρήση - Απεικονίζονται οι εξής μεταλλικές σκόνες: Τιτάνιο, Αλουμίνιο, Σίδηρος, Ατσάλι και Χάλυβας- (06/09/2023)	100
66	Διάγραμμα Απεικόνισης Σκληρότητας και ορίου θραύσης διαφόρων κραμάτων για πούδρες επεξεργασίας - (06/09/2023)	101
67	Εκτυπωμένα Τεμάχια από τρισδιάστατο εκτυπωτή μεταλλικών υλικών - (06/09/2023)	102
68	CNC 3 αξόνων ανοικτού τύπου - Βασικότερο σύστημα Εργαλειομηχανής CNC	114
69	Κώδικας G - Βασικές Εντολές χειρισμού εργαλειομηχανής	115

70	Σχηματική Απεικόνιση: Βασικότερα Μέρη μίας Εργαλειομηχανής CNC 5 αξόνων κλειστού τύπου	117
71	Σχηματική Απεικόνιση λογικής της διεργασίας που εκτελείται κατά την κατεργασία με CNC ανοικτού βρόχου - (06/09/2023)	121
72	Σχηματική Απεικόνιση λογικής διεργασίας κλειστού βρόχου συστήματος - (06/09/2023)	123
73	Σχηματική Απεικόνιση τοποθέτησης Αρχικών Σημείων σε τεμάχιο από σύστημα σημείου προς σημείο - (06/09/2023)	125
74	Σύστημα Εργαλειομηχανής CNC Point to Point - (06/09/2023)	126
75	Παράδειγμα Απεικόνισης των κινήσεων ενός 5αξονικού CNC αναλόγως του κέντρου κατεργασίας - (06/09/2023)	129
76	Σύστημα Εργαλειομηχανής 5αξονικού CNC - Παρατηρούμε την δυνατότητα προσαρμογής και περιστροφικών κατευθυντήριων κινήσεων - (06/09/2023)	130
77	Σκίτσο περιγραφής των αλλαγών που υφίστανται στην 3η Β.Ε. - Παρατηρούμε τις πλήρως αυτοματοποιημένες διαδικασίες - (06/09/2023)	138
78	Πλήρως αυτοματοποιημένη αυτοκινητοβιομηχανία - Σχεδόν απόλυτος εκμηδενισμός χειρωνακτικής εργασίας	139
79	Σκίτσο περιγραφής εργασιακού και επιχειρησιακού επιπέδου κατά την 3η Β.Ε. - (06/09/2023)	140

80	Επεξηγηματική εικόνα για την τεράστια απήχηση του IoT σε πολλαπλούς τομείς - (06/09/2023)	146
81	Διάγραμμα Απεικόνισης των συγκριτικά ισχυρότερων πόλεων - Διασύνδεση πολλαπλών τομέων και συσκευών σε IoT	147
82	Παραδειγματική εικόνα διαφοροποίησης των εννοιών της τεχνητής νοημοσύνης, της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης - Παρατηρούμε τα υποσύνολα - (06/09/2023)	149
83	Επεξηγηματική εικόνα έξυπνου εργοστασίου με συστήματα τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης - (13/09/2023)	150
84	Επεξηγηματική εικόνα ανάλυσης Big Data σε επίπεδο πόλης - (13/09/2023)	151
85	Απεικόνιση δικτύου διαχείρισης όγκου δεδομένων μέσω Big Data - (13/09/2023)	153
86	Αυτοματοποιημένη διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατου μοντέλου CAD μέσω σάρωσης - (13/09/2023)	155
87	Από την τρισδιάστατη σάρωση στην τρισδιάστατη εκτύπωση - (13/09/2023)	156
88	Παραδειγματική Απεικόνιση αξιοποίησης τεχνητής νοημοσύνης σε γραμμή παραγωγής - (13/09/2023)	159
89	Διαφορές μεταξύ των συστημάτων Robot & Cobot - (13/09/2023)	160
90	Εξόρυξη πολλών τόνων Βωξίτη - (13/09/2023)	170

91	Απεικόνιση διεργασίας Bayer για την παρασκευή της Αλουμίνας - (13/09/2023)	171
92	Επεξηγηματική απεικόνιση συστήματος εξώθησης Αλουμινίου - (13/09/2023)	172
93	Απλή παρουσίαση της κεντρικής ιδέας ανοδίωσης αλουμινίου - (18/09/2023)	174
94	Ηλεκτροστατική Βαφή μεταλλικού αντικειμένου - (18/09/2023)	176
95	Εξόρυξη ορυκτού σιδήρου	180
96	Διαδικασία φιλτραρίσματος του ορυκτού σιδήρου μέσω μαγνητικών μέσων	181
97	Σύστημα λιωσίματος σιδήρου μεγάλου όγκου - (18/09/2023)	181
98	Διαδικασία EAF για παραγωγή χάλυβα	182
99	Βύθισμα χάλυβα σε λουτρό Γαλβανοποίησης - (18/09/2023)	184
100	Διαδικασία Παρασκευής Ανοξειδωτου Χάλυβα (18/09/2023)	185
101	Απεικόνιση Σωστής Μέτρησης Κουφώματος	187
102	Επιτραπέζιο χειροκίνητο πριόνι - Παρατηρούμε την ράγα ράουλων (δεξιά - αριστερά) καθώς και το έμβολο πίεσης του προφίλ	191
103	Παραδειγματική Εικόνα Συστήματος Πρεσών Αλουμινίου - Παρατηρούμε τις πολλαπλές υποδοχές που διαθέτει, καθώς και τον μοχλό πίεσης	192

104	Σύστημα Παντογράφου - Ο μοχλός κατεύθυνσης δημιουργεί τα επιθυμητά σχήματα στην επιφάνεια του προφίλ αλουμινίου	193
105	Τρισδιάστατος Σαρωτής Επεξεργασίας Μετρήσεων	195
106	Σύστημα κοπής προφίλ αλουμινίου 2 κεφαλών - Παρατηρούμε τα 2 υπό γωνία συστήματα κοπής, καθώς και την οθόνη ενημέρωσης HMI	198
107	Σύστημα Απορρόφησης για στερεά αντικείμενα - Βιομηχανικού Τύπου σύστημα απορρόφησης, πλήρως αξιοποιήσιμο στην επιχείρηση κουφωμάτων αλουμινίου	198
108	Γωνιάστρα για Προφίλ αλουμινίου - Διατηρώντας το υπάρχον σύστημα και ενσωματώνοντας ένα σύστημα εμβόλου δημιουργούμε μία σημαντική αυτοματοποίηση διεργασίας	201
109	Εφαρμογή Ποιοτικού Ελέγχου μέσω Τρισδιάστατου Σαρωτή - Πλήρης αποδοτική διεργασία	202
110	Ηλεκτρικό Πριόνι τύπου Πριονοκορδέλας	203
111	Σφιγκτήρες Συγκράτησης για Συγκολλήσεις Μετάλλων	204
112	Διαδικασία Συγκόλλησης Μεταλλικών Κουφωμάτων - Ηλεκτροσυγκόλληση με Ηλεκτρόδιο	205
113	Τρόχισμα Λείανσης - Παρατηρούμε τις σπίθες και την μη εργονομική στάση του χειριστή	206
114	Αυτοματοποιημένο σύστημα συγκράτησης και τοποθέτησης	208

115	Ρομποτικός Βραχίονας Συγκόλλησης - Παρατηρούμε τον συνδυασμό του βραχίονα με το αυτοματοποιημένο σύστημα Συγκράτησης των τεμαχίων - Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν περιλαμβάνεται τζάμι προστασίας καθώς είναι δική μας προσθήκη	208
116	Σύστημα αυτοματοποιημένης Συγκόλλησης με κεφαλή CNC 4 αξόνων	210
117	Απεικόνιση απλού συστήματος χύτευσης για αλουμίνιο	213

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΙΝΑΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΕΛΙΔΑ
1	Τύποι ατσαλιού με βάση την περιεκτικότητα σε άνθρακα (Science Direct.com)	28
2	Υφιστάμενα στοιχεία στο κράμα αλουμινίου – Περιεκτικότητες Science Direct.com	169
3	Υφιστάμενα στοιχεία στο κράμα σιδήρου – Περιεκτικότητες Science Direct.com	169
4	Παραδειγματική διαδικασία Διαστασιολόγησης μετρούμενων Προφίλ	188
5	Δεδομένα μετρήσεων Ήχου και Χρονικών μεταβλητών κατά τη διαδικασία λειτουργίας	211
6	Μέτρηση Ποσοστιαίας λαμβανόμενης Φύρας	212

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο όρος «Βιομηχανική Επανάσταση» αναφέρεται σε μια σειρά βαθιών μετασχηματισμών στην ανθρώπινη κοινωνία που συνέβησαν κατά τη διάρκεια αρκετών αιώνων, αλλάζοντας θεμελιωδώς τον τρόπο που ζούσαν και εργάζονταν οι άνθρωποι. Αυτές οι επαναστάσεις χαρακτηρίστηκαν από σημαντικές προόδους στην τεχνολογία, τις μεθόδους παραγωγής και τις κοινωνικοοικονομικές δομές. Υπήρχαν πολλές διακριτές φάσεις ή κύματα βιομηχανικής επανάστασης, καθεμία από τις οποίες βασιζόταν στις καινοτομίες και τις εξελίξεις των προκατόχων της.

Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση (τέλη 18ου έως αρχές 19ου αιώνα): Αυτή η περίοδος είδε τη μετάβαση από τις αγροτικές, βασισμένες στη χειροτεχνία οικονομίες σε βιομηχανοποιημένες, μηχανοκίνητες οικονομίες. Οι βασικές καινοτομίες περιελάμβαναν την ατμομηχανή, τη μηχανοποιημένη παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και την ανάπτυξη βιομηχανιών σιδήρου και άνθρακα. Αυτή η επανάσταση ξεκίνησε στη Βρετανία και εξαπλώθηκε σε άλλα μέρη της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής.

Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση (τέλη 19ου έως αρχές 20ου αιώνα): Βασισμένη στα θεμέλια της πρώτης επανάστασης, αυτή η φάση χαρακτηρίστηκε από περαιτέρω τεχνολογικές προόδους, όπως η ευρεία χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, η μηχανή εσωτερικής καύσης και το σύστημα παραγωγής γραμμής συναρμολόγησης. Οδήγησε στην άνοδο βιομηχανικών εταιρειών μεγάλης κλίμακας και στην επέκταση βιομηχανιών όπως ο χάλυβας, το πετρέλαιο και τα χημικά.

Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση (τέλη 20ου αιώνα): Επίσης γνωστή ως Ψηφιακή Επανάσταση ή Εποχή της Πληροφορίας, αυτή η φάση είδε την εμφάνιση των υπολογιστών, των τηλεπικοινωνιών και των ψηφιακών τεχνολογιών. Μετέτρεψε τις οικονομίες σε συστήματα βασισμένα στη γνώση, φέρνοντας επανάσταση στους κλάδους της επικοινωνίας, της κατασκευής και των υπηρεσιών. Το Διαδίκτυο έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη σύνδεση ανθρώπων και επιχειρήσεων παγκοσμίως, οδηγώντας σε ταχεία παγκοσμιοποίηση.

Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (σε εξέλιξη, από τα τέλη του 20ου αιώνα έως σήμερα): Αυτή η επανάσταση βασίζεται στις ψηφιακές τεχνολογίες της τρίτης επανάστασης και τις ενσωματώνει με τις εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη, τη

ρομποτική, τη νανοτεχνολογία, τη βιοτεχνολογία και άλλους τομείς. Χαρακτηρίζεται από τη συγχώνευση φυσικών, ψηφιακών και βιολογικών σφαιρών, οδηγώντας σε καινοτομίες όπως η αυτοματοποίηση, το IoT (Internet of Things), η τρισδιάστατη εκτύπωση και οι καινοτομίες στη βιοτεχνολογία. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση αναδιαμορφώνει τις βιομηχανίες, τις οικονομίες και τις κοινωνίες, με επιπτώσεις στην απασχόληση, την εκπαίδευση, τη διακυβέρνηση και την ηθική.

Κάθε μία από αυτές τις βιομηχανικές επαναστάσεις επέφερε σημαντικές αλλαγές στην κοινωνία, την οικονομία και τον πολιτισμό, αναδιαμορφώνοντας τον τρόπο που οι άνθρωποι ζούσαν, εργάζονταν και αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους. Ενώ επέφεραν τεράστια πρόοδο και ευημερία, έθεταν επίσης προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών ανισοτήτων, της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και των κοινωνικών διαταραχών. Η κατανόηση των βιομηχανικών επαναστάσεων είναι απαραίτητη για την κατανόηση της δυναμικής της σύγχρονης κοινωνίας και την πρόβλεψη των μελλοντικών εξελίξεων.

Η παρούσα Διπλωματική εργασία διαχωρίζεται σε 2 μέρη. Το πρώτο **(Α') Μέρος** το οποίο περιλαμβάνει βιβλιογραφική έρευνα στο θέμα των 3 Πρώτων Βιομηχανικών Επαναστάσεων, καθώς και της επερχόμενης 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, και το δεύτερο **(Β') Μέρος** το οποίο περιλαμβάνει τη Μελέτη Περίπτωσης.

Στο Α' μέρος της εργασίας, θα αναλυθούν διεξοδικά όλα τα δεδομένα των 3 Βιομηχανικών Επαναστάσεων που έχουν διαδραματιστεί, περιλαμβάνοντας:

- Σημαντικότερες ανακαλύψεις - εφευρέσεις που εδραίωσαν την εποχή εκείνη έως και σήμερα.
- Πρώτες Ύλες και διαδικασίες που χρησιμοποιούνταν.
- Κοινωνικοπολιτικές αλλαγές που επέφεραν τα συνεχώς εξελισσόμενα δεδομένα.

Κυριότερο κομμάτι του Α' Μέρους, θα αποτελέσει η προσπάθεια πρόβλεψης των ενδεχόμενων αποτελεσμάτων τα οποία θα επιφέρει η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας, οδηγώντας μας στην 4^η Βιομηχανική Επανάσταση.

Κυρίως θα περιλαμβάνει:

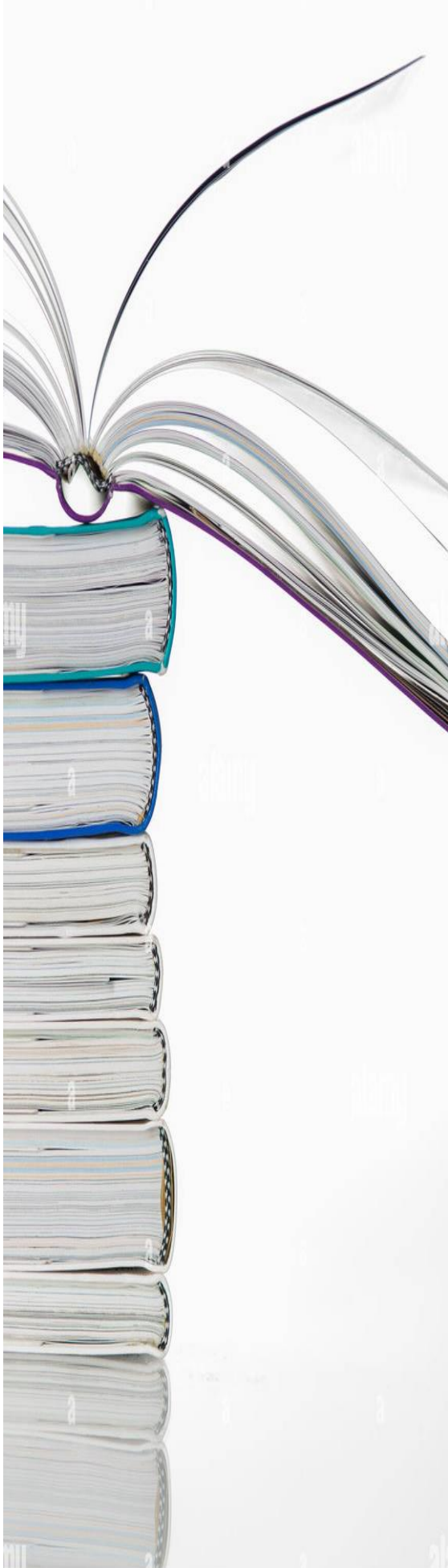
- Τις μέχρι σήμερα ανακαλύψεις – εφευρέσεις σε σημαντικούς τομείς.
- Τα κυριότερα θέματα διαστρεβλωμένων απόψεων επί του θέματος.

- Πρόβλεψη των κυριότερων αλλαγών που θα βιώσουμε σε κοινωνικό – οικονομικά θέματα.

Το Β' Μέρος της εργασίας θα περιλαμβάνει την Μελέτη Περίπτωσης που αφορά στην *«Υλοποίηση Κουφωμάτων Αλουμινίου και Σιδηροκατασκευών μέσω Αυτοματοποιημένων Διαδικασιών»*.

Κυριότερα θέματα που θα μας απασχολήσουν στο Β' μέρος περιλαμβάνουν τις αναλογικές – υπάρχουσες μεθόδους κατασκευής, ζητήματα – εργαλεία διαχείρισης Marketing, ενώ το κυριότερο ζήτημα της εργασίας θα περιλαμβάνει την ένταξη μίας επιχείρησης κατασκευής κουφωμάτων αλουμινίου και σιδηροκατασκευών σύμφωνα με τους όρους της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης.

Κατά την αναφορά στο συγκεκριμένο θέμα, θα εξεταστούν τα τεχνικά μέσα και οι προδιαγραφές που θέτουν τα πλήρως εξελιγμένα μέσα, καθώς και τα σύγχρονα μέσα Marketing και Management με σκοπό την ομαλή ένταξη στην εποχή της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1^η -3^η

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Όπως προαναφέρθηκε στο εισαγωγικό κομμάτι της εργασίας, κατά το διάστημα μεταξύ του 18^{ου} αιώνα και της σημερινής εποχής, πραγματοποιήθηκαν 3 κύριες Βιομηχανικές Επαναστάσεις, οι οποίες άλλαξαν τα δεδομένα όλων των εποχών.

Φυσικά έχουν προηγηθεί εκατοντάδες Β.Ε. μικρότερου βεληνεκούς, κατά τις οποίες οι εφευρέσεις και οι πατέντες έλαβαν σημαντικό πλεονέκτημα στην εποχή εκείνη, θέτοντας τα θεμέλια για τις μετέπειτα αναδιαρθρώσεις των υπαρχόντων διαδικασιών παραγωγής, εργασίας, μετακίνησης, καθημερινότητας των πολιτών κ.ά.

Η αναφορά και η ενδελεχής ανάλυση θα λάβει μέρος κατά τις 3 κύριες Β.Ε., με στόχο την κατανόηση των νέων συστημάτων παραγωγής, τη μετέπειτα πορεία της κοινωνικό-οικονομικής κατάστασης και τις νέες δυνατότητες που οδήγησαν έως τη σημερινή εποχή.

1.1 1^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Το γεγονός της πρώτης Β.Ε. έλαβε μέρος στην Βρετανία, μεταξύ 1760 και 1840.

Φυσικά, οι τεχνολογικές και κατά συνέπεια οι εμπορικές εξελίξεις δεν παρέμειναν εντός της Βρετανίας για μεγάλο χρονικό διάστημα, καθώς οι προνομιούχοι – επιχειρηματίες της εποχής, βλέποντας την ευκαιρία κέρδους που πλησίαζε, άμεσα εξήγαγαν της επιχειρήσεις και τις γνώσεις τους στις υπόλοιπες χώρες, λαμβάνοντας την ευκαιρία μονοπωλίου.

Από την πλευρά της Ευρώπης, με πιο αργούς ρυθμούς βέβαια, η διαδικασία εξαγωγής τεχνογνωσίας και επιχειρήσεων έλαβε επίσης μέρος, με πρωτοπόρο το Βέλγιο, το οποίο χάρη στην άμεση ανταπόκριση των William και John Cockerill βίωσε τεράστια οικονομική ανάπτυξη και ευημερία.

Το Βέλγιο, εφαρμόζοντας την τεχνογνωσία και την προηγμένη για την εποχή τακτική της Βρετανίας, επικέντρωσε τις εξελίξεις της στον τομέα της μεταλλουργίας (Σίδηρο, Άνθρακα), καθώς και στον ισχυρό τομέα της κλωστοϋφαντουργίας [1].

Σε νέα για την εποχή δεδομένα, η Γαλλία θα βίωνε μία επίσης τεράστια οικονομική και κοινωνική ευημερία, σε μικρότερη όμως κλίμακα σε σχέση με τη Βρετανία και το Βέλγιο.

Ύστερα από τη Γαλλική Επανάσταση, πράγματι βίωσε υψίστης σημασίας αλλαγή κοινωνικό-οικονομικού υποβάθρου, εισάγοντας τις νέες για την εποχή τεχνολογίες, σημειώνοντας μεγάλη επιχειρησιακή ανάπτυξη.

Προς έκπληξη όλων την εποχή εκείνη, η Γερμανία σημείωσε μεγάλη καθυστέρηση στην εισαγωγή της στην Πρώτη Β.Ε., παρά το γεγονός της αφθονίας πρώτων υλών.

Όμως, στα τέλη της δεκαετίας του 1870, ανταποκρίθηκε στις απαιτήσεις του εμπορίου της εποχής, σε τέτοιο βαθμό που την κατέστησε πρώτη σε τεχνολογικό επίπεδο και μαζική παραγωγή, ιδιαίτερα ατσαλιού και χημικών, ξεπερνώντας ακόμη και τους πρωτοπόρους Βρετανία και Βέλγιο.

Εν συνεχεία, μεγάλη τεχνολογική – επιχειρησιακή κλιμάκωση βίωσε και η Ιαπωνία, καθιστώντας την επίσης μία από τις ισχυρές για την εποχή (ακόμη και σήμερα) εμπορικές δυνάμεις.

Ίσως την πιο “απότομη” εξέλιξη σε τεχνολογικό – παραγωγικό επίπεδο, να βίωσε η Σοβιετική Ένωση, όπου μέσα σε 3 δεκαετίες επιδίωξε και κατάφερε να ξεπεράσει την παραγωγική ισχύ της σε σχέση με τις πρωτοπόρες για την εποχή δυνάμεις.

Για να γίνει αντιληπτή η αξιοσημείωτη αυτή ενέργεια, αρκεί να αναφερθούμε στο γεγονός πως κατά την περίοδο έξαρσης της τεχνολογίας στις μεγάλες δυνάμεις της εποχής, απαιτούνταν κάτι παραπάνω από 3 αιώνες προόδου, την οποία ξεπέρασε η Σοβιετική Ένωση σε 3 δεκαετίες.

Αντιθέτως, δυστυχώς, με την παρουσίαση της ευημερίας και τεχνολογικής προόδου των κοινωνιών της εποχής, οι εργασιακές και κοινωνικές συνθήκες υπήρξαν χειρίστες.

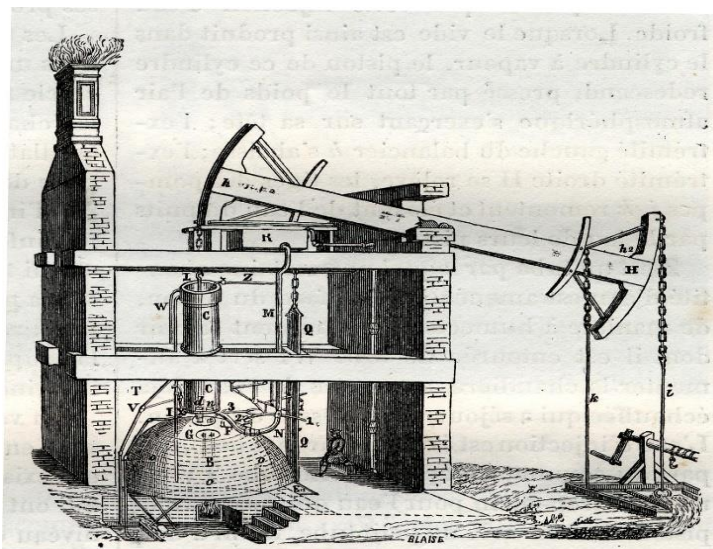
Τεράστιες ελλείψεις σε υλικά αγαθά για τους εργαζομένους, ελάχιστα έως καθόλου μέτρα ατομικής προστασίας, τρομακτικές συνθήκες εργασίας, κακομεταχείριση εργαζομένων, άθλιες συνθήκες διαβίωσης, υπερβολικά ωράρια εργασίας, ήταν μόνο μερικές από τις συνέπειες της απότομης - ανεξέλεγκτης Β.Ε. [2].

1.1.1 Ανακαλύψεις – Εφευρέσεις που Σημάδεψαν την Εποχή της 1^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης

Στο παρόν σημείο, θα αναφερθούμε στις τεχνολογικές και επιστημονικές καινοτομίες που καθιέρωσαν την εξελικτική πορεία της κοινωνικό-οικονομικής κατάστασης σε παγκόσμια κλίμακα.

Ατμομηχανή (*Steam Engine*)

Η ατμομηχανή (ή αλλιώς ατμοσφαιρικός κινητήρας), εφεύρεση του James Watt, σημάδεψε την εποχή της πρώτης Β.Ε., καθιστώντας τη σημαντικότητά της σε τέτοιο βαθμό, όπου ακόμη και στη σημερινή εποχή βρίσκει πολλαπλές εφαρμογές.



Εικόνα 1 Ατμομηχανή τύπου Newcomen, άντληση ύδατος από πυθμένα ορυχείου-Britannica.com

Η σύλληψη της ιδέας και οι πρώτες πειραματικές μέθοδοι πραγματοποιήθηκαν από τον επίσης μεγάλης κλίμακας εφευρέτη, Thomas Newcomen [3]. Ο Newcomen θέσπισε τη λεγόμενη ατμοσφαιρική ατμομηχανή, η οποία χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά σε άντληση υδάτων από μη προσβάσιμα βάθη σε ορυχεία.

Η βασική λειτουργία και τα στοιχεία μίας ατμομηχανής περιλαμβάνουν:

- Μεταλλικό δοχείο θερμικής κατεργασίας άνθρακα,
- Λέβητα νερού,
- Βαλβίδα εισόδου ατμού,
- Πιστόνι συμπίεσης αέρα,
- Σωλήνα ψυχρού νερού,
- Δέσμες βαρέως τύπου.

Κατά την καύση του άνθρακα στο φούρνο κατεργασίας, πραγματοποιείται θέρμανση του νερού που βρίσκεται εντός του λέβητα. Ο ατμός που δημιουργείται, εκτονώνεται

μέσω της βαλβίδας εισόδου και κατευθύνεται εντός του πιστονιού (εμβόλου). Ο υπό πίεση ατμός εγκλωβίζεται εντός του πιστονιού, καθώς η βαλβίδα εισόδου σφραγίζει την έξοδό του. Τη στιγμή εκείνη, λόγω της πίεσης του ατμού, το έμβολο μεταβαίνει στην κατάσταση «πάνω». Στη συνέχεια, πραγματοποιείται απότομη ψύξη του πλέον κλειστού στο πιστόνι ατμού, μέσω του σωλήνα ψυχρού νερού, με σκοπό τη δημιουργία κενού στην κάτω πλευρά του πιστονιού.

Με τη δημιουργία κενού στην κάτω πλευρά του πιστονιού (λαμβάνοντας υπ' όψιν την εξωτερική ατμοσφαιρική πίεση, και την εσωτερική πίεση $P_{\text{ατμ}} = 1$, $P_{\text{εσωτερικό}} = 0$), το έμβολο αναγκάζεται να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση, «κάτω». Στα άκρα του εμβόλου είναι συνδεδεμένες οι δέσμες βαρέως τύπου, όπου μεταβαίνουν από τη μία κατάσταση («κάτω») στην επόμενη («πάνω»). Ο κύκλος κατεργασίας επαναλαμβάνεται σε συνεχή ρυθμό, ανοιγοκλείνοντας τη βαλβίδα εισόδου ατμού.

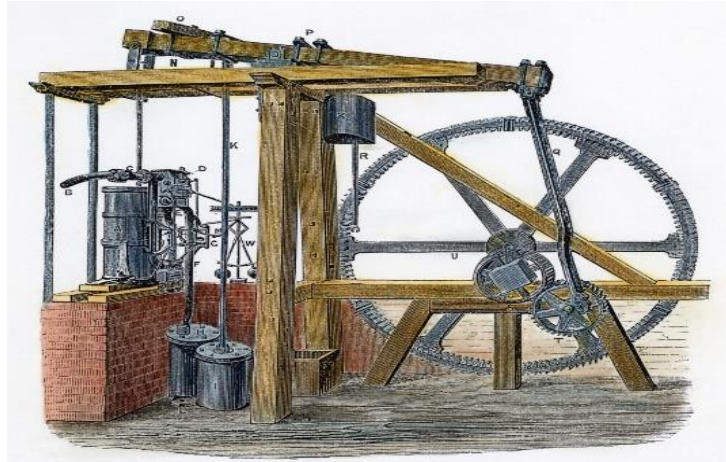
Το σημαντικό πρόβλημα κατά τον αρχικό σχεδιασμό του συστήματος της ατμομηχανής, αποτελούσε το γεγονός της μεγάλης απώλειας ατμού (ποσοστό σχεδόν 80%), καθιστώντας έτσι την ατμομηχανή μη αποδοτική.

Η τεράστια αυτή απώλεια είχε ως αποτέλεσμα την υπερβολικά μειωμένη ικανότητα για κινητική δύναμη των πιστονιών, παρά μόνο την επικείμενη θέρμανση του δοχείου που φιλοξενούσε τον ατμό.

Στο σημείο αυτό, ο James Watt επιδίωξε τη μείωση των απωλειών με σκοπό τη μέγιστη απόδοση της μηχανής, το οποίο και κατάφερε ύστερα από αρκετά χρόνια μελέτης και πειραμάτων πάνω στις ατμομηχανές.

Ο τρόπος με τον οποίο επιδίωξε και υλοποίησε τη μέγιστη απόδοση της ατμομηχανής, βρισκόταν στην ενσωμάτωση ενός δευτέρου συμπιεστή. Ο προς απώλεια ατμός, οδηγείται εντός του δοχείου του συμπιεστή, όπου με μείωση της θερμοκρασίας του και απότομης αύξησης της ασκούμενης πίεσης, δημιουργείται έργο κατάλληλο να “ωθήσει” εκ νέου τα πιστόνια, και κατά συνέπεια τις δέσμες. Με τον τρόπο αυτό, ο Watt επιδίωξε την ελεγχόμενη έξοδο του ατμού, βελτιώνοντας πλήρως τα αρχικά σχέδια του Newcomen. Πλέον τα εργοστάσια δεν απαιτούν την τοποθεσία κοντά σε ποτάμια, ενώ μειώθηκε κατά τεράστιο ποσοστό η χειρωνακτική λειτουργία της ατμομηχανής, κάνοντας έτσι το πρώτο βήμα στην έννοια του αυτοματισμού [4].

Ηλεκτροφόρος (*Electrophorus*)



Εικόνα 2 Ατμομηχανή τύπου Watt, παρατηρούμε τον δεύτερο συμπιεστή (κάτω αριστερά)-*Britannica.com*

Κατά την περίοδο της πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης, αρκετοί διανοούμενοι φυσικοί και μηχανικοί παγκοσμίως, διατηρούσαν έντονο ενδιαφέρον σχετικά με τη φύση του ρεύματος. Ο όρος του ηλεκτρικού ρεύματος φυσικά δεν υφίσταται κατά το διάστημα αυτό, παρά μόνο προσπάθειες κατανόησης και χρήσης του, ιδιαίτερα από τους κεραυνούς τους οποίους παρατηρούσαν οι άνθρωποι.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1790, ο Alessandro Volta επιδίωξε επιτυχώς την εφεύρεση του ηλεκτροφόρου, καθιστώντας έτσι την αρχή μίας τεράστιας σημασίας ανακαλύψεων, που θα καθιέρωναν την αλλαγή στον τρόπο ζωής των ανθρώπων παγκοσμίως [5].

Ο Volta, πρωτοπόρος στην κατανόηση των αποτελεσμάτων που δημιουργεί ηλεκτρική ροή εντός ενός κυκλώματος, δημιουργώντας τον ηλεκτροφόρο (συχνά αναφερόμενο ως *Voltaic Pile*), κατέστησε δυνατή τη ροή του ρεύματος μεταξύ μεταλλικών πλακών.

Η βασική λειτουργία του ηλεκτροφόρου, περιλαμβάνει:

- Μεταλλικές πλάκες σε στοίβες: κυρίως χαλκό (Cu) και ψευδάργυρο (Zn),
- Χημικούς καταλύτες ενδιάμεσα των πλακών: κυρίως αλατόνερο ή/και οξέα.

Κατά την εφαρμογή των χημικών καταλυτών ενδιάμεσα των μεταλλικών στοιβών, πραγματοποιείται άμεσα χημική αντίδραση (κυρίως απελευθέρωση ιόντων των μεταλλικών στοιχείων). Η αντίδραση αυτή μετά το πέρας ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος, απελευθερώνει τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας των μετάλλων,

τα οποία με κατάλληλες διαδικασίες μεταφοράς (κυρίως καλώδια χαλκού), επιτρέπουν την “καθοδήγηση” των ελεύθερων ηλεκτρονίων εντός ενός κυκλώματος (π.χ. μίας λάμπας), καθιστώντας έτσι δυνατή την ελεγχόμενη ροή ηλεκτρικού ρεύματος, με την ταυτόχρονη δυνατότητα αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, εισάγοντας έτσι την έννοια της μπαταρίας.



Εικόνα 3 Η πρώτη επίσημη μπαταρία (Voltaic Pile) από τον Alessandro Volta - Είναι εμφανείς οι μεταλλικές πλάκες κατά ύψος της στήλης-διασύνδεση με λάμπα-Britannica.com

Η τεράστια σημασία εφεύρεση του Volta, κατέστησε για πρώτη φορά στην ιστορία των ανθρώπων δυνατή την εκμετάλλευση του φαινομένου του ηλεκτρισμού, προετοιμάζοντας έτσι το έδαφος για τις επερχόμενες εφευρέσεις. Η δυνατότητα που δόθηκε πλέον για την παραγωγή, μεταφορά αλλά και αποθήκευση ηλεκτρικού φορτίου, καθιέρωσε μονίμως τη στάση της επιστήμης και της μηχανικής απέναντι στις επόμενες εφευρέσεις.

Μία φυσικά αναμενόμενη εφεύρεση, αποτέλεσε ο συνδυασμός δύο κύριων ανακαλύψεων, αυτής του ηλεκτρικού φορτίου και της ατμομηχανής. Για την τεράστια σημασία ανακάλυψη του Alessandro Volta, και προς τιμήν του, το σύμβολο μέτρησης της διαφοράς δυναμικού που σχηματίζεται μεταξύ δύο αγωγικών υλικών, ονομάστηκε Volt [6].

Φαινόμενο του Ηλεκτρομαγνητισμού (*Electromagnetic Phenomenon*)

Στις αρχές της δεκαετίας του 1830, ο Michael Faraday, ευεργέτης του ηλεκτρομαγνητικού φαινομένου, έθεσε τα θεμέλια για μία τεράστια σειρά ανακαλύψεων και εξελίξεων στον χώρο του ηλεκτρισμού [7]. Η κυριότερη ανακάλυψη του Faraday, αποτελεί η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

Σύμφωνα με αυτή, η αλλαγή του μαγνητικού πεδίου εντός ή κοντά σε έναν κυκλικό αγωγό προκαλεί την εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος στον αγωγό. Το μαγνητικό πεδίο επηρεάζει άμεσα την κατάσταση της έντασης του ρεύματος που βρίσκεται εντός του αγωγού. Με απλούστερη εξήγηση, τα ηλεκτρόνια στο εσωτερικό τμήμα του αγωγού επηρεάζονται άμεσα κατά την κίνησή τους, λόγω της προσέγγισης του αγωγού από ένα μαγνητικό σώμα. Το φαινόμενο αυτό της κίνησης των σωματιδίων επεξηγείται λόγω του μαγνητικού πεδίου που σχηματίζεται από την επαγωγή μεταξύ μαγνήτη – αγωγού.

Επιπλέον, σύμφωνα με τις πραγματοποιημένες από τον Faraday μετρήσεις, η ταχύτητα κίνησης και η επαγωγική δύναμη του μαγνητικού σώματος, μεταβάλλουν αναλογικά την ένταση του μαγνητικού πεδίου, και συνεπώς τη διέλευσης ρεύματος. Η ανακάλυψη αυτή, θέσπισε τη βάση των ηλεκτρολογικών – ηλεκτρονικών εφαρμογών ακόμη και στη σημερινή εποχή [8].

Στα μέσα της δεκαετίας του 1840, ο Joseph Henry βασιζόμενος στις μελέτες του επαγωγικού φαινομένου από τον Faraday, επιδίωξε να κατασκευάσει συστήματα που θα άλλαζαν οριστικά τα μέχρι τότε τεχνολογικά δεδομένα. Μία από τις πολλές προσφορές του στην επιστήμη, αφορά το Ηλεκτρομαγνητικό Διακοπτικό Ρελέ [9].

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν τα εξής:

- Πηνίο (τυλιγμένο σύρμα χαλκού) γύρω από σιδηρό πυρήνα.
- Σταθερός – Κινητός Φορέας.

Η κύρια λειτουργία του επεξηγείται ως εξής:

Κατά την εφαρμογή μαγνητικού σώματος κοντά στον αγωγό, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο και συνεπώς ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Λόγω του μαγνητισμού που επικρατεί, ο κινητός φορέας έλκεται και προσπίπτει στον σταθερό φορέα, “κλείνοντας” την επαφή, και συνεπώς επιτυγχάνεται η διέλευση του ρεύματος. Σε περίπτωση διακοπής της παροχής του ρεύματος, το μαγνητικό πεδίο παύει να υφίσταται και η επαφή μεταξύ κινητού – σταθερού φορέα

“ανοίγει”. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο επιθυμητός έλεγχος διέλευσης του ρεύματος, καθώς και η εξασφάλιση της προστασίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Για να επιτευχθεί η αντίληψη της σημαντικότητας της εφεύρεσης του διακοπτικού ρελέ, αξίζει να αναφερθεί πως τα συστήματα αυτοματισμού όλων των ειδών, εμπεριέχουν ως πρώτο μέλημα πολλαπλά διακοπτικά ρελέ, με σκοπό την μετάδοση πληροφορίας, ασφάλειας και παροχής δυνατοτήτων. Εκτός φυσικά από την ίδια την κατασκευή του διακοπτικού ρελέ, ύψιστης σημασίας αποτελεί η γενικότερη εικόνα κατανόησης του ηλεκτρομαγνητισμού, ως φυσικό στοιχείο.



Εικόνα 4 Ηλεκτρομαγνητικό Διακοπτικό Ρελέ- Κομβικό σημείο για την ανάπτυξη των τομέων ηλεκτρολογίας, ηλεκτρονικής και τηλεπικοινωνιών-Britannica.com

Με την αρχή που έθεσε ο Faraday στον κόσμο του ηλεκτρομαγνητισμού, κατανοήθηκε σε μεγαλύτερο βάθος η έννοια του ηλεκτρισμού, προσφέροντας νέες δυνατότητες, εφευρέσεις και γενικότερη τεχνολογική ανάπτυξη όσο ποτέ άλλοτε στην ιστορία των επιστημών.

Χάρη στην εφεύρεση του στοιχείου του ρελέ, προετοιμάστηκε το έδαφος για τις επερχόμενες ανακαλύψεις και εφευρέσεις, όπως οι τηλεπικοινωνίες, τα ηλεκτρικά κυκλώματα και κατά συνέπεια των περισσότερων εφαρμογών που χρησιμοποιούμε ακόμη και σήμερα [10].

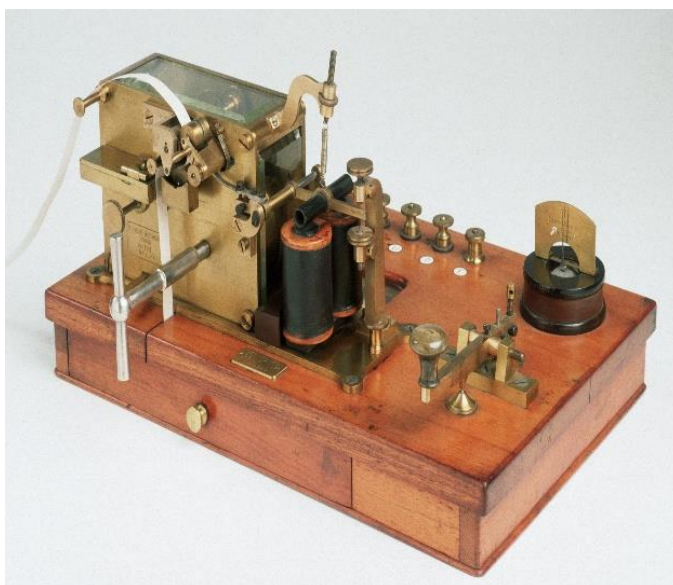
Τηλέγραφος (*Telegraph*)

Μία εξίσου ύψιστης σημασίας ανακάλυψη, η οποία έθεσε τα θεμέλια των σύγχρονων επικοινωνιών μέχρι και σήμερα, αποτελεί το τηλεγραφικό σύστημα. Κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα, ο Samuel Morse και ο συνεργάτης του Alfred Vail, θέσπισαν μία νέα, καινοτόμο εφεύρεση, που θα άλλαζε ριζικά τα δεδομένα της επικοινωνίας, αφηφώντας για πρώτη φορά το μεγάλο εμπόδιο της απόστασης [11].

Η κύρια λειτουργία του τηλεγραφικού συστήματος περιλαμβάνει:

- Καλώδια χαλκού για διασύνδεση μεγάλων αποστάσεων.
- Ηλεκτρομαγνητικά Διακοπτικά Ρελέ.
- Κλειδί Morse.

Τα καλώδια χαλκού συνδέονται μεταξύ τηλεγραφικών σταθμών, σχηματίζοντας ένα δίκτυο διασύνδεσης. Στην άκρη του κάθε καλωδίου συνδέονται τα ηλεκτρομαγνητικά διακοπτικά ρελέ, των οποίων αρμοδιότητα είναι η παροχή – διακοπή σήματος (ρεύματος).



Εικόνα 4 Συσκευή Τηλέγραφου: Παρατηρούμε τα κλειδιά Morse και τα ηλεκτρομαγνητικά ρελέ-Britannica.com

Φυσικά, τα ηλεκτρομαγνητικά ρελέ ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται με τη χρήση του κλειδιού Morse, δηλαδή ενός κουμπιού μακράς και μικρής εμβέλειας σήματος. Με την κατάλληλη κωδικοποίηση των σημάτων (ουσιαστικά στην παροχή – διακοπή ρεύματος από το ηλεκτρομαγνητικό ρελέ εντός του αγωγού), επιτυγχάνεται η δυνατότητα μεταφοράς μηνυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις.

Μάλιστα, χάρη στην προσφορά του Joseph Henry στην πλήρη ενίσχυση των ηλεκτρομαγνητικών ρελέ, επιτεύχθηκε κάλυψη μεταφοράς μηνύματος κατά 16 χιλιόμετρα, απόσταση αδιανόητη για την εποχή της πρώτης Β.Ε.. Η εφεύρεση της τηλεγράφου αποτελεί ορόσημο για την εποχή της πρώτης Β.Ε., καθώς θέσπισε τα θεμέλια για μία μακρά επιστημονική περίοδο εμβάθυνσης στον τομέα των τηλεπικοινωνιών.

Χάρη στην ανακάλυψη του Morse, οι αποστάσεις εκμηδενίστηκαν και οι χρόνοι μετάδοσης μειώθηκαν κατά τεράστια ποσοστά, ενώ ταυτοχρόνως επιτεύχθηκε η αξιοπιστία στη λήψη και μετάδοση μηνυμάτων [12].

1.1.2 Κοινωνικοπολιτικές Αλλαγές κατά την 1^η Βιομηχανική Επανάσταση

Η περίοδος της 1^{ης} Β.Ε. αποτέλεσε μία από τις πιο σημαντικές εποχές – ορόσημο, καθώς χάρη στο απότομο άλμα της τεχνολογικής εξέλιξης, σημειώθηκαν γεγονότα που καθίδρυσαν το σύστημα εργασίας και ζωής σε τέτοιο βαθμό, όπου τα αποτελέσματα είναι πλήρως εμφανή ακόμη και σήμερα.

Τα αποτελέσματα της ένταξης των πρώτων μηχανών παραγωγής στις διαδικασίες παραγωγής, που σημάδεψαν την εποχή του 18^{ου} με 19^{ου} αιώνα, μπορούν να χαρακτηρισθούν ως αισιόδοξα ταυτοχρόνως όμως και ως απαισιόδοξα. Κύριο γεγονός που σημάδεψε χαρακτηριστικά εκείνη την εποχή, αποτέλεσε η μετάβαση από την αγροτική οικονομία στην βιομηχανοποίηση [13].

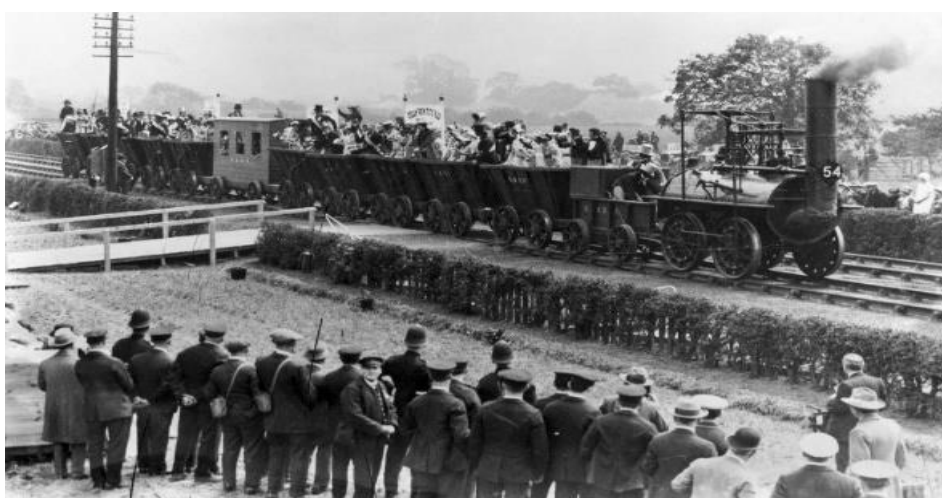
Με την παραπάνω διαδικασία ανάπτυξης, δημιουργήθηκε τεράστια ζήτηση από εργαζόμενους σε βιομηχανικούς τομείς παραγωγής. Χιλιάδες μετανάστες έσπευσαν σε σημεία μαζικών βιομηχανικών μονάδων με σκοπό την εργασία με μεγαλύτερες βλέψεις για ανάπτυξη, καθώς οι περισσότεροι πλέον δεν μπορούσαν να εξασφαλίσουν τα προς το ζην έχοντας ως μόνιμη εργασία το κτήμα – χωράφι τους. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν τα πρώτα αστικά κέντρα.

Μία επίσης θετική επίδραση που καθιστά την 1^η Β.Ε. ως σημείο ορόσημο, αποτελεί η διαδικασία της εκμάθησης των νέων τεχνολογιών στους εργαζομένους. Λόγω της αυξημένης ζήτησης για εξειδικευμένο προσωπικό, οι εκάστοτε μηχανικοί και εργοδότες, επένδυναν μεγάλα ποσά με σκοπό την εκμάθηση της λειτουργίας των μηχανών παραγωγής προς του εργαζομένους. Ως αποτέλεσμα, αυξήθηκε σε συνολικό βαθμό το επίπεδο γνώσεων και εξειδίκευσης, σε πολύ βραδείς βέβαια ρυθμούς.

Θετικό αντίκτυπο φυσικά αποτέλεσε το γεγονός της ανάπτυξης σε τομείς μεταφορών (δημιουργία πρώτων γραμμών σιδηροδρομικού δικτύου, δημιουργία δρόμων για οχήματα μεταφοράς κ.ά.), καθώς και η “απαλλαγή” του ανθρώπου και των ζώων από τις βαρέως τύπου χειρωνακτικές εργασίες (φορτοεκφόρτωση μεγάλων μαζών, διανύσματα μεγάλων

αποστάσεων κ.ά.). Το παραπάνω χαρακτηριστικό φυσικά οφείλεται στη διαδικασία εκμετάλλευσης της πίεσης που δημιουργεί ο ατμός, καθώς και των μετέπειτα μέσων καυσίμου που αναπτύχθηκαν (κυρίως άνθρακας) [14].

Από οικονομική σκοπιά, τα αποτελέσματα της 1^{ης} Β.Ε. περιλάμβαναν μεγάλη μείωση του κόστους παραγωγής και μεταφοράς των προϊόντων, ενώ οι γραμμές εμπορίου ενισχύθηκαν πλήρως. Εκτιμάται συνολική αύξηση του εμπορίου ανά χώρα σε τεράστια ποσοστά, γεγονός που σήμανε την παγκόσμια ανάπτυξη σε επίπεδο πόρων. Πλέον οι άνθρωποι είχαν άμεση πρόσβαση σε πολλά περισσότερα αγαθά, συμπεριλαμβανομένων εργαλείων, ρούχων και μετάλλων, γεγονός αφάνταστο σε προηγούμενα χρόνια.



Εικόνα 5 Εγκαίνια σιδηροδρομικής γραμμής με ατμοκίνητο τρένο των Stockton και Darlington-Τεράστια ανάπτυξη σε επίπεδο μεταφορών- Britannica.com

Δυστυχώς, η εκμετάλλευση, οι απάνθρωπες συνθήκες εργασίας, τα υπερβολικά ωράρια, η εργασία δίχως τα απαραίτητα μέσα ατομικής προστασίας και οι χαμηλές χρηματικές απολαβές δεν άργησαν να φανούν.

Εξαιτίας των παραπάνω γεγονότων, η εποχή μαστιζόταν από συνεχείς εργατικές εξεγέρσεις, με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και απολαβών της εργατικής τάξης. Με τη μερική αποδοχή των αιτημάτων της εργατικής τάξης, σχηματίστηκε η μεσαία κοινωνική τάξη, η οποία βρισκόταν στο ενδιάμεσο μεταξύ της χαμηλής τάξης και της υψηλής.

Σε κοινωνικό επίπεδο φυσικά πραγματοποιήθηκε έντονος διχασμός μεταξύ των κοινωνικών στρωμάτων, καθώς ναι μεν η μερική αυτοματοποίηση σηματοδότησε μία ενδεχόμενη μελλοντική τεχνολογική ανάπτυξη, ταυτοχρόνως όμως σηματοδότησε και την αρχή μίας έντονα δυσμενούς κατάστασης.

Οι “λίγοι” αριθμητικά πλουσιοκράτες της εποχής, με σκοπό τη μεγιστοποίηση του κέρδους τους, δε δίστασαν να σχηματίσουν την κατάσταση ευημερίας προς τους ίδιους, επιφέροντας έντονα αρνητικά αποτελέσματα προς τους εργάτες. Δυστυχώς, εξαιτίας των φαινομένων εκμετάλλευσης και ανισότητας, δεν άργησε να φανεί επίσης η παιδική εργασία. Ως αποτέλεσμα των γεγονότων που μάστιζαν την εποχή, σημειώθηκαν οι πρώτες ιδεολογίες περί κομμουνισμού.



Εικόνα 6 Η παιδική εργασία ως η χειρότερη μορφή εκμετάλλευσης- Η παιδική εργασία δεν αποτελούσε κάτι το πρωτοφανές την περίοδο αυτή-Britannica.com

Χάρη στα τεράστια κέρδη που επέφερε η μερική αυτοματοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, οι βιομήχανοι της εποχής έσπευσαν στην προσπάθεια επέκτασης σε άλλες χώρες και ηπείρους, με σκοπό την παροχή μεγαλύτερων ποσοτήτων πρώτων υλών, κυρίως μετάλλου και υφασμάτων.

Στο σημείο αυτό εγκαθιδρύθηκε η έννοια του ιμπεριαλισμού ή αλλιώς γνωστή ως επεκτατική πολιτική, της οποίας σκοπός φυσικά ήταν η πλήρης εκμετάλλευση των υπολοίπων λαών για την κατοχή των πρώτων υλών τους, με κύριους αποδέκτες της κατάστασης αυτής να είναι η Αφρική και η Ασία.

Εκτός φυσικά των συνολικών επιπτώσεων, δε θα μπορούσε να παραμείνει η περιβαλλοντική ζημία που δημιουργήθηκε. Η ανεξέλεγκτη καύση του άνθρακα για τη λειτουργία των μηχανών, η συνεχής κατασκευή και η εξόρυξη των μεταλλευμάτων, είχαν ως αποτέλεσμα την έντονη περιβαλλοντική δυσχέρεια. Εκτιμάται πως τα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα στα αστικά κέντρα εξαιτίας των καύσεων των μηχανών, αυξήθηκαν σε τεράστιο βαθμό, φτάνοντας σε σημεία όπου δεν ήταν ορατός ο ουρανός! Με τον τρόπο αυτό, σηματοδοτήθηκαν τα πρώτα δείγματα μόλυνσης της ατμόσφαιρας, κάνοντας την αρχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούμε στο γεγονός πως ενώ στην πραγματικότητα θα έπρεπε κατά την πρώτη Β.Ε. να βιώνουμε σημαντικές αλλαγές σε επίπεδο φόρτου εργασίας, κοινωνικής ευημερίας και παροχών, δυστυχώς οι αλλαγές αυτές σηματοδοτήθηκαν από τις αρνητικές επιπτώσεις που προαναφέρθηκαν [15].

1.1.3 Συμπεράσματα των Αποτελεσμάτων της 1^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης

Η πρώτη Β.Ε. αποτελεί αδιαμφισβήτητο σημείο ορόσημο της τεχνολογικής, κοινωνικοπολιτικής και οικονομικής εξέλιξης των επόμενων αιώνων. Τα τεράστια σημασία εξελισσόμενα τεχνολογικά επιτεύγματα που έλαβαν μέρος κατά την περίοδο μεταξύ 18^{ου} και 19^{ου} αιώνα, διαρρύθμισαν τις ζωές των ανθρώπων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η απαλλαγή του ανθρώπου από χειρωνακτική εργασία βαρέως τύπου, η μείωση του χρόνου παραγωγής σε τεράστιο βαθμό, η πρόσβαση σε πολλά περισσότερα αγαθά και η ραγδαία αύξηση του εμπορίου και της οικονομίας, κατέστησαν μία νέα εποχή ανάπτυξης, καινοτομίας και εξελιξιμότητας.



Εικόνα 7 Εργοστάσια επεξεργασίας μετάλλων σε αστικό κέντρο της Βρετανίας-Ανεξέλεγκτη καύση άνθρακα-Britannica.com

Βέβαια, η ροή της ιστορίας δε στέκεται αποκλειστικά στο θετικό αντίκτυπο των παραπάνω εξελίξεων, καθώς ταυτόχρονα με την ανάπτυξη και την εν δυνάμει ευημερία, δυστυχώς το κοινωνικοπολιτικό επίπεδο κλονίστηκε σε τεράστιο βαθμό.

Η πρώτη αιτία στην οποία οφείλεται εν μέρει η δυσάρεστη αυτή συγκυρία των εξελισσόμενων γεγονότων, αποτέλεσε η “απότομη” αλλαγή των υπαρχόντων δεδομένων εργασίας και καθημερινότητας των πολιτών. Δε θα πρέπει να αγνοούμε το γεγονός πως τα τελευταία εκατοντάδες χρόνια πριν την 1^η Β.Ε., οι χειρωνακτικές εργασίες, οι μεταφορές και οι γενικότερες εργασιακές δυσκολίες των ανθρώπων στην καθημερινότητα, ουδεμία σύγκριση είχαν με την ένταξη των πρώτων μηχανών στην παραγωγή. Οι κύριες αλλαγές στον τρόπο ζωής και την καθημερινότητα των ανθρώπων σημειώθηκαν σε διάστημα λιγότερο των 80 ετών, γεγονός που δεν μπορούσε να διαχειριστεί η μεγάλη πλειοψηφία των πολιτών.

Ως δεύτερη αιτία στα δυσάρεστα δρώμενα, αποτέλεσε το γεγονός της τεράστιας αναζήτησης εργασίας από τους ανθρώπους της επαρχίας στα πρωτοσχηματιζόμενα αστικά κέντρα. Με την ένταξη τεράστιας μερίδας ανθρώπων από την αγροτική στην βιομηχανική οικονομία, οι κάτοχοι των πρώτων βιομηχανικών μονάδων λειτούργησαν με στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους με τα λιγότερα έξοδα. Ως αποτέλεσμα, οι μισθοί των εργαζομένων δεν ικανοποιούσαν ούτε στο ελάχιστο τις απαιτήσεις της τότε καθημερινότητας, οι συνθήκες εργασίας και η ασφάλεια των εργατών μετασχηματιζόταν σε ζημία των κερδών της επιχείρησης.

Δυστυχώς πλέον αποτελεί γνωστό φαινόμενο η απόκλιση από τα αναμενόμενα αποτελέσματα που θα επιφέρει κάποια εφεύρεση – εξέλιξη σε τεχνολογικό τομέα, σε κοινωνικοπολιτικό αλλά και οικονομικό πλαίσιο διακύμανσης. Η 1^η Β.Ε. μας έδωσε τις πρώτες εκτιμήσεις για τη ροή των εξελισσόμενων γεγονότων που λαμβάνουν μέρος κατά τη δημιουργία “διευκολύνσεων” στην καθημερινότητά μας, γεγονός που θα πρέπει να επέρχεται ομαλά και σταδιακά στις ζωές μας.

1.2 2^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Κατά την περίοδο της 2^{ης} Β.Ε., τέλη 19^{ου} με αρχές 20^{ου} αιώνα, διαδραματίστηκαν οι σημαντικότερες στιγμές τεχνολογικής, κοινωνικοπολιτικής και οικονομικής εξέλιξης, σε βαθμό κατά τον οποίο ακόμη και σήμερα βιώνουμε τα αποτελέσματά της.

Η τεράστια έξαρση της μηχανικής και των επιστημών, που κατείχαν ως βάση τα προηγούμενα τεχνολογικά και επιστημονικά επιτεύγματα της 1^{ης} Β.Ε., οδήγησαν στην

πλήρη αναδιάρθρωση της εργασιακής, κοινωνικής και οικονομικής πλευράς των κοινωνιών παγκοσμίως.

Εκτός φυσικά από τη διατήρηση των υπαρχόντων συστημάτων και διαδικασιών λειτουργίας στις βιομηχανικές μονάδες των αστικών κέντρων, πλέον οι άνθρωποι έχουν την γνώση και την ικανότητα για σύνθεση νέων πιο πολύπλοκων προϊόντων.

Τα προϊόντα αυτά, ανάμεσα σε άλλα, περιλαμβάνουν το πλαστικό, σύνθετα γεωλογικά πετρώματα, κράματα ελαφριών μετάλλων με περισσότερες δυνατότητες κ.ά.

Το ίσως πιο ευρέως γνωστό κράμα του οποίου η παραγωγή μετατράπηκε άμεσα σε μαζική, αποτελεί το ατσάλι (steel), με ιδιαίτερες ικανότητες αντοχής καταπονήσεων, αντοχή στο χρόνο, σχετικά εύκολη και φθηνή διαδικασία παραγωγής και εύκολη ένταξη σε πολλαπλές κατασκευές, όπως, μηχανήματα, οχήματα, εξαρτήματα κ.ά.

Αξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός του μετασχηματισμού των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται πλέον, οι οποίες περιλαμβάνουν το πετρέλαιο και το ηλεκτρικό ρεύμα, με πλήρως διαφορετικά και αποδοτικότερα χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τον άνθρακα.

Ακολούθως θα αναλυθούν οι σημαντικότερες ανακαλύψεις – εφευρέσεις που μετασχημάτισαν την καθημερινότητα των ανθρώπων, καθώς και οι μετέπειτα κοινωνικοπολιτικές – οικονομικές επιπτώσεις που επέφεραν.

1.2.1 Ανακαλύψεις – Εφευρέσεις που Σημάδεψαν την Περίοδο της 2^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης

Φαινόμενο του Ηλεκτρισμού (*Electric Effect*)

Γνωστό αποτελεί το γεγονός πως εκατοντάδες επιστήμονες, ήδη από την πρώτη Β.Ε., ασχολούνταν έντονα με τις δυνατότητες που μπορεί να επιφέρει το φαινόμενο του ηλεκτρισμού. Την περίοδο της δεύτερης Β.Ε., 2 επιστήμονες αποτέλεσαν σημείο ορόσημο για την τροπή που θα λάβει ο κόσμος σε όλους τους τομείς της καθημερινότητας.

Ο Thomas Edison και ο Nicola Tesla, λειτουργώντας σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, έθεσαν τα θεμέλια για την πλήρη αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των βιομηχανιών αλλά και των δομών παγκοσμίως.

Οι ανακαλύψεις και οι εφευρέσεις τους βασίστηκαν στο έργο πολλών επιστημόνων, συμπεριλαμβανομένων του Michael Faraday και του Alessandro Volta. Το έτος 1879, επιτεύχθηκε η κατασκευή της πρώτης λάμπας πυρακτώσεως, από τον υψίστης σημασίας στον κόσμο της εξέλιξης των επιστημών Thomas Edison [16].



Εικόνα 8 Λάμπα πυρακτώσεως-Εφεύρεση μέγιστης σημασίας-Britannica.com

Αδιαμφισβήτητο είναι το γεγονός της τεράστιας σημασίας της εφεύρεσης ακόμη και σήμερα, καθώς τέθηκαν τα θεμέλια μίας τεράστιας σειράς ανακαλύψεων με βάση τη λάμπα.

Ο τρόπος λειτουργίας της ηλεκτρικής λάμπας περιλαμβάνει:

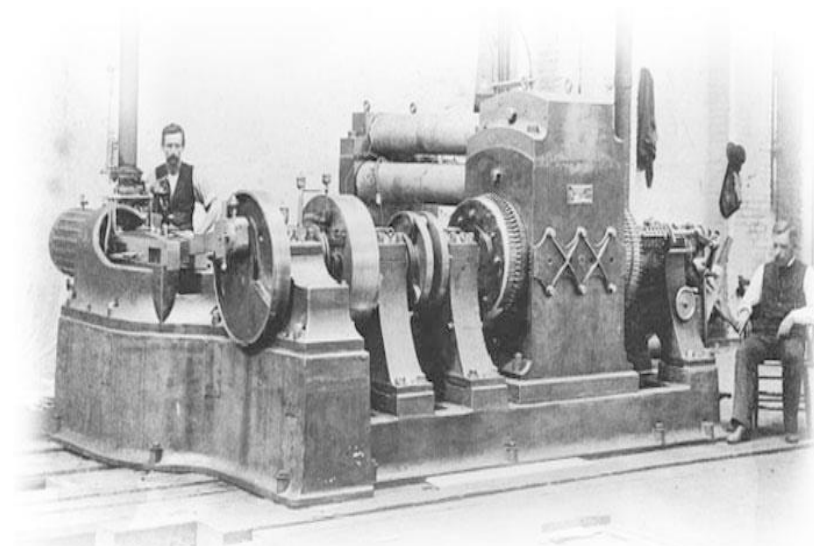
- Σύρμα Πυρακτώσεως Βολφραμίου (Tungsten),
- Γυάλινη επιφάνεια επικάλυψης,
- Αδρανές αέριο εντός της γυάλινης επιφάνειας (συνήθως Αργό).

Κατά την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο σύρμα πυρακτώσεως Βολφραμίου, πραγματοποιείται μεγάλη αύξηση θερμοκρασίας (συνήθως μέχρι 3000°C) λόγω της αντίστασης του υλικού. Η αύξηση της θερμοκρασίας αυτής, πραγματοποιεί εκτόνωση μέσω λάμψης, η οποία διατηρείται χωρίς να μειωθεί – σβήσει λόγω του αδρανούς αερίου που βρίσκεται εντός της λάμπας.

Η δεδομένη για σήμερα αυτή εφεύρεση, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εφευρέσεις στην ιστορία των ανακαλύψεων, όχι μόνο για τη σύλληψη της ιδέας, αλλά και για την άμεση δυνατότητα ένταξης των ηλεκτρικών λαμπών σε σπίτια, επιχειρήσεις κ.ά., κάνοντας τις πλήρως προσβάσιμες [17].

Εκτός φυσικά από την αρχική εφεύρεση της ηλεκτρικής λάμπας, ο Thomas Edison εδραιώθηκε σε πολλούς τομείς, με μία επίσης εξίσου σημαντική εφεύρεση να αποτελεί το πρώτο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας [18]. Το έτος 1882 ο Edison επέκτεινε την ήδη υπάρχουσα επιχείρησή του, δημιουργώντας το πρώτο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις βρίσκονταν στο Manhattan όπου και αρχικά διανέμονταν παροχή ρεύματος σε 59 πελάτες. Μέσα σε μικρό διάστημα, το δίκτυο διανομής δεν αφορούσε 59, αλλά 508 πελάτες, που επιθυμούσαν την εναλλακτική αυτή πηγή ενέργειας, κυρίως ως αποδοτικότερη πηγή φωτός. Οι ηλεκτρικές λάμπες βρίσκονταν σε ακμαίο σημείο πωλήσεων, έχοντας φτάσει τις 10.000 ήδη τοποθετημένες.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούμε στο τρόπο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον Thomas Edison.

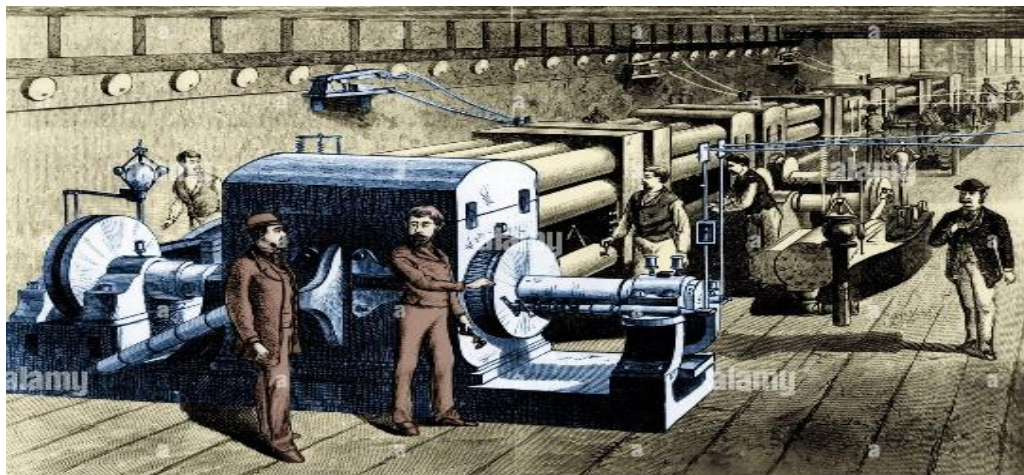


Εικόνα 9 Γεννήτρια Δυναμό από τον Thomas Edison
Britannica.com

Εξελίσσοντας τις ήδη υπάρχουσες ιδέες και εφευρέσεις του Michael Faraday, ο Edison επιδίωξε και πάλι επιτυχώς την κατασκευή μίας γεννήτριας παροχής συνεχούς ρεύματος, το καθ' ονομασία δυναμό. Ο τρόπος λειτουργίας της γεννήτριας δυναμό από τον Edison επεξηγείται ακολούθως:

Κύρια προϋπόθεση για την λειτουργία του δυναμό, αποτελεί η περιστροφή του ρότορα. Για την περιστροφή του ρότορα, χρησιμοποιήθηκε η ατμομηχανή παροχής πεπιεσμένου ατμού. Ο ρότορας (ή αλλιώς άξονας περιστροφής) παραμένει διασυνδεδεμένος με τυλιγμένο πηνίο, ενώ ο πυρήνας του είναι σιδερένιος. Γύρω από το πηνίο του άξονα παραμένει σταθερά συνδεδεμένος ένας μαγνήτης, με σκοπό τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου εντός της συσκευής

του δυναμό. Όπως είχαν προβλέψει οι πειραματικές διατάξεις και οι μελέτες του Michael Faraday, το μαγνητικό περιστροφικό πεδίο, δημιουργεί τη ροή των ηλεκτρονίων του αγωγού. Με την κατάλληλη διασύνδεση του αγωγού (καλώδιο χαλκού), δημιουργείται παροχή ηλεκτρικού ρεύματος [19].



Εικόνα 10 Δωμάτιο Δυναμό-Απεικόνιση του δικτύου διανομής ρεύματος-Παρατηρούμε τις 4 Δυναμογεννήτριες, τις παροχές πεπιεσμένου ατμού, τις εξόδους ρεύματος και τους μετασχηματιστές - Britannica.com

Ο Thomas Edison, πλήρως εμπνευσμένος από την πειραματική αυτή διάταξη, κατάφερε να δημιουργήσει ένα δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό την τροφοδότηση των 10.000 λαμπών που είχε δημιουργήσει ο ίδιος. Το μέγεθος του δικτύου φυσικά ήταν τεράστιο, καθώς αποτελούταν από 14 διατάξεις παροχής ατμού (boilers) οι οποίες τροφοδοτούσαν τα 4 δυναμό συνεχούς ρεύματος, επίσης τεραστίων διαστάσεων (το κάθε δυναμό είχε βάρος 10 τόνων !). Ένα επιπλέον σημαντικό στοιχείο του δικτύου του Edison, αποτελούν οι μετασχηματιστές συνεχούς ρεύματος, με σκοπό την μείωση των παραγόμενων 110 Volt του κάθε δυναμό, σε τροφοδοσία Volt κατάλληλη για λάμπες πυρακτώσεως.

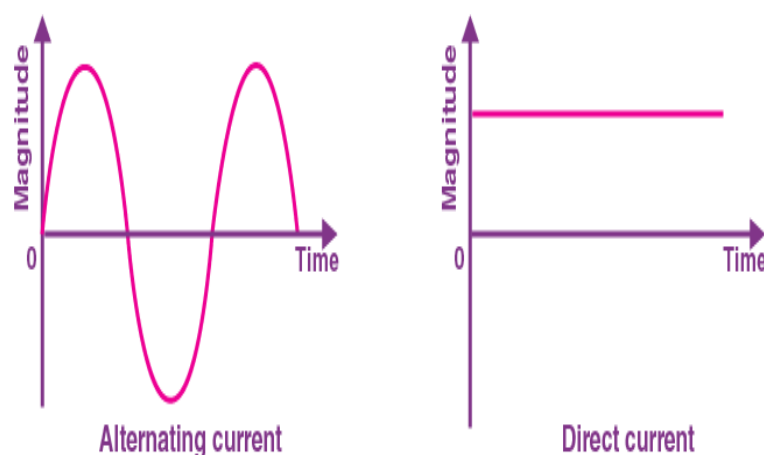
Για να συλλογιστούμε το μέγεθος της σημαντικότητας της εφεύρεσης αυτής, αρκεί να αναφερθούμε στις εκατοντάδες χρήσεις του δυναμό, όπως ανεμογεννήτριες, γεννήτριες φραγμάτων νερού, δυναμό αυτοκινήτου κ.ά. Με τον τρόπο αυτό, ο Thomas Edison έδειξε την ικανότητα και τις δυνατότητες που μπορεί να παρέχει το ηλεκτρικό φαινόμενο, διασυνδέοντας για αρχή 58 επιχειρήσεις [19].

Στην αντίπερα όχθη σχετικά με το θέμα του φαινομένου του ηλεκτρισμού, ο Nicola Tesla, έχοντας έντονη διαμάχη με τον Thomas Edison σχετικά με τη φύση του ρεύματος, άλλαξε τα δρώμενα την 2^{ης} Β.Ε.. Ο λόγος φυσικά αφορά τη γνωστή «διαμάχη των ρευμάτων», δηλαδή το διαχωρισμό του ηλεκτρικού ρεύματος σε συνεχές και εναλλασσόμενο.

Ο Nicola Tesla ορθώς πίστευε πως με τη δυνατότητα παροχής του ηλεκτρικού ρεύματος σε εναλλασσόμενο επίπεδο θα προσέδιδε μεγαλύτερη ισχύ, ασφάλεια και διάνυσμα μεγαλύτερων αποστάσεων, μειώνοντας σημαντικά τις απώλειες ισχύος κατά τη μεταφορά του [20].

Σε φυσικό επίπεδο, με τον ορισμό εναλλασσόμενου ρεύματος, εννοούμε τη διακύμανση του μαγνητικού επιπέδου της γεννήτριας δυναμό από θετικό επίπεδο – μηδενικό επίπεδο – αρνητικό επίπεδο – μηδενικό επίπεδο – θετικό επίπεδο κ.ο.κ. Η ταχύτητα εναλλαγής της κατάστασης του ρεύματος ονομάστηκε ως συχνότητα εναλλαγής. [21]

Ο τρόπος παραγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος πραγματοποιούταν στους εναλλάκτες, οι οποίοι τροφοδοτούνταν από συσκευές εναλλαγής κατάστασης του ρεύματος, δηλαδή τους Inverters [22]. Σύμφωνα φυσικά με τις πειραματικές διατάξεις του Nicola Tesla, η παροχή του εναλλασσόμενου ρεύματος μείωνε σημαντικά την απότομη ισχύ του, κάνοντάς το ασφαλές, και ικανό για χρήση σε μικρότερες μονάδες παροχής ρεύματος όπως οι οικίες.



Εικόνα 11 *Εναλλασσόμενο και Συνεχές Ρεύμα*
Διαγραμματική απεικόνιση

Φυσικά η κοινωνία, έχοντας ήδη εντρυφήσει με τις διατάξεις παροχής συνεχούς ρεύματος από τον Thomas Edison, δεν έδειχνε αμέριστη εμπιστοσύνη στις νέες διατάξεις του Nicola Tesla. Με τον τρόπο αυτό, παρά την μη άμεση αποδοχή των ερευνών του Tesla, καθιερώθηκε η χρήση του εναλλασσόμενου ρεύματος ως μέσο μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος, εδραιώνοντας έτσι και τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος στη σημερινή εποχή. Αξίζει να αναφερθεί πως τα πλεονεκτήματα του εναλλασσόμενου ρεύματος σε σχέση με το συνεχές ποικίλλουν και δεν αφορούν αποκλειστικά τον σημαντικά μικρότερο βαθμό απωλειών.

Μερικά από τα πλεονεκτήματά του περιλαμβάνουν:

Απλή μετατροπή τάσης

Χρησιμοποιώντας μετασχηματιστές, το εναλλασσόμενο ρεύμα μπορεί να μετατραπεί γρήγορα σε διάφορα επίπεδα τάσης. Αυτό επιτρέπει την αποτελεσματική μετάδοση ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις και την προσαρμογή της τάσης ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες διαφόρων συσκευών και εφαρμογών. Λόγω των μειωμένων απωλειών ενέργειας που παρουσιάζει το εναλλασσόμενο ρεύμα κατά τη μεταφορά, ιδίως σε μεγάλες αποστάσεις, η ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί αποτελεσματικότερα από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στους πελάτες.

Ευκολία στον έλεγχο και τη διανομή

Σε διαφορετικές θέσεις του ηλεκτρικού δικτύου, το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι απλούστερο στη ρύθμιση, τον έλεγχο και τη διανομή. Αυτό διευκολύνει την κατασκευή περίπλοκων δικτύων διανομής και τη διαχείριση των φορτίων και της τάσης.

Ασφάλεια

Όταν συμβεί βραχυκύκλωμα, το εναλλασσόμενο ρεύμα έχει την τάση να κλείνει μόνο του, μειώνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς και ηλεκτροπληξίας. Από την άλλη πλευρά, το συνεχές ρεύμα μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες καταλήξεις, κατά τις οποίες διακυβεύονται μεγάλα ποσά ενέργειας τάσης, ικανά για καταστροφή εξοπλισμού ή ακόμη και θανάσιμου τραυματισμού του χρήστη.

Χάρη στην επιτυχή ενσωμάτωση του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος στην καθημερινότητα της κοινωνίας κατά την εποχή εκείνη, έλαβαν χώρα σημαντικότερες εφευρέσεις-ανακαλύψεις που η αξιοποίησή τους φέρει αποτελέσματα ακόμη και στη σύγχρονη κοινωνία [23].

Αυτοκινούμενο Όχημα (*Automotive Vehicle*)

Ίσως η σημαντικότερη ανακάλυψη στον τομέα των μεταφορών και κάλυψης αποστάσεων γενικότερα αποτελεί η γέννηση της ιδέας της αυτοκίνησης. Φυσικά για τη γέννηση της ιδέας της αυτοκίνησης, απαιτείται ένα μεγάλο φάσμα ειδικοτήτων, κυρίως τομείς μηχανολογίας, χημικής μηχανικής και υδραυλικών συστημάτων.

Το πρώτο αυτοκινούμενο όχημα, που φέρει το όνομα: "Benz Patent-Motorwagen" σηματοδότησε την αρχή μίας τεράστιας σημασίας σειράς ανακαλύψεων και συνεχών επενδύσεων στον τομέα της αυτοκίνησης [24].



Εικόνα 12 *Benz Patent-Motorwagen: Το πρώτο αυτοκινούμενο όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης - Britannica.com*

Κατά την περίοδο του τέλους του 19^{ου} αιώνα, οι ανάγκες για μεταφορά φορτίων και ανθρώπων αυξήθηκαν δραματικά. Λόγω φυσικά της 1^{ης} Β.Ε., όπου η διακίνηση πόρων αποτελούσε άμεσο ζήτημα, τεράστια ποσά χρημάτων και εργατοωρών δαπανούνταν, με σκοπό την κατασκευή ατμοκίνητων οχημάτων βαρέως τύπου, κυρίως τρένων.

Η χωροταξική δομή που απαιτούνταν, με τις ταυτόχρονες δυσκολίες στη λειτουργία του τρένου (θόρυβος, έντονη μόλυνση του περιβάλλοντος από αέριο άνθρακα), καθώς και η τεράστια ζήτηση σε εργάτες για την κατασκευή του, είχε ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση των ανθρώπων αποκλειστικά με ζώα και κάρρα.

Παρατηρώντας την ανάγκη της κοινωνίας, ο Karl Benz αποφάσισε να αναπτύξει μια επαναστατική λύση. Εμπνεύστηκε από την ιδέα ενός αυτοκινούμενου οχήματος που θα λειτουργούσε με μηχανικό κινητήρα εσωτερικής καύσης και θα ξεπερνούσε τις προκλήσεις των παραδοσιακών μεθόδων μεταφοράς.

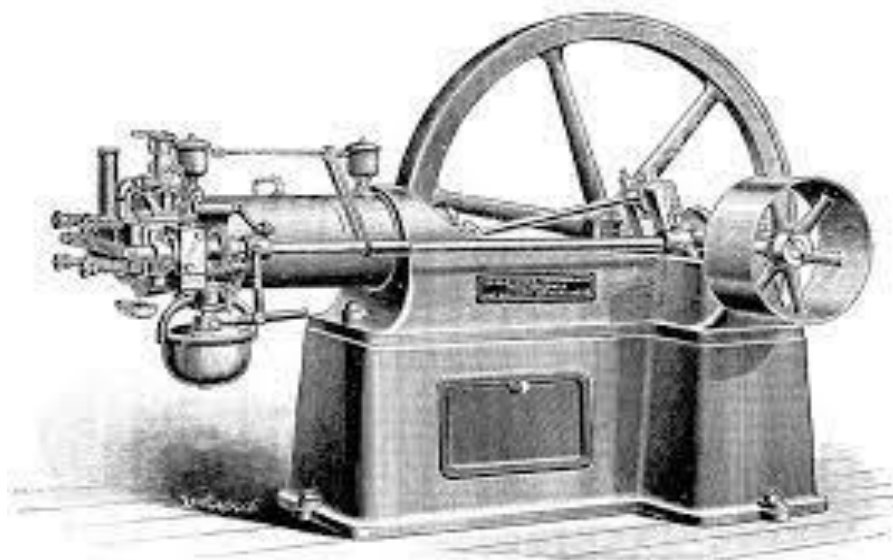
Σημείο ορόσημο για την εξελικτική πορεία της αυτοκίνησης φυσικά αποτελεί η εφεύρεση του τετράχρονου κινητήρα βενζίνης, από τον Alphonse Beau de Rochas, στις θεωρίες του οποίου βασίστηκε ο Karl Benz, ώστε να πραγματοποιηθεί η ενσωμάτωση του κινητήρα προς αξιοποίηση για αυτοκίνηση [25]. Για άλλη μία φορά παρατηρούμε πως οποιαδήποτε εξέλιξη

σε τομείς επιστήμης και τεχνολογίας, συνδυάζεται άμεσα με την αξιοποίηση των έργων και ανακαλύψεων μίας μεγάλης μερίδας ανθρώπων.

Η γενικότερη ιδέα μηχανικής λειτουργίας του οχήματος είναι ως ακολούθως:

Το σύστημα είναι εξοπλισμένο με τετράχρονο κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ο αέρας εισέρχεται μέσω της βαλβίδας εισαγωγής και στη συνέχεια συμπιέζεται στον κύλινδρο καθώς το έμβολο κινείται προς τα πάνω. Το μπουζί αναφλέγει το συμπιεσμένο μείγμα αέρα-καυσίμου, προκαλώντας έκρηξη που ωθεί το έμβολο προς τα κάτω, παράγοντας μηχανική ενέργεια. Η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει, ωθώντας το θερμό και υπό πίεση αέριο προς τα έξω. Αυτός ο τετράχρονος κύκλος δημιουργεί περιστροφική κίνηση, η οποία μεταδίδεται στους τροχούς, προωθώντας το όχημα προς τα εμπρός. Το όχημα είναι μονοκύλινδρο, κινείται με βενζίνη και έχει ειδική τρίτροχη σχεδίαση με δύο μεγάλους πίσω τροχούς για σταθερότητα και ένα μικρότερο μπροστινό τροχό για την οδήγηση. Μερικά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Benz-Patent περιλαμβάνουν έναν κινητήρα 954 κυβικών εκατοστών, με ισχύ 0,75 ίππων, που μπορούσε να φτάσει τη μέγιστη ταχύτητα των 16 χλμ./ώρα [26]. Ο ελαφρύς σχεδιασμός του οχήματος του επέτρεπε να διανύει αξιοσημείωτες αποστάσεις με ένα και μόνο χωρητικό ρεζερβουάρ καυσίμου, συνήθως μεταξύ 50 και 100 χιλιομέτρων.

Αναφερόμενοι στην μηχανή εσωτερικής καύσης του οχήματος, αξίζει να τονιστεί πως η κεντρική ιδέα λειτουργίας της αξιοποιείται ακόμη και στην σημερινή εποχή.



Εικόνα 13 Μηχανή εσωτερικής καύσης από τον Γάλλο εφευρέτη Alphonse de Rochas-βασικότερη προϋπόθεση κατασκευής του οχήματος από τον Karl-Benz -Britannica.com

Η γενική εικόνα λειτουργίας είναι η εξής:

Κατά την πρώτη φάση λειτουργίας, πραγματοποιείται ανάμειξη μεταξύ αέρα και βενζίνης εντός του κυλίνδρου της μηχανής. Στη δεύτερη φάση λειτουργίας πραγματοποιείται η λεγόμενη συμπίεση του καυσίμου (αέρας + βενζίνη) μέσω του εμβόλου πίεσης. Κατά την τρίτη φάση λειτουργίας της μηχανής, και πιο σημαντική, πραγματοποιείται η ανάφλεξη του υπό πίεση καυσίμου, προκαλώντας έντονη έκρηξη εντός του θαλάμου πίεσης, μετακινώντας το έμβολο κατά την αντίθετη φορά. Στο τέλος των φάσεων λειτουργίας της μηχανής, το υπό εξουθένωση από την πίεση αέριο, μεταφέρεται εκτός της μηχανής, μέσω του αγωγού καυσαερίων. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι συνεχής, εφόσον διατηρούμε σταθερή παροχή καυσίμου εντός του θαλάμου.

Η μηχανή εσωτερικής καύσης του Alphonse Beau de Rochas αποτελεί μία πλήρως επαναστατική μέθοδο αυτονομίας και εκμετάλλευσης παραγόμενης ενέργειας σε αξιοποιήσιμες λειτουργίες, στην προκειμένη περίπτωση ως κινητική [27].

Φυσικά ο Karl Benz επιδίωξε επιτυχώς την ενσωμάτωση της συγκεκριμένης μηχανής σε πολύ μικρότερη μορφή, αξιοποιήσιμη από ένα όχημα.

Ατσάλι (Steel)

Τεράστια σημασίας εγχείρημα κατά την περίοδο της 2^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης αποτελεί η δυνατότητα παραγωγής ατσαλιού.

Ιστορικά, από τις αρχαίες περιόδους της ανθρωπότητας παρατηρείται η ανάμειξη και οι συνεχείς προσπάθειες των ανθρώπων μας για κατασκευή ανθεκτικών εργαλείων.

Παρόλα αυτά, η δυνατότητα σωστής επεξεργασίας του Σιδήρου (Fe) αποτελούσε τρομερά χρονοβόρα, κοστοβόρα και επίπονη διαδικασία.

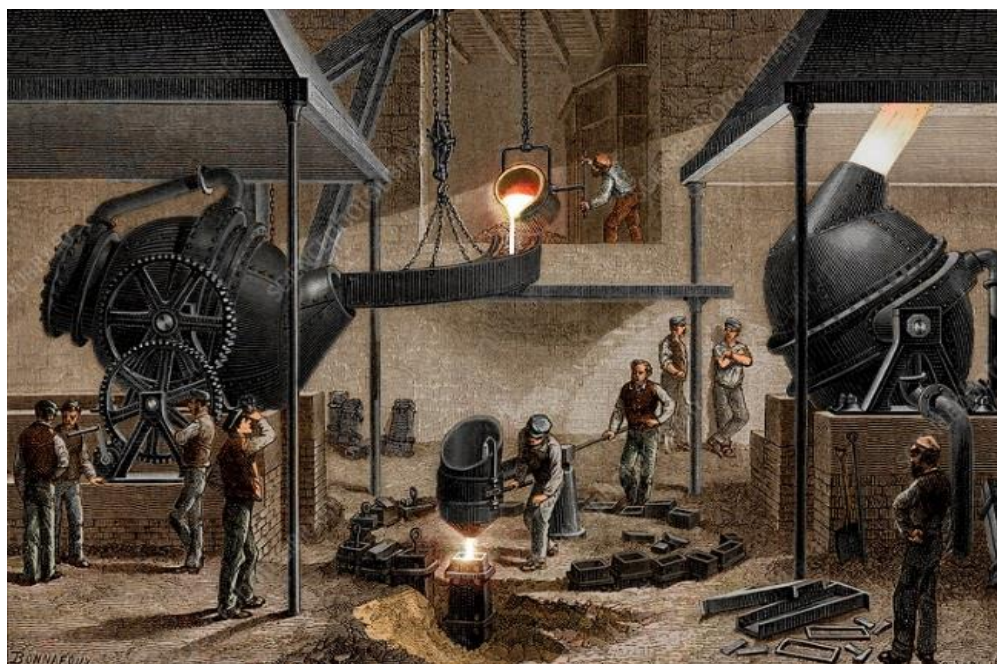
Κατά την περίοδο της 2^{ης} Β.Ε., χάρη στον Henry Bessemer και των μεθόδων επεξεργασίας του, επιδιώξαμε επιτυχώς την αυξημένη παραγωγή ατσαλιού, με αποτέλεσμα την τεράστια χρήση του σε παγκόσμιο επίπεδο σε πολλούς τομείς [28].

Η χημική σύσταση του ατσαλιού περιλαμβάνει 4 επίπεδα περιεκτικότητας Άνθρακα (C), δημιουργώντας έτσι 4 κατηγορίες σκληρότητας, οι οποίες αναλύονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) [29].

Πίνακας 1 Κατηγορίες Ατσαλιού με βάση την περιεκτικότητα σε Άνθρακα [29].

<ul style="list-style-type: none">• Περιεκτικότητα Άνθρακα έως 0.3% ⇒ Μαλακό Ατσάλι (<i>Mild Steel</i>)
<ul style="list-style-type: none">• Περιεκτικότητα Άνθρακα μεταξύ 0.3% και 0.6% ⇒ Μέτριας Σκληρότητας Ατσάλι (<i>Medium Carbon Steel</i>)
<ul style="list-style-type: none">• Περιεκτικότητα Άνθρακα μεταξύ 0.6% και 1.0% ⇒ Υψηλής Σκληρότητας Ατσάλι (<i>High Carbon Steel</i>)
<ul style="list-style-type: none">• Περιεκτικότητα Άνθρακα μεταξύ 1.0% και 2.0% ⇒ Πολύ Υψηλής Σκληρότητας Ατσάλι (<i>Ultra-High Carbon Steel</i>)

Όπως προαναφέρθηκε, ο Henry Bessemer αξιοποίησε πλήρως τις γνώσεις του πάνω στην μεταλλουργία, δημιουργώντας έτσι την πιο αποδοτική για την εποχή μέθοδο παραγωγής ατσαλιού.



Εικόνα 14 Βιομηχανία παραγωγής χάλυβα μέσω μετατροπέων Bessemer-
Britannica.com

Οι διαδικασίες και η πιο σημαντική του ανακάλυψη, ο μετατροπέας Bessemer, ανανέωσε πλήρως τις υπάρχουσες διαδικασίες παραγωγής και επεξεργασίας χάλυβα, ενισχύοντας το βαθμό απόδοσης και μειώνοντας πλήρως το χρόνο παραγωγής. Ο συγκεκριμένος μετατροπέας, αποτελεί το κυριότερο μέρος της διαδικασίας παραγωγής, καθώς η ευχρηστία του ήταν τεράστια.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του μετατροπέα Bessemer, περιλαμβάνουν:

- Κυλινδρικοί σχήμα (Απαραίτητη παράμετρος),
- Δυνατότητα πολλαπλών κινήσεων σε 2 άξονες (οριζόντια και κυκλική κίνηση),
- Υλικό κατασκευής: Χάλυβας υψηλής Σκληρότητας,
- Οπές στον πυθμένα του χαλύβδινου σώματος.

Η μέθοδος του περιγράφεται ως εξής:

Κατά το πρώτο βήμα της επεξεργασίας, ρευστός χυτοσίδηρος με πλήρη περιεκτικότητα σε ακαθαρσίες από άνθρακα (απαραίτητος για τη δημιουργία του ατσαλιού) ριχνόταν στο μετατροπέα Bessemer. Ο διάτρητος πυθμένας του μετατροπέα ήταν αυτό που τον έκανε μοναδικό. Ένα ισχυρό ρεύμα αέρα υψηλής πίεσης θα μπορούσε να ωθηθεί με τη βία στο λιωμένο σίδηρο του μετατροπέα περνώντας μέσα από αυτές τις οπές. Οι ακαθαρσίες και ο επιπλέον άνθρακας που υπήρχαν στο σίδηρο καίγονταν από αυτό το ρεύμα αέρα, το οποίο επίσης ανέβαζε σημαντικά τη θερμοκρασία του λιωμένου μετάλλου. Οι ακαθαρσίες και ο επιπλέον άνθρακας καίγονταν ή οξειδώνονταν καθώς ο αέρας διαπερνούσε το λιωμένο σίδηρο. Ο μετασχηματισμός αυτός άφησε πίσω του έναν πιο καθαρό τύπο χάλυβα.

Σημαντικότερος παράγοντας επίσης για την επιτυχή αυτή διαδικασία αποτελεί το οξυγόνο, το οποίο διαπερνούσε το λιωμένο μέταλλο, το οποίο αποτελεί και την “καρδιά” του νέου αυτού συστήματος παραγωγής χάλυβα [30].

Φυσικά ο τομέας της μεταλλουργίας δεν αρκέστηκε στην παραγωγή των προαναφερόμενων κατηγοριών ατσαλιού, αλλά επεκτάθηκε σε υποκατηγορίες όπως το ανοξείδωτο ατσάλι, το ατσάλι υψηλής έλασης και διέλασης, ενώ επιπλέον αυξήθηκε η κατηγοριοποίηση των χαλύβων σε μαρτενσιτικούς, περλιτικούς, φερριτικούς και μπαινιτικούς αναλόγως των μηχανικών τους αντοχών (κυρίως σε εφελκυσμό και διάτμηση) και της κρυσταλλικής δομής τους [31].

Πλέον στη σημερινή βιομηχανία μεταλλουργίας, οι μέθοδοι επεξεργασίας και παραγωγής χάλυβα δεν πραγματοποιούνται μέσω της διαδικασίας Bessemer, λόγω ανανεωμένων συστημάτων αυτοματοποίησης των διαδικασιών.

Παρ’ όλα αυτά, αξίζει να αναφερθεί πως η διαδικασία αυτή προσέφερε τεράστια οφέλη στη μεταλλουργική βιομηχανία, με τα κυριότερα από αυτά να είναι τα ακόλουθα:

Οικονομικότερη Μέθοδος

Η μέθοδος Bessemer μείωσε σημαντικά την τιμή παραγωγής χάλυβα. Εξαφάνισε την ανάγκη για δαπανηρή και χρονοβόρα χειρωνακτική εργασία με τη μορφή του λιώματος και της λείανσης, χρησιμοποιώντας αέρα για την απομάκρυνση των ακαθαρσιών από το λιωμένο σίδηρο. Ο χάλυβας μπορούσε πλέον να παραχθεί σε μεγάλες ποσότητες, καθιστώντας τον πιο προσιτό και διαθέσιμο σε ένα ευρύτερο φάσμα επιχειρήσεων. Ήταν ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη της μεταποιητικής, κατασκευαστικής και σιδηροδρομικής βιομηχανίας.

Ποιοτική Ανάπτυξη του τελικού προϊόντος

Η διαδικασία Bessemer δημιούργησε χάλυβα με υψηλής ποιότητας ιδιότητες που είναι κατάλληλες για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Ως αποτέλεσμα, ο χάλυβας για τις κτηριακές κατασκευές και τα μηχανήματα έγινε ισχυρότερος και πιο αξιόπιστος.

Ταχύτητα Παραγωγής και Συνολική Ανάπτυξη της Βιομηχανίας παγκόσμιο επίπεδο

Η διαδικασία Bessemer ήταν πολύ ταχύτερη από τις προηγούμενες μεθόδους, επιτρέποντας την παραγωγή χάλυβα σε μεγαλύτερη κλίμακα και μειώνοντας τους χρόνους παράδοσης για διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. Επιπλέον, είχε παγκόσμιο αντίκτυπο, καθώς υιοθετήθηκε σε διάφορες χώρες, επιταχύνοντας περαιτέρω την εκβιομηχάνιση και την οικονομική ανάπτυξη [32].

Ενσύρματο Τηλέφωνο (*Wired Telephone*)

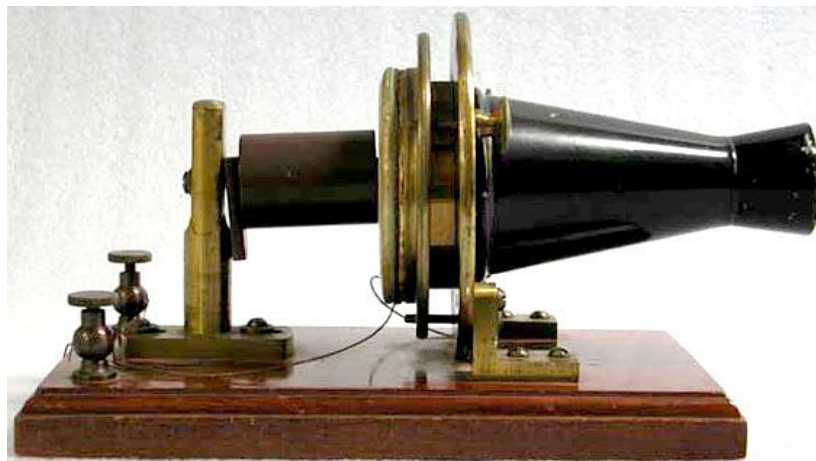
Εξαιρετικά μεγάλης σημασίας εφεύρεση, η οποία εδραίωσε τον τομέα της τηλεπικοινωνίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Εμπνευσμένο από τον Graham Bell, το τηλέφωνο σηματοδότησε την αρχή μίας τεράστιας σειράς εξελίξεων στον κόσμο των τηλεπικοινωνιών [33].

Φυσικά ο Graham Bell βασίστηκε στις ήδη εφαρμοσμένες γνώσεις του Morse, αντικαθιστώντας παρ' όλα αυτά πλήρως τα δεδομένα της απομακρυσμένης επικοινωνίας της εποχής. Η κεντρική ιδέα της κατασκευής του τηλεφώνου, περιλαμβάνει την ενσωμάτωση των ηλεκτρικών σημάτων εντός μίας συσκευής, η οποία θα είχε την ικανότητα της μεταφοράς των παραγόμενων σημάτων σε μία αντίστοιχη αλλά απομακρυσμένη συσκευή.

Η τεχνική λειτουργία του τηλεφώνου περιγράφεται ως ακολούθως:

Το τηλέφωνο του Bell μετέτρεπε τα ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικά ερεθίσματα χρησιμοποιώντας ένα διάφραγμα, ένα πηνίο σύρματος και έναν μαγνήτη. Το στοιχείο του διαφράγματος αποτελείται από μία μεμβράνη (σπανιότερα λεπτό μέταλλο), το οποίο διέθετε την ικανότητα να “δονείται” λόγω της πίεσης των ηχητικών κυμάτων που παρήγαγε κάποιος ομιλητής. Το πηνίο σύρματος βρίσκεται σε μικρή απόσταση διασύνδεσης μεταξύ του διαφράγματος και ενός σταθερού μαγνήτη, με σκοπό την δημιουργία ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Στην έξοδο του παραπάνω συστήματος βρίσκονταν 2 καλώδια χαλκού με σκοπό τη μετάδοση των παραγόμενων από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο σημάτων [34].

Πιο συγκεκριμένα: το διάφραγμα του τηλεφώνου δονείται κάθε φορά που κάποιος μιλούσε σε αυτό. Η απόσταση μεταξύ του πηνίου του σύρματος και του μαγνήτη μεταβαλλόταν ως αποτέλεσμα αυτών των δονήσεων, οι οποίες ανατακλούσαν τα ηχητικά κύματα της φωνής του ομιλητή.



Εικόνα 15 Η πρώτη λειτουργική εφεύρεση απομακρυσμένης επικοινωνίας από τον Graham Bell - Britannica.com

Το πηνίο του σύρματος κινούνταν μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη καθώς το διάφραγμα ταλαντωνόταν. Το ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται από το σύρμα παρουσίαζε ταλαντώσεις ως αποτέλεσμα αυτών των σχετικών κινήσεων. Το πηνίο κινούνταν σε αντίδραση στα ηχητικά κύματα, αλλάζοντας το ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο χρησίμευε ως ηλεκτρική αναπαράσταση των λέξεων που εκφωνούνταν. Στη συνέχεια, τα καλώδια σύνδεσης μετέφεραν αυτό το ρεύμα στο απομακρυσμένο τηλέφωνο. Το ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιήθηκε για να προκαλέσει παρόμοιες κινήσεις του διαφράγματος και του πηνίου στο άκρο λήψης. Αυτές οι κινήσεις μετέτρεπαν αποτελεσματικά τους ηλεκτρικούς παλμούς σε ακουστική ομιλία αναπαράγοντας τα αρχικά ηχητικά κύματα [35].

Αξίζει να αναφερθεί η τεράστια διαφορά που παρουσιάζει η εικόνα ενός σημερινού τηλεφώνου συγκριτικά με την εποχή της πρώτης εφεύρεσής του. Όμως, τα τότε αναλογικά δεδομένα λειτουργίας πολλών συστημάτων, έθεσαν τα θεμέλια στο μετέπειτα ψηφιακό μετασχηματισμό που εφαρμόστηκε με σκοπό την εξέλιξη και βελτίωσή τους. Πλήρως αναμενόμενο ήταν το γεγονός της εμφάνισης των τεράστιων πλεονεκτημάτων που επέφερε η εφεύρεση του ενσύρματου τηλεφώνου στην καθημερινότητα και τις ζωές των ανθρώπων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες αλλαγές που επέφερε η εφεύρεση:

Άμεση Επικοινωνία

Πριν από την εφεύρεση του τηλεφώνου, οι τηλεγράφοι που χρησιμοποιούσαν τον κώδικα Μορς ήταν το ταχύτερο μέσο για την αποστολή μηνυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Το τηλέφωνο επέτρεψε τη φωνητική επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που βελτίωσε τις διαπροσωπικές σχέσεις.

Εκμηδενισμός των Αποστάσεων

Πολλές επικοινωνίες απαιτούσαν προσωπικές συναντήσεις ή γραπτή αλληλογραφία πριν από την εφεύρεση του τηλεφώνου. Το τηλέφωνο διευκόλυνε τους ανθρώπους να κάνουν δουλειές και να διατηρούν σχέσεις χωρίς να χρειάζεται να μετακινούνται σωματικά, επειδή εξάλειψε την ανάγκη για μακρινά ταξίδια.

Επιχειρήσεις και βιομηχανία

Το τηλέφωνο άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις διεξήγαγαν τις δραστηριότητές τους. Παρείχε ταχύτερη επικοινωνία μεταξύ των γραφείων, επέτρεψε στις επιχειρήσεις να προσεγγίσουν αποτελεσματικότερα τους πελάτες και ήταν ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη τομέων όπως οι τηλεπικοινωνίες, το τηλεμάρκετινγκ και η εξυπηρέτηση πελατών.

Επείγουσες Ανάγκες

Το τηλέφωνο διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης. Οι άνθρωποι πλέον μπορούν άμεσα να ειδοποιούν σε καταστάσεις κινδύνου και επειγόντων περιστατικών όπως πυρκαγιές, προβλήματα υγείας κ.λπ.

Εκπαίδευση και έρευνα

Η συνεργασία από απόσταση μεταξύ ερευνητών και εκπαιδευτικών έγινε απλούστερη χάρη στο τηλέφωνο. Χρησίμευσε ως κρίσιμο μέσο για την αύξηση της γνώσης σε διάφορους τομείς. Παρατηρούμε πως κατά την εφαρμογή του τεχνολογικού αυτού επιτεύγματος, η κοινωνία διευκολύνθηκε σε πολλαπλούς τομείς, ενώ ταυτοχρόνως σηματοδοτήθηκε η έναρξη νέων επιχειρήσεων, οι οποίες βασίζονταν άμεσα στην εφεύρεση του τηλεφώνου [36].

1.2.2 Κοινωνικοπολιτικές Αλλαγές κατά τη 2^η Βιομηχανική Επανάσταση

Η περίοδος της 2^{ης} Β.Ε. χαρακτηρίζεται ως η σημαντικότερη, λόγω των τεράστιων αλλαγών που επέφερε, αφήνοντας το αποτύπωμά της ακόμη και σήμερα.

Φυσικά τα κοινωνικοπολιτικά και τα οικονομικά αποτελέσματα παρουσίασαν τεράστια βελτίωση συγκριτικά με τα αποτελέσματα της 1^{ης} Β.Ε., με χώρο όμως για περαιτέρω βελτίωση των κοινωνικοπολιτικών προδιαγραφών παγκοσμίως [37]. Η 2^η Β.Ε. έφερε μια πρωτόγνωρη οικονομική ανάπτυξη. Η παραγωγικότητα ενισχύθηκε από τις εξελίξεις στη βιομηχανία, τις μεταφορές και τις επικοινωνίες, οι οποίες αύξησαν τις ευκαιρίες εργασίας και συνέβαλαν στη συνολική κοινωνική ευημερία.

Ιδιαίτερα για την αύξηση των εργασιακών ευκαιριών σε παγκόσμιο επίπεδο, λαμβάνουμε τα εξής δεδομένα ανάπτυξης:

➤ Βιομηχανική Παραγωγή

Η ανάπτυξη του παραγωγικού τομέα, ιδίως στη Δυτική Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες, έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των προοπτικών απασχόλησης. Τα εργοστάσια, κόμβοι παραγωγής, απασχολούσαν ανθρώπους σε διάφορες θέσεις, από χειριστές μηχανών μέχρι προϊσταμένους [38].

➤ Μεταφορές

Η ανάπτυξη των μηχανοκίνητων πτήσεων, η εμφάνιση του αυτοκινήτου και η ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου συνέβαλαν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Για την κατασκευή, τη συντήρηση και τη λειτουργία των σιδηροδρόμων χρειαζόταν σημαντικό εργατικό δυναμικό. Μηχανικοί, μηχανικοί και διοικητικό προσωπικό απασχολούνται στις αυτοκινητοβιομηχανίες και τις βιομηχανίες αεροσκαφών [39].

➤ ***Εξόρυξη***

Η εξορυκτική βιομηχανία ευημερούσε ως αποτέλεσμα της αύξησης της ζήτησης για πρώτες ύλες. Ο άνθρακας, ο σίδηρος και άλλα απαραίτητα υλικά εξορύσσονταν από ανθρακωρύχους και εργατικό δυναμικό που τους υποστήριζε [38].

➤ ***Γεωργία***

Η μηχανοποίηση του κλάδου συνέβαλε στη δημιουργία θέσεων εργασίας. Πολλοί άνθρωποι στις αγροτικές περιοχές βρήκαν εργασία στις αναπτυσσόμενες επιχειρήσεις κατασκευής τρακτέρ, συντήρησης γεωργικού εξοπλισμού και επεξεργασίας καλλιεργειών.

➤ ***Κατασκευές***

Η ανάπτυξη του χάλυβα και άλλων δομικών υλικών αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για την επέκταση του κατασκευαστικού κλάδου. Οι εργαζόμενοι στις κατασκευές, ειδικευμένοι και ανειδίκευτοι, είχαν μεγάλη ζήτηση για την κατασκευή υποδομών όπως γέφυρες και κτίρια [38]. Επιπλέον, χάρη στη ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη που σημειώθηκε, επιτεύχθηκε η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του συνόλου, ενώ χάρη στην αύξηση της διαθεσιμότητας των καταναλωτικών αγαθών, εντάχθηκε πλέον η βαθμίδα της μεσαίας κοινωνικής τάξης.

Η τεράστια ζήτηση για εργατικό δυναμικό οδήγησε στη βελτίωση των πρωτοεμφανιζόμενων για την εποχή αστικών δομών, με συνεχείς επεμβάσεις για την ευημερία του πληθυσμού.

Σημαντικό γεγονός επίσης, αφορά την βελτίωση της καθαριότητας και της υγειονομικής περίθαλψης όπου επέφερε μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής.

Λόγω της τεράστιας μετανάστευσης των ανθρώπων στα αστικά κέντρα, κρινόταν απαραίτητη η διερεύνηση περί υγειονομικής περίθαλψης.

Οι κυριότερες αλλαγές που έλαβαν μέρος περιλαμβάνουν:

➤ ***Έλεγχος ασθενειών***

Η βελτίωση των συνηθειών υγιεινής ήταν απαραίτητη για την αναχαίτιση της εξάπλωσης των ασθενειών. Οι υδατογενείς λοιμώξεις μειώθηκαν σημαντικά με την πρόσβαση σε καθαρό νερό, τη σωστή διαχείριση των αποβλήτων και τις εγκαταστάσεις υγιεινής.

➤ *Ανάπτυξη εγκαταστάσεων αποχευτικών συστημάτων και πηγών καθαρού νερού*

Οι εγκαταστάσεις υγιεινής και οι πηγές καθαρού νερού ήταν ζωτικής σημασίας για τη διάσωση της ζωής των παιδιών. Η αποχέτευση και η δημόσια υγεία είχαν προτεραιότητα μαζί με την αστική ανάπτυξη. Οι επενδύσεις σε υποδομές υγιεινής οδήγησαν στην ανάπτυξη καθαρότερων, πιο στρατηγικά σχεδιασμένων πόλεων [40].

Η εισαγωγή του αυτοκινήτου και του αεροπλάνου, μαζί με την ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου, μεταμόρφωσαν τις μεταφορές.

Η ταχύτερη και οικονομικότερη μετακίνηση πραγμάτων και ανθρώπων θα δημιουργήσει νέες αγορές και ευκαιρίες.

Το εμπόριο και η οικονομική παγκοσμιοποίηση διευκολύνθηκαν από τις εξελίξεις στις μεταφορές και τις επικοινωνίες. Ως αποτέλεσμα, οι επιχειρήσεις μπόρεσαν να προσεγγίσουν μεγαλύτερες αγορές, να αναπτύξουν τις επιχειρήσεις τους και να διαφοροποιήσουν τις προσφορές των προϊόντων τους.



Εικόνα 16 Έκθεση αυτοκινήτου κατά την 2^η Β.Ε. - Παρατηρούμε την ήδη αυξημένη ποιότητα ζωής-Britannica.com

Η δημιουργία νέων θεραπειών και φαρμάκων είναι το αποτέλεσμα των εξελίξεων στην ιατρική και την φαρμακευτική έρευνα, προσδίδοντας τεράστιο πλεονέκτημα στην επέκταση και βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων [40].

Δυστυχώς, τα αποτελέσματα των ραγδαίων αυτών εξελίξεων σε τεχνολογικό και κοινωνικό τομέα δεν είχαν αποκλειστικά θετικό αντίκτυπο. Ενώ μεν οι συνθήκες εργασίας παρουσίασαν μία έντονη βελτίωση, τα προβλήματα περί ανισότητας παρέμεναν. Η εισοδηματική ανισότητα διευρύνθηκε απότομα. Ενώ οι βιομήχανοι και οι ιδιοκτήτες εργοστασίων συσσώρευαν τεράστια περιουσία, οι εργάτες των εργοστασίων υπέφεραν συχνά από ανεπαρκείς αμοιβές.

Σε περιβαλλοντικό φάσμα, η εκβιομηχάνιση είχε σημαντική αρνητική επίδραση, με τη ρύπανση, την αποψίλωση των δασών και την εξάντληση των πόρων να εγκυμονούν μακροπρόθεσμα κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα.

➤ **Ατμοσφαιρική ρύπανση**

Επειδή ο άνθρακας χρησιμοποιήθηκε ευρέως ως κύρια πηγή ενέργειας για θέρμανση, μεταφορές και παραγωγή, η ατμοσφαιρική ρύπανση αυξήθηκε σημαντικά. Η κακή ποιότητα του αέρα στις βιομηχανοποιημένες περιοχές προκλήθηκε από την ατμοσφαιρική έκλυση διοξειδίου του θείου και σωματιδίων.

➤ **Γεωργική παραγωγή**

Τα χημικά φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα εισήχθησαν για να αυξηθεί η γεωργική παραγωγή, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τη ρύπανση του εδάφους. Ωστόσο, η χρήση τους οδήγησε σε ρύπανση του εδάφους, η οποία είχε αντίκτυπο στην υγεία των γύρω οικοσυστημάτων και της γης.

➤ **Ζήτηση για πόρους**

Υπήρξε σημαντική αποψίλωση των δασών ως αποτέλεσμα της υψηλής ζήτησης για πρώτες ύλες και πόρους, ιδίως ξύλο για οικοδομές και καύσιμα για τη βιομηχανία. Μεγάλες εκτάσεις δασών κόπηκαν για να ανοίξουν δρόμο για τη βιομηχανική και αστική επέκταση. Πολλά δάση καταστράφηκαν για να δημιουργηθεί χώρος για μεγαλύτερα αγροκτήματα, καθώς η γεωργία έγινε πιο βιομηχανοποιημένη και παραγωγική. Η ανάπτυξη αυτή επιτάχυνε την αποψίλωση των δασών.

➤ **Κλιματική αλλαγή**

Οι μεγάλες ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, που συμβάλλουν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή, προκλήθηκαν από την εξάρτηση από τον άνθρακα και άλλα ορυκτά καύσιμα. Αυτή τη στιγμή βιώνουμε τις

επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η κληρονομιά της ρύπανσης του αέρα από τη δεύτερη βιομηχανική επανάσταση εξακολουθεί να έχει αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα σε πολλές βιομηχανικές περιοχές. Τα αιωρούμενα σωματίδια και η αστική ρύπανση εξακολουθούν να είναι επικίνδυνα για την υγεία [41].

Επιπλέον, χάρη στη μερική αυτοματοποίηση των διαδικασιών, παρουσιάστηκαν άμεσα αρνητικές επιπτώσεις στις παραδοσιακές χειροτεχνικές δεξιότητες ο οποίες συχνά εξαλείφονταν καθώς η κοινωνία μετατράπηκε σε βιομηχανική.



Εικόνα 17 Κατασκευή Σιδηροδρομικού Δικτύου- Παρατηρούμε τις τεράστιες ποσότητες ατσαλιού αλλά και εργατικού δυναμικού που απαιτείται-Britannica.com

1.2.3 Συμπεράσματα των Αποτελεσμάτων της 2^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης

Αναμφισβήτητα η περίοδος της 2^{ης} Β.Ε. σημάδεψε καθοριστικά την έκβαση των κοινωνικοπολιτικών και οικονομικών παραγόντων, έως και σήμερα.

Παρατηρούμε άμεσα θετικά αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένων των εργασιακών ευκαιριών, της μετάβασης των πόλεων από αρχικά σε εξελισσόμενα στάδια, τη σταδιακή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του πληθυσμού, καθώς και την τεράστια ανάπτυξη των οικονομικών δεδομένων και αγαθών που παρείχαν τα τεχνολογικά επιτεύγματα της εποχής.

Φυσικά, όπως προαναφέρθηκε, παρ' όλη την συνεχή πρόοδο σε τεχνολογικό – βιομηχανικό επίπεδο, τα προβλήματα βιωσιμότητας και εκμετάλλευσης έναντι των εργαζομένων, αν και μειωμένα, παρέμεναν. Αυτό φυσικά, αποτελεί μία σίγουρη συνέπεια κατά τη διαδικασία μετάβασης και “αναδιάταξης” της κοινωνικής δομής, ιδιαίτερα όταν η μετάβαση απαιτεί τεράστια μετακίνηση

πληθυσμού. Ας μην ξεχνάμε το γεγονός πως για την αναβάθμιση – εξέλιξη των υπάρχοντων δεδομένων λειτουργίας των συστημάτων των βιομηχανιών, απαιτείται τεράστιος αριθμός ατόμων.

Όπως και στην πρώτη έτσι και στην δεύτερη Β.Ε. μεγάλες κινήσεις πληθυσμού από επαρχιακά μέρη κατέφταναν στα υπό εξέλιξη αστικά κέντρα, με στόχο την “καλύτερη” ποιότητα ζωής και εργασιακές ευκαιρίες.

Αποτελεί μία δυσάρεστη αλήθεια το γεγονός πως σε οποιαδήποτε παρόμοια έκβαση των καταστάσεων σε κοινωνικό επίπεδο, φέρει ως σίγουρο αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα εκμετάλλευσης από εκάστοτε υπαίτιους λόγω τεράστιων ποσοστών κέρδους.

Ως “θετική” έκβαση, λαμβάνουμε το γεγονός της βελτίωσης ορισμένων συνθηκών που έχριζαν άμεσης ανταπόκρισης, όπως η βελτιωμένη υγειονομική περίθαλψη, βελτίωση των εγκαταστάσεων των πόλεων, δημιουργία μεσαίας κοινωνικής τάξης κ.λπ.

Για άλλη μία φορά η τεχνολογική ανάπτυξη σήμανε σοβαρές κοινωνικοοικονομικές αλλαγές.

1.3 3^η Βιομηχανική Επανάσταση

Όπως ήδη έχει γίνει αντιληπτό, οι βιομηχανικές επαναστάσεις διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της κοινωνίας, της οικονομίας και της τεχνολογίας σε όλη τη διάρκεια της καταγεγραμμένης ανθρώπινης ιστορίας.

Η εκμηχάνιση των διαδικασιών παραγωγής ενέργειας προαναγγέλθηκε από την Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση, η οποία ξεκίνησε στα τέλη του 18ου αιώνα, ενώ η μαζική παραγωγή και ο ηλεκτρισμός εισήχθησαν κατά τη διάρκεια της Δεύτερης Βιομηχανικής Επανάστασης στις αρχές του 20ού αιώνα.

Βρισκόμαστε σήμερα στα πρόθυρα της Τρίτης Βιομηχανικής Επανάστασης, μιας βαθιάς αλλαγής. Αυτή η μεταμόρφωση, η οποία υπόσχεται να μεταμορφώσει κάθε μέρος της ζωής μας και του παγκόσμιου τοπίου, είναι ένας φόρος τιμής στην ατελείωτη πορεία της τεχνολογίας, της καινοτομίας και της διασύνδεσης. Η εξάπλωση του Διαδικτύου και η ενσωμάτωση έξυπνων συσκευών και συστημάτων σχεδόν σε κάθε πτυχή της ζωής μας έχουν πυροδοτήσει την Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση, η οποία χαρακτηρίζεται από τη συγχώνευση της ψηφιακής τεχνολογίας με τον πραγματικό κόσμο.

Η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση, σε αντίθεση με τις προηγούμενες Β.Ε., δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο τομέα ή τομέα δραστηριότητας αντίθετα, επηρεάζει κάθε στοιχείο της κοινωνίας, από την παραγωγή και τη γεωργία μέχρι την υγειονομική περίθαλψη και την κυβέρνηση.

Κύριο χαρακτηριστικό, σήμα κατατεθέν της 3^{ης} Β.Ε., αποτελεί η συνεχής μετάβαση από τις αναλογικές μεθόδους που μέχρι πρότινος γνωρίζαμε, στον ψηφιακό μετασχηματισμό των εκάστοτε διαδικασιών.

Η περίοδος που διανύουμε συχνά αναφέρεται ως "Εποχή της πληροφορίας", και όχι αδίκως, καθώς τα συνεχώς αναπτυσσόμενα συστήματα, οι διαδικασίες παραγωγής κ.λπ., οδηγούνται από έναν κοινό στόχο: την παροχή πληροφορίας και γνώσεων.

Ωστόσο, δεν είναι μόνο η διασύνδεση των συσκευών που διακρίνει την Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση είναι επίσης η έξυπνη χρήση των δεδομένων, το αποκεντρωμένο ενεργειακό παράδειγμα και η προσπάθεια για έναν πιο δίκαιο και βιώσιμο κόσμο.

Η "έξυπνη" τεχνολογία είναι μία από τις κύριες δυνάμεις πίσω από αυτή την αλλαγή.

Ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούμε με το περιβάλλον αλλάζει με ταχύτατους ρυθμούς, ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης έξυπνων συσκευών που διαθέτουν αισθητήρες, επεξεργαστές και συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο.

Τα έξυπνα σπίτια προσαρμόζονται στις απαιτήσεις μας, οι έξυπνες πόλεις εργάζονται για να είναι αποδοτικές και βιώσιμες και τα smartphones έχουν εξελιχθεί σε προεκτάσεις του εαυτού μας. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν γίνει μέρος της καθημερινής μας ζωής και δεν αποτελούν πλέον αντικείμενο επιστημονικής φαντασίας. Ως αποτέλεσμα, η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση έχει καταστήσει δυσκολότερη τη διάκριση μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού κόσμου, οδηγώντας μας να επανεξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουμε την παραγωγή, το εμπόριο και την καθημερινή ζωή.

Στο παρόν κεφάλαιο της εργασίας, θα αναλυθούν διεξοδικά οι κυριότερες τεχνολογίες και εφευρέσεις που καθορίζουν τη σημερινή εποχή, και θέτουν για άλλη μία φορά το έδαφος για την αναμενόμενη 4^η Β.Ε..

Επιπλέον, θα πραγματοποιηθεί κοινωνικοπολιτική και οικονομική ανάλυση σχετικά με τις ραγδαίες αλλαγές που επέφερε η εισαγωγή της 3^{ης} Β.Ε., καθώς και τα τελικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τα δεδομένα της εποχής.

1.3.1 Ανακαλύψεις – Εφευρέσεις που Σημάδεψαν την Περίοδο της 3^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης

Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (*Electronic Computer*)

Κατά την περίοδο της 3^{ης} Β.Ε., βιώσαμε μία από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις που θέσπισαν τα θεμέλια της μετέπειτα τεχνολογικής εξέλιξης ολόκληρης της ανθρωπότητας.

Ο λόγος φυσικά για τον Προσωπικό Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (Personal Computer). Πρωτίστως βέβαια, αξίζει να αναφερθούμε στην τεράστια εξέλιξη των μηχανικών – ηλεκτρονικών υπολογιστών, που προηγήθηκαν μέχρι την ενσωμάτωση του προσωπικού ηλεκτρονικού υπολογιστή στην παγκόσμια αγορά.

Η δημιουργία του πρώτου ηλεκτρονικού υπολογιστή αποτέλεσε σημαντικό σημείο καμπής στην ανθρώπινη ιστορία, ανοίγοντας το δρόμο για την πληροφορική, τη δημιουργικότητα και την τεχνική ανάπτυξη που θα άλλαζαν ριζικά την πορεία της ιστορίας. Ο Ηλεκτρονικός Αριθμητικός Ολοκληρωτής και Υπολογιστής (ENIAC- Electronic Numerical Integrator and Computer), θεωρείται ως ο πρώτος ηλεκτρονικός ψηφιακός υπολογιστής, και η επιρροή του στην ψηφιακή εποχή είναι αδιαμφισβήτητη [42].

Πριν από την εφεύρεση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, η πληροφορική απαιτούσε πολύ κόπο και χρόνο. Οι λίγες μηχανικές αριθμομηχανές που υπήρχαν μπορούσαν να εκτελέσουν μόνο απλές αριθμητικές πράξεις, επομένως οι περισσότεροι μαθηματικοί υπολογισμοί γίνονταν με το χέρι.

Ο κόσμος απαιτούσε ένα σύστημα που θα μπορούσε να αυτοματοποιήσει δύσκολες μαθηματικές πράξεις, κυρίως για χρήσεις στη μηχανική, την επιστήμη και τις Ένοπλες Δυνάμεις [42].

Φυσικά, δε θα μπορούσε να παραληφθεί ο ευεργέτης της υπολογιστικής μηχανικής, ο Alan Turing, ο οποίος έθεσε τα θεμέλια για την επίλυση δύσκολων μαθηματικών πράξεων σε θέματα αποκρυπτογράφησης μέσω μηχανικών μερών [43]. Για την κατανόηση των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, αξίζει να αναφερθούμε πρωτίστως στις αρχές λειτουργίας των Μηχανικών Υπολογιστών, παρ' όλο που χρονικά δε συμπίπτει με την περίοδο της 3^{ης} Β.Ε..

Παρακάτω περιγράφεται η αρχή λειτουργίας της Μηχανής Turing:

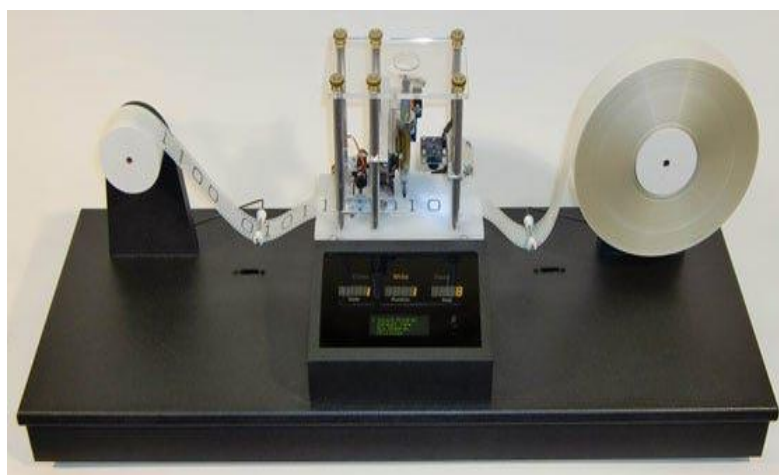
Κύρια Μηχανικά Στοιχεία

“Απεριόριστο” Μήκος Ταινίας

Η μηχανή Turing διαθέτει μια επ' αόριστον μεγάλη ταινία που διαχωρίζεται σε ξεχωριστά κελιά. Ένα σύμβολο, όπως ένας αριθμός ή άλλος χαρακτήρας, μπορεί να αποθηκευτεί σε κάθε κελί.

Κινητή Κεφαλή Ανάγνωσης και Εγγραφής

Τα σύμβολα στην ταινία σαρώνονται και χειρίζονται από την κινητή κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής. Κατά μήκος της ταινίας, η κεφαλή μπορεί να κινηθεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

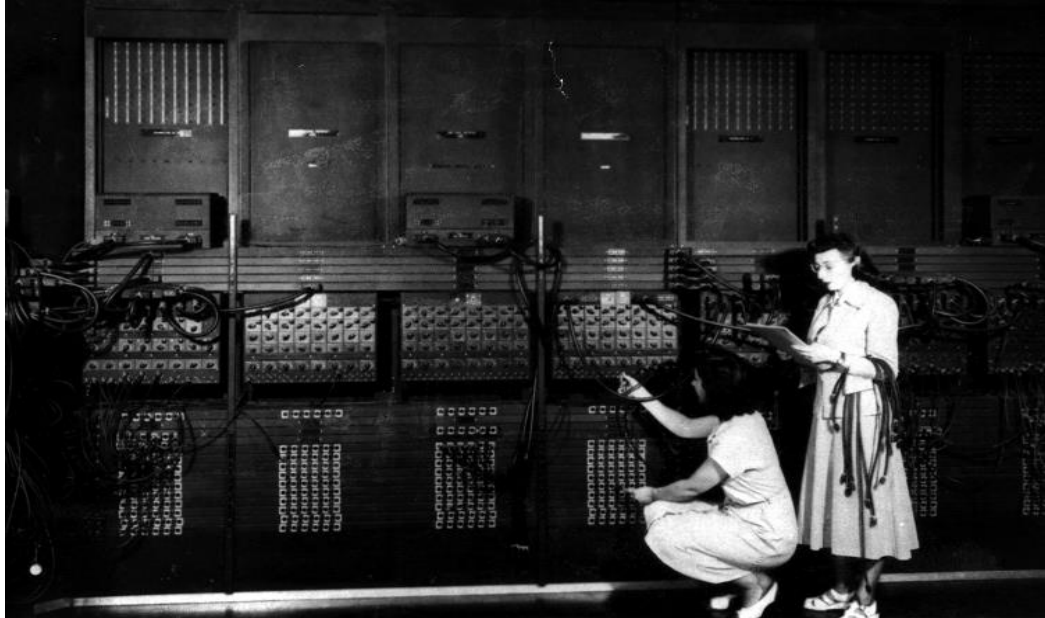


Εικόνα 18 Μοντέλο Μηχανής Turing με σύγχρονα δεδομένα-Britannica.com

Λειτουργία

Η κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής της μηχανής Turing τοποθετείται πάνω από ένα κελί ταινίας, ενώ αυτό βρίσκεται στην αρχική του κατάσταση. Το σύμβολο του τρέχοντος κελιού στην ταινία διαβάζεται από τη συσκευή. Ο υπολογιστής εξετάζει τους κανόνες μετάβασης για να αποφασίσει την επόμενη πορεία δράσης με βάση το σύμβολο που διαβάζεται και την τρέχουσα κατάσταση. Το επόμενο βήμα μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη ενός νέου συμβόλου στην ταινία, τη στροφή της κεφαλής προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά ή την είσοδο σε διαφορετική κατάσταση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται επανειλημμένα, με τη μηχανή να εκτελεί αυτές τις λειτουργίες σύμφωνα με τους κανόνες μετάβασης. Αυτός ο κύκλος μπορεί να επαναλαμβάνεται ατελείωτα από τη μηχανή και το απεριόριστο μήκος της ταινίας καθιστά δυνατή τη διαχείριση απεριόριστων υπολογιστικών εργασιών [44, 45].

Η πληροφορική γνώρισε μια κρίσιμη περίοδο ανάπτυξης μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Οι πολύπλοκοι μαθηματικοί υπολογισμοί ήταν απαραίτητοι για τον προηγμένο σχεδιασμό όπλων, την κρυπτογράφηση και την αποκρυπτογράφηση, καθώς και για τους υπολογισμούς βαλλιστικών τροχιών, μεταξύ άλλων, για την πολεμική προσπάθεια.



Εικόνα 19 Υπολογιστής ENIAC σε λειτουργία: Παρατηρούμε πως για τον προγραμματισμό και τη λήψη δεδομένων απαιτείται ένα άτομο για την υπαγόρευση των λαμβανόμενων από το σύστημα ανάγνωσης καρτών δεδομένων και ένα άτομο για τη διασύνδεση των λυχνιών κενού
Britannica.com

Έγινε σαφές ότι οι χειροκίνητοι υπολογιστές ήταν ανεπαρκείς για αυτές τις δραστηριότητες, γεγονός που ενέπνευσε επιστήμονες, μηχανικούς και μαθηματικούς να αναζητήσουν εναλλακτικές λύσεις. Ο John Presper Eckert, ηλεκτρολόγος μηχανικός, και ο John Mauchly, φυσικός και επιστήμονας υπολογιστών, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του ENIAC. Το 1942 άρχισαν να αναπτύσσουν τις ιδέες τους για έναν υπολογιστή που θα χρησιμοποιούσε ηλεκτρονικά εξαρτήματα για την αυτοματοποίηση δύσκολων μαθηματικών πράξεων [46].

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ENIAC αποτελούσε μία τεράστια συσκευή και βάρους περίπου 30 τόνων και όγκου ενός δωματίου. Περιλαμβάνονταν τεράστιος αριθμός αντιστάσεων, πυκνωτών και άλλων ηλεκτρικών εξαρτημάτων, καθώς και 17.468 λυχνίες κενού, 7.200 κρυσταλλικές διόδους και 1.500 ρελέ. Η ικανότητα του μηχανήματος να κάνει περίπλοκους υπολογισμούς σε αστραπιαίες ταχύτητες ξεπερνά αυτή κάθε προηγούμενης υπολογιστικής συσκευής [47].

Επειδή ο ENIAC προοριζόταν για χρήση σε επιστημονικούς και μηχανολογικούς υπολογισμούς, η αρχιτεκτονική του βασιζόταν ουσιαστικά στο δεκαδικό σύστημα. Λόγω αυτής της επιλογής, ο ENIAC ήταν εξαιρετικά ευέλικτος και μπορούσε να εκτελέσει μεγάλο αριθμό μαθηματικών πράξεων, όπως διαίρεση, πολλαπλασιασμό, αφαίρεση και πρόσθεση. Ωστόσο, ο προγραμματισμός του ENIAC απαιτούσε τη φυσική σύνδεση χιλιάδων εξαρτημάτων και την προσαρμογή της συσκευής για κάθε μοναδική λειτουργία, καθιστώντας τον μια έντονη και περίπλοκη διαδικασία [47].

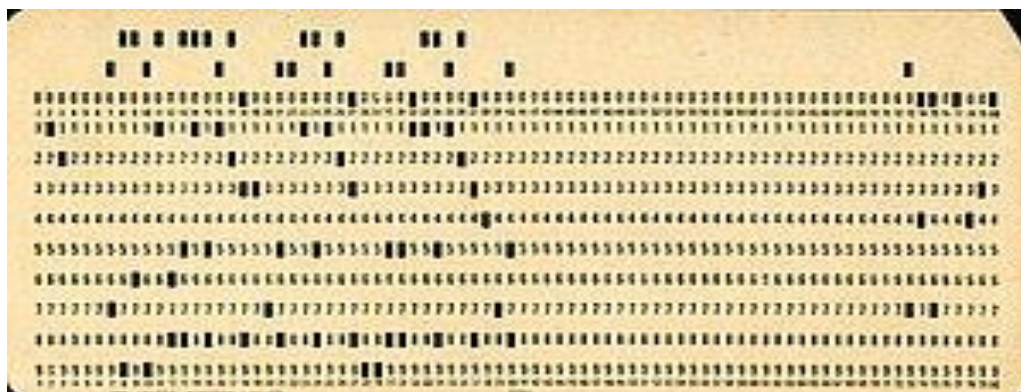
Στο παρόν σημείο θα αναφερθούμε στη διαδικασία προγραμματισμού και λήψης δεδομένων από τον υπολογιστή ENIAC. Όπως είναι αναμενόμενο, όλες οι διαδικασίες προγραμματισμού και λήψης δεδομένων πραγματοποιούνταν αποκλειστικά αναλογικά, μέσω αρχών ηλεκτρονικής – ηλεκτρολογίας. Τα εξαρτήματα που εμπεριείχε ο υπολογιστής ENIAC, πραγματοποιούσαν συγκεκριμένες λειτουργίες αριθμητικών πράξεων, μέσω του εισερχόμενου ρεύματος. Πολύπλοκες ακολουθίες λειτουργιών, όπως βρόχοι, διακλαδώσεις και υπορουτίνες, μπορούν να προγραμματιστούν σε έναν ENIAC. Παρ' όλα αυτά, στην πραγματικότητα αποτελούσε μια τεράστια συλλογή αριθμητικών μηχανών, σε αντίθεση με τους σημερινούς υπολογιστές αποθηκευμένων προγραμμάτων.

Αρχικά, ο προγραμματισμός των μηχανών εγκαθίστατο με καλωδίωση plugboard και τρεις φορητούς πίνακες λειτουργιών, καθένας από τους οποίους διέθετε 1.200 διακόπτες δέκα δρόμων. Για την αποτύπωση ενός θέματος απαιτούνταν ίσως και εβδομάδες λειτουργίας και χειρισμού των εξαρτημάτων. Τα προγράμματα τροποποιούνταν μόνο μετά από αμέτρητες δοκιμές του υπάρχοντος προγράμματος, λόγω της δυσκολίας απεικόνισης των προγραμμάτων στον υπολογιστή. Από τη στιγμή που το πρόγραμμα ήταν γραμμένο, μπορεί να χρειαστούν πολλές ημέρες για να μπει στον ENIAC ρυθμίζοντας τους διακόπτες και τα καλώδιά του [48]. Κύριο χαρακτηριστικό του υπολογιστή ENIAC αποτελούσε το Σύστημα Διάτρητων Καρτών [49]. Το συγκεκριμένο σύστημα λειτουργούσε ως ακολούθως:

Για την αναπαράσταση των πληροφοριών σε διάτρητες κάρτες χρησιμοποιήθηκαν διάτρητες οπές ανά θέση. Κάθε κάρτα περιλάμβανε γραμμές και στήλες και τα δεδομένα αναπαρίσταντο από το αν υπήρχε ή όχι μια τρύπα σε μια συγκεκριμένη θέση στήλης και γραμμής. Για παράδειγμα, μια τρύπα μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα δυαδικό "1", ενώ η απουσία της μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα δυαδικό "0".

Για την κωδικοποίηση των δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων χαρακτήρων κειμένου, αριθμών και εντολών ελέγχου, οι διάτρητες οπές χρησιμοποιούνταν για το συμβολισμό. Σε

μια κάρτα, κάθε μοτίβο οπών αντιπροσώπευε ένα συγκεκριμένο σύνολο εντολών ή τιμών δεδομένων. Μια σειρά οπών, για παράδειγμα, μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα όνομα, μια ημερομηνία ή μια εντολή για ένα πρόγραμμα υπολογιστή.



Εικόνα 20 Διάτρητη Κάρτα Δεδομένων - Οι οπές και οι στήλες καταγράφονται προσεκτικά για τον προγραμματισμό του συστήματος *ENIAC-Britannica.com*

Στη συνέχεια, εξειδικευμένοι χειριστές ή προγραμματιστές εφάρμοζαν διάτρηση με φυσικό τρόπο στις κάρτες χρησιμοποιώντας μια συσκευή γνωστή ως *keypunch*. Για να διασφαλιστεί ότι οι κατάλληλες οπές διατρήθηκαν στις ακριβείς θέσεις, η εργασία αυτή απαιτούσε μεγάλα χρονικά περιθώρια, που μπορεί να διαρκούσαν μέρες ίσως και εβδομάδες.

Μετά την κωδικοποίηση των καρτών μέσω διάτρησης, οι κάρτες έπρεπε να αποθηκευτούν κατά σειρά σε στοίβες καρτών. Η θέση της κάθε διάτρητης κάρτας στη στοίβα απαιτούσε αυστηρό προσδιορισμό καθώς η κάθε εντολή εκτελούνταν κατά σειρά. Για την επεξεργασία των δεδομένων που ήταν κωδικοποιημένα στις διάτρητες κάρτες, χρησιμοποιήθηκε ένας αναγνώστης καρτών. Ο αναγνώστης καρτών ήταν ένα μηχάνημα εξοπλισμένο με ηλεκτρικές επαφές που μπορούσαν να ανιχνεύσουν την παρουσία ή την απουσία οπών καθώς οι κάρτες περνούσαν από το σύστημα.

Έπειτα, τα σχέδια οπών μετατρέπονταν από τον αναγνώστη καρτών σε μηχανικά ή ηλεκτρικά σήματα που μπορούσε να διαβάσει και να επεξεργαστεί ο ENIAC. Σε περίπτωση που βρισκόταν οπή σε συγκεκριμένη στήλη και γραμμή, η επεξεργασία ξεκινούσε με τη σχετική τιμή δεδομένων ή εντολή.

Πριν από την επεξεργασία, τα δεδομένα στις διάτρητες κάρτες ελέγχονταν συχνά για την ακρίβειά τους με σύγκριση με το κύριο αντίγραφο ή τα δεδομένα της πηγής. Εάν εντοπιζόνταν λάθη, έπρεπε να καλυφθούν ή να γίνουν νέες τρύπες.

Αντιληπτό επιπλέον αποτελεί το γεγονός του τεράστιου χρονικού περιθωρίου που απαιτούνταν ως προς την διόρθωση και τον έλεγχο των προς διόρθωση καρτών. Φυσικά, για την επιχείρηση μείωσης του απαιτούμενου χρόνου προγραμματισμού, οι διάτρητες κάρτες μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν, ή να επανεπεξεργαστούν (π.χ. προσθήκη οπών), ώστε να μην απαιτείται η συγγραφή δεδομένων εισόδου από το σημείο μηδέν σε κάθε νέα καταγραφή [50].



Εικόνα 21 Αναγνώστης Καρτών και η είσοδος των δεδομένων στον υπολογιστή- *Science Direct.com*

Το σύστημα διάτρητων καρτών ήταν σημαντικό για την ανάπτυξη της επεξεργασίας δεδομένων και της αυτοματοποίησης, παρόλο που η χρήση του μειώθηκε με την εισαγωγή της ψηφιακής πληροφορικής. Δεδομένο φυσικά αποτελεί το γεγονός των τεράστιων πλεονεκτημάτων που επέφερε η εφεύρεση του πρώτου ηλεκτρονικού υπολογιστή ENIAC, με τα σημαντικότερα να είναι:

Ηλεκτρονική λειτουργία

Ο ENIAC ήταν ένας υπολογιστής που λειτουργούσε με βάση τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, κυρίως λυχνίες κενού, σε αντίθεση με προηγούμενα μοντέλα που βασίζονταν σε μηχανικά ή ηλεκτρομηχανικά εξαρτήματα. Ως αποτέλεσμα, η ταχύτητα υπολογισμών του ξεπερνούσε οποιαδήποτε προσδοκία της εποχής, με τον αριθμό των υπολογισμών να αγγίζει τους 5000/sec.

Ευελιξία

Ο ENIAC κατασκευάστηκε για να εκτελεί μια ποικιλία μαθηματικών πράξεων. Ήταν κατάλληλος για επιστημονικές, μηχανολογικές και στρατιωτικές εφαρμογές, επειδή μπορούσε να εκτελεί πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό και διαίρεση.

Προγραμματισιμότητα

Ο ENIAC μπορούσε να διαμορφωθεί ώστε να εκτελεί διάφορες εργασίες επειδή ήταν προγραμματιζόμενος. Αλλά η διαμόρφωσή του απαιτούσε πολλή δουλειά, καθώς χρειαζόταν φυσική σύνδεση καλωδίων και ενεργοποίηση διακοπών. Ακόμα όμως και υπό αυτές τις συνθήκες, η δυνατότητα ελέγχου των δεδομένων αποτελούσε πλήρως καινοτόμα για την εποχή.

Αξιοπιστία

Λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων του, ο ENIAC θεωρήθηκε αξιόπιστο μηχάνημα για την εποχή του. Η ακρίβεια των υπολογισμών του δεν επέτρεπε περιθώρια σύγκρισης με προηγούμενα μοντέλα λειτουργίας [52]. Χάρη στην επινοήση και κατασκευή του πρώτου ηλεκτρονικού υπολογιστή ENIAC, θεσπίστηκαν τα θεμέλια για μία τεράστια σειρά εφαρμογών και εξελίξεων στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, των οποίων οι δυνατότητες αξιοποιούνται πλήρως και στη σημερινή εποχή. Η εξέλιξη στους υπολογιστές είναι τεράστια, και οφείλεται πλήρως στην απαρχή της εφεύρεσης του ENIAC.

Η ιδέα ενός προσωπικού υπολογιστή - μιας συσκευής που ένα άτομο θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει για διάφορους σκοπούς, άρχισε να διαμορφώνεται τις δεκαετίες του 1950 και του 1960. Αυτοί οι πρώτοι υπολογιστές, ωστόσο, δεν είχαν καμία σχέση με τους σημερινούς προσωπικούς υπολογιστές. Ήταν δαπανηροί, μεγάλοι και λειτουργούσαν από άτομα που χρειάζονταν εξειδικευμένη εκπαίδευση.

Κατά το έτος του 1971, υπήρξε μία τεράστια εξέλιξη στον κόσμο των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η δημιουργία του Kenbak-1 (Εικόνα 24), σηματοδότησε τη δυνατότητα για διάθεση προσωπικού υπολογιστή παγκοσμίως [53]. Διέθετε πληκτρολόγιο, μνήμη και

μικροεπεξεργαστή που επέτρεπε στους χρήστες να εκτελούν βασικά προγράμματα. Αυτό σηματοδότησε την έναρξη της εποχής των προσωπικών υπολογιστών.



Εικόνα 22 Kenbak-1: Πρώτος Προσωπικός Υπολογιστής - Οι δυνατότητές του περιορίζονταν σε απλές αριθμητικές πράξεις-Science Direct.com

Ο Steve Jobs και ο Steve Wozniak, οι οποίοι ίδρυσαν την Apple Computer, Inc., ήταν σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνοι για την επανάσταση της πληροφορικής που ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970. Το 1976 παρουσίασαν για πρώτη φορά τον Apple I (Εικόνα 25), έναν υπολογιστή που προσφερόταν προς πώληση ως προκατασκευασμένη πλακέτα κυκλώματος [54].



Εικόνα 23 Apple I: Παρατηρούμε την ηλεκτρονική πλακέτα που εμπειρεύει – Science Direct.com

Ακολούθησε το Apple II (Εικόνα 26), το οποίο έκανε το ντεμπούτο του το 1977 και διέθετε αισθητικό περιβάλλον εργασίας και έγχρωμα γραφικά [54]. Η βιομηχανία των προσωπικών υπολογιστών ξεκίνησε με την επιτυχία του Apple II. Κύριο πλεονέκτημα του προσωπικού υπολογιστή του Apple 2, ήταν η άμεση διαθεσιμότητα και ένταξη στον παραγωγικό τομέα.

Η διαθεσιμότητα του Apple II και η ζωνηρή κοινότητα ανάπτυξης λογισμικού που προώθησε βοήθησε στην εδραίωση της ιδέας της προσωπικής πληροφορικής ως μιας βιώσιμης και προσιτής πραγματικότητας [54].



Εικόνα 24 *Apple 2: Πρώτος υπολογιστής που εμπειριείχε στοιχειώδη γραφικά και ελάχιστη δυνατότητα διεπαφής χρήστη - Science Direct.com*

Με την εισαγωγή του IBM PC (Personal Computer) το 1981, η IBM (International Business Machines) εντάχθηκε στη βιομηχανία των προσωπικών υπολογιστών. Δεδομένου ότι η IBM ήταν μια αξιόπιστη και καθιερωμένη επιχείρηση, αυτό αποτέλεσε ένα τεράστιο επίτευγμα. Επειδή το IBM PC είχε ανοικτή αρχιτεκτονική, τρίτες επιχειρήσεις μπορούσαν να δημιουργήσουν υλικό και λογισμικό που να συνεργάζεται με αυτό [55].

Η δημιουργία υπολογιστών "συμβατών με IBM" ή "συμβατών με PC" ως αποτέλεσμα αυτής της ανοικτής προσέγγισης έγινε τελικά ο κανόνας για τους προσωπικούς υπολογιστές. Η Microsoft δούλεψε επιμελώς πάνω στο λειτουργικό της σύστημα Windows, ακόμη και όταν η Apple έκανε σημαντικές προόδους με το Macintosh. Η Microsoft κυκλοφόρησε τα Windows 1.0 το 1985, προσφέροντας στο MS-DOS, το δημοφιλές λειτουργικό σύστημα για υπολογιστές που ήταν συμβατοί με την IBM, ένα γραφικό περιβάλλον χρήστη.

Τα Windows θα υποβάλλονταν σε πολλαπλές αναθεωρήσεις, βελτιώνοντας σταδιακά το περιβάλλον χρήστη και τις δυνατότητές τους. Κατά το έτος 1999, για πρώτη φορά κυκλοφόρησε ένα από τα πιο προηγμένα για την εποχή λειτουργικά συστήματα, με πλήρως διαμορφωμένα γραφικά και καλή δυνατότητα διεπαφής συστήματος – χρήστη. Επιπλέον, παρείχε αυξημένες επιδόσεις και μεγαλύτερη ποικιλία εφαρμογών [56]. Με τον τρόπο αυτό, το όνομα της Microsoft καθιερώθηκε ως πρώτο στη λίστα προτιμήσεων των καταναλωτών παγκοσμίως.

Ως επόμενο βήμα στην εξέλιξη των προσωπικών υπολογιστών, θα αποτελούσε η δυνατότητα φορητότητας των συσκευών.

Οι φορητοί υπολογιστές απέκτησαν δημοτικότητα λόγω της φορητότητάς τους και της δυνατότητάς τους να χρησιμοποιούνται σχεδόν παντού. Με την έλευση των ασύρματων τεχνολογιών, όπως του Ασύρματου Διαδικτύου (το οποίο θα αναφερθεί παρακάτω), στις αρχές της δεκαετίας του 2000, η σύνδεση εν κινήσει έγινε ακόμη πιο εύκολη.

Με την έλευση των smartphones και των tablets στον εικοστό πρώτο αιώνα, η πληροφορική έγινε ακόμη πιο φορητή και κινητή. Παράλληλα με τη διευκόλυνση της επικοινωνίας και της πρόσβασης σε πληροφορίες, οι συσκευές αυτές εγκαινίασαν μια νέα εποχή κινητών εφαρμογών που θα μπορούσαν να προσαρμοστούν στις μοναδικές απαιτήσεις και προτιμήσεις του ατόμου.

Η εξέλιξη στον τομέα των ηλεκτρονικών υπολογιστών ακόμη και σήμερα δεν έφτασε στο όριο της, καθώς ολοένα και περισσότερα αναπτυξιακά συστήματα με πολλαπλές δυνατότητες εδραιώνονται.

Διαδίκτυο και Παγκόσμιος Ιστός (WWW)

Δύο από τις σημαντικότερες τεχνολογικές εξελίξεις στα τέλη του 20ού αιώνα αποτελούν το Διαδίκτυο και ο Παγκόσμιος Ιστός (WWW-World Wide Web), που έχουν αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούμε, έχουμε πρόσβαση σε πληροφορίες και δραστηριοποιούμαστε επιχειρηματικά [57].

Ο Παγκόσμιος Ιστός και το Διαδίκτυο είναι δύο πυλώνες της ψηφιακής εποχής που χρησιμοποιούνται συχνά ως συνώνυμα, αλλά έχουν διαφορετικές έννοιες. Ο Παγκόσμιος Ιστός είναι ο μηχανισμός ανταλλαγής πληροφοριών στο Διαδίκτυο, ο οποίος λειτουργεί ως η παγκόσμια “ραχοκοκαλιά” του Διαδικτύου.

Οι πρώτες απόπειρες επικοινωνίας μέσω διαδικτύου, πραγματοποιούνται το 1960, όπου το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών ξεκίνησε το πρόγραμμα ARPANET [58]. Στόχος ήταν η δημιουργία ενός αποκεντρωμένου και ανθεκτικού σε σφάλματα δικτύου επικοινωνίας. Η κεντρική ιδέα λειτουργίας του Διαδικτύου ως μέσο μετάδοσης πληροφορίας, επεξηγείται ως ακολούθως:

Βασιζόμενοι στις προϋπάρχουσες μελέτες σχετικά με τη φύση του ηλεκτρομαγνητισμού, πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές προσπάθειες μετάδοσης πληροφορίας μέσω αυτού του φαινομένου.

Τα αποτελέσματα ήταν πλήρως αποδοτικά, καθώς επιτεύχθηκε η διαχείριση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, σε επίπεδο επιτρεπτό για τη μετάδοση δεδομένων. Μέσω της διαμόρφωσης και της αποδιαμόρφωσης των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων μπορούν να μεταδοθούν πληροφορίες. Για τη μετάδοση, η ψηφιακή πληροφορία μετατρέπεται σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται ξανά στην αρχική πληροφορία στο άκρο λήψης. Η διαδικασία μετάδοσης ψηφιακών πληροφοριών, όπως κείμενο, φωτογραφίες, βίντεο και αρχεία, αρχίζει με την κωδικοποίηση ψηφιακών δεδομένων.

Χρησιμοποιώντας δυαδικό κώδικα, τα ψηφιακά δεδομένα αναπαρίστανται ως μια σειρά από 0 και 1, ή αλλιώς bits. Στη συνέχεια, δημιουργείται ένα συνεχές ηλεκτρομαγνητικό κύμα υψηλής συχνότητας, γνωστό ως κύμα φέροντος προκειμένου να μεταφερθούν τα ψηφιακά δεδομένα ως ηλεκτρομαγνητικά σήματα. Η πληροφορία μεταφέρεται μέσω του κύματος φορέα. Η συχνότητα, το πλάτος και η φάση του φέροντος κύματος ελέγχονται προσεκτικά, ώστε να μειωθούν σημαντικά οι απώλειες του σήματος [59].



Εικόνα 25 *Πρώτες απόπειρες διασύνδεσης δικτύου: Παρατηρούμε το τεράστιο μέγεθος των εργαλείων μετάδοσης της εποχής-Britannica.com*

Στη συνέχεια, το φέρον κύμα διαμορφώνεται με τα ψηφιακά δεδομένα. Διαμόρφωση είναι η διαδικασία αναπαράστασης ψηφιακών δεδομένων με ειδική τροποποίηση των ιδιοτήτων του φέροντος κύματος (συχνότητα, πλάτος ή φάση). Ο τρόπος με τον οποίο τα δεδομένα κωδικοποιούνται στο φέρον κύμα εξαρτάται από τη συγκεκριμένη μέθοδο διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται (για παράδειγμα, διαμόρφωση πλάτους, διαμόρφωση συχνότητας ή διαμόρφωση φάσης).

Ένα μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται για την αποστολή του διαμορφωμένου φέροντος κύματος, το οποίο μεταφέρει τώρα τα ψηφιακά δεδομένα. Το μέσο αυτό μπορεί να είναι ένα φυσικό καλώδιο (όπως ένα χάλκινο καλώδιο ή ένα καλώδιο οπτικών ινών) ή, στην περίπτωση της ασύρματης επικοινωνίας, η ατμόσφαιρα [60].

Το διαμορφωμένο ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται ως συνεχές κύμα, μεταφέροντας μαζί του τα κωδικοποιημένα δεδομένα. Οι ιδιότητες του κύματος επηρεάζονται από το μέσο, το οποίο μπορεί να είναι ηλεκτρομαγνητικό (στην ασύρματη επικοινωνία), ηλεκτρικό (στην περίπτωση των χάλκινων καλωδίων), οπτικό (στην περίπτωση των οπτικών ινών) ή ηλεκτρικό.

Στο άκρο λήψης, ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα λαμβάνεται και επεξεργάζεται από ένα δέκτη που έχει ρυθμιστεί για το σκοπό αυτό. Οποιαδήποτε συσκευή είναι ικανή να λάβει και να κατανοήσει το σήμα μπορεί να είναι ο δέκτης, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών και των smartphones.

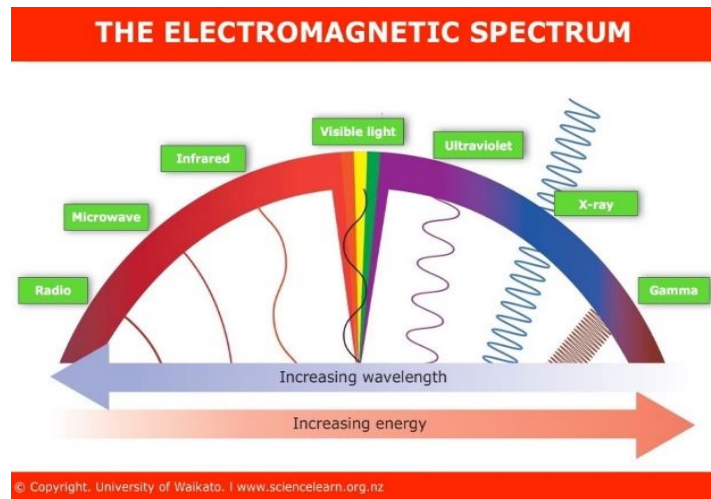
Για να εξαχθούν τα κωδικοποιημένα δεδομένα από το λαμβανόμενο σήμα, ο δέκτης τα αποδιαμορφώνει περνώντας αντίστροφα από τη διαδικασία διαμόρφωσης. Για την ανάκτηση των αρχικών δυαδικών δεδομένων, ο δέκτης ανιχνεύει μεταβολές στο πλάτος, τη συχνότητα ή τη φάση του σήματος ανάλογα με την τεχνική διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται.

Η καρδιά της επιχείρησης επικοινωνίας ήταν η εισαγωγή ενός πρωτοκόλλου μεταγωγής πακέτων πληροφορίας, το οποίο επέτρεπε τη διαίρεση των δεδομένων σε μικρότερα πακέτα και τη μεταφορά τους σε ένα δίκτυο όπου μπορούσαν να ακολουθήσουν διάφορες διαδρομές προς τον προορισμό τους [60]. Φυσικά, όπως ήταν αναμενόμενο, η τεχνολογία αυτή επεξεργάστηκε και ανανεώθηκε πλήρως μέσα στις επόμενες δεκαετίες, δημιουργώντας νέα πακέτα επικοινωνίας και μεταφοράς πακέτων πληροφορίας, με ισχυρότερα πρωτόκολλα ασφαλείας μετάδοσης και αποκωδικοποίησης.

Η μετάδοση δεδομένων στο Διαδίκτυο βασίζεται στο Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης (TCP) και στο Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP), τα οποία δημιουργήθηκαν τη δεκαετία του 1970. Ανεξάρτητα από την υποκείμενη τεχνολογία και το λογισμικό, αυτά τα πρωτόκολλα επέτρεπαν στους υπολογιστές να επικοινωνούν [60].

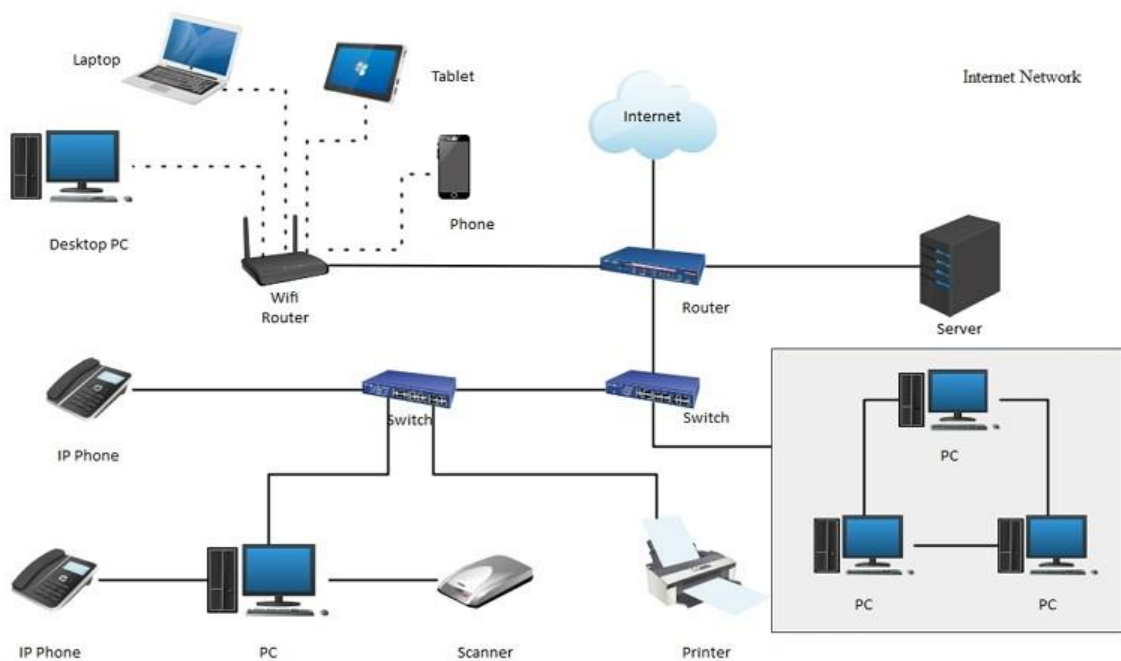
Με το πέρασμα άλλης μίας δεκαετίας, εισήχθη για πρώτη φορά το Domain Name System (DNS). Το DNS αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 και κατέστησε απλούστερη την εύρεση

ιστοτόπων και πόρων στο Διαδίκτυο, εισάγοντας ονόματα που μπορούν να διαβαστούν από τον άνθρωπο [61].



Εικόνα 26 Απεικόνιση των φασμάτων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων: Για τη μετάδοση πληροφορίας αξιοποιούνται τα Ραδιοκύματα-Britannica.com

Φτάνοντας στο σήμερα, όπου η διασύνδεση της επικοινωνίας έχει πλέον αποκατασταθεί από ασύρματη (με την ενσωμάτωση των ραδιοκυμάτων), λαμβάνουμε μερικά από τα κυριότερα εργαλεία μετάδοσης:



Εικόνα 27 Απλό Δίκτυο Επικοινωνίας μεταξύ συσκευών - Παρατηρούμε τις υπάρχουσες δυνατότητες διασύνδεσης, συγκριτικά με το παρελθόν-Britannica.com

Δρομολογητές (Routers)

Οι δρομολογητές είναι εξοπλισμός δικτύου που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πακέτων δεδομένων μεταξύ δικτύων. Βοηθούν στην πλοήγηση στο περίπλοκο δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών και δικτύων που απαρτίζουν το Διαδίκτυο, επιλέγοντας την πιο αποτελεσματική διαδρομή των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό. Μπορούν να χαρακτηριστούν απλοϊκά ως και οι “τροχονόμοι” των πακέτων, για τη σωστή καθοδήγησή τους.

Διαμορφωτές (Modems)

Για τη μετάδοση μέσω τηλεφωνικών γραμμών ή καλωδιακών συστημάτων, τα modems μετατρέπουν ψηφιακά δεδομένα από υπολογιστές σε αναλογικά σήματα. Επιπλέον, μετατρέπουν τα αναλογικά δεδομένα από αυτές τις γραμμές σε ψηφιακές πληροφορίες που μπορούν να κατανοήσουν οι υπολογιστές. Τα μόντεμ συχνά εκτελούν τις διπλές λειτουργίες της διαμόρφωσης και της αποδιαμόρφωσης των δεδομένων στις σύγχρονες ευρυζωνικές συνδέσεις.

Καλώδια Δικτύου (Ethernet)

Για την αποστολή δεδομένων μέσω ενσύρματων δικτύων χρησιμοποιούνται φυσικά μέσα μετάδοσης, όπως καλώδια χαλκού και οπτικών ινών. Η μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας καθίσταται δυνατή με καλώδια οπτικών ινών [62].

Ασύρματοι Πομποδέκτες (Transceivers)

Συσκευές όπως οι δρομολογητές, τα κινητά τηλέφωνα και οι φορητοί υπολογιστές περιέχουν ασύρματους πομποδέκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για τη μετάδοση και λήψη δεδομένων για ασύρματες συνδέσεις στο Διαδίκτυο (Wi-Fi ή κυψελοειδή δίκτυα) [62].

Μεταγωγείς

Στα τοπικά δίκτυα (LAN), οι μεταγωγείς είναι στοιχεία δικτύου που συνδέουν διάφορες συσκευές και ελέγχουν τη ροή δεδομένων μεταξύ τους. Είναι απαραίτητα για τη μετάδοση δεδομένων σε πιο συμπαγή τμήματα δικτύου [62].

Πύλες Μετάδοσης (Gateways)

Για να επιτραπεί η μετακίνηση δεδομένων μεταξύ δικτύων με διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, οι πύλες τα συνδέουν χρησιμοποιώντας υλικό ή λογισμικό. Μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας για τη σύνδεση των δικτύων του Διαδικτύου [62].

Πρωτόκολλα Επικοινωνίας (Protocols)

Ένας αριθμός πρωτοκόλλων επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοκόλλων ελέγχου μετάδοσης (TCP) και διαδικτύου (IP), ρυθμίζουν τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα μορφοποιούνται, αποστέλλονται και λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της σύνδεσης στο Διαδίκτυο.

Εκτός φυσικά από την αποστολή των πακέτων δεδομένων, τα Protocols εμπεριέχουν ενσωματωμένα συστήματα ασφαλείας επικοινωνίας, με σκοπό την αποτροπή υποκλοπής και παράνομης διασύνδεσης εντός μη αποδεκτού δικτύου [62].

Τα παραπάνω εργαλεία μετάδοσης πακέτων πληροφορίας αποτελούν μόνο τα βασικά, καθώς λόγω της συνεχούς εξέλιξης των συστημάτων δικτύων, οι επιλογές και οι εξελισσόμενες ανανεώσεις είναι υπεράριθμες. Για να αντιληφθούμε τις τεράστιες δυνατότητες που προσφέρει το Διαδίκτυο σε παγκόσμια κλίμακα, αρκεί να αναφερθούμε στα εξής προτερήματα:

Πρόσβαση σε δισεκατομμύρια πηγές πληροφόρησης

Οι χρήστες μπορούν εύκολα να λαμβάνουν πληροφορίες, αναλύσεις, ειδήσεις και εκπαιδευτικούς πόρους για οποιοδήποτε θέμα, διευκολύνοντας την αυτοεκπαίδευση και την επέκταση των γνώσεων. Ο χρόνος που απαιτείται πλέον για την πρόσβαση σε πληροφορίες έχει σχεδόν εκμηδενιστεί, ενώ ο όγκος πληροφορίας έχει εκτοξευθεί [63].

Διευκόλυνση της Επικοινωνίας

Η επικοινωνία μέσω διαδικτύου έχει αλλάξει εντελώς τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούμε. Επιτρέπει την παγκόσμια επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, μέσων κοινωνικής δικτύωσης, άμεσων μηνυμάτων και τηλεδιασκέψεων. Με τον τρόπο αυτό εκμηδενίστηκαν οι αποστάσεις, ενώ η αμεσότητα των απαντήσεων δεν υπήρξε ποτέ πιο έγκαιρη [63].

Χρηματοοικονομικές Συναλλαγές

Οι ηλεκτρονικές αγορές και το ηλεκτρονικό εμπόριο έχουν καταστήσει απλή την αγορά και την πώληση αγαθών και υπηρεσιών ανά πάσα στιγμή και από οπουδήποτε. Ως αποτέλεσμα, οι επιλογές των καταναλωτών και οι δυνατότητες των επιχειρήσεων έχουν αυξηθεί δραματικά [63].

Ενεργειακό – Περιβαλλοντικό Όφελος

Αν αναλογιστούμε τις ποσότητες των απαιτούμενων πρώτων υλών για αποστολή δεδομένων (πχ. χαρτιού) καθώς και τις ποσότητες καυσίμου για την κάλυψη των αποστάσεων μεταξύ των ανθρώπων, αρκεί για να κατανοήσουμε την τεράστια συνεισφορά που επιφέρει η χρήση του διαδικτύου σε παγκόσμια κλίμακα [63]. Το διαδίκτυο πλέον έχει εισβάλλει στην καθημερινότητά μας, συμβάλλοντας σε καθημερινό βαθμό με συνεχείς εξελίξεις και αλλαγές στη ζωή μας.

Αξίζει να αναφέρουμε πως παρόλα τα πολλά πλεονεκτήματα που έχει ήδη επιφέρει, ο έλεγχος των επιπτώσεών της στα ψηφιακά χάσματα, την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια εξακολουθεί να αποτελεί μείζον ζήτημα στην ψηφιακή εποχή.

Λογισμικά Προγραμματισμού (*Programming Software*)

Κατά τα μέσα της δεκαετίας του 1950 με τις αρχές της δεκαετίας του 1960, η 3^η Β.Ε. οδήγησε στην ανάγκη για ανάπτυξη των διαδικασιών προγραμματισμού των συστημάτων. Όπως προαναφέρθηκε, μέχρι στιγμής τα συστήματα προγραμματίζονταν αποκλειστικά από ειδικούς προγραμματιστές, συνήθως με την εφαρμογή - επεξεργασία Hardware τομέων (π.χ. αλλαγή των λυχνιών κενού). Πλέον χάρη στις αλλαγές που εφαρμόστηκαν στην προσέγγιση του κώδικα εντολών για ένα σύστημα, αναπτύχθηκαν άμεσα γλώσσες προγραμματισμού ικανές να κατανοούνται από μη αποκλειστικά ειδικούς στον τομέα του προγραμματισμού. Με τη δημιουργία γλωσσών όπως η Fortran και η COBOL, οι προγραμματιστές μπορούσαν να γράφουν κώδικα που έμοιαζε περισσότερο με φυσική γλώσσα, βελτιώνοντας σημαντικά τη διαδικασία ανάπτυξης [64].

Ο κύριος τρόπος προγραμματισμού των παλαιότερων υπολογιστών ήταν η γλώσσα μηχανής (κυρίως μέσω bits 0&1 σε διάτρητες κάρτες κώδικα), αλλά με την έλευση των γλωσσών προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, ο κώδικας έγινε πιο ευανάγνωστος και εγγράψιμος από τους ανθρώπους.



Εικόνα 28 Προγραμματισμός μέσω COBOL το έτος 1960 - ο προγραμματισμός πραγματοποιούταν σε γλώσσα μηχανής - *Britannica.com*

Αυτή η εξέλιξη ουσιαστικά εκδημοκράτισε την ανάπτυξη λογισμικού, καθιστώντας την προσιτή σε ένα ευρύτερο φάσμα ανθρώπων και όχι μόνο σε ειδικούς στη γλώσσα συναρμολόγησης χαμηλού επιπέδου. Παρακάτω θα αναλυθούν διεξοδικά τα σημαντικότερα σημεία ανάπτυξης και βελτίωσης του τομέα του προγραμματισμού, με ιδιαίτερη έμφαση στην εσωτερική λειτουργία και την πλέον δυνατότητα συνδυασμού Software και Hardware επιπέδου.

Σημείο ορόσημο στον τομέα του προγραμματισμού, αποτελεί η δημιουργία των IDE's, (Integrated Development Environment) ή Ολοκληρωμένων Περιβαλλόντων Ανάπτυξης [65]. Τα IDE αποτελούν προγράμματα υπολογιστών που προσφέρουν ένα πλήρες φάσμα λειτουργιών και εργαλείων για την ανάπτυξη λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων των δοκιμών, της αποσφαλμάτωσης και της επεξεργασίας κώδικα. Η διαδικασία ανάπτυξης λογισμικού μεταμορφώθηκε πλήρως όταν τα IDE έγιναν δημοφιλή στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980.

Τα γνωστά ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης (IDE), όπως το Microsoft Visual Studio και το Turbo Pascal, προσέφεραν ένα εύχρηστο, ενιαίο φάσμα για τον προγραμματισμό, αυξάνοντας την παραγωγικότητα και απλοποιώντας τις εργασίες ανάπτυξης [65]. Οι προγραμματιστές μπορούν πλέον να γράφουν, να δοκιμάζουν και να αποσφαλματώνουν κώδικα πιο εύκολα χάρη στα ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης (IDE).

Στο παρόν σημείο, αξίζει να αναφερθούμε σε μία κοινή ερώτηση που περιλαμβάνει την εσωτερική δομή του προγραμματισμού. Με απλούστερη ερμηνεία, θα αναφερθούμε στον

εσωτερικό μηχανισμό κατά τον οποίο ένα πρόγραμμα “δίνει” εντολές σε ένα σύστημα, ύστερα από την εισαγωγή του κώδικα. Η ακολουθία των λειτουργιών που αναπτύσσονται κατά την εκτέλεση ενός κώδικα είναι η εξής:

Ο κώδικας προγραμματισμού γράφεται σε γλώσσα αντιληπτή από τον άνθρωπο (C++, Python, Javascript κ.λπ.). Κατά τη διαδικασία αυτή, «δίνουμε» τις βασικές εντολές που θέλουμε να εκτελεστούν από το σύστημα, καλώντας συγκεκριμένες συναρτήσεις και βιβλιοθήκες που είναι ήδη προ-αποθηκευμένες στην μνήμη του υπολογιστικού συστήματος. Στη συνέχεια, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

Φόρτωση Προγράμματος

Το λειτουργικό σύστημα βρίσκει το εκτελέσιμο αρχείο για ένα πρόγραμμα (το οποίο συνήθως φυλάσσεται σε μια συσκευή αποθήκευσης όπως ένας σκληρός δίσκος ή ένας SSD) και το φορτώνει στη μνήμη όταν τοποθετηθεί ή καλεστεί. Αυτό συνεπάγεται την ανάγνωση του δυαδικού κώδικα του προγράμματος στη μνήμη RAM (μνήμη τυχαίας προσπέλασης) από τον αποθηκευτικό χώρο. Τα δεδομένα και ο κώδικας του προγράμματος διατηρούνται πλέον στη μνήμη [66].

Compilation (Μεταγλώττιση)

Πριν εκτελεστεί, ένα πρόγραμμα γραμμένο σε μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου μπορεί να χρειαστεί να μεταγλωττιστεί ή να μεταφραστεί σε κώδικα μηχανής. Σε αυτό το βήμα, ο πηγαίος κώδικας αναλύεται, ελέγχονται συντακτικά σφάλματα και δημιουργείται ένα εκτελέσιμο δυαδικό αρχείο (σειρά bits 0&1) [66].

Κατανομή Μνήμης

Το πρόγραμμα λαμβάνει χώρο μνήμης από το λειτουργικό σύστημα. Σε αυτό περιλαμβάνονται τμήματα κώδικα και δεδομένων. Συνήθως, ένα τμήμα κώδικα περιέχει το δυαδικό κώδικα του προγράμματος και ένα τμήμα δεδομένων περιέχει χώρο που προορίζεται για δεδομένα, όπως οι μεταβλητές [66].

Σύνδεση

Οι αναφορές σε εξωτερικές βιβλιοθήκες ή ενότητες μπορεί να επιλυθούν από το λειτουργικό σύστημα ή από ένα διαφορετικό εργαλείο σύνδεσης, εάν το πρόγραμμα εξαρτάται από αυτές.

Με αυτόν τον τρόπο, το πρόγραμμα έχει εγγυημένη πρόσβαση στις λειτουργίες και τα δεδομένα που παρέχονται από τις εξωτερικές βιβλιοθήκες [66].

Εκτέλεση

Η CPU αρχίζει να εκτελεί τις εντολές μετά την κλήση του κύριου σημείου εισόδου του προγράμματος. Εργασίες όπως οι λειτουργίες εισόδου/εξόδου, οι υπολογισμοί και η επεξεργασία δεδομένων εκτελούνται από το πρόγραμμα σε συνδυασμό με το υλικό και το λειτουργικό σύστημα. Εάν είναι απαραίτητο, το πρόγραμμα μπορεί επίσης να επικοινωνεί με άλλες διεργασίες ή προγράμματα κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής του [66]. Φυσικά, η προαναφερόμενη σειρά εκτέλεσης αφορά αποκλειστικά το Software κομμάτι.

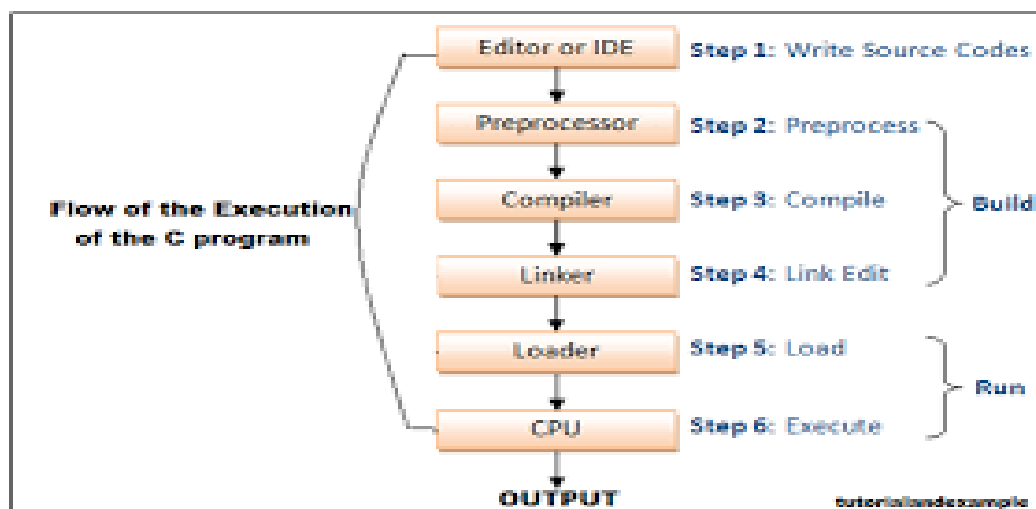
Εισερχόμενοι ένα ακόμα "βήμα" στον εσωτερικό μηχανισμό του Hardware συστήματος, αναφέρουμε τα εξής:

Τεράστιο μέρος του εσωτερικού μηχανισμού ενός σύγχρονου υπολογιστικού συστήματος περιλαμβάνει πολλαπλά ηλεκτρονικά στοιχεία, με κυριότερα τα Transistors και τις λογικές πύλες. Κατά το Compilation ενός προγράμματος, όπως προαναφέρθηκε, το δυαδικό σύστημα 0&1 bits καταλαμβάνει τη θέση του στην CPU του συστήματος, όπου και εκτελείται. Στην πραγματικότητα όμως, τα 0&1 bits αντιπροσωπεύουν την εισαγωγή και μη εισαγωγή ρεύματος (0V – 5V) εντός του κυκλώματος των λογικών πυλών και των Transistors [67].

Ο λόγος για τον οποίο αναφερόμαστε στον συγκεκριμένο τομέα διαδικασιών, αφορά το γεγονός της κατανόησης της πολυπλοκότητας και του ασύλληπτα τεράστιου μεγέθους λειτουργιών που λαμβάνουν μέρος κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος. Επιπλέον, με επέκταση των Ολοκληρωμένων Περιβαλλόντων Ανάπτυξης, τα λογισμικά ανάπτυξης μπορούν να διαχωρίσουν τις προτεραιότητες μεταξύ Compilation και Interpretation (Μεταγλώττιση και Διερμηνεία) κατά την ανάπτυξη του κώδικα [68].

Συγκεκριμένα, στο κομμάτι του Compilation, πριν εκτελεστεί ο πηγαίος κώδικας για μεταγλωττισμένες γλώσσες, όπως η C++ ή η Java, πρέπει να μετατραπεί σε κώδικα μηχανής. Αυτή η διαδικασία παράγει εκ των προτέρων αυτόνομα εκτελέσιμα αρχεία. Επειδή ο κώδικας μηχανής εκτελείται απευθείας κατά τη μεταγλώττιση, η υψηλότερη απόδοση κατά το χρόνο εκτέλεσης συνήθως συνδέεται με αυτόν [68]. Επειδή όμως όλος ο κώδικας πρέπει να μεταγλωττιστεί πριν από τη δοκιμή, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερους κύκλους

ανάπτυξης. Διαφορετικοί κανόνες ισχύουν για τις διερμηνευμένες γλώσσες όπως η Python και η JavaScript.



Εικόνα 29 Flowchart Απεικόνισης Βημάτων Λειτουργίας κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος - ScienceDirect.com

Στη διαδικασία του Interpretation, ένας διερμηνέας εκτελεί τον πηγαίο κώδικα γραμμή προς γραμμή κατά την εκτέλεση. Επειδή ο κώδικας μπορεί να αλλάξει και να εκτελεστεί αμέσως χωρίς να χρειάζεται επαναμεταγλώττιση, αυτό διευκολύνει τη γρήγορη ανάπτυξη και δοκιμή [68]. Ωστόσο, επειδή απαιτείται διερμηνεία σε πραγματικό χρόνο, ο διερμηνευμένος κώδικας εκτελείται συνήθως πιο αργά από τον μεταγλωττισμένο κώδικα.

Η αλληλεπίδραση του λειτουργικού συστήματος είναι επίσης απαραίτητη για την ανάπτυξη λογισμικού. Τα λειτουργικά συστήματα παρέχουν ένα επίπεδο αφαίρεσης, ενεργώντας ως μεσάζων μεταξύ των εφαρμογών και του υλικού. Οι προγραμματιστές λογισμικού χρησιμοποιούν κλήσεις συστήματος για να επικοινωνούν με το λειτουργικό σύστημα και να έχουν πρόσβαση στους πόρους του συστήματος [68]. Οι κλήσεις συστήματος είναι λειτουργίες ή διεπαφές που επιτρέπουν στις εφαρμογές να ζητούν από το λειτουργικό σύστημα πράγματα όπως η διαχείριση της μνήμης, οι λειτουργίες αρχείων και η επικοινωνία μέσω δικτύου.

Για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα καλεί το λειτουργικό σύστημα μέσω μιας κλήσης συστήματος για να διαβάσει δεδομένα από ένα αρχείο. Στη συνέχεια, το λειτουργικό σύστημα χειρίζεται τις λεπτομέρειες χαμηλού επιπέδου της ανάγνωσης δεδομένων από συσκευές αποθήκευσης.

Είναι ήδη αντιληπτή η τεράστια διαφορά που επέφερε η ανάπτυξη των λογισμικών σε επίπεδο λειτουργίας και "συνεργασίας" μεταξύ του Software και του Hardware τομέα διεπαφής σε ένα σύστημα.

Με τον τρόπο αυτό, εισήχθη στον τομέα της μηχανικής ο όρος της Μηχατρονικής (Mechatronics), κατά τον οποίο, επιτεύχθηκε η δυνατότητα συνδυασμού μηχανικών συστημάτων με στοιχεία ηλεκτρονικής, ηλεκτρολογίας και προγραμματισμού, με σκοπό την τεράστια επέκταση στον τομέα των Έξυπνων Συστημάτων.



Εικόνα 30 Μηχατρονική - Συνδυασμός μηχανικής και προγραμματισμού για τη δημιουργία έξυπνων συστημάτων

Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου θα αναφερθούμε στα σημαντικότερα μηχανικά συστήματα κατά το διάστημα της 3^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης. Η συνεχής εξέλιξη και η ανάπτυξη των λογισμικών αποτελούν τεράστιο κομμάτι της σημερινής κοινωνίας, ενώ θα αποτελέσουν το σημαντικότερο φάσμα που θα επικρατήσει κατά την μελλοντική περίοδο της 4^{ης} Β.Ε. Τα κυριότερα οφέλη που απολαμβάνουμε πλέον χάρη στην ενσωμάτωση των λογισμικών και των προγραμμάτων στην καθημερινότητά μας περιλαμβάνουν:

Ασύγκριτη Δυνατότητα Επικοινωνίας

Δεδομένο πλέον θεωρείται το γεγονός της ασύρματης επικοινωνίας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Χάρη στην ανάπτυξη συγκεκριμένων εφαρμογών και συστημάτων, μπορούμε να επικοινωνούμε ηχητικά, ακόμη και εικονικά σε οποιοδήποτε μέρος του πλανήτη.

Αν αναλογιστούμε τη δυνατότητα αυτή, θα κατανοήσουμε το τεράστιο επίτευγμα που επέφερε η εξέλιξη των λογισμικών τα τελευταία χρόνια [69].

Αυτοματοποιημένα Συστήματα

Η ανάπτυξη λογισμικού έχει καταστήσει δυνατή την αυτοματοποίηση σε διάφορους τομείς, αυξάνοντας την παραγωγικότητα και μειώνοντας τον κίνδυνο ανθρώπινου λάθους. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στους τομείς της χρηματοδότησης, της μηχανικής και της μεταποίησης. Επιπλέον, σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, η αυτοματοποίηση και τα εργαλεία λογισμικού έχουν αυξήσει την παραγωγικότητα, γεγονός που έχει μειώσει το κόστος και έχει ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα [69].

Οικονομική Ευελιξία

Χάρη στην τεράστια δυνατότητα παράλληλων εργασιών, απομακρυσμένων εργαλείων και πληροφόρησης, η επίδραση στον οικονομικό τομέα είναι εμφανής. Πολλαπλά συστήματα λογισμικών πλέον επεξεργάζονται με επιτυχία την διαχείριση των οικονομικών από ατομικό έως και κρατικό επίπεδο, παρέχοντας ασφαλέστερα περιβάλλοντα διαχείρισης και ευεξία. Επιπλέον, χάρη στη δυνατότητα άμεσης πληροφόρησης από όλες τις πλευρές του πλανήτη, τα έξοδα κόστους μεταφοράς και τα χρονικά περιθώρια εκμηδενίστηκαν [69].

Ανάπτυξη Συστημάτων CAD – Computer Aided Manufacturing Systems

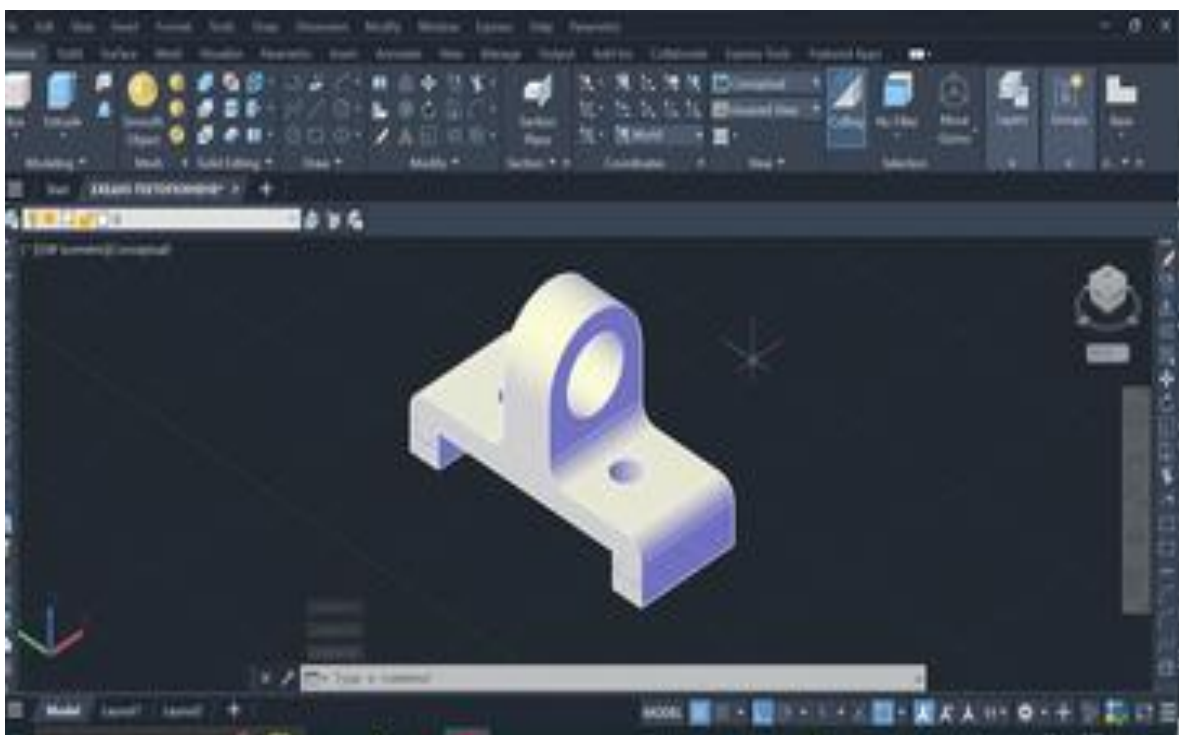
Η διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης συστημάτων, δομών και προϊόντων έχει μετασχηματιστεί πλήρως από το σχεδιασμό με τη βοήθεια υπολογιστή ή CAD. Οι μηχανικοί, οι αρχιτέκτονες και οι σχεδιαστές μπορούν να παράγουν, να επεξεργάζονται και να αξιολογούν ψηφιακά μοντέλα των σχεδίων τους με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα χάρη στην τεχνολογία σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD). Οι σημαντικές εξελίξεις στην ανάπτυξη CAD με την πάροδο των ετών είχαν βαθύτατο αντίκτυπο σε διάφορους κλάδους.

Η μετάβαση από τη δισδιάστατη (2D) στην τρισδιάστατη (3D) μοντελοποίηση ήταν μια από τις βασικές εξελίξεις στο CAD. Οι σχεδιαστές ήταν σε θέση να παράγουν πιο ακριβείς και αληθοφανείς αναπαραστάσεις αντικειμένων και κατασκευών χάρη στα συστήματα 3D CAD. Η ικανότητά τους να οπτικοποιούν και να επεξεργάζονται σχέδια από διάφορες οπτικές γωνίες και οπτικές γωνίες είχε ως αποτέλεσμα σχέδια υψηλότερης ποιότητας [70].



Εικόνα 32 Δημιουργία σχεδίων με τον κλασικό τρόπο-Παρατηρούμε την τεράστια αλλαγή που προσέφεραν τα συστήματα λογισμικών CAD- Science Direct.com

Μια άλλη σημαντική πρόοδος στην ανάπτυξη του CAD ήταν ο παραμετρικός σχεδιασμός, ο οποίος διέδωσε την ιδέα της συσχετιστικότητας. Είναι δυνατή η συσχέτιση γεωμετρικών στοιχείων με παραμέτρους σχεδιασμού, όπως όρια και διαστάσεις, έτσι ώστε οι τροποποιήσεις να αντικατοπτρίζονται αυτόματα σε όλο το σχεδιασμό. Αυτό βελτίωσε την ικανότητα δοκιμής διαφόρων επιλογών σχεδιασμού, ενώ παράλληλα απλοποίησε τη διαδικασία σχεδιασμού.



Εικόνα 31 Δημιουργία Τρισδιάστατου σχεδίου μέσω λογισμικού AUTOCAD - Παρατηρούμε την τεράστια αλλαγή στον τομέα σχεδιασμού συστημάτων - Μουστάκας Γιώργος

Επιπλέον, χάρη στην ανάπτυξη των συγκεκριμένων λογισμικών, επιτεύχθηκε η δυνατότητα ενσωμάτωσης των Τρισδιάστατων Εκτυπωτών (3D Printers) καθώς και εργαλείων κοπής μετάλλων και τόννευσης όπως το CNC [70]. Τα συγκεκριμένα συστήματα θα αναλυθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Τρισδιάστατη Εκτύπωση – 3D Printing

Όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, μία από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις που σημάδεψαν την εποχή της 3ης Β.Ε. και έπεται να καθιερώσει την πορεία της 4ης Β.Ε., αποτελεί η Τρισδιάστατη Εκτύπωση, ευρέως γνωστή και ως 3D Printing.

Παρόλο που η ιδέα της τρισδιάστατης εκτύπωσης προτάθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1980, η τεχνολογία απογειώθηκε πραγματικά μόλις τον 21^ο αιώνα και άρχισε να έχει αντίκτυπο σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτικών αγαθών, της υγειονομικής περίθαλψης, της αυτοκινητοβιομηχανίας και της αεροδιαστημικής. Πολλοί θεωρούν τον Αμερικανό μηχανικό Chuck Hull ως τον πατέρα της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Δημιούργησε τη στερεολιθογραφία το 1984, μια μέθοδο κατασκευής τρισδιάστατων αντικειμένων στρώμα προς στρώμα, η οποία κατέστη δυνατή με τη χρήση λέιζερ υπερύφους ακτινοβολίας για τη στερεοποίηση λεπτών στρωμάτων υγρής φωτοπολυμερούς ρητίνης [71]. Η δημιουργία του Hull έθεσε τις βάσεις για μια ενδεχόμενη βιομηχανία.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990 υπήρξαν αρκετές σημαντικές εξελίξεις στην τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης. Η ανάπτυξη και εμπορία τρισδιάστατων εκτυπωτών ήταν ο πρωταρχικός στόχος της ίδρυσης εταιρειών όπως η Stratasyς και η 3D Systems. Κατά τα πρώτα στάδια εισαγωγής των τρισδιάστατων εκτυπωτών στον κόσμο της μηχανικής, οι κύριες εταιρίες που αξιοποίησαν άμεσα την τεχνολογία του 3D Printing αποτελούσαν οι αυτοκινητοβιομηχανίες και η αεροδιαστημική βιομηχανία.

Ερχόμενοι στο σήμερα, ο τομέας της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης έχει καθιερωθεί πλήρως σε εξελισσόμενα βιομηχανικά εδάφη, σε πολλαπλούς τομείς. Πολύπλοκα γεωμετρικά στοιχεία, ανταλλακτικά συστημάτων και μηχανών καθώς και μεγάλες παραγωγές ποικιλίας αντικειμένων έχουν ως βάση κατασκευής τους Τρισδιάστατους Εκτυπωτές. Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός της ένταξης των συστημάτων 3D Printing στον τομέα της Ιατρικής,

όπου ήδη πραγματοποιούνται πειραματικές διατάξεις για δημιουργία μοσχευμάτων και προς μεταμόσχευση οργάνων, με το υλικό εναπόθεσης να είναι κυτταρικό.

Με τον όρο της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης, αναφερόμαστε στον όρο της Προσθετικής Κατασκευής συχνά αναφερόμενη και ως Additive Manufacturing [71]. Ο όρος αυτός, όπως φυσικά αναφέρεται και η ονομασία του, επεξηγεί το γενικότερο σκεπτικό της ιδέας της τρισδιάστατης εκτύπωσης, η οποία θα αναλυθεί εκτενώς παρακάτω.

Τρόπος Λειτουργίας Συστήματος

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού μεταξύ μηχανικής και ανάπτυξης λογισμικών CAD. Η κεντρική ιδέα λειτουργίας του συστήματος περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα [72]:

1. Σχεδιασμός μέσω λογισμικού CAD,
2. Μετατροπή σε Αρχείο Στερεολιθογραφίας (STL),
3. STL File σε Slicing Software,
4. Λειτουργία Τρισδιάστατης Εκτύπωσης – Απομάκρυνση ολοκληρωμένου τεμαχίου,
5. Μετεπεξεργασία Τεμαχίου – Εφαρμογή.

Σχεδιασμός μέσω λογισμικού CAD [72]

Κατά την έναρξη της διαδικασίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης, αρχικό βήμα αποτελεί ο σχεδιασμός του εκάστοτε αντικειμένου από ένα λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης. Χάρη στην πλήρη εξέλιξη των λογισμικών CAD, παρέχεται η δυνατότητα πλήρους και λεπτομερούς σχεδιασμού, με δυνατότητες τεράστιας ακρίβειας και πλήθους επιλογών. Παρ' όλες τις επιλογές όμως που προσφέρει ένα σύστημα CAD, ο σχεδιασμός ενός τρισδιάστατου αντικειμένου απαιτεί μεγάλη εξοικείωση και εμπειρία ώστε να αποφευχθούν όσο το δυνατόν περισσότερα λάθη κατά την τελειοποίηση του αντικειμένου. Μερικά από τα κυριότερα σχεδιαστικά θέματα που χρήζουν μεγάλης προσοχής και εμπειρίας περιλαμβάνουν:

Προσανατολισμός Τεμαχίου

Κατά τη διαδικασία εκτύπωσης ενός τρισδιάστατου τεμαχίου, ο σχεδιαστής θα πρέπει να λάβει υπόψιν του παράγοντες όπως η κίνηση της κεφαλής εκτύπωσης με σκοπό τον

κατάλληλο σχεδιασμό μέσω του λογισμικού CAD. Εάν το τελικό σχέδιο διαθέτει πολλαπλές ατέλειες και μη προβλεπόμενες σχεδιαστικές επεμβάσεις, υπάρχει πιθανότητα το τελικό τεμάχιο να μην ανταποκρίνεται στις μηχανικές ανάγκες που είχαν τεθεί.

Σωστή Στήριξη και Αφαίρεση Στηριγμάτων

Όπως γνωρίζουμε, κατά τη διαδικασία τρισδιάστατης εκτύπωσης, η πλήρωση του θερμού υλικού εναποτίθεται κατά σειρά σε κατακόρυφη διαδρομή, με τις κατάλληλες κινήσεις της κεφαλής εκτύπωσης. Για τον λόγο αυτό, τοποθετούνται τα κατάλληλα στηρίγματα (συνήθως περιφερειακά του τεμαχίου), ώστε να συγκρατείται η δομή υπό το βάρος του προς κατασκευή αντικειμένου. Με επίσης προσεκτικό τρόπο, τα στηρίγματα θα πρέπει να υπόκεινται σε σωστή επεξεργασία και τοποθέτηση εντός του σχεδίου, ώστε το τελικό έργο να μην υποστεί ατέλειες και λανθασμένη δομή κατά την αφαίρεσή τους.

Σειρά Εκτέλεσης Διεργασιών

Ιδιαίτερα απαραίτητη προϋπόθεση κατά την εκτύπωση αποτελεί η σειρά των υπό σχεδίαση διεργασιών. Οπές, εσοχές, κωνικότητα και ειδικές κλίσεις, οφείλουν να σχεδιασθούν με τρόπο τέτοιο ώστε να μη δημιουργηθούν επιμέρους σχεδιαστικά προβλήματα κατά το τελικό τεμάχιο. Επιπλέον, ύψιστης σημασίας διεργασία που λαμβάνεται υπόψιν κατά τη διάρκεια σχεδιασμού αποτελεί η σωστή τοποθέτηση – αναλογία των μηχανικών νευρών με σκοπό την μηχανική αντοχή του κατασκευασμένου τεμαχίου.

Συναρμολογημένα Τεμάχια

Κατά το σχεδιασμό ενός αντικειμένου μεγαλύτερων από τη χωρητικότητα του εκτυπωτή διαστάσεων, η διαδικασία εκτύπωσης ακολουθεί υποχρεωτικά την επιλογή της συναρμολόγησης του εκάστοτε αντικειμένου. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως το τελικό τεμάχιο θα κατασκευαστεί ύστερα από κόλληση των εκτυπωμένων κομματιών του τεμαχίου. Για αυτό το λόγο, ο σχεδιαστής θα πρέπει να λάβει υπόψιν του το σωστό αριθμό των τεμαχιζόμενων κομματιών, καθώς και το σωστό σημείο τεμαχισμού του αντικειμένου.

Υπόψιν πως κατά την κόλληση των αντικειμένων στο τελικό στάδιο, η συνολική μηχανική αντοχή του τεμαχίου (ειδικότερα στα σημεία κόλλησης) παρουσιάζει σχετική μείωση συγκριτικά με την εξαρχής εκτύπωση δίχως προσθήκη κόλλας.

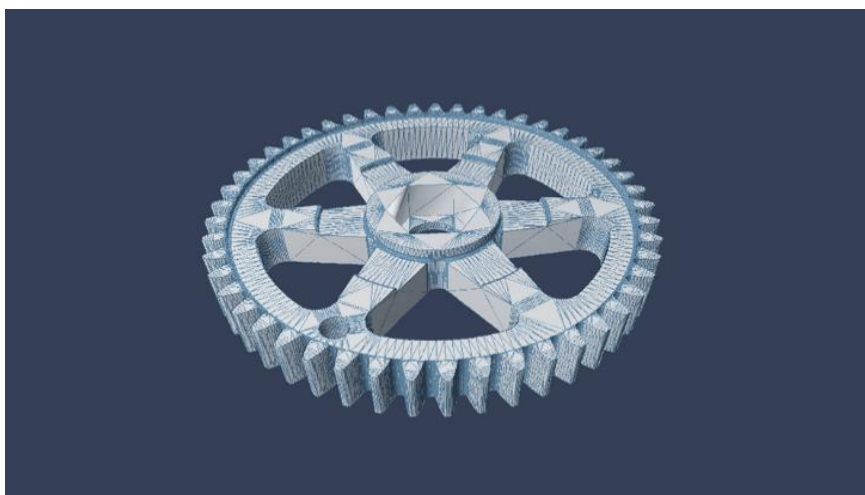
Με απλούστερα λόγια, το κομμένο τεμάχιο είναι πιο “αδύναμο” συγκριτικά με το ολοκληρωμένο τεμάχιο.

Μετατροπή σε Αρχείο Στερεολιθογραφίας (STL) [72]

Αφότου έχει σχεδιαστεί το εκάστοτε γεωμετρικό αντικείμενο μέσω λογισμικού CAD, χρησιμοποιείται το λεγόμενο “πέραςμα” σε STL – Standard Triangle Language. Κατά τη διαδικασία αυτή, το σχεδιασμένο πλέον αντικείμενο υπόκειται σε τριγωνοποίηση του γεωμετρικού του σχήματος, συγκεκριμένα της εξωτερικής στερεής επιφάνειάς του, αγνοώντας πλήρως τις τυχόν γεωμετρικές/μηχανικές λεπτομέρειές του. Ο λόγος για τον οποίο πραγματοποιείται η συγκεκριμένη διαδικασία, αφορά το γεγονός της προσέγγισης του γεωμετρικού σχήματος του αντικειμένου ως πλήθος τριγωνικών εδρών, με σκοπό την ανάλυση διαστάσεων – συντεταγμένων του.

Τυπικός κανόνας κατά τη στερεολιθογραφική προσέγγιση ενός γεωμετρικού σώματος αποτελεί η αναλογία τριγώνων ανά σχέδιο – μεγαλύτερος αριθμός τριγωνοεδρών σημαίνει μεγαλύτερη ακρίβεια αποτύπωσης με την ταυτόχρονη όμως αύξηση του απαιτούμενου χρόνου ανάλυσης.

Η μέθοδος της Στερεολιθογραφίας εισήχθη ως έννοια κατά τη δεκαετία του 1980, με την εξέλιξή της να βρίσκεται ακόμη σε άνοδο. Η δημιουργία του STL πλέον αποτελεί αυτοματοποιημένη από τον 3D Printer διαδικασία, μέσω των πολλαπλών λογισμικών που χρησιμοποιούνται στην αγορά. Λόγω της πλήρους αυτής αυτοματοποίησης όμως, ενδέχεται να πραγματοποιηθούν εκτενή λάθη κατά την τριγωνοποίηση, με κύρια συνέπεια την λανθασμένη παραμετροποίηση του τελικού γεωμετρικού σχήματος.



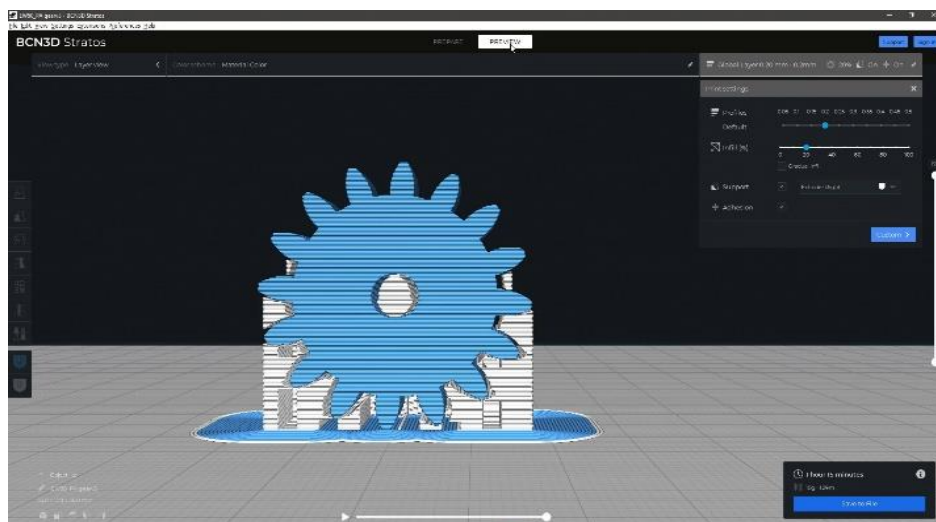
Εικόνα 33 Παράδειγμα μετατροπής σχεδιαστικού αρχείου σε αρχείο STL - Στερεολιθογραφία - Science Direct.com

Όπως προαναφέραμε, η διαδικασία μετατροπής ενός τρισδιάστατου σχεδίου σε αρχείο STL υπόκεινται σε πολλαπλούς περιορισμούς, καθώς το λογισμικό δε διαθέτει ικανότητα αναγνώρισης χρωμάτων, υφής, λεπτομερών χαρακτηριστικών, παρά μόνο εξωτερικό γεωμετρικό σχήμα. Για τους λόγους αυτούς, έχει πλέον αναπτυχθεί πλήρως εξελιγμένο λογισμικό ανίχνευσης πιθανών λαθών και αναγνώρισης επιπλέον χαρακτηριστικών, το οποίο αποτελεί την «επέκταση» του υπάρχοντος αρχείου STL, το λεγόμενο αρχείο AMF – Additive Manufacturing File Format.

STL File σε Slicing Software [72]

Το σχεδιασμένο τρισδιάστατο αντικείμενο έχει πλέον τριγωνοποιηθεί. Ως επόμενο βήμα επεξεργασίας τίθεται η διαδικασία καθορισμού των κινήσεων και της διαδρομής που θα ακολουθήσει η κεφαλή εκτύπωσης του 3D Printer ή η πλατφόρμα κατασκευής.

Στις παραμέτρους εντάσσονται επίσης η ταχύτητα εκτύπωσης, η θερμοκρασία του υλικού εξώθησης κ.λπ.. Οι προδιαγραφές αυτές καθορίζονται από το λεγόμενο Slicing Software ή αλλιώς Slicer. Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η σωστή παραμετροποίηση πριν την εκτύπωση, περιλαμβάνει τον “τεμαχισμό” του εισαγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου, σε έναν αριθμό επιπέδων διατομής 2 διαστάσεων (2D) από το λογισμικό τεμαχισμού. Κάθε στρώμα είναι ένα οριζόντιο τμήμα του τρισδιάστατου μοντέλου.



Εικόνα 34 Παράδειγμα δημιουργίας αρχείου από λογισμικό Slicing - Παρατηρούμε τις τομές που έχουν δημιουργηθεί - Science Direct.com

Κατά τη λειτουργία του λογισμικού τεμαχισμού ρυθμίζονται επιπλέον διάφορες παράμετροι εκτύπωσης, όπως η πρόσφυση στρώματος, η πυκνότητα πλήρωσης, οι δομές στήριξης (εάν

απαιτείται) και πολλά άλλα. Αυτές οι ρυθμίσεις επηρεάζουν τις ιδιότητες και την ποιότητα της τελικής τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Επιπλέον τυπικός κανόνας κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των παραμέτρων ενός αντικειμένου εντός του Slicer είναι η αναλογία πάχους γραμμών – όσο μικρότερο πάχος γραμμών λαμβάνουμε τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια στην τελική εκτύπωση, αλλά με μεγαλύτερο χρόνο ολοκλήρωσης. Όλες οι ρυθμίσεις και τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε ένα αρχείο κώδικα G από το λογισμικό τεμαχισμού.

Ο τρισδιάστατος εκτυπωτής χρησιμοποιεί ένα σύνολο οδηγιών που ονομάζεται κώδικας G για να κατασκευάσει το αντικείμενο στρώμα προς στρώμα. Περιλαμβάνει δεδομένα σχετικά με τις κινήσεις, τις θερμοκρασίες, την εναπόθεση υλικών και άλλα θέματα. Σημαντική επίσης λειτουργία που εμπεριέχεται στο λογισμικό τεμαχισμού, αποτελεί η δυνατότητα προεπισκόπησης του προς εκτύπωση αντικειμένου. Με τη λειτουργία αυτή, μπορούν να εξεταστούν τα επιμέρους στρώματα, οι διαδρομές εργαλείων, να εκτιμηθεί ο χρόνος εκτύπωσης και η ποσότητα υλικού που θα χρησιμοποιηθεί. Επιπλέον, χάρη στη δυνατότητα προεπισκόπησης του αντικειμένου, μπορούν να αποφευχθούν πιθανές παραλείψεις κατά τη στερεολιθογραφία, θέμα το οποίο δε θα γινόταν αντιληπτό με άλλο τρόπο.

Λειτουργία Τρισδιάστατης Εκτύπωσης – Απομάκρυνση Ολοκληρωμένου Τεμαχίου [72]

Κατά την παρούσα φάση εκτέλεσης, δεν απαιτείται μεγάλη συμμετοχή του σχεδιαστή. Λόγω της πλήρους αυτοματοποίησης, η κεφαλή κίνησης του εκτυπωτή πλέον ακολουθεί αποκλειστικά το σχηματιζόμενο κώδικα G από το αρχείο Slicing έως ότου ολοκληρωθεί κάθε γραμμή κώδικα. Ο χειριστής εκτελεί αποκλειστικά ρόλο επίβλεψης, για τυχόν γενικές βλάβες του εκτυπωτή, την διασφάλιση της σωστής τροφοδοσίας, την επαρκή ποσότητα υλικών εκτύπωσης κ.λπ. Το τελευταίο στάδιο ύστερα από τη διαδικασία εκτύπωσης περιλαμβάνει την ασφαλή απομάκρυνση του ολοκληρωμένου τεμαχίου από την πλατφόρμα εκτύπωσης.

Σημαντική λεπτομέρεια είναι η προσπάθεια μείωσης της θερμοκρασίας που έχει λάβει το αντικείμενο, είτε μέσω ειδικής διαδικασίας ψύξης είτε απλά αφήνοντας το τεμάχιο σε ηρεμία ώσπου να λάβει την κατάλληλη θερμοκρασία. Ο λόγος φυσικά για τον οποίο γίνεται η διαδικασία ψύξης του αντικειμένου, είναι η δυνατότητα για “σφίξιμο” και καλύτερη πρόσμειξη των υλικών που το αποτελούν. Τέλος, ο σχεδιαστής – χειριστής απομακρύνει το αντικείμενο με λεπτεπίλεπτες κινήσεις, ώστε να μην προκληθούν ραγίσματα ή σπασίματα στην επιφάνεια του τεμαχίου.

Μετεπεξεργασία Αντικειμένου – Εφαρμογή [72]

Στο παρόν στάδιο, το τεμάχιο έχει μεν απομακρυνθεί από τον εκτυπωτή, δεν είναι δε απαραίτητα έτοιμο για χρήση. Πιθανόν να απαιτείται επιμέρους επεξεργασία ώσπου να λάβει την τελική μορφή του, με διαδικασίες όπως λείανση της επιφανείας, αφαίρεση στηριγμάτων κ.λπ.. Τέλος, ο χρήστης εφαρμόζει το κατασκευασμένο πλέον αντικείμενο στην εφαρμογή που επιθυμεί, με πιθανότητα όμως να απαιτείται κάποια επιπλέον μικροεπεξεργασία.

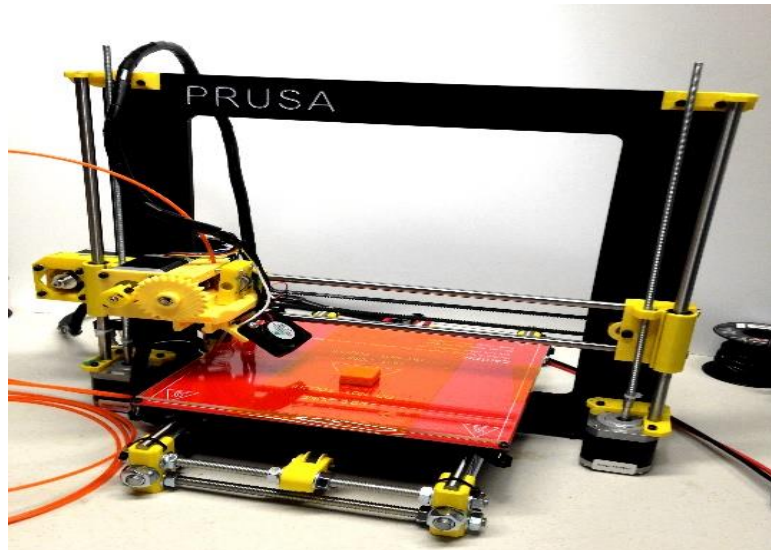
Στο σημείο αυτό οφείλει να αναφερθεί πως οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές απαιτούν πολύ μεγάλο βαθμό συντήρησης και επιμέλειας, λόγω των πολλαπλών ευαίσθητων εξαρτημάτων που περιέχουν. Συνεπώς ο εκάστοτε νέος χρήστης οφείλει να γνωρίζει πως θα αφιερώνει μεγάλα χρονικά διαστήματα για σχολαστικό καθαρισμό, επίβλεψη και λεπτομερή συντήρηση του μηχανήματος.

Τύποι Τρισδιάστατων Εκτυπωτών

Όπως προαναφέρθηκε στο εισαγωγικό τμήμα της ενότητας των τρισδιάστατων εκτυπωτών, η συγκεκριμένη τεχνολογία έθεσε τα θεμέλιά της στη δεκαετία του 1990. Έκτοτε, έχουν δημιουργηθεί πολλοί τύποι τρισδιάστατων εκτυπωτών, με διαφορετικά προτερήματα και μειονεκτήματα, οι οποίοι προφανώς χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς και επιτελούν διαφορετικές λειτουργίες. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι κυριότεροι τύποι εκτυπωτών με τις βασικότερες παραμέτρους λειτουργίας τους:

Fused Filament Fabrication (FFF) ή Fused Deposition Modeling (FDM)

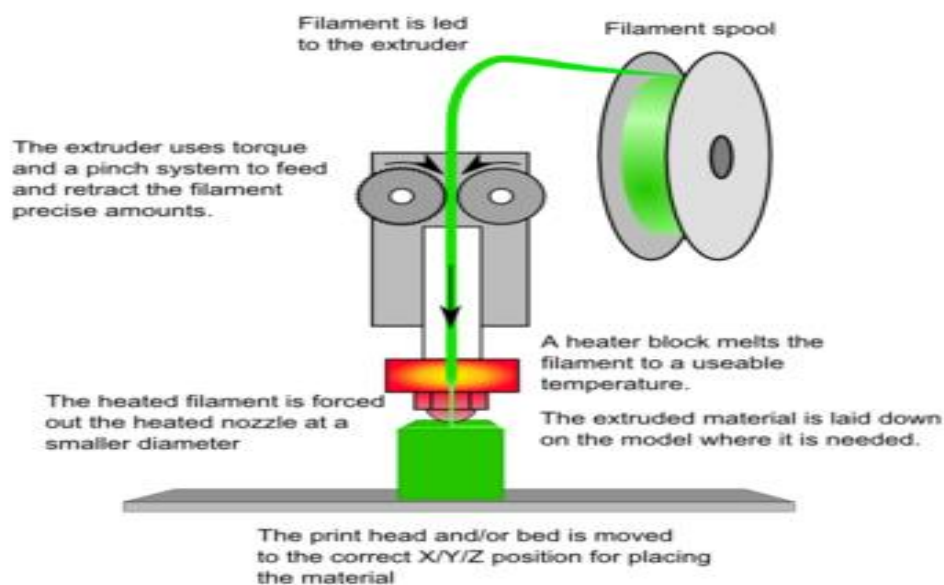
Οι FDM και η FFF είναι δύο από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές τρισδιάστατης εκτύπωσης. Και οι 2 παραπάνω τύποι εκτυπωτών παρουσιάζουν παρόμοιο τρόπο λειτουργίας. Το νήμα εισέρχεται στο θερμαινόμενο ακροφύσιο του εξωθητή. Στη συνέχεια υφίσταται μετασχηματισμό στο εσωτερικό του εξωθητή, μεταβαίνοντας από στερεή σε ημιυγρή κατάσταση. Έπειτα, το λιωμένο υλικό εξωθείται στην πλατφόρμα κατασκευής μέσω του ακροφυσίου [73]. Το ακροφύσιο εξώθησης κινείται κατά μήκος των αξόνων X, Y και Z και η πλατφόρμα κατασκευής είναι στρατηγικά τοποθετημένη πάνω από την κλίνη εκτύπωσης. Το λιωμένο υλικό προσκολλάται σε προκαθορισμένες διαδρομές και εναποτίθεται στρώμα προς στρώμα σύμφωνα με τις ψηφιακές οδηγίες σχεδιασμού.



Εικόνα 35 Τριδιάστατος Εκτυπωτής FFF ανοικτού θαλάμου
Britannica.com

Η ταχεία ψύξη και στερεοποίηση εφαρμόζεται σε κάθε στρώμα, πράγμα που είναι απαραίτητο για τη δημιουργία ισχυρής πρόσφυσης μεταξύ των στρωμάτων και τη διασφάλιση της δομικής ακεραιότητας του εκτυπωμένου αντικειμένου.

Σε περίπτωση που οι σχεδιαστικές απαιτήσεις περιλαμβάνουν πολύπλοκα γεωμετρικά σχήματα, τότε ο εκτυπωτής εναποθέτει τα κατάλληλα στηρίγματα του τεμαχίου. Αυτά τα αυτοσχέδια πλαίσια μπορούν να αφαιρεθούν μετά το τέλος της εκτύπωσης και προσφέρουν σταθερότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.



Εικόνα 36 Απεικόνιση μηχανισμού τριδιάστατου εκτυπωτή FFF ή FDM - Παρατηρούμε τα κυριότερα στάδια λειτουργίας και εξαρτημάτων του εκτυπωτή - *Science Direct.com*

Όταν ολοκληρωθεί η εναπόθεση στρώμα προς στρώμα, το αντικείμενο που εκτυπώθηκε τρισδιάστατα προετοιμάζεται για αφαίρεση. Είναι δυνατή η ανύψωση της πλατφόρμας κατασκευής για να καταστεί δυνατή η αποκόλληση του αντικειμένου. Κατά την αφαίρεση του τεμαχίου από την κλίνη του εκτυπωτή, υφίστανται είτε απλοϊκές ενέργειες (πχ. αφαίρεση με το χέρι) είτε με την εφαρμογή κατάλληλων εργαλείων, ώστε να μην προκληθούν τυχόν ρωγμές ή ατέλειες.

Ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση και την επιθυμητή αισθητική του εκτυπωμένου αντικειμένου, μπορούν να εφαρμοστούν βήματα μετεπεξεργασίας. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αφαίρεση οποιονδήποτε υποστηρικτικών δομών, το τρίψιμο των επιφανειών για να εξομαλυνθούν, τη βαφή τους για να βελτιωθεί η εμφάνισή τους ή τη συναρμολόγηση πολλών εκτυπωμένων τμημάτων για να σχηματίσουν ένα ενιαίο, συνεκτικό αντικείμενο [74].

Στερεολιθογραφία (SLA)

Η SLA αποτελεί μια τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης με βάση τη ρητίνη. Κατά βάση, η συγκεκριμένη τεχνολογία αποσκοπεί στην εναπόθεση υγρής ρητίνης εντός ενός κλειστού θαλάμου.

Η πλατφόρμα κατασκευής κατεβαίνει στη δεξαμενή ρητίνης καθώς η εκτύπωση ξεκινά, βυθίζοντας το πρώτο στρώμα του τρισδιάστατου μοντέλου στην υγρή ρητίνη. Επειδή η δεξαμενή ρητίνης είναι διαφανής, το υπεριώδες φως μπορεί να περάσει και να ξεκινήσει τη διαδικασία εκτύπωσης [75]. Η πηγή φωτός, η οποία είναι συνήθως είτε ένας ψηφιακός προβολέας φωτός (DLP) είτε ένα λέιζερ υπεριώδους ακτινοβολίας, αποτελεί βασικό μέρος του μηχανισμού τρισδιάστατης εκτύπωσης SLA.

Χρησιμοποιώντας ένα λέιζερ υπεριώδους ακτινοβολίας, η διατομή του τρέχοντος στρώματος ανιχνεύεται επιλεκτικά καθώς περνάει πάνω από τη δεξαμενή ρητίνης. Για την πλήρη προβολή ενός στρώματος, παρέχεται η δυνατότητα προβολής μέσω μίας οθόνης LCD.

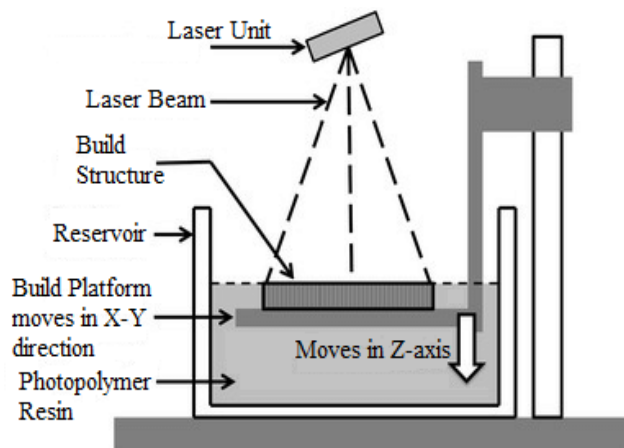
Ο φωτοπολυμερισμός, μια φωτοχημική αντίδραση, λαμβάνει χώρα στην υγρή ρητίνη όταν αυτή εκτίθεται σε υπεριώδες φως. Η ρητίνη σκληραίνει και στερεοποιείται ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, μεταβαίνοντας από υγρή σε στερεή κατάσταση. Το πρώτο σε σειρά σχηματιζόμενο στρώμα του τεμαχίου αναλογεί σε στερεοποιημένη

ρητίνη. Η πλατφόρμα παρουσιάζει σταδιακή ανύψωση με μία συνεχώς επαναλαμβανόμενη διαδικασία, σε κάθε στρώμα, έως ότου ολοκληρωθεί το τρισδιάστατο αντικείμενο.



Εικόνα 37 Εκτυπωτής SLA - Η κατεργασία πάντα εκτελείται εντός κλειστού θαλάμου λόγω επικινδυνότητας από απελευθέρωση τοξικών αερίων - *Britannica.com*

Η ικανότητα της εκτύπωσης SLA να δημιουργεί σύνθετα, λεπτομερή αντικείμενα με λεία επιφάνεια είναι ένα από τα μοναδικά χαρακτηριστικά της. Οι λεπτές λεπτομέρειες και οι αναλύσεις στρώσεων καθίστανται δυνατές λόγω του μικρού μεγέθους του λέιζερ UV ή των εικονοστοιχείων στην τεχνολογία DLP, που είναι συχνά δύσκολο να επιτευχθούν με άλλες τεχνικές τρισδιάστατης εκτύπωσης. Παρομοίως με τους εκτυπωτές FFF ή FDM, κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη στηρίξεων σε πολύπλοκα γεωμετρικά σχήματα.



Εικόνα 38 Απεικόνιση μηχανικής λειτουργίας ενός SLA εκτυπωτή - *Britannica.com*

Αφού ολοκληρωθεί η εκτύπωση, το αντικείμενο βγαίνει προσεκτικά από τη δεξαμενή ρητίνης, ενώ είναι ακόμα συνδεδεμένο με την πλατφόρμα κατασκευής. Για να

απομακρυνθεί η επιπλέον, μη σκληρυμένη ρητίνη, το εκτυπωμένο αντικείμενο συχνά ξεπλένεται με διαλύτη. Για να εξασφαλιστεί η πλήρης στερεοποίηση του αντικειμένου, ορισμένοι εκτυπωτές SLA περιλαμβάνουν επιπλέον στάδια σκλήρυνσης με υπεριώδες φως.

Η τελευταία φάση περιλαμβάνει την εξάλειψη τυχόν δομών στήριξης και την εκτέλεση κάθε πρόσθετης μετεπεξεργασίας που απαιτεί η συγκεκριμένη εφαρμογή. Η εφαρμογή επιφανειακών επεξεργασιών, η στίλβωση ή η λείανση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν στο τρισδιάστατο εκτυπωμένο αντικείμενο το επιθυμητό φινίρισμα [76].

Ψηφιακή επεξεργασία φωτός (DLP)

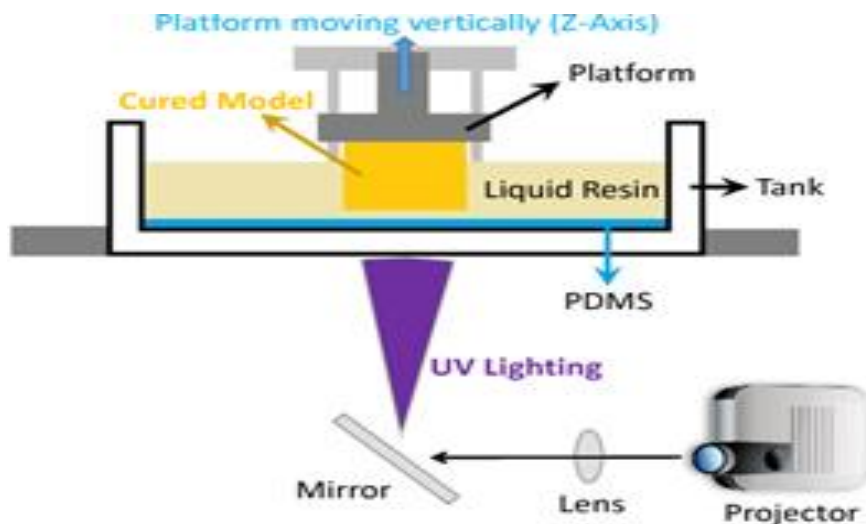
Παρόμοια με την SLA, η DLP είναι μια άλλη τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης με βάση τη ρητίνη, η οποία σκληραίνει πολλαπλά στρώματα ρητίνης ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας έναν ψηφιακό προβολέα φωτός. Το τσιπ που στεγάζει μια συστοιχία μικροσκοπικών κατόπτρων, γνωστό ως ψηφιακή συσκευή μικροκατόπτρων, είναι το κεντρικό στοιχείο της διαδικασίας τρισδιάστατης εκτύπωσης DLP. Ένα εικονοστοιχείο στην προβαλλόμενη εικόνα αντιπροσωπεύεται από κάθε κάτοπτρο. Η δεξαμενή ρητίνης και η πηγή φωτός διαχωρίζονται από το τσιπ DMD [77].

Παρόμοια με τον τρόπο λειτουργίας και μηχανικής των εκτυπωτών SLA, στην πλατφόρμα κατασκευής του τρισδιάστατου εκτυπωτή είναι τοποθετημένη μια διαφανής δεξαμενή ρητίνης που περιέχει την υγρή ρητίνη, η οποία συνήθως είναι ένα φωτοπολυμερές. Το υπεριώδες φως μπορεί να εισέλθει σε αυτό το δοχείο και να διεισδύσει κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης. Η πλατφόρμα κατασκευής καλύπτεται από την υγρή ρητίνη καθώς ξεκινά η διαδικασία εκτύπωσης, δημιουργώντας το πρώτο στρώμα του τρισδιάστατου μοντέλου.

Το τσιπ DMD προβάλλει ταυτόχρονα την εικόνα ενός ολόκληρου στρώματος πάνω στη ρητίνη. Για να δημιουργηθεί αποτελεσματικά το επιθυμητό μοτίβο για αυτό το στρώμα, κάθε κάτοπτρο στο τσιπ DMD μπορεί να γείρει ξεχωριστά είτε για να επιτρέψει στο φως να περάσει είτε για να το εμποδίσει [77].

Η πηγή φωτός ρίχνει φως στο τσιπ DMD. Αυτή είναι συνήθως ένας προβολέας υπεριώδους φωτός. Ανάλογα με την εικόνα που προβάλλεται, κάθε μεμονωμένος καθρέφτης γέρνει για να αντανakλά το φως είτε προς είτε μακριά από τη ρητίνη. Η υγρή

ρητίνη στερεοποιείται στα σημεία όπου το φως αντανακλάται ή διέρχεται, δημιουργώντας το αρχικό στρώμα του τρισδιάστατου αντικειμένου. Η πλατφόρμα κατασκευής ανυψώνεται σταδιακά μετά την επούλωση του στρώματος και στη συνέχεια η διαδικασία επαναλαμβάνεται για το επόμενο στρώμα. Δημιουργώντας σταδιακά ολόκληρο το αντικείμενο 3D, το τσιπ DMD τροποποιεί τη γωνία των κατόπτρων για να προβάλει την αντίστοιχη εικόνα για κάθε στρώμα που ακολουθεί [77].



Εικόνα 39 - Παρουσίαση εικονογραφημένου μηχανισμού λειτουργίας του DLP εκτυπωτή - Παρατηρούμε την μεγαλύτερη πηγή φωτός - *Science Direct.com*

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της τεχνολογίας DLP είναι η ικανότητά της να προβάλλει ολόκληρα στρώματα ταυτόχρονα, γεγονός που επιτρέπει μεγαλύτερες ταχύτητες εκτύπωσης από ό, τι με κάποιες άλλες τεχνικές 3D εκτύπωσης. Το DLP αποτελεί μια καλή επιλογή για εφαρμογές που απαιτούν περίπλοκες λεπτομέρειες και υψηλή ανάλυση λόγω της ταχύτητας και της ακρίβειάς του.

Η εκτύπωση DLP 3D, όπως η στερεολιθογραφία (SLA), μπορεί να απαιτεί τη χρήση δομών στήριξης για πολύπλοκες γεωμετρίες ή προεξοχές. Συνήθως δημιουργούνται ταυτόχρονα με το αντικείμενο, αυτά τα στηρίγματα κατασκευάζονται από την ίδια ρητίνη [78].

Η πλατφόρμα κατασκευής ανυψώνεται για να αποκαλύψει το 3D εκτυπωμένο αντικείμενο που εξακολουθεί να είναι συνδεδεμένο σε αυτήν όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία εκτύπωσης. Η περίσσεια ρητίνης και τυχόν δομές στήριξης που προστίθενται κατά την εκτύπωση μπορούν να αφαιρεθούν ως μέρος των σταδίων μετά την

επεξεργασία. Ένα συνηθισμένο βήμα μετά την επεξεργασία στην εκτύπωση DLP είναι το ξέπλυμα του εκτυπωμένου αντικειμένου με διαλύτη για να αφαιρεθεί η μη σκληρυμένη ρητίνη. Μπορεί να χρειαστεί να ληφθούν πρόσθετα μέτρα σκλήρυνσης με υπεριώδες φως για να διασφαλιστεί ότι η ρητίνη έχει στερεοποιηθεί πλήρως σε όλο το αντικείμενο [78].

Επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ (SLS)

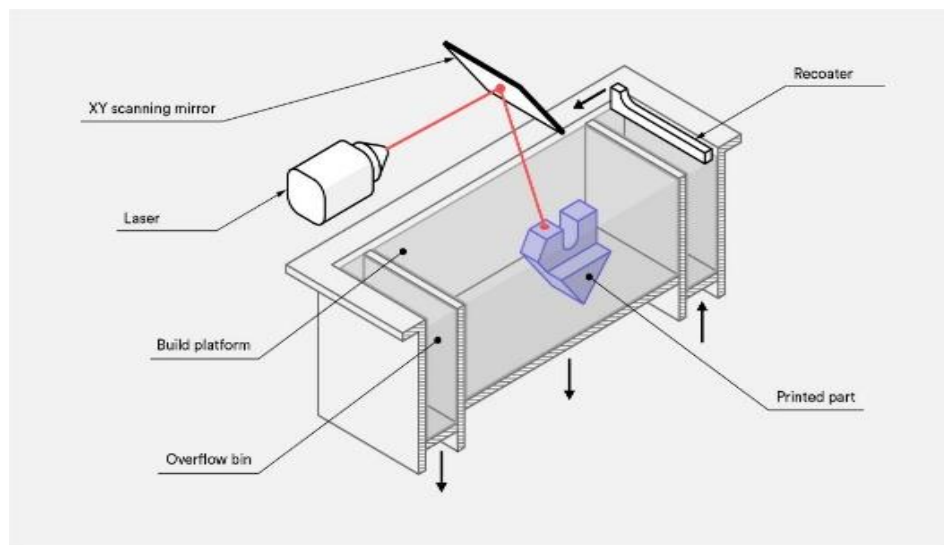
Η SLS είναι μια τεχνική τρισδιάστατης εκτύπωσης με βάση τη σκόνη, η οποία πυροσυσσωματώνει (συγχωνεύει) επιλεκτικά στρώματα κονιοποιημένου υλικού, συνήθως μετάλλου ή θερμοπλαστικού, χρησιμοποιώντας λέιζερ υψηλής ισχύος. Δεδομένου ότι η μη πυροσυσσωματωμένη σκόνη χρησιμεύει ως προσωρινή υποστήριξη, το SLS δεν απαιτεί δομές υποστήριξης όπως το FDM και το SLA [79]. Η κύρια ουσία που χρησιμοποιείται στην εκτύπωση SLS είναι μεταλλική ή θερμοπλαστική σκόνη. Για πλαστικές εφαρμογές, τα κοινά υλικά περιλαμβάνουν πολυαμίδιο (νάιλον) και για μεταλλικές εφαρμογές, μια ποικιλία μεταλλικών σκονών όπως τιτάνιο, αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Ένα λεπτό στρώμα κονιοποιημένου υλικού κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη την πλατφόρμα κατασκευής [79].



Εικόνα 40 Εκτυπωτής SLS Βιομηχανικών Εφαρμογών - *Science Direct.com*

Το επιθυμητό ύψος στρώματος για την εκτύπωση 3D επιτυγχάνεται στη συνέχεια χαμηλώνοντας την πλατφόρμα κατασκευής κατά ένα καθορισμένο πάχος στρώματος, συνήθως δεκάδες ή εκατοντάδες μικροχιλιοστά. Ένας κύλινδρος ή μια λεπίδα χρησιμοποιείται για να εκθέσει και να ισιώσει το πρώτο στρώμα του κονιοποιημένου υλικού.

Η πυροσυσσωμάτωση του υλικού είναι το επόμενο κρίσιμο βήμα στη διαδικασία SLS. Ένα ισχυρό λέιζερ σαρώνει τη διατομή του κονιοποιημένου υλικού, πυροσυσσωματώνοντας ή συγχωνεύοντας επιλεκτικά τα σωματίδια μεταξύ τους υπό την καθοδήγηση των οδηγιών του ψηφιακού μοντέλου. Ανεβάζοντας προσωρινά το σημείο τήξης του κονιοποιημένου υλικού λόγω της ενέργειας από το λέιζερ, σχηματίζεται ένα στερεό στρώμα [79]. Ένα νέο στρώμα σκόνης εφαρμόζεται στην περιοχή κατασκευής και η πλατφόρμα κατασκευής χαμηλώνει κατά το καθορισμένο πάχος στρώματος για κάθε στρώμα που πυροσυσσωματώνεται.



Εικόνα 41 Μηχανική Επεξήγηση SLS εκτυπωτή - Science Direct.com

Το λέιζερ πυροσυσσωματώνει επιλεκτικά κάθε στρώμα σύμφωνα με το ψηφιακό μοντέλο, καθώς η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Μέχρι να σχηματιστεί το πλήρες τρισδιάστατο αντικείμενο μέσα στην κλίνη σκόνης, συνεχίζεται αυτή η διαδικασία κατασκευής στρώμα προς στρώμα. Η έλλειψη δομών υποστήριξης στην εκτύπωση SLS είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που τη διακρίνουν. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης, η σκόνη που περιβάλλει το αντικείμενο, χωρίς να έχει υποστεί πυροσυσσωμάτωση, χρησιμεύει ως φυσικό στήριγμα του αντικειμένου [80].

Χάρη στην αυτόνομη δυνατότητα υποστήριξης των τεμαχίων που κατασκευάζονται στην επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση, δεν απαιτούνται δομές στήριξης ή κρατήματα κατά την επεξεργασία στο σχεδιαστικό μέρος.

Στην εκτύπωση SLS, οι διαδικασίες μετεπεξεργασίας περιλαμβάνουν την εξαγωγή του εκτυπωμένου αντικειμένου από τη σκόνη που το περιβάλλει.

Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ένα σύστημα κενού είτε χειρωνακτική εργασία. Στη συνέχεια, το αντικείμενο καθαρίζεται για να απαλλαγεί από τα τελευταία κομμάτια σκόνης που έχουν κολλήσει στην επιφάνειά του.



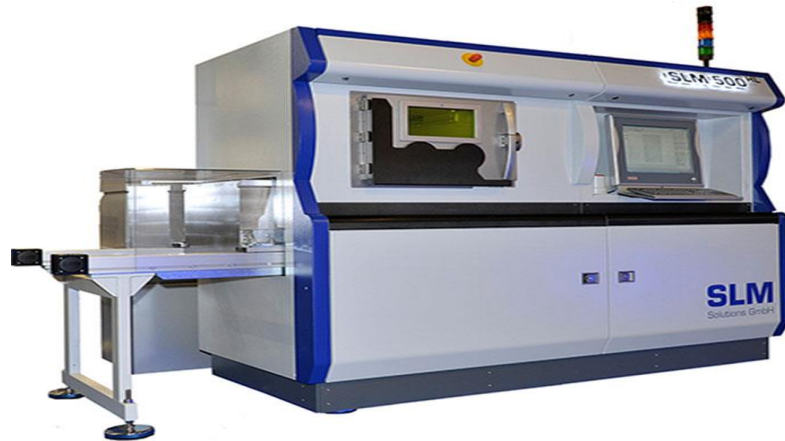
Εικόνα 42 Μετεπεξεργασία εκτυπωμένου τρισδιάστατου αντικείμενου - *Science Direct.com*

Η ικανότητα της τεχνολογίας SLS να εργάζεται με μια σειρά υλικών, συμπεριλαμβανομένων των μετάλλων και των πλαστικών, αποτελεί μέρος της ευελιξίας της. Λόγω της ιδιότητας αυτής προτιμάται για κατασκευές εξειδικευμένων εξαρτημάτων και πολλαπλών εφαρμογών πρωτοτύπων σε τομείς αεροδιαστημικής τεχνολογίας και ιατρικής περίθαλψης.

Επιλεκτική τήξη με λέιζερ (SLM)

Ενώ η SLM και η SLS είναι παρόμοιες, η SLM χρησιμοποιείται κυρίως για την τρισδιάστατη εκτύπωση μεταλλικών εξαρτημάτων. Στην SLM, η μεταλλική σκόνη τήκεται πλήρως από ένα ισχυρό λέιζερ, παράγοντας πυκνά, ανθεκτικά μεταλλικά εξαρτήματα [81]. Η μεταλλική σκόνη, όπως αυτή του αλουμινίου, του τιτανίου, του ανοξείδωτου χάλυβα ή άλλων κραμάτων, είναι το κύριο συστατικό που χρησιμοποιείται στην εκτύπωση SLM. Η μεταλλική σκόνη κατανέμεται ομοιόμορφα στην πλατφόρμα κατασκευής για να σχηματίσει ένα λεπτό στρώμα. Για την τρισδιάστατη εκτύπωση, το βέλτιστο ύψος στρώματος καθορίζεται από το πάχος στρώματος, το οποίο συνήθως κυμαίνεται από δεκάδες έως εκατοντάδες μικρόμετρα [81].

Ένα ισχυρό λέιζερ κατευθύνεται για την επιλεκτική τήξη ή τήξη των σωματιδίων μεταλλικής σκόνης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ψηφιακού μοντέλου, μόλις η πλατφόρμα κατασκευής τοποθετηθεί στο αρχικό ύψος στρώματος. Εφαρμόζοντας ενέργεια που οδηγεί σε τοπική τήξη και σύντηξη, το λέιζερ διασχίζει τη διατομή του στρώματος της μεταλλικής σκόνης. Το πρώτο στρώμα του τρισδιάστατου αντικειμένου σχηματίζεται όταν η μεταλλική σκόνη λιώνει επιλεκτικά από το λέιζερ και στερεοποιείται.



Εικόνα 43 SLM Εκτυπωτής για την κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων Βιομηχανικού Τύπου - Παρατηρούμε το τεράστιο μέγεθος σε σύγκριση με τους επιτραπέζιους εκτυπωτές απλών χρηστών - *Britannica.com*

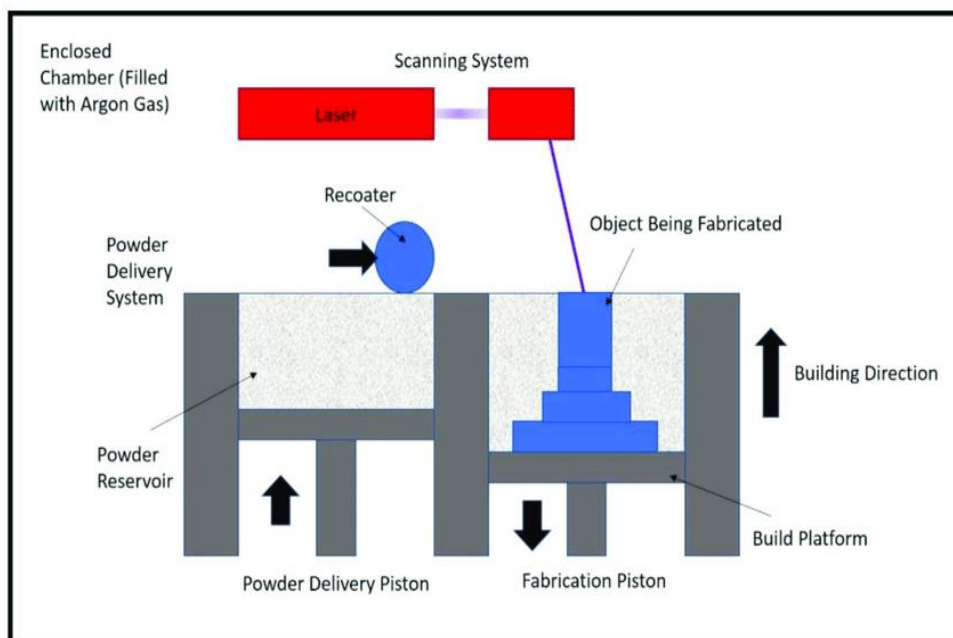
Στη συνέχεια, ένα νέο στρώμα μεταλλικής σκόνης εφαρμόζεται στην περιοχή δόμησης αφού η πλατφόρμα δόμησης έχει χαμηλώσει κατά το καθορισμένο πάχος στρώματος. Ολόκληρο το τρισδιάστατο αντικείμενο κατασκευάζεται σταδιακά ως αποτέλεσμα της διαδικασίας που επαναλαμβάνεται, με το λέιζερ να σαρώνει και να λιώνει επιλεκτικά κάθε στρώμα [81].

Η ικανότητα της τεχνολογίας SLM να επιτυγχάνει πλήρη πυκνότητα στα εκτυπωμένα μεταλλικά εξαρτήματα είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της. Μια συμπαγής και ομοιογενής δομή παράγεται από την τοπική τήξη και σύντηξη, μηδενίζοντας την ανάγκη για επιπλέον διαδικασίες μετεπεξεργασίας για την εξάλειψη των δομών στήριξης ή την αύξηση της πυκνότητας [82].

Επειδή η περιβάλλουσα, μη πυροσυσσωματωμένη μεταλλική σκόνη είναι αυτοφερόμενη, οι δομές στήριξης συνήθως δεν απαιτούνται στην εκτύπωση SLM. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού, είναι δυνατή η κατασκευή περίπλοκων σχεδίων και πολύπλοκων γεωμετριών χωρίς να περιορίζονται από δομές στήριξης. Η πλατφόρμα κατασκευής, η οποία έχει πλέον το πλήρως πυκνό μεταλλικό εξάρτημα ενσωματωμένο σε μη

πυροσυσσωματωμένη σκόνη μετά το πέρας της διαδικασίας τρισδιάστατης εκτύπωσης, συνήθως βγαίνει από τη μηχανή SLM.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης, η πρόσθετη μεταλλική σκόνη χρησιμεύει ως φυσική δομή στήριξης, προσδίδοντας σταθερότητα στο εκτυπωμένο αντικείμενο [82].



Εικόνα 44 Σχηματικό Διάγραμμα λειτουργίας και μηχανισμού του SLM εκτυπωτή - *Britannica.com*

Στην εκτύπωση SLM, το εκτυπωμένο μεταλλικό εξάρτημα πρέπει να αποσπαστεί από τη σκόνη που το περιβάλλει κατά τη διάρκεια των διαδικασιών μετεπεξεργασίας. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί χειρωνακτικά, και είναι απλό να απομακρυνθεί με πινέλο τυχόν επιπλέον πούδρα. Η θερμική επεξεργασία, η οποία μειώνει τις εσωτερικές τάσεις και βελτιώνει τις ιδιότητες του υλικού, και οι τεχνικές φινιρίσματος της επιφάνειας, όπως η επίστρωση, η στίλβωση ή η μηχανική κατεργασία, αποτελούν παραδείγματα μεταγενέστερων σταδίων.

Μεταλλικά εξαρτήματα υψηλής αντοχής με εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες μπορούν να παραχθούν με την τεχνολογία SLM, η οποία εκτιμάται ιδιαίτερα για ποικίλες εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, την αεροδιαστημική και την ιατρική βιομηχανία.

Ένας λόγος για τον οποίο η SLM αποτελεί κορυφαία τεχνολογία στον τομέα της προσθετικής κατασκευής μετάλλων είναι η ακρίβεια, η ταχύτητα και η ευελιξία των υλικών της [82].

Λιώσιμο με δέσμη ηλεκτρονίων (EBM)

Μια άλλη μέθοδος τρισδιάστατης εκτύπωσης μετάλλων ονομάζεται EBM, η οποία λιώνει τη μεταλλική σκόνη στρώμα προς στρώμα με δέσμη ηλεκτρονίων. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτείται η επεξεργασία και δημιουργία αντικειμένων με υψηλών προδιαγραφών μεταλλικών υλικών. Σκόνη τιτανίου ή άλλου κράματος μετάλλων είναι το κύριο υλικό που χρησιμοποιείται στην εκτύπωση EBM [83].

Η μεταλλική σκόνη κατανέμεται ομοιόμορφα στην πλατφόρμα κατασκευής για να σχηματίσει ένα λεπτό στρώμα. Το πάχος στρώματος για μια τρισδιάστατη εκτύπωση κυμαίνεται συνήθως μεταξύ δεκάδων και εκατοντάδων μικρομέτρων, το οποίο ισοδυναμεί με το επιθυμητό ύψος στρώματος.

Η EBM λειτουργεί σε περιβάλλον κενού, σε αντίθεση με άλλες τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης μετάλλων, ώστε να αποτρέπεται η παρεμβολή μορίων αερίων στην δέσμη ηλεκτρονίων. Η δέσμη ηλεκτρονίων αλληλεπιδρά με τη μεταλλική σκόνη σε ένα σταθερό και ρυθμιζόμενο περιβάλλον χάρη στο θάλαμο κενού. Ένα σύνολο μαγνητικών πηνίων εστιάζει και ρυθμίζει τη δέσμη ηλεκτρονίων υψηλής ισχύος που παράγεται από ένα κανόνι ηλεκτρονίων. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις παραμέτρους του ψηφιακού μοντέλου, η δέσμη ηλεκτρονίων εστιάζεται στο στρώμα μεταλλικής σκόνης [83].



Εικόνα 45 EBM Εκτυπωτής - Ειδικότερη εφαρμογή του οι τομείς ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης - *Science Direct.com*

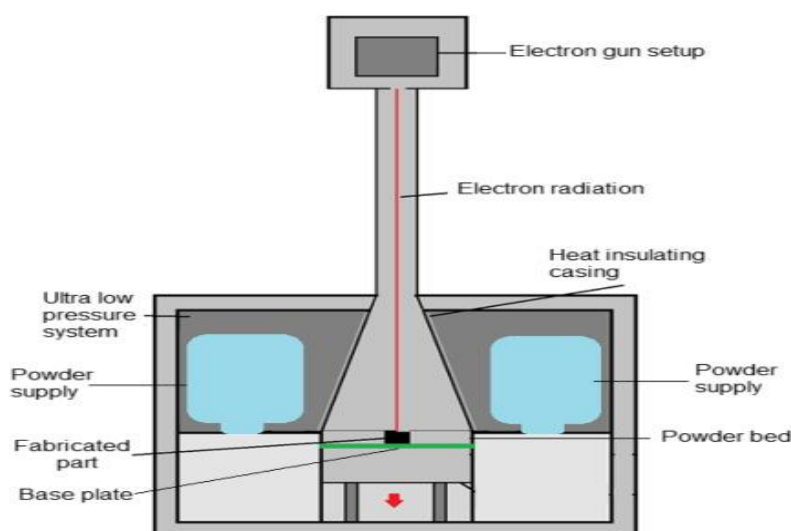
Τα μεταλλικά σωματίδια αποκτούν κινητική ενέργεια από τη δέσμη ηλεκτρονίων καθώς διασχίζει τη διατομή του στρώματος μεταλλικής σκόνης. Η ενέργεια αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη σύντηξη και τη στερεοποίηση του υλικού προκαλώντας τοπική τήξη και πυροσυσσώματωση της μεταλλικής σκόνης. Χρησιμοποιώντας μια συγκεντρωμένη δέσμη

ηλεκτρονίων, η διαδικασία τήξης μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια, με αποτέλεσμα την παραγωγή λεπτομερών χαρακτηριστικών. Ένα νέο στρώμα μεταλλικής σκόνης εφαρμόζεται πάνω στην περιοχή δόμησης όταν το προηγούμενο στρώμα έχει λιώσει και στερεοποιηθεί και η πλατφόρμα δόμησης χαμηλώνει κατά το καθορισμένο πάχος στρώματος. Για άλλη μια φορά, τα στρώματα λιώνουν επιλεκτικά από τη δέσμη ηλεκτρονίων, γεγονός που προκαλεί τη σταδιακή συνένωση ολόκληρου του τρισδιάστατου αντικειμένου [83].

Η ικανότητα της τεχνολογίας EBM να επιτυγχάνει πλήρη πυκνότητα στα εκτυπωμένα μεταλλικά εξαρτήματα είναι ένα από τα αξιοσημείωτα πλεονεκτήματά της. Λόγω της υψηλής ενέργειας της δέσμης ηλεκτρονίων, η μεταλλική σκόνη λιώνει και τήκεται σε βάθος, παράγοντας μια στερεή και ομοιογενή δομή χωρίς την ανάγκη για επιπλέον διαδικασίες μετεπεξεργασίας για την εξάλειψη των δομών στήριξης ή την αύξηση της πυκνότητας.

Επειδή η περιβάλλουσα, μη πυροσυσσωματωμένη μεταλλική σκόνη είναι αυτοφερόμενη, οι δομές στήριξης συνήθως δεν απαιτούνται στην εκτύπωση EBM. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού, μπορούν να δημιουργηθούν περίπλοκα σχέδια και πολύπλοκες γεωμετρίες χωρίς να περιορίζονται από δομές στήριξης [83].

Η πλατφόρμα κατασκευής, η οποία έχει πλέον το πλήρως πυκνό μεταλλικό εξάρτημα ενσωματωμένο σε μη πυροσυσσωματωμένη σκόνη, βγαίνει από τη μηχανή EBM μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας τρισδιάστατης εκτύπωσης.



Εικόνα 46 Σχηματικό Διάγραμμα απεικόνισης κυριότερων μερών λειτουργίας ενός EBM εκτυπωτή - Science Direct.com

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης, η πρόσθετη μεταλλική σκόνη χρησιμεύει ως φυσική δομή στήριξης, προσδίδοντας σταθερότητα στο εκτυπωμένο αντικείμενο. Το εκτυπωμένο μεταλλικό τμήμα πρέπει να αποσπαστεί από τη σκόνη που το περιβάλλει κατά τη διάρκεια των διαδικασιών μετεπεξεργασίας. Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ένα σύστημα κενού είτε χειρωνακτική εργασία. Η θερμική επεξεργασία, η οποία μειώνει τις εσωτερικές τάσεις και βελτιώνει τις ιδιότητες του υλικού, και οι τεχνικές φινιρίσματος της επιφάνειας, όπως η επίστρωση, η στίλβωση ή η μηχανική κατεργασία, αποτελούν παραδείγματα μεταγενέστερων σταδίων.

Εφαρμογές όπως η αεροδιαστημική και η υγειονομική περίθαλψη, όπου είναι απαραίτητη η παραγωγή πλήρως πυκνών και υψηλής αντοχής μεταλλικών εξαρτημάτων, είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για την τεχνολογία EBM. Η EBM αποτελεί κορυφαία τεχνολογία στον τομέα της προσθετικής κατασκευής μετάλλων λόγω της ακρίβειας, της ταχύτητας και της ευελιξίας των υλικών της [83].

Binder Jetting

Η εκτόξευση συνδετικού υλικού είναι η διαδικασία εφαρμογής ενός υγρού συνδετικού υλικού (συνήθως άμμος, μέταλλο ή κεραμικό) επιλεκτικά σε ένα στρώμα κονιοποιημένου υλικού.

Ένα λεπτό στρώμα υλικού σε μορφή σκόνης που εφαρμόζεται στην πλατφόρμα κατασκευής. Τυπικά υλικά είναι μεταλλικές σκόνες για μεταλλικά μέρη, άμμος για καλούπια χύτευσης και γύψος για έγχρωμα πρωτότυπα [84]. Το τρισδιάστατο αντικείμενο κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας το στρώμα σκόνης ως πρώτη ύλη. Ένα υγρό συνδετικό υλικό εναποτίθεται επιλεκτικά στο στρώμα σκόνης από μια κεφαλή εκτύπωσης που κινείται οριζόντια κατά μήκος της κλίνης σκόνης. Τα δεδομένα διατομής από το ψηφιακό μοντέλο υπαγορεύουν την εναπόθεση του συνδετικού υλικού. Το στερεό στρώμα που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη διατομή δημιουργείται από το συνδετικό υλικό που συνδέει τα σωματίδια της σκόνης μεταξύ τους. Αφού ολοκληρωθεί η εκτύπωση του πρώτου στρώματος, ένα νέο στρώμα σκόνης εφαρμόζεται πάνω από το πρώτο στρώμα, χαμηλώνοντας την πλατφόρμα κατασκευής κατά το καθορισμένο πάχος στρώματος [84].

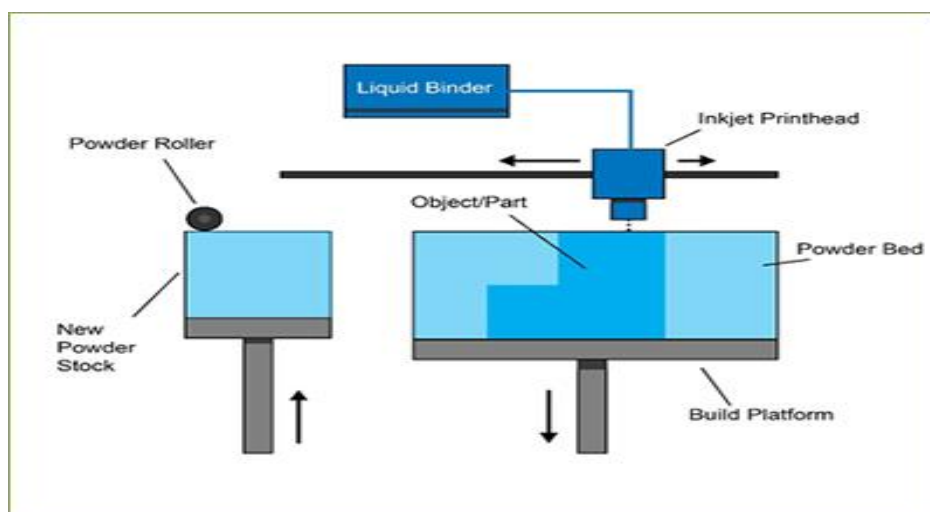
Για άλλη μια φορά, το συνδετικό υλικό εφαρμόζεται επιλεκτικά, ενώ προσκολλάται στο μοτίβο διατομής της επόμενης στρώσης. Η διαδικασία αυτή εκτελείται στρώμα προς στρώμα μέχρι να κατασκευαστεί το πλήρες τρισδιάστατο αντικείμενο. Προκειμένου να σχηματιστεί

μία ομοιόμορφη – αδιάσπαστη δομή, τα στρώματα ενώνονται μεταξύ τους [84]. Κατά τη διαδικασία εκτύπωσης ενδέχεται να δημιουργηθούν δομές στήριξης, ανάλογα με τη γεωμετρία του αντικειμένου. Όταν είναι απαραίτητο, οι δομές αυτές βοηθούν στην αποτροπή κατάρρευσης ή παραμόρφωσης των προεξεχόντων στοιχείων. Μπορούν να εξαλειφθούν κατά τη διάρκεια της μεταγενέστερης επεξεργασίας και συνήθως αποτελούνται από το ίδιο υλικό σκόνης.



Εικόνα 47 Binder Jetting Εκτυπωτής Βιομηχανικής Κλίμακας - Science Direct.com

Το τρισδιάστατα εκτυπωμένο αντικείμενο περιβάλλεται από την αχρησιμοποίητη σκόνη σε ολόκληρη την κλίνη σκόνης μετά το τέλος της εκτύπωσης. Το εκτυπωμένο αντικείμενο βγαίνει από τον εκτυπωτή μαζί με τη σκόνη που το περιβάλλει. Τα υπολείμματα σκόνης μπορούν να ανακυκλωθούν για μελλοντική χρήση. Σε αυτό το σημείο, το εκτυπωμένο αντικείμενο μπορεί να είναι ακόμα λίγο εύθραστο.



Εικόνα 48 Σχηματικό Διάγραμμα απεικόνισης μηχανικών λειτουργιών ενός εκτυπωτή εκτόξευσης συνδετικού υλικού - Science Direct.com

Για να βελτιωθούν οι μηχανικές του ιδιότητες, το εκτυπωμένο αντικείμενο μπορεί να περάσει από πρόσθετες διαδικασίες σκλήρυνσης, ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, το εκτυπωμένο τμήμα μπορεί να πυροσυσσωματωθεί σε κλίβανο για να αυξηθεί η πυκνότητα και η αντοχή στην περίπτωση ορισμένων μεταλλικών σκονών [85]. Η ικανότητα του binder jetting να παράγει γρήγορα και οικονομικά μεγάλα, περίπλοκα και λεπτομερή αντικείμενα το καθιστά ιδιαίτερα πολύτιμο.

Η τεχνολογία χρησιμοποιείται ευρέως για παραγωγή χαμηλού όγκου, κατασκευή εργαλείων και πρωτοτύπων σε διάφορους κλάδους, όπως η αεροδιαστημική, η αυτοκινητοβιομηχανία και η υγειονομική περίθαλψη. Η ευελιξία των υλικών, όπως η άμμος, τα μέταλλα και τα κεραμικά, διευρύνει το φάσμα των εφαρμογών τους, καθιστώντας τη διαδικασία κατασκευής προσθετικών υλικών πολύτιμη [85].

Material Jetting

Οι κεφαλές εκτύπωσης χρησιμοποιούνται στην εκτόξευση υλικών για την απόθεση σταγονιδίων υλικών που έχουν σκληρυνθεί με υπεριώδη ακτινοβολία, όπως το φωτοπολυμερές. Τα υγρά φωτοπολυμερή είναι τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στην εκτόξευση υλικών. Τα φωτοπολυμερή φορτώνονται σε κεφαλές εκτύπωσης [86]. Στο εσωτερικό κάθε κεφαλής εκτύπωσης βρίσκονται πολυάριθμα μικροσκοπικά ακροφύσια που μπορούν να εκτοξεύουν με ακρίβεια σταγονίδια υγρού υλικού.

Συνήθως, η πλατφόρμα κατασκευής καλύπτεται με έναν παράγοντα αποδέσμευσης για να μην κολλήσουν τα εκτυπωμένα στρώματα πάνω της. Οι κεφαλές εκτύπωσης εναποθέτουν επιλεκτικά σταγονίδια υγρού φωτοπολυμερούς για να σχηματίσουν το πρώτο στρώμα της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Τα δεδομένα της διατομής της εικόνας από το ψηφιακό μοντέλο χρησιμοποιούνται για την ακριβή τοποθέτηση των σταγονιδίων.

Η δυνατότητα χρήσης πολλαπλών κεφαλών εκτύπωσης, κάθε μία από τις οποίες είναι φορτωμένη με διαφορετικό υλικό, είναι ένα κρίσιμο στοιχείο του Material Jetting [86]. Αυτό καθιστά δυνατή τη δημιουργία αντικειμένων με πολλαπλά υλικά ή χρώματα μέσα σε μία μόνο εργασία εκτύπωσης.

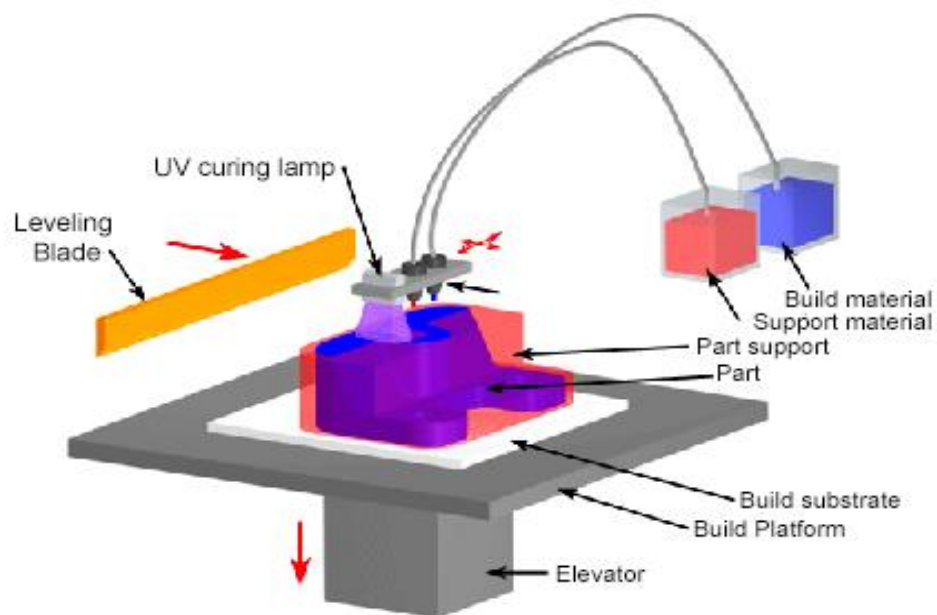
Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης, ο εκτυπωτής μπορεί να μεταβαίνει απρόσκοπτα μεταξύ των υλικών, επιτρέποντας την ενσωμάτωση διαφορετικών ιδιοτήτων σε διαφορετικά μέρη του αντικειμένου [86].

Για να σκληρυνθεί και να στερεοποιηθεί το υγρό φωτοπολυμερές, κάθε στρώμα που εκτοξεύεται στην πλατφόρμα κατασκευής εκτίθεται αμέσως σε υπεριώδες φως (UV). Αυτή η γρήγορη μέθοδος σκλήρυνσης διασφαλίζει ότι κάθε στρώση κολλάει στην προηγούμενη, δημιουργώντας μια ισχυρή δομή. Η πηγή υπεριώδους φωτός τοποθετείται συχνά δίπλα στην περιοχή κατασκευής ή ενσωματώνεται στις κεφαλές εκτύπωσης.



Εικόνα 49 Τύποι διαφόρων μεγεθών εκτυπωτών εκτόξευσης υλικών - *Science Direct.com*

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται, στρώμα προς στρώμα, μέχρι να δημιουργηθεί το πλήρες τρισδιάστατο αντικείμενο. Η πλατφόρμα κατασκευής χαμηλώνει σταδιακά κατά το καθορισμένο πάχος στρώματος.



Copyright: © 2008 CustomPartNet

Εικόνα 50 Σχηματική Απεικόνιση λειτουργίας εκτυπωτή εκτόξευσης υλικού - *Science Direct.com*

Το Material Jetting είναι κατάλληλο για εφαρμογές που χρειάζονται πολύπλοκες λεπτομέρειες και ποικιλία ιδιοτήτων υλικών, επειδή μπορεί να εκτοξεύσει πολλαπλά υλικά ή χρώματα ταυτόχρονα, προσφέροντας ένα βαθμό πολυπλοκότητας και ευελιξίας [87].

Η εκτόξευση υλικού απαιτεί δομές στήριξης, ιδίως για προεξοχές και περίπλοκες γεωμετρίες. Αυτά τα στηρίγματα εκτυπώνονται ταυτόχρονα με το αντικείμενο και μπορεί να είναι κατασκευασμένα από το ίδιο ή διαφορετικό υλικό. Ανάλογα με το συγκεκριμένο υλικό που χρησιμοποιείται, τα στηρίγματα μπορούν είτε να αφαιρεθούν χειροκίνητα είτε να διαλυθούν μετά το τέλος της εκτύπωσης [87].

Προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή εμφάνιση, τα στάδια μετεπεξεργασίας στο Material Jetting μπορεί να περιλαμβάνουν τον καθαρισμό της περίσσειας του μη σκληρυμένου υλικού, την αφαίρεση των δομών στήριξης και το φινίρισμα της επιφάνειας [87]. Για ορισμένα υλικά, ενδέχεται να απαιτούνται πρόσθετες διαδικασίες σκλήρυνσης, όπως θερμική επεξεργασία ή έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία, για να εξασφαλιστούν οι καλύτερες μηχανικές ιδιότητες.

Σε εφαρμογές όπου η αισθητική και οι λεπτές λεπτομέρειες είναι σημαντικές, όπως η κατασκευή πρωτοτύπων προϊόντων, αρχιτεκτονικών μοντέλων και οπτικών βοηθημάτων, η τεχνολογία Material Jetting μπορεί να παράγει τρισδιάστατα εκτυπωμένα αντικείμενα με λεία επιφάνεια, περίπλοκα χρωματικά μοτίβα και υψηλά επίπεδα λεπτομέρειας [87].

Υλικά Εκτύπωσης

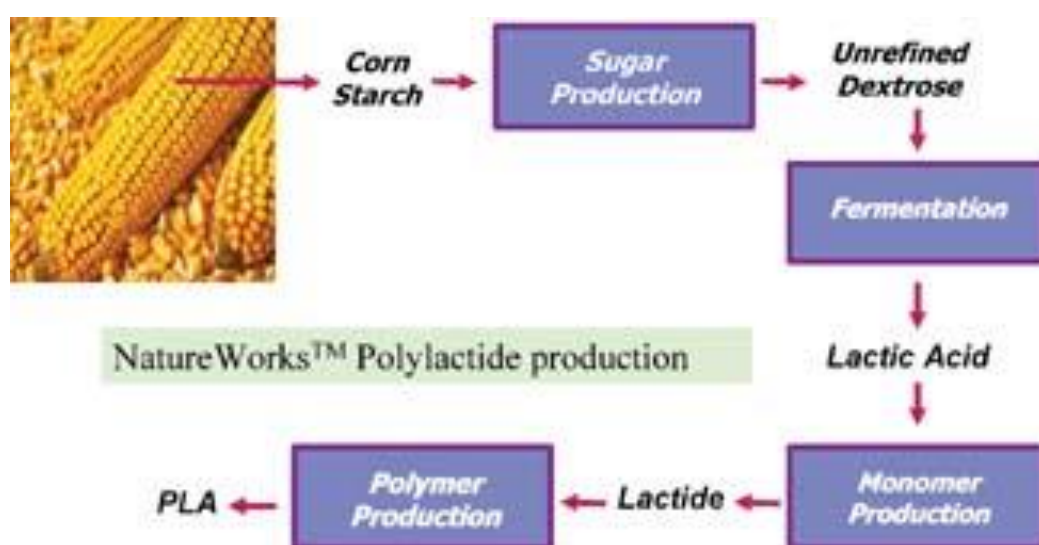
Οι ιδιότητες και οι χρήσεις αυτής της τεχνολογίας αιχμής επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Αναλόγως των απαιτούμενων ιδιοτήτων και προδιαγραφών του τελικού προϊόντος, στη διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης περιλαμβάνονται πολλών ειδών υλικά, όπως κεραμικά, μέταλλα και ξύλο. Η πιο διαδεδομένη χρήση υλικού φυσικά περιλαμβάνει τα πολυμερή, τα οποία θα αναλυθούν εκτενώς παρακάτω.

Το μετασχηματιστικό δυναμικό της βιομηχανίας της προσθετικής κατασκευής τροφοδοτείται από τη δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των υλικών και των τεχνικών τρισδιάστατης εκτύπωσης. Στο παρόν σημείο του κεφαλαίου, θα αναλυθούν τα σημαντικότερα υλικά εκτύπωσης που καθιερώνουν την εξέλιξη του 3D Printing.

PLA - Polyactic Acid

Ένα θεμελιώδες υλικό στον τομέα της τρισδιάστατης εκτύπωσης, το πολυγαλακτικό οξύ ή PLA, διακρίνεται για τη φιλικότητά του προς το περιβάλλον, τη χρηστικότητα και την ευελιξία του [88]. Ανήκει στην οικογένεια των Fused Filament Fabrication τρισδιάστατων εκτυπωτών.

Ως βιοδιασπώμενο θερμοπλαστικό που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές όπως το άμυλο ζαχαροκάλαμου ή το άμυλο καλαμποκιού, το PLA είναι μοναδικό στο ότι έχει μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα συμβατικά πλαστικά που παράγονται από πετρέλαιο.



Εικόνα 51 Διαδικασία Παραγωγής του υλικού PLA - Παρατηρούμε την πλήρως φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία και πρώτων υλών - Science Direct.com

Αποτελεί το στατιστικά πιο χρησιμοποιούμενο υλικό, κατάλληλο για πολλαπλών ειδών εφαρμογές, λόγω της τεράστιας φιλικότητας προς τον χρήστη. Απευθύνεται σε χρήστες αρχάριου επιπέδου αλλά και προχωρημένων προδιαγραφών τελικά προϊόντα, ακριβώς λόγω των πολλαπλών ιδιοτήτων του. Είναι απόλυτα συμβατό με τους περισσότερους τύπους τρισδιάστατων εκτυπωτών, καθώς η θερμοκρασία εκτύπωσής του βρίσκεται στο εύρος 180 έως 220 βαθμών Κελσίου.

Ένα σημαντικό προτέρημα του υλικού PLA κατά την εκτύπωση, αποτελεί ο εκ φύσεως μικρός βαθμός αναθυμιάσεων που εκλύει. Η αμυδρή, ευχάριστη μυρωδιά του έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τις ισχυρές, συχνά δυσάρεστες μυρωδιές που συνδέονται με ορισμένα θερμοπλαστικά [88]. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά το PLA πιο ελκυστικό, ιδίως σε περιβάλλοντα μάθησης και χώρους εργασίας που απαιτεί πολλαπλή ενέργεια ατόμων.

Το υλικό χρησιμοποιείται σε πολλές διαφορετικές βιομηχανίες, αλλά μια από τις κύριες χρήσεις του είναι η κατασκευή πρωτοτύπων. Λόγω της δυνατότητας για αποτύπωση λεπτών λεπτομερειών και των στρωμάτων, το υλικό αυτό χρησιμοποιείται σε εφαρμογές πρωτοτύπων και βοηθημάτων για την τελική ανάπτυξη ενός προϊόντος [89].



Εικόνα 52 Καρούλι υλικού PLA σε διάφορους χρωματισμούς

Η χαμηλή θερμοκρασία εκτύπωσης και οι χαμηλές εκπομπές ρύπων το καθιστούν εξαιρετικό εργαλείο διδασκαλίας στις σχολικές αίθουσες, όπου οι μαθητές το χρησιμοποιούν συχνά για να εξερευνήσουν την τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης από πρώτο χέρι.

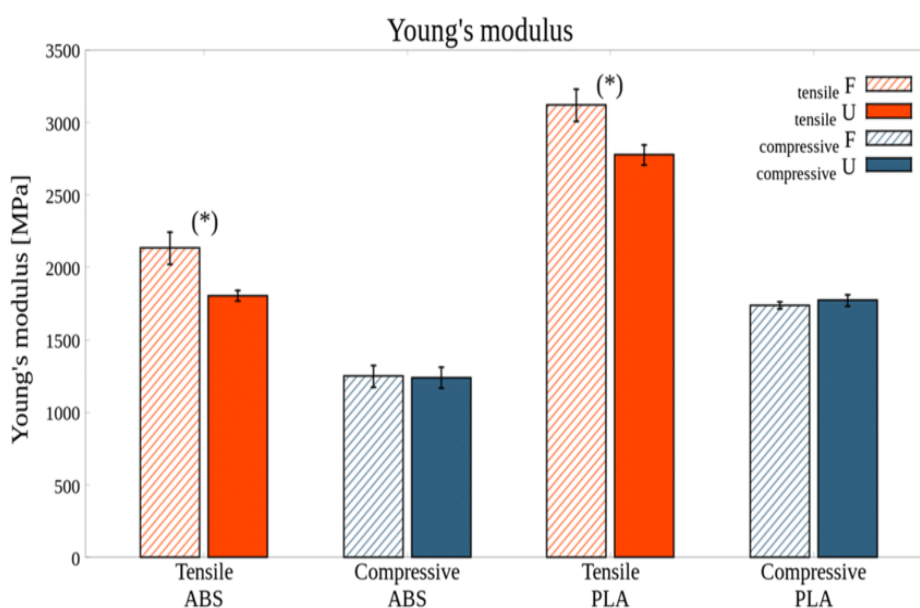
Οι εφαρμογές του PLA στη βιομηχανία καταναλωτικών αγαθών αποδεικνύουν την ευελιξία του. Χρησιμοποιείται ευρέως στην παραγωγή διαφόρων οικιακών ειδών, παιχνιδιών και θήκες τηλεφώνων. Λόγω της βιοδιασπασιμότητάς του, το PLA είναι μια καλή επιλογή για φιλική προς το περιβάλλον κατασκευή, επειδή ικανοποιεί τη ζήτηση των καταναλωτών για προϊόντα που είναι βιώσιμα και φιλικά προς το περιβάλλον.

Ένα επιπλέον σημαντικό προτέρημα του υλικού, αποτελεί η δυνατότητα επεξεργασίας και από εκτυπωτές διπλής εξώθησης, με σκοπό την ανάμειξη υλικών και χρωμάτων στο τελικό προϊόν. Αυτή η ικανότητα χρησιμοποιείται για τη δημιουργία οπτικά ελκυστικών αντικειμένων, δημιουργικών προσπαθειών και πρωτοτύπων εργασίας όπου η παραλλαγή υλικών ή η κωδικοποίηση χρωμάτων είναι ζωτικής σημασίας. Επιπλέον χρησιμοποιείται ευρέως σε καλλιτεχνικές προσπάθειες λόγω των ζωντανών χρωματικών επιλογών και της ευκολίας εκτύπωσης, που επιτρέπουν στους δημιουργούς να εξερευνήσουν πολύπλοκες δομές και περίπλοκα σχέδια [89].

ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene

Στον κόσμο των υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης, το ABS, είναι ένας εξέχων παίκτης επειδή παρέχει ένα ειδικό μείγμα στιβαρότητας, προσαρμοστικότητας και ευρείας εφαρμογής. Ανήκει στην οικογένεια των Fused Filament Fabrication τρισδιάστατων εκτυπωτών.

Το ακρυλονιτρίλιο, το βουταδιένιο και το στυρένιο είναι τα τρία ξεχωριστά μονομερή που πολυμερίζονται για τη δημιουργία του ABS [90]. Επειδή το ABS είναι θερμοπλαστικό, μπορεί να λιώσει και να διαμορφωθεί αρκετές φορές χωρίς να χάσει μεγάλο μέρος της δομικής του ακεραιότητας. Λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του, συνιστάται ως υλικό για πολλές εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης. Η υψηλή αντοχή του σε εφελκυσμό και η ανθεκτικότητά του στις κρούσεις το καθιστούν εξαιρετικό υλικό για την κατασκευή ανθεκτικών και μακράς διάρκειας αντικειμένων [90].



Εικόνα 53 Συγκριτικά διαγράμματα απεικόνισης αντοχής εφελκυσμού και θλίψης μεταξύ υλικού PLA και ABS - Science Direct.com

Εξαιτίας αυτών των χαρακτηριστικών, το ABS χρησιμοποιείται συχνά σε βιομηχανικές και κατασκευαστικές εφαρμογές, όπου υπάρχει ανάγκη για ισχυρά πρωτότυπα και χρήσιμα εξαρτήματα. Επιπλέον, το ABS αξιοποιείται ευρέως λόγω της δυνατότητας επεξεργασίας και αντοχής σε υψηλού βαθμού θερμοκρασίες. Λόγω της θερμικής του αντοχής, το ABS είναι μια καλή επιλογή για προϊόντα όπως συσκευές κουζίνας, ηλεκτρονικά περιβλήματα και εξαρτήματα αυτοκινήτων όπου η έκθεση στη θερμότητα αποτελεί παράγοντα. Η ικανότητά

του να αντέχει σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών χωρίς να χάνει τη δομική του ακεραιότητα αυξάνει τη χρησιμότητά του σε διάφορα κατασκευαστικά και μηχανολογικά πλαίσια [90].

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τρισδιάστατης εκτύπωσης, το ABS παρουσιάζει εξαιρετική πρόσφυση στρώσεων, η οποία βοηθά στη δημιουργία αντικειμένων με υψηλό βαθμό δομικής ακεραιότητας και διαστατικής ακρίβειας. Η καταλληλότητά του σε θερμαινόμενα κρεβάτια εγγυάται σωστή πρόσφυση στην επιφάνεια εκτύπωσης και συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των στρεβλώσεων. Η ευθυγράμμιση των στρωμάτων είναι κρίσιμη κατά την παραγωγή μεγάλων ή πολύπλοκων εκτυπώσεων και αυτή η ποιότητα πρόσφυσης είναι ιδιαίτερα σημαντική [91].

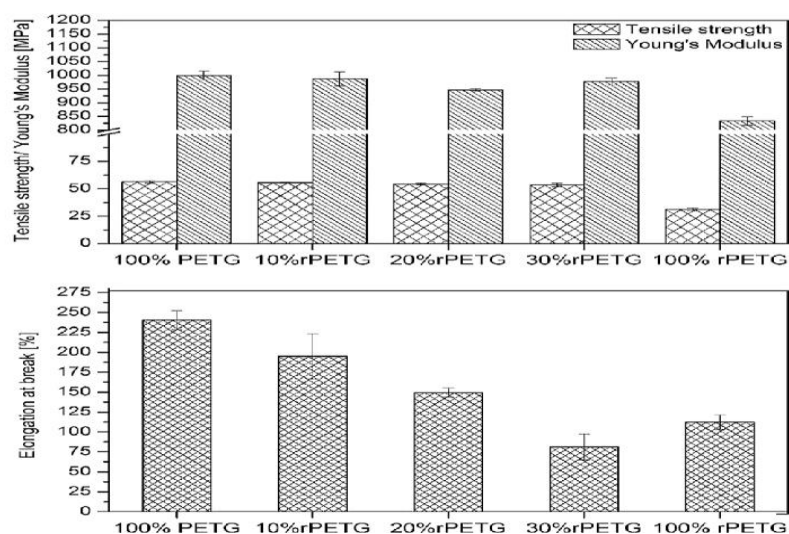


Εικόνα 54 Υλικό ABS σε μορφή καρουλιού - Παρόμοια με PLA - Science Direct.com

Το ABS είναι πολύ ευέλικτο όσον αφορά τη μετεπεξεργασία. Για να επιτευχθεί ένα γυαλισμένο και εκλεπτυσμένο φινίρισμα, τα εκτυπωμένα αντικείμενα ABS τρίβονται εύκολα, κολλιούνται ή ακόμη και λειαινούνται με ατμό. Σε σύγκριση με ορισμένα άλλα υλικά τρισδιάστατης εκτύπωσης, το ABS προσφέρει περισσότερες επιλογές φινιρίσματος και αυξημένη οπτική ελκυστικότητα λόγω της ευελιξίας του στη μετεπεξεργασία.

Σημαντική λεπτομέρεια που αφορά την ασφάλεια του χρήστη, αποτελεί το γεγονός ότι το υλικό ABS κατά την θέρμανσή του εντός του εκτυπωτή, εκλύει αρκετή ποσότητα τοξικού – επιβλαβούς αερίου [91]. Για τον λόγο αυτό απαιτείται προσεκτική εξαέρωση του χώρου όπου εκτελείται η εκτύπωση, καθώς και ατομικά μέσα προστασίας του χρήστη όπως μάσκες φιλτραρίσματος αέρα. Σε εφαρμογές βιομηχανικού επιπέδου απαιτείται ποιοτικό σύστημα

εξαερισμού του χώρου. Λόγω της χαρακτηριστικής του οσμής και της εκπομπής καπνών, το ABS δεν ενδείκνυται για χρήση σε κλειστούς χώρους ή σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπου η άνεση και η ασφάλεια των χρηστών είναι υψίστης σημασίας.



Εικόνα 55 Διάγραμμα απεικόνισης δύναμης εφελκυσμού και ορίου θραύσης αναλόγως του ποσοστού περιεκτικότητας σε υλικό PETG - Science Direct.com

Επιπλέον, το ABS μπορεί να στρεβλωθεί, ιδίως σε εκτυπώσεις που έχουν μεγάλη επιφάνεια ή δεν προσκολλώνται σωστά στην κλίση εκτύπωσης. Η χρήση θερμαινόμενης κλίνης, περιβλήματος ή ειδικών συγκολλητικών υλικών για τη βελτίωση της πρόσφυσης και τη διατήρηση της ακρίβειας των διαστάσεων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης είναι συχνά απαραίτητη για τον μετριασμό της στρέβλωσης [91].

Παρά τις δυσκολίες αυτές, το ABS εξακολουθεί να είναι μια αξιόπιστη επιλογή υλικού για τρισδιάστατη εκτύπωση, ειδικά σε εμπορικές εφαρμογές όπου οι μηχανικές του ιδιότητες εκτιμώνται ιδιαίτερα. Η συνεχιζόμενη δημοτικότητα του αποδεικνύεται από την ευρεία χρήση του στις βιομηχανίες ηλεκτρονικών, αεροδιαστημικής και αυτοκινητοβιομηχανίας. Η ικανότητα του υλικού να διατηρεί τη χρήση του σε μια σειρά εφαρμογών αποδίδεται στην ικανότητά του να εξισορροπεί την αντοχή, την αντοχή στη θερμοκρασία και την ευελιξία μετά την επεξεργασία [91].

PETG - Polyethylene Terephthalate Glycol

Στον τομέα των υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης, το PETG έχει καταστεί σημαντικός παίκτης χάρη στο χαρακτηριστικό μείγμα αντοχής, ανθεκτικότητας και προσαρμοστικότητας που διαθέτει. Ανήκει στην οικογένεια των Fused Filament Fabrication τρισδιάστατων

εκτυπωτών. Η γλυκόλη ενσωματώνεται στη μοριακή δομή του PETG, μιας παραλλαγής του PET (τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο), η οποία το καθιστά πιο κατάλληλο για εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης [92].

Οι αξιοσημείωτες μηχανικές ιδιότητες του PETG είναι ο κύριος λόγος για τη δημοτικότητά του στη βιομηχανία τρισδιάστατης εκτύπωσης. Αποτελεί βασική επιλογή για εκτύπωση τρισδιάστατων τεμαχίων που οι ιδιότητές τους απαιτούν υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας και αντοχής. Λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας που παρουσιάζουν τα τεμάχια που εκτυπώνονται μέσω υλικού PETG, βρίσκεται στις πρώτες επιλογές για την παραγωγή μηχανικών εξαρτημάτων και την κατασκευή πρωτοτύπων. Ιδιαίτερα σε εκτυπώσεις που απαιτούν αισθητική λεπτομέρεια και διαύγεια φωτός, το συγκεκριμένο υλικό προτιμάται ιδιαίτερα. Η ευελιξία της εμφάνισης του PETG αυξάνει την καταλληλότητά του για έργα που απαιτούν τόσο αισθητική όσο και δομική ακεραιότητα [92].

Όπως προαναφέρθηκε, το συγκεκριμένο υλικό παρουσιάζει μεγάλο βαθμό αντοχής. Στην ιδιότητα αυτή συμπεριλαμβάνεται η χημική αντοχή, συγκεκριμένα η αντοχή σε μεγάλη ποικιλία οξέων και αλκαλίων. Λόγω της χημικής σταθερότητάς του, αποτελεί για άλλη μία φορά την πρώτη επιλογή εκτύπωσης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που απαιτούν έκθεση των εργαζομένων σε διαβρωτικά περιβάλλοντα.



Εικόνα 56 Υλικό εκτύπωσης PETG σε μορφή νήματος - *Science Direct.com*

Επιπλέον, σε εφαρμογές που απαιτούν έκθεση σε δύσκολα εξωτερικά περιβάλλοντα, το PETG προτιμάται λόγω της μεγάλης αντοχής του σε αυτά.

Η ευρεία χρήση του PETG διευκολύνεται από τις ιδιότητες της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Κύριο πλεονέκτημα αποτελεί η χαμηλότερη θερμοκρασία εκτύπωσης (220 έως 250 βαθμούς Κελσίου) από ορισμένα άλλα νήματα [93]. Λόγω της χαμηλότερης απαίτησης θερμοκρασίας, το PETG μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγάλη ποικιλία τρισδιάστατων εκτυπωτών, ακόμη και με εκτυπωτές χωρίς θερμαινόμενη κλίνη.

Η περιβαλλοντική ελκυστικότητα του PETG ενισχύεται περαιτέρω από το γεγονός ότι η χαμηλότερη θερμοκρασία εκτύπωσης συνάδει με τις ενεργειακά αποδοτικές τεχνικές εκτύπωσης.

Επιπλέον, το PETG φημίζεται για το γεγονός ότι εμφανίζει μικρή στρέβλωση κατά την εκτύπωση. Αυτή η μειωμένη τάση παραμόρφωσης διευκολύνει την εκτύπωση και βελτιώνει τη διαστατική ακρίβεια του εκτυπωμένου αντικειμένου.

Η φήμη του ως αξιόπιστου και φιλικού προς τον χρήστη υλικού τρισδιάστατης εκτύπωσης εδραιώνεται περαιτέρω από την εξαιρετική πρόσφυση στρώσεων του υλικού, η οποία εγγυάται την παραγωγή εκτυπώσεων με υψηλό βαθμό δομικής ακεραιότητας. Επιπλέον, το PETG προσφέρεται για εργασίες όπως η λείανση και η βαφή, σε αντίθεση με ορισμένα νήματα που είναι δύσκολο να επεξεργαστούν μετά την εκτύπωση.

Λόγω της ευελιξίας της στη μετεπεξεργασία, οι εκτυπώσεις PETG μπορούν να βελτιωθούν και να προσαρμοστούν, καθιστώντας την ιδανική για ποικίλες καλλιτεχνικές και πρακτικές εφαρμογές [93]. Παρόλο που το PETG έχει πολλά πλεονεκτήματα, υπάρχουν ορισμένα σημεία που οφείλουν να λαμβάνονται σημαντικά υπόψη:

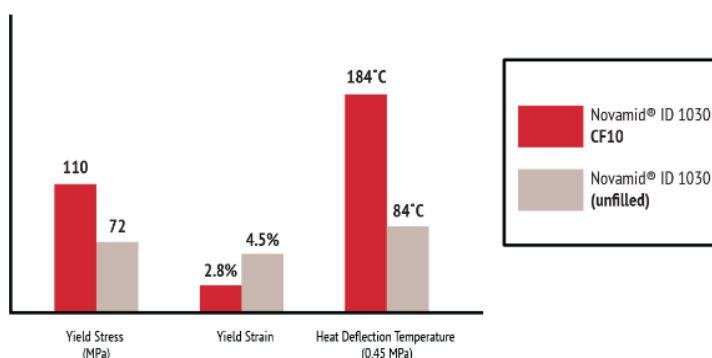
Λόγω της υγροσκοπικής του φύσης, το PETG μπορεί τελικά να απορροφήσει υγρασία από το περιβάλλον του, γεγονός που θα μπορούσε να επηρεάσει τις εκτυπωτικές του δυνατότητες. Για να διασφαλιστεί η καλύτερη ποιότητα εκτύπωσης και απόδοση, το πρόβλημα αυτό μπορεί να μετριαστεί με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών αποθήκευσης και χειρισμού των νημάτων. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το υλικό PETG θεωρείται ιδιαίτερα φιλικό, καθώς είναι πλήρως ανακυκλώσιμο. Το γεγονός αυτό συνάδει με την αυξανόμενη εστίαση σε βιώσιμες πρακτικές παραγωγής [93].

Nylon

Το συνθετικό θερμοπλαστικό νάιλον, το οποίο εκτιμάται για την αντοχή, την ανθεκτικότητα και την προσαρμοστικότητά του, έχει αναδειχθεί σε σημαντικά στα υλικά που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση.

Ανήκει στην οικογένεια των Fused Filament Fabrication και Fused Deposition Modeling τρισδιάστατων εκτυπωτών. Αναφέρεται επίσημα ως πολυαμίδιο, είναι μέλος της οικογένειας των πολυμερών που διακρίνονται από την παρουσία ομάδων αμιδίου στη μοριακή τους δομή.

Το νάιλον είναι ένα υλικό επιλογής για την τρισδιάστατη εκτύπωση λόγω των αξιοσημείωτων μηχανικών ιδιοτήτων του, οι οποίες το καθιστούν ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν αντοχή, ευελιξία και αντοχή στην κρούση [94]. Λόγω του συνδυασμού σκληρότητας και ελαστικότητας που παρέχει η μοριακή του σύνθεση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια ποικιλία λειτουργικών εκτυπώσεων.



Εικόνα 57 Διάγραμμα απεικόνισης δυνάμεων εφελκυσμού, κρούσης και θερμοκρασίας για το Nylon - Science Direct.com

Η εξαιρετική ικανότητα του νάιλον να απορροφά την υγρασία από το περιβάλλον του είναι μία από τις σημαντικότερες ιδιότητές του [94]. Αν και η υγροσκοπική φύση του νάιλον μπορεί να ληφθεί υπόψη κατά τη διαδικασία εκτύπωσης, δίνει επίσης στο νάιλον ειδικά πλεονεκτήματα μετά την εκτύπωση.

Για να βελτιωθεί η αντοχή και η ανθεκτικότητα, τα μέρη από νάιλον που έχουν εκτυπωθεί μπορούν να βυθιστούν σε ζεστό νερό για να απομακρυνθεί η υγρασία που μπορεί να έχει απορροφηθεί [94].

Η διαδικασία ανόπτησης, η οποία είναι μια διαδικασία μετά την εκτύπωση, συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού. Πέρα από τη μηχανική του αντοχή, το νάιλον είναι απίστευτα ευέλικτο [94]. Λόγω της εξαιρετικής χημικής του αντοχής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου η έκθεση σε διάφορες χημικές ουσίες αποτελεί πρόβλημα. Λόγω της χημικής σταθερότητάς του, το νάιλον έχει περισσότερες εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, όπου τα εξαρτήματά του μπορεί να υπόκεινται σε διάφορες δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, η αντοχή του νάιλον στην τριβή το καθιστά πιο επιθυμητό για εφαρμογές που περιλαμβάνουν φθορά και τριβή [95]. Λόγω της ανθεκτικότητάς του στη φθορά, το νάιλον είναι ένα εξαιρετικό υλικό για την κατασκευή γραναζιών, κουζινέτων και άλλων εξαρτημάτων που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση και επαφή. Το νάιλον είναι ένα αξιόπιστο και μακράς διάρκειας υλικό σε περιπτώσεις όπου η μακροζωία και η ανθεκτικότητα είναι κρίσιμες. Το νάιλον χρησιμοποιείται ευρέως στην κοινότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης, εν μέρει λόγω των ιδιοτήτων εκτύπωσης που διαθέτει.

Ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος νάιλον που χρησιμοποιείται, το νήμα νάιλον συνήθως εκτυπώνεται σε υψηλές θερμοκρασίες, μεταξύ 240 και 260 βαθμών Κελσίου [95]. Μπορεί να είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν τρισδιάστατοι εκτυπωτές με θερμαινόμενα κρεβάτια και θερμά άκρα που μπορούν να φτάσουν αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες, προκειμένου να ικανοποιηθεί αυτή η απαίτηση υψηλής θερμοκρασίας.

Επιπλέον, η επιτυχής εκτύπωση διευκολύνεται από την καλή πρόσφυση του νάιλον σε μια σειρά από επιφάνειες κατασκευής. Λόγω του χαμηλού συντελεστή τριβής, η εκτύπωση γίνεται ευκολότερη και παράγει εκτυπώσεις με γυαλιστερό φινίρισμα και υψηλή ακρίβεια διαστάσεων.

Αν και η υγροσκοπική φύση του νάιλον μπορεί να προκαλέσει προβλήματα, ειδικά σε υγρά περιβάλλοντα, αυτό μπορεί να μετριαστεί με κατάλληλες διαδικασίες αποθήκευσης και χειρισμού του νήματος, οι οποίες εγγυώνται σταθερή ποιότητα εκτύπωσης.

Το νάιλον έχει ένα ευρύ φάσμα χρήσεων στην τρισδιάστατη εκτύπωση σε διάφορες βιομηχανίες [95]. Το νάιλον χρησιμοποιείται στην αεροδιαστημική βιομηχανία για την κατασκευή εξαρτημάτων όπως βραχίονες, βάσεις και δομικά στοιχεία, επειδή είναι ένα ελαφρύ και ανθεκτικό υλικό. Για τους μηχανικούς αεροδιαστημικής που αναζητούν ισορροπία μεταξύ επιδόσεων και βάρους, η πλεονεκτική αναλογία αντοχής προς βάρος το καθιστά επιθυμητή επιλογή.

Η δυνατότητα παραγωγής μηχανικών εξαρτημάτων και λειτουργικών πρωτοτύπων αποδεικνύει την ευελιξία του νάιλον. Είναι κατάλληλο για την κατασκευή πρωτοτύπων που μοιάζουν πολύ με τη λειτουργικότητα των τελικών εξαρτημάτων παραγωγής λόγω της αντοχής του στην καταπόνηση, την κρούση και τη φθορά. Αυτό το χαρακτηριστικό επιταχύνει τη διαδικασία ανάπτυξης νέων προϊόντων και καθιστά δυνατή την ενδεδειγμένη δοκιμή και επικύρωση των σχεδίων.



Εικόνα 58 Υλικό Nylon σε μορφή καρουλιού - *Science Direct.com*

Χειρουργικά εργαλεία, προσθετικά και άλλες ιατρικές συσκευές κατασκευάζονται με συγκεκριμένους τύπους νάιλον στην ιατρική βιομηχανία, όπου η βιοσυμβατότητα και η αποστείρωση είναι ζωτικής σημασίας. Λόγω της αντοχής, της ευελιξίας και της αντοχής του στην αποστείρωση, το νάιλον είναι το καλύτερο υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπου η απόδοση και η υγιεινή είναι απαραίτητες [95].

TPU - Thermoplastic Polyurethane

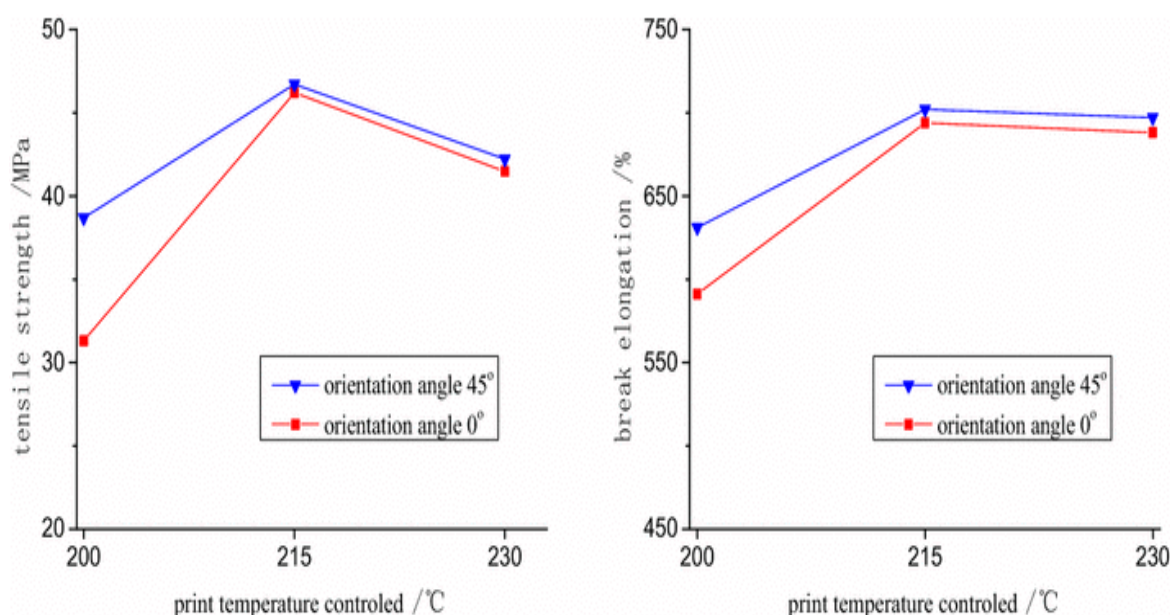
Το TPU είναι ένα εύκαμπτο νήμα που συνδυάζει τις ιδιότητες του καουτσούκ και των πλαστικών. Είναι μέλος της οικογένειας των θερμοπλαστικών ελαστομερών. Λόγω των ιδιαίτερων ιδιοτήτων του, είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν ανθεκτικότητα, ελαστικότητα και αντοχή σε κρούση [96].

Λόγω της ικανότητάς του να επιμηκύνεται και να επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα λόγω της μοριακής του σύνθεσης, το TPU είναι ένα εξαιρετικό υλικό για χρήση σε εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης που απαιτούν ελαστικότητα και ευελιξία [96]. Είναι ένα μοναδικό

υλικό λόγω της αξιοσημείωτης ευελιξίας του, η οποία δίνει στις εκτυπώσεις μια υφή που μοιάζει με το καουτσούκ. Λόγω της ευελιξίας του και της ικανότητάς του να διατηρεί τη δομική του ακεραιότητα, το TPU μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός ευρέος φάσματος προϊόντων, από περίπλοκα μηχανικά μέρη μέχρι εύκαμπτες θήκες τηλεφώνων και πάτους παπουτσιών.

Η ελαστικότητα του TPU καθιστά δυνατή τη δημιουργία αντικειμένων με πολύπλοκη γεωμετρία, όπως εύκαμπτοι μεντεσέδες και δομές πλέγματος. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις όπου τα πιο παραδοσιακά άκαμπτα υλικά μπορεί να μην είναι επαρκή, όπως κατά τη δημιουργία φορητής τεχνολογίας, ιατρικών μοντέλων ή πρωτοτύπων που πρέπει να κινούνται δυναμικά [96].

Το TPU είναι επίσης πιο ελκυστικό για εφαρμογές όπου τα αντικείμενα μπορεί να υποβληθούν σε πιέσεις, δονήσεις ή απροσδόκητες δυνάμεις λόγω της αντοχής του στην κρούση. Η αντοχή στην κρούση είναι σημαντική σε βιομηχανίες όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, όπου το TPU χρησιμοποιείται για την κατασκευή εξαρτημάτων όπως φλάντζες, βάσεις και προστατευτικά καλύμματα που υπόκεινται σε συχνές κινήσεις και πιθανές κρούσεις.



Εικόνα 59 Διάγραμμα Απεικόνισης δύναμης εφελκυσμού και ορίου θραύσης του υλικού TPU συγκριτικά με θερμοκρασία - Science Direct.com

Συνήθως εκτυπώνει μεταξύ 200 και 220 βαθμών Κελσίου, που είναι χαμηλότερη από τις θερμοκρασίες λειτουργίας ορισμένων άκαμπτων νημάτων [97].

Το TPU είναι συμβατό με μεγάλη ποικιλία τρισδιάστατων εκτυπωτών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που δε διαθέτουν θερμαινόμενα κρεβάτια, χάρη στη χαμηλότερη θερμοκρασία εκτύπωσης. Επιπλέον, οι εκτυπώσεις διατηρούν τη δομική τους ακεραιότητα χάρη στην ανώτερη πρόσφυση στρώσεων του TPU, αποδίδοντας αντικείμενα σταθερής ποιότητας. Η συμβατότητα του TPU με τους εκτυπωτές διπλής εκβολής επιτρέπει τη δημιουργία εκτυπώσεων πολλαπλών υλικών [97]. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει τον συνδυασμό του TPU με άλλα υλικά, όπως άκαμπτα πλαστικά ή υλικά στήριξης, διευρύνοντας το φάσμα των εφαρμογών. Οι εκτυπώσεις πολλαπλών υλικών είναι ιδιαίτερα πολύτιμες σε έργα όπου ο συνδυασμός εύκαμπτων και άκαμπτων στοιχείων είναι απαραίτητος για την επίτευξη της επιθυμητής λειτουργικότητας και αισθητικής.



Εικόνα 60 Τεμάχιο κατασκευασμένο από υλικό TPU - Παρατηρούμε το μεγάλο βαθμό ελαστικότητας του υλικού

Οι εφαρμογές του TPU στην τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ποικίλες και καλύπτουν διάφορες βιομηχανίες. Στον ιατρικό τομέα, το TPU χρησιμοποιείται για την παραγωγή εύκαμπτων ανατομικών μοντέλων και προσθετικών υλικών. Η βιοσυμβατότητά του, σε συνδυασμό με την ευκαμψία του, καθιστά το TPU κατάλληλο υλικό για εφαρμογές όπου η επαφή με το ανθρώπινο σώμα είναι ένα ζήτημα. Αυτή η προσαρμοστικότητα επεκτείνεται στη δημιουργία ιατρικών πρωτοτύπων, παρέχοντας μια απτική και ακριβή αναπαράσταση της ανθρώπινης ανατομίας για την εκπαίδευση και τον χειρουργικό σχεδιασμό.

Το TPU χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες μόδας και wearables για τη δημιουργία εξατομικευμένων ενδυμάτων, παπουτσιών και αξεσουάρ. Λόγω της προσαρμοστικότητάς του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία σχεδίων που είναι ταυτόχρονα εφαρμοστά και άνετα, αποδεικνύοντας τις δυνατότητες καινοτομίας στο μεταίχμιο της μόδας και της τρισδιάστατης εκτύπωσης [97].

Η ικανότητα του TPU να αντέχει στις χημικές ουσίες το καθιστά πιο χρήσιμο σε βιομηχανικά περιβάλλοντα όπου οι εργαζόμενοι μπορεί να έρχονται συχνά σε επαφή με διαλύτες, έλαια ή χημικές ουσίες. Η αντοχή του TPU στις σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες εγγυάται τη διατήρηση των μηχανικών και δομικών ιδιοτήτων του, αυξάνοντας έτσι τη χρησιμότητά του σε μηχανολογικές και κατασκευαστικές εφαρμογές [97].



Εικόνα 61 Υλικό TPU σε μορφή καρουλιού - *Science Direct.com*

Metal Powders

Οι μεταλλικές σκόνες αποτελούν μια νέα κατηγορία υλικών στην προσθετική κατασκευή, η οποία έχει φέρει επανάσταση στον τομέα αυτό, καθιστώντας δυνατή την παραγωγή ανθεκτικών, περίπλοκων και πλήρως λειτουργικών μεταλλικών εξαρτημάτων.

Το κλειδί της τρισδιάστατης εκτύπωσης μετάλλων είναι η χρήση λεπτόκοκκης μεταλλικής σκόνης ως δομικό στοιχείο για τη δημιουργία πολύπλοκων τρισδιάστατων αντικειμένων στρώμα προς στρώμα. Αυτός ο τύπος προσθετικής κατασκευής, που ονομάζεται επίσης σύντηξη σε κλίνη μεταλλικής σκόνης, συνδυάζει διάφορες τεχνολογίες, όπως η τήξη με δέσμη ηλεκτρονίων (EBM) και η επιλεκτική τήξη με λέιζερ (SLM), όπου προαναφέρθηκαν [98].

Η ευελιξία των μεταλλικών σκονών είναι ένα από τα χαρακτηριστικά τους. Ο ανοξειδωτός χάλυβας, το αλουμίνιο, το τιτάνιο, τα κράματα νικελίου και το κοβάλτιο-χρώμιο είναι μερικά από τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται συχνά στην τρισδιάστατη εκτύπωση [98]. Αυτό το ευρύ φάσμα επιλογών καθιστά δυνατή την κατασκευή εξαρτημάτων με ακριβή μηχανικά,

θερμικά και χημικά χαρακτηριστικά που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις διαφορετικών βιομηχανιών.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση μεταλλικής σκόνης είναι μια ευέλικτη λύση για διάφορες βιομηχανίες, όπως η αεροδιαστημική, η υγειονομική περίθαλψη και η αυτοκινητοβιομηχανία, επειδή μπορεί να λειτουργήσει με ένα ευρύ φάσμα μετάλλων [98].

Λεπτά στρώματα μεταλλικής σκόνης εναποτίθενται σε μια πλατφόρμα κατασκευής μεταλλικής σκόνης και στη συνέχεια τα σωματίδια της σκόνης συγχωνεύονται επιλεκτικά



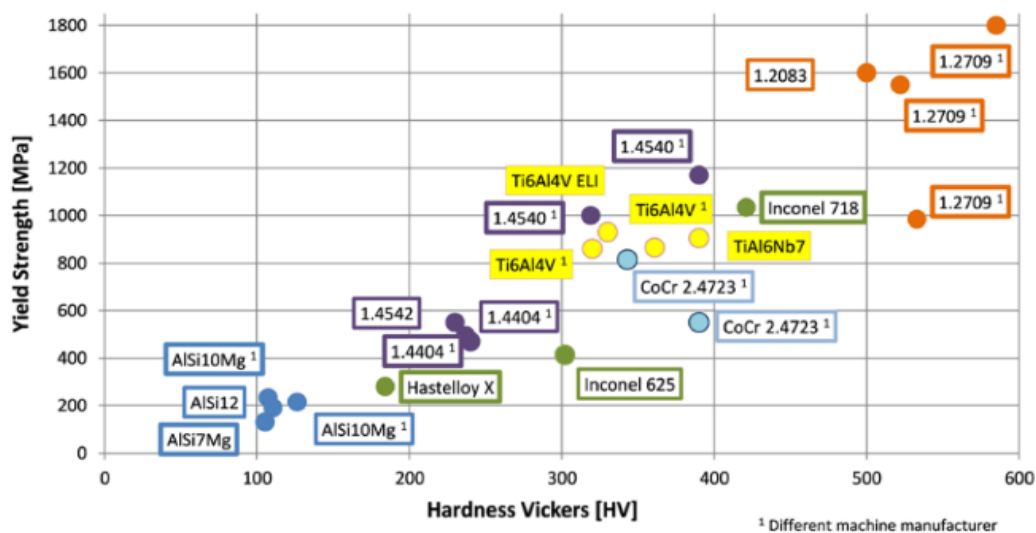
Εικόνα 62 Πούδρες έτοιμες προς χρήση -
Απεικονίζονται οι εξής μεταλλικές σκόνες: Τιτάνιο,
Αλουμίνιο, Σίδηρος, Ατσάλι και Χάλυβας- *Science
Direct.com*

στρώμα προς στρώμα με τη χρήση θερμότητας ή ενέργειας. Αυτή η διαδικασία παράγει εξαρτήματα με πολύπλοκες γεωμετρίες και εξαιρετική δομική ακεραιότητα λόγω της ακρίβειας και του ελέγχου της [98].

Ένας από τους λόγους για τους οποίους η τρισδιάστατη εκτύπωση μετάλλων έχει τόσο αξιοσημείωτες μηχανικές ιδιότητες είναι ότι μπορεί να δημιουργήσει πλήρως πυκνά μεταλλικά εξαρτήματα.

Υψηλή αντοχή, ανώτερα χαρακτηριστικά φθοράς και εξαιρετική αντοχή στη θερμότητα χαρακτηρίζουν τα εξαρτήματα που προκύπτουν, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για απαιτητικές εφαρμογές στην αεροδιαστημική, τη μηχανολογία και την υγειονομική περίθαλψη [98].

Η εκτύπωση 3D μεταλλικής σκόνης έχει υιοθετηθεί από την αεροδιαστημική βιομηχανία για την παραγωγή ισχυρών, ελαφρών εξαρτημάτων. Η ικανότητα δημιουργίας περίπλοκων δομών, όπως οι βέλτιστες γεωμετρίες πλέγματος, επιτρέπει τη μείωση του βάρους χωρίς να θυσιάζεται η δομική ακεραιότητα. Αυτή η ικανότητα μείωσης του βάρους είναι ιδιαίτερα σημαντική σε τομείς όπως η αεροπορία [98].



Εικόνα 63 Διάγραμμα Απεικόνισης Σκληρότητας και ορίου θραύσης διαφόρων κραμάτων για πούδρες επεξεργασίας - Science Direct.com

Η τρισδιάστατη εκτύπωση μεταλλικής σκόνης έχει αλλάξει εντελώς τον ιατρικό κλάδο, επιτρέποντας την παραγωγή προσθετικών και εμφυτευμάτων που είναι προσαρμοσμένα στις ανάγκες των ασθενών. Λόγω της ικανότητας της τεχνολογίας να επιτυγχάνει τέτοια ακρίβεια, μπορούν να κατασκευαστούν εμφυτεύματα ειδικά σχεδιασμένα για την ανατομία κάθε ασθενούς. Για τις εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούνται συχνά υλικά με φήμη για την αντοχή και τη βιοσυμβατότητά τους, όπως το τιτάνιο [99].

Στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, όπου υπάρχει συνεχής ανάγκη για ελαφριά εξαρτήματα υψηλής απόδοσης, χρησιμοποιούνται επίσης μεταλλικές σκόνης. Η παραγωγή περίπλοκων και βελτιστοποιημένων εξαρτημάτων διευκολύνεται με την τρισδιάστατη εκτύπωση με μεταλλικές σκόνης, η οποία βελτιώνει τη συνολική απόδοση του οχήματος και την αποδοτικότητα καυσίμου.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση μεταλλικής σκόνης είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να χρησιμοποιείται στην κατασκευή για την παραγωγή καλουπιών και εργαλείων. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει τον σχεδιασμό σύνθετων εργαλείων με εξαιρετική αντοχή στη φθορά και τη

θερμότητα, γεγονός που βελτιώνει την παραγωγικότητα και τη μακροζωία των διαδικασιών παραγωγής.

Ένα πλεονέκτημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης μεταλλικής σκόνης είναι ότι χρησιμοποιεί λιγότερα απόβλητα υλικών από τις συμβατικές τεχνικές αφαιρετικής κατασκευής. Επειδή η διαδικασία είναι προσθετική, είναι δυνατή η ακριβής αξιοποίηση των υλικών, μειώνοντας τα απόβλητα και προωθώντας τη βιωσιμότητα.



Εικόνα 64 Εκτυπωμένα Τεμάχια από τρισδιάστατο εκτυπωτή μεταλλικών υλικών - *Science Direct.com*

Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην κατασκευή με πρώτη ύλη τα ακριβά μέταλλα, γεγονός που καθιστά την τρισδιάστατη εκτύπωση μεταλλικής σκόνης μια πιο οικονομικά αποδοτική και περιβαλλοντικά υπεύθυνη επιλογή [100].

Επιπλέον, ένα μοναδικό πλεονέκτημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε σκόνη μετάλλων είναι η ικανότητά της να παράγει εξαιρετικά περίπλοκα και προσαρμοσμένα μεταλλικά εξαρτήματα με πολύ λίγα εργαλεία.

Οι πολύπλοκες ρυθμίσεις εργαλείων αποτελούν κοινό στοιχείο των παραδοσιακών τεχνικών παραγωγής, γεγονός που αυξάνει το κόστος και επιμηκύνει τους χρόνους παραγωγής. Από την άλλη πλευρά, χωρίς να απαιτούνται πολλά εργαλεία, η τρισδιάστατη εκτύπωση μετάλλων επιτρέπει τη γρήγορη κατασκευή πρωτοτύπων και τη δημιουργία μικρών παρτίδων εξατομικευμένων εξαρτημάτων.

Παρόλο που η τρισδιάστατη εκτύπωση σε σκόνη μετάλλων έχει πολλά πλεονεκτήματα, πρέπει να ληφθούν υπόψη θέματα όπως το φινίρισμα της επιφάνειας και η μετεπεξεργασία. Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι μηχανικές ιδιότητες των εκτυπωμένων μεταλλικών εξαρτημάτων, ενδέχεται να χρειαστούν διεργασίες μετά την εκτύπωση, όπως θερμική επεξεργασία ή ανακούφιση από τις τάσεις. Περαιτέρω διαδικασίες καταργασίας ή στίλβωσης μπορεί να είναι απαραίτητες για την επίτευξη συγκεκριμένων επιφανειακών τελειωμάτων [100].

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης έναντι άλλων μεθόδων Κατασκευής

Η προσθετική κατασκευή, κερδίζει μεγάλη προσοχή λόγω των ιδιαίτερων ιδιοτήτων της που την διαφοροποιούν από τις συμβατικές τεχνικές κατασκευής. Το επαναστατικό δυναμικό της τρισδιάστατης εκτύπωσης έγκειται στην ικανότητά της να παράγει πολύπλοκα σχέδια, να ελαχιστοποιεί τη σπατάλη υλικών και να διευκολύνει την ταχεία κατασκευή πρωτοτύπων. Όπως κάθε τεχνολογία, έτσι και η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν κατέχει αποκλειστικά πλεονεκτήματα. Στο παρόν σημείο θα εξεταστούν πλήρως τα προτερήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής.

Ευελιξία Σχεδιασμού

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιεί την τρισδιάστατη εκτύπωση από τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής είναι η ευελιξία σχεδιασμού που προσφέρει. Η ικανότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης να ζωντανεύει περίπλοκες και πολύπλοκες ιδέες έχει αλλάξει εντελώς το δημιουργικό τοπίο στον τομέα του βιομηχανικού σχεδιασμού, όπου η καινοτομία και η προσαρμογή είναι ζωτικής σημασίας.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση, που, λειτουργεί με βάση την κατασκευή στρώμα προς στρώμα, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής, οι οποίες συχνά περιλαμβάνουν την αφαίρεση υλικού από μεγαλύτερα μπλοκ ή καλούπια. Αυτή η βασική διαφορά δίνει στους σχεδιαστές έναν άνευ προηγουμένου βαθμό ελευθερίας, επιτρέποντάς τους να φανταστούν και να δημιουργήσουν μορφές που προηγουμένως θεωρούνταν αδύνατες ή ανεφάρμοστες.

Η ευελιξία της τρισδιάστατης εκτύπωσης όσον αφορά τον σχεδιασμό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ικανότητά της να δημιουργεί γεωμετρικά πολύπλοκες δομές με ελάχιστους

περιορισμούς. Οι περιορισμοί των καλουπιών και των εργαλείων καθιστούν συχνά δύσκολη την κατασκευή περίπλοκων σχημάτων και εσωτερικών δομών με παραδοσιακές μεθόδους.

Από την άλλη πλευρά, η αφαιρετική κατασκευή θα ήταν δύσκολο ή αδύνατο να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή πολύπλοκων δομών πλέγματος, οργανικών σχημάτων και αλληλοσυνδεδεμένων εξαρτημάτων. Αυτή η ευελιξία σχεδιασμού περιλαμβάνει τη βελτιστοποίηση των δομών για συγκεκριμένες χρήσεις. Η εσωτερική αρχιτεκτονική των αντικειμένων μπορεί να τροποποιηθεί στρατηγικά από τους σχεδιαστές για να βελτιώσουν την αναλογία αντοχής προς βάρος, κάτι που είναι σημαντικό σε τομείς όπως η αυτοκινητοβιομηχανία και η αεροδιαστημική μηχανική. Ως αποτέλεσμα, τα εξαρτήματα πληρούν αυστηρές απαιτήσεις επιδόσεων και είναι τόσο αισθητικά ευχάριστα όσο και λειτουργικά ανώτερα [101].

Ταχεία Πρωτοτυποποίηση

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που διαφοροποιεί την τρισδιάστατη εκτύπωση από τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής είναι η ταχεία κατασκευή πρωτοτύπων. Η δυνατότητα γρήγορης μετατροπής των ψηφιακών σχεδίων σε φυσικά πρωτότυπα αλλάζει τα δεδομένα στο διαρκώς μεταβαλλόμενο τοπίο της ανάπτυξης προϊόντων και της καινοτομίας, και η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει αναδειχθεί σε κορυφαία τεχνολογία στον τομέα αυτό [101].

Η κατασκευή πρωτοτύπων ήταν ιστορικά ένα στάδιο του κύκλου ανάπτυξης προϊόντων που απαιτούσε πολλαπλή εργασία και πόρους. Η δημιουργία καλουπιών ή εργαλείων είναι ένα συνηθισμένο βήμα στις συμβατικές μεθόδους, το οποίο μπορεί να είναι δαπανηρό και χρονοβόρο. Επιπλέον, οι αλλαγές στο σχεδιασμό απαιτούν την τροποποίηση αυτών των καλουπιών, γεγονός που προσθέτει ακόμη περισσότερο χρόνο στη διαδικασία κατασκευής πρωτοτύπων.

Το κύριο πλεονέκτημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης για γρήγορη κατασκευή πρωτοτύπων είναι η ικανότητά της να κατασκευάζει περίπλοκα σχήματα στρώμα προς στρώμα απευθείας από ψηφιακά μοντέλα. Εξαιρώντας την ανάγκη για καλούπια ή εργαλεία, αυτή η προσθετική προσέγγιση μειώνει σημαντικά το χρόνο και τα έξοδα που απαιτούνται για τις συμβατικές τεχνικές πρωτοτυποποίησης.

Οι μηχανικοί και οι σχεδιαστές μπορούν να δοκιμάσουν αρκετές επαναλήψεις σχεδιασμού σε ένα κλάσμα του χρόνου που θα χρειαζόταν με τις παραδοσιακές διαδικασίες,

επαναλαμβάνοντας γρήγορα και οικονομικά. Ένα επίπεδο ευελιξίας που καθίσταται δυνατό από την ταχύτητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε τομείς της οικονομίας που είναι γνωστοί για τη γρήγορη καινοτομία και τους σύντομους κύκλους ζωής των προϊόντων τους.

Στον κλάδο των καταναλωτικών ηλεκτρονικών, για παράδειγμα, όπου τα προϊόντα εξελίσσονται συνεχώς για να ικανοποιούν τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς, η ικανότητα ταχείας κατασκευής πρωτοτύπων επιτρέπει στις επιχειρήσεις να διατηρούν πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών και να αντιδρούν γρήγορα. Με ελάχιστες έως καθόλου αλλαγές στις ρυθμίσεις, οι σχεδιαστές μπορούν να πειραματιστούν με παραλλαγές, να αλλάξουν γεωμετρίες και να ρυθμίσουν παραμέτρους. Αυτή η ικανότητα προσαρμογής σε πραγματικό χρόνο επιταχύνει τη διαδικασία επανάληψης του σχεδιασμού, ενθαρρύνοντας την καινοτομία και επιτρέποντας τη διεξοδικότερη δοκιμή των σχεδιαστικών ιδεών.

Επιπλέον, η τεχνολογία καθιστά δυνατή τη δημιουργία λειτουργικών πρωτοτύπων που μοιάζουν πολύ με τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε τομείς όπως η αεροδιαστημική και η αυτοκινητοβιομηχανία, όπου οι φυσικές δοκιμές και η επικύρωση είναι απαραίτητες. Οι μηχανικοί είναι σε θέση να αξιολογήσουν τη μηχανική απόδοση του πρωτοτύπου εκτός από την αισθητική του, διασφαλίζοντας ότι το τελικό προϊόν είτε ανταποκρίνεται είτε ξεπερνά τις προσδοκίες [101].

Προσαρμογή Μεταποίησης

Ένας συγκεκριμένος τομέας στον οποίο η τρισδιάστατη εκτύπωση λάμπει και διακρίνεται από τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής είναι η προσαρμογή. Μια νέα εποχή ευκαιριών έχει δημιουργηθεί σε πολλούς κλάδους χάρη στην εξαιρετική ικανότητα της τεχνολογίας να δημιουργεί εξαιρετικά προσαρμοσμένα προϊόντα που ανταποκρίνονται σε ατομικές ανάγκες ή ειδικές απαιτήσεις [101].

Οι τεχνικές παραγωγής στην παραδοσιακή μεταποίηση συχνά βασίζονται σε οικονομίες κλίμακας, με αποτέλεσμα την παραγωγή τυποποιημένων προϊόντων μαζικής παραγωγής. Αν και αυτή η μέθοδος έχει λειτουργήσει καλά για ορισμένες εφαρμογές, δεν επαρκεί όταν απαιτείται προσαρμογή. Εδώ είναι που η προσθετική κατασκευή, γίνεται ένα επαναστατικό εργαλείο. Η προσθετική φύση της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι το κλειδί για τις δυνατότητες προσαρμογής της. Χωρίς περίπλοκα καλούπια ή εργαλεία, μπορούν να δημιουργηθούν περίπλοκα, προσαρμοσμένα σχέδια με τη μέθοδο κατασκευής στρώμα προς

στρώμα. Αυτή η ικανότητα έχει σημαντικές επιπτώσεις σε μια σειρά από βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτικών αγαθών και της υγειονομικής περίθαλψης.

Για παράδειγμα, η τρισδιάστατη εκτύπωση διευκολύνει την παραγωγή προσθετικών και ιατρικών εμφυτευμάτων που προσαρμόζονται για κάθε ασθενή στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Οι επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να παρέχουν εξατομικευμένες λύσεις που βελτιώνουν την άνεση του ασθενούς και τη συνολική αποτελεσματικότητα, προσαρμόζοντας με ακρίβεια το σχεδιασμό στην ανατομία του κάθε ασθενούς.

Πέρα από τη φυσική μορφή, η τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέρει επιλογές προσαρμογής για την πυκνότητα, το πορώδες και την υφή της επιφάνειας, οι οποίες εγγυώνται ακριβή εφαρμογή και βέλτιστη απόδοση. Η προσαρμογή γίνεται όλο και πιο σημαντική όταν πρόκειται για καταναλωτικά αγαθά. Οι πελάτες έλκονται από αγαθά που αντιπροσωπεύουν τα δικά τους γούστα και προτιμήσεις, είτε πρόκειται για ειδικές θήκες τηλεφώνων, είτε για παπούτσια, είτε για ασυνήθιστα κομμάτια διακόσμησης σπιτιού. Τόσο οι σχεδιαστές όσο και οι καταναλωτές επωφελούνται από την ικανότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης να δημιουργούν μοναδικά προϊόντα που ξεχωρίζουν σε μια πολυπληθή αγορά γεμάτη υποκατάστατα μαζικής παραγωγής.

Η δυνατότητα προσαρμογής μιας μεγάλης ποικιλίας υλικών μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης βελτιώνει περαιτέρω τις δυνατότητες προσαρμογής. Η τεχνολογία υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα υλικών, όπως μέταλλα, πλαστικά, κεραμικά, ακόμη και βιοϋλικά. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία εξατομικευμένων αντικειμένων με συγκεκριμένες μηχανικές, θερμικές ή βιολογικές ιδιότητες. Αυτή η ευελιξία δημιουργεί ευκαιρίες για δημιουργικές χρήσεις σε διάφορους τομείς, όπως η μόδα ή η αεροδιαστημική. [101]

Μειωμένη ανάλωση υλικών και οικονομική αποδοτικότητα σε παραγωγή χαμηλού όγκου

Η μειωμένη ανάλωση υλικών σε συνδυασμό με την οικονομική αποδοτικότητα της παραγωγής χαμηλού όγκου τοποθετεί την τρισδιάστατη εκτύπωση στην πρώτη γραμμή μιας κατασκευαστικής επανάστασης, παρέχοντας οφέλη που οι συμβατικές τεχνικές κατασκευής συχνά δεν προσφέρουν [102].

Αυτό το διπλό πλεονέκτημα προκύπτει από την προσθετική φύση της τρισδιάστατης εκτύπωσης, η οποία επιτρέπει την ακριβή εναπόθεση υλικών στρώμα προς στρώμα,

εξαλείφοντας την ανάγκη για εκτεταμένη αφαίρεση υλικού και επιτρέποντας την παραγωγή μικρών παρτίδων που είναι οικονομικά εφικτή και αποτελεσματική.

Οι συμβατικές τεχνικές κατασκευής, οι οποίες χαρακτηρίζονται από αφαιρετικές τεχνικές όπως το φρεζάρισμα ή η κατεργασία, συχνά ξεκινούν με ένα μεγαλύτερο μπλοκ υλικού και αφαιρούν το πλεόνασμα προκειμένου να το διαμορφώσουν στο απαιτούμενο σχήμα. Αυτή η αφαιρετική μέθοδος σπαταλά πολύ υλικό, επειδή απορρίπτει μεγάλη ποσότητα πρώτης ύλης κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης [102].

Από την άλλη πλευρά, η προσθετική διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης δημιουργεί αντικείμενα στρώμα προς στρώμα, ενώ χρησιμοποιεί το υλικό πιο αποτελεσματικά και παράγει λιγότερα απόβλητα. Σε βιομηχανίες όπου τα υλικά είναι ακριβά ή βρίσκονται σε έλλειψη, η εγγενής μείωση των αποβλήτων υλικών που συνεπάγεται η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ιδιαίτερα επωφελής.

Η ικανότητα βελτιστοποίησης της χρήσης των υλικών είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της βιωσιμότητας, ανεξάρτητα από το αν κάποιος εργάζεται με μέταλλα, πολυμερή ή σύνθετα υλικά.. Με τη μεγιστοποίηση της χρήσης των πόρων, αυτό όχι μόνο συμμορφώνεται με τις φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές παραγωγής, αλλά και μειώνει το κόστος. Επιπλέον, η ικανότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης να παράγει αγαθά σε μικρές ποσότητες σηματοδοτεί μια επανάσταση στον τομέα της οικονομίας της παραγωγής.

Το κόστος κατασκευής εργαλείων, καλουπιών και ρυθμίσεων είναι συχνά πολύ υψηλό σε σχέση με τις παραδοσιακές διαδικασίες κατασκευής. Αυτά τα πάγια έξοδα μπορεί να είναι απλησίαστα για μικρές σειρές παραγωγής, καθιστώντας τις παραδοσιακές μεθόδους μη πρακτικές από οικονομική άποψη. Αντίθετα, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια προσιτή επιλογή για παραγωγή χαμηλού όγκου, καθώς δεν απαιτεί ακριβά καλούπια ή εργαλεία.

Η ταχεία κατασκευή πρωτοτύπων είναι μια κρίσιμη φάση στην ανάπτυξη προϊόντων, όπου η τρισδιάστατη εκτύπωση υπερέχει από άποψη αποδοτικότητας. Η δημιουργία καλουπιών ή εργαλείων αποτελεί κοινή απαίτηση των παραδοσιακών μεθόδων πρωτοτυποποίησης, οι οποίες μπορεί να είναι δαπανηρές, ακόμη και για μικρές παρτίδες. Οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί μπορούν να μετατρέψουν γρήγορα τα ψηφιακά σχέδια σε απτά πρωτότυπα με τη χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης, χωρίς να χρειάζεται να ανησυχούν για δαπανηρά εργαλεία.

Η μειωμένη ανάλωση υλικών και η παραγωγή χαμηλού όγκου με λογικό κόστος έχουν οφέλη που υπερβαίνουν την κατασκευή πρωτοτύπων και περιλαμβάνουν την κατασκευή

εξαρτημάτων τελικής χρήσης. Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι η τέλεια απάντηση για βιομηχανίες όπως η αεροδιαστημική, η υγειονομική περίθαλψη και η αυτοκινητοβιομηχανία, όπου υπάρχει υψηλή ζήτηση για εξειδικευμένα εξαρτήματα ή εξαρτήματα μικρών παρτίδων. Η παραγωγή σύνθετων, προσαρμοσμένων εξαρτημάτων χωρίς τους περιορισμούς των συμβατικών κατασκευαστικών διατάξεων δημιουργεί νέες ευκαιρίες για αποδοτικότητα και καινοτομία [102].

Περιορισμένη Επιλογή Υλικών

Όπως προαναφέρθηκε, η τεχνολογία προσθετικής κατασκευής δεν έγκειται αποκλειστικά σε πλεονεκτήματα στον τομέα της κατασκευής. Κύριο μειονέκτημα αποτελεί ο περιορισμός στην επιλογή υλικών, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής [103]. Παρόλο που οι επιλογές υλικών για την τρισδιάστατη εκτύπωση έχουν διευρυνθεί σημαντικά, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που επηρεάζουν την απόφαση μεταξύ της προσθετικής κατασκευής και των παραδοσιακών τεχνικών.

Η ποικιλία των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ένας αξιοσημείωτος περιορισμός. Πολλά διαφορετικά μέταλλα, πολυμερή, κεραμικά και σύνθετα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με συμβατικές τεχνικές κατασκευής, όπως η κατεργασία με CNC και η χύτευση με έγχυση. Ωστόσο, τα διαθέσιμα υλικά για τρισδιάστατη εκτύπωση είναι κάπως πιο περιορισμένα και ορισμένα εξειδικευμένα ή ειδικά για τον κλάδο υλικά μπορεί να μην έχουν ακόμη ισοδύναμα στον τομέα της προσθετικής κατασκευής.

Τα πιο δημοφιλή υλικά για τρισδιάστατη εκτύπωση είναι τα μέταλλα όπως το τιτάνιο, το αλουμίνιο και ο ανοξείδωτος χάλυβας, καθώς και τα θερμοπλαστικά όπως το PLA και το ABS. Τα υλικά αυτά έχουν ευρύ φάσμα χρήσεων, αλλά ενδέχεται να μην έχουν τα ίδια μηχανικά, θερμικά ή χημικά χαρακτηριστικά με τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη συμβατική κατασκευή.

Ορισμένα κεραμικά βιομηχανικής ποιότητας ή κράματα αεροδιαστημικής υψηλής απόδοσης, για παράδειγμα, μπορεί να μην είναι εύκολα προσβάσιμα ή κατάλληλα για τρισδιάστατη εκτύπωση.

Το περιορισμένο εύρος των ιδιοτήτων των υλικών που μπορούν να επιτευχθούν σε ένα μόνο τρισδιάστατα εκτυπωμένο αντικείμενο είναι ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί

υπόψη. Οι συμβατικές τεχνικές παραγωγής συνεπάγονται συχνά την ανάμειξη διαφόρων υλικών ή την προσθήκη ενισχύσεων σε ένα τελικό προϊόν προκειμένου να επιτευχθούν συγκεκριμένες ιδιότητες. Οι περιορισμοί των υλικών της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να αποτελέσουν μείζον ζήτημα σε τομείς όπως η ηλεκτρονική και η υγειονομική περίθαλψη που απαιτούν ακριβείς προδιαγραφές υλικών.

Για παράδειγμα, ορισμένα αγωγίμα υλικά ή πολυμερή ιατρικής χρήσης που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικά εξαρτήματα μπορεί να μην είναι ακόμη πλήρως βελτιστοποιημένα για τη διαδικασία προσθετικής κατασκευής. Αυτό μπορεί να μειώσει το εύρος των χρήσεων για τις οποίες η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια πρακτική επιλογή.

Επιπλέον, τα υλικά για την τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να είναι πιο ακριβά από εκείνα που χρησιμοποιούνται στη συμβατική κατασκευή. Παρόλο που το κόστος μειώνεται σταθερά λόγω της τεχνολογικής προόδου και του αυξημένου ανταγωνισμού, ορισμένα υλικά υψηλής απόδοσης ή εξειδικευμένα υλικά εξακολουθούν να είναι αρκετά ακριβά. Η οικονομική βιωσιμότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης για παραγωγή μεγάλης κλίμακας μπορεί να επηρεαστεί από αυτόν τον παράγοντα κόστους [103].

Περιορισμός Μεγέθους Τεμαχίων

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί την τρισδιάστατη εκτύπωση από τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής είναι οι περιορισμοί του όγκου κατασκευής. Παρόλο που η προσθετική κατασκευή παρέχει απaráμιλλη ελευθερία προσαρμογής και σχεδιασμού, το μέγεθος των αντικειμένων που μπορούν να παραχθούν μπορεί να περιορίζεται από τους φυσικούς περιορισμούς των μηχανημάτων εκτύπωσης [103]. Το μέγεθος του ίδιου του τρισδιάστατου εκτυπωτή είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν τους περιορισμούς του όγκου κατασκευής.

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές διατίθενται σε διάφορα μεγέθη, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές διαδικασίες κατασκευής, όπως η χύτευση με έγχυση ή η κατεργασία με CNC, όπου ο χώρος εργασίας μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να φιλοξενήσει μεγάλα εξαρτήματα κατασκευάζοντας μεγαλύτερα και ογκωδέστερα προϊόντα. Οι περιορισμοί του όγκου κατασκευής μπορεί να έχουν επιπτώσεις σε τομείς της οικονομίας όπου απαιτούνται ευρέως μεγάλα εξαρτήματα. Οι περιορισμοί της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να αναγκάσουν τη χρήση εναλλακτικών τεχνικών κατασκευής σε κλάδους όπως οι κατασκευές ή η αυτοκινητοβιομηχανία, όπου τα μεγάλα εξαρτήματα είναι απαραίτητα για το τελικό προϊόν.

Για παράδειγμα, τα μεγάλα δομικά στοιχεία στις κατασκευές ή τα σημαντικά μέρη του αμαξώματος οχημάτων μπορεί να μην είναι οι καλύτεροι υποψήφιοι για τρισδιάστατη εκτύπωση, παρά την ικανότητα της τεχνολογίας να δημιουργεί περίπλοκα και προσαρμοσμένα εξαρτήματα. Η ανάλυση και η ακρίβεια της διαδικασίας τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι πρόσθετοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, καθώς μπορεί να μειωθούν με την αύξηση του όγκου κατασκευής.

Λόγω των ορίων της τρέχουσας τεχνολογίας εκτύπωσης, η απόδοση λεπτών λεπτομερειών σε μεγαλύτερες εκτυπώσεις μπορεί να είναι δύσκολη. Παρόλο που οι όγκοι κατασκευής της τρισδιάστατης εκτύπωσης αυξάνονται σταδιακά λόγω της τεχνολογικής προόδου, η έρευνα και η ανάπτυξη συνεχίζονται για την αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών.

Η δημιουργία εκτυπωτών μεγάλης κλίμακας, συστημάτων γερανογέφυρας, ή ακόμη και αρθρωτών τεχνικών που επιτρέπουν την εκτύπωση υπερμεγεθών αντικειμένων σε τμήματα που στη συνέχεια συναρμολογούνται, αποτελούν ορισμένες δημιουργικές λύσεις. Ο στόχος αυτών των εξελίξεων είναι να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ της δημιουργικής ελευθερίας που παρέχει η τρισδιάστατη εκτύπωση και των περιορισμών του πραγματικού κόσμου [103].

Χρονοβόρα Διαδικασία

Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί την τρισδιάστατη εκτύπωση από ορισμένες παραδοσιακές διαδικασίες κατασκευής είναι το πόσο χρονοβόρα είναι [104].

Αν και η τρισδιάστατη εκτύπωση παρέχει απaráμιλλη ευελιξία προσαρμογής και σχεδιασμού, η διαδικασία προσθετικής κατασκευής στρώμα προς στρώμα μπορεί να είναι εγγενώς πιο αργή από άλλες καθιερωμένες τεχνικές, γεγονός που επηρεάζει την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα ολόκληρης της διαδικασίας παραγωγής.

Οι συμβατικές τεχνικές κατασκευής, όπως η κατεργασία με CNC ή η χύτευση με έγχυση, συχνά επεξεργάζονται πολλά μέρη ή στρώματα ταυτόχρονα, επιτρέποντας τη γρήγορη παραγωγή πανομοιότυπων εξαρτημάτων. Από την άλλη πλευρά, η τρισδιάστατη εκτύπωση κατασκευάζει τα αντικείμενα στρώμα προς στρώμα- η διαδικασία αυτή μπορεί να επιμηκύνει τον κύκλο παραγωγής, ειδικά για μεγαλύτερα ή πιο περίπλοκα λεπτομερή αντικείμενα. Σε τομείς όπως η παραγωγή μεγάλου όγκου ή έργα με στενές προθεσμίες, όπου η γρήγορη παραγωγή είναι απαραίτητη, αυτή η λειτουργία μπορεί να είναι πολύ σημαντική.

Το ύψος στρώματος, η ταχύτητα εκτύπωσης και η πολυπλοκότητα του σχεδίου είναι μερικές από τις μεταβλητές που επηρεάζουν το χρόνο που χρειάζεται η τρισδιάστατη εκτύπωση. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακρίβεια και η ακρίβεια στο τελικό προϊόν, απαιτείται περισσότερος χρόνος για λεπτότερες αναλύσεις στρώσεων και πολύπλοκες γεωμετρίες. Εξαιτίας αυτού, η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να μην είναι η καλύτερη επιλογή σε περιπτώσεις όπου η ταχύτητα παραγωγής είναι κρίσιμη, όπως οι γραμμές μαζικής παραγωγής όπου οι συμβατικές τεχνικές μπορούν να παράγουν πολλά προϊόντα γρήγορα. Επιπλέον, οι διαδικασίες μετεπεξεργασίας συχνά αυξάνουν το συνολικό χρόνο που απαιτείται για την τρισδιάστατη εκτύπωση.

Για τα εκτυπωμένα αντικείμενα μπορεί να χρειαστούν πρόσθετες διεργασίες όπως λείανση, στίλβωση ή επίστρωση, ανάλογα με το υλικό και το επιθυμητό φινίρισμα. Αν και τα στάδια αυτά βελτιώνουν την εμφάνιση και τη λειτουργικότητα του τελικού προϊόντος, αυξάνουν το χρόνο που απαιτείται για τη μετατροπή του ψηφιακού σχεδίου σε ένα ολοκληρωμένο, λειτουργικό εξάρτημα.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση απαιτεί πολύ χρόνο, γεγονός που είναι ιδιαίτερα αισθητό για τις βιομηχανίες που έχουν απαιτήσεις κατασκευής just-in-time ή αυστηρές προθεσμίες. Οι συμβατικές τεχνικές κατασκευής που μπορούν να παράγουν μεγάλες ποσότητες σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα μπορεί να είναι πιο κατάλληλες σε περιπτώσεις όπου η ταχεία κατασκευή πρωτοτύπων ή η γρήγορη ανακύκλωση της παραγωγής είναι κρίσιμες. Σε μια προσπάθεια να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα της ροής εργασίας της προσθετικής κατασκευής, καταβάλλονται προσπάθειες για τη βελτίωση των ταχυτήτων εκτύπωσης, τη δημιουργία ταχύτερων διαδικασιών σκλήρυνσης ρητίνης και την ανάπτυξη πιο προηγμένης τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Αντιμετωπίζοντας ορισμένα από τα ζητήματα που σχετίζονται με το χρόνο, οι εξελίξεις αυτές ελπίζουν να αυξήσουν την ικανότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης να ανταγωνιστεί τις συμβατικές τεχνικές κατασκευής όσον αφορά την ταχύτητα παραγωγής [104]. Συνοψίζοντας, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει γίνει μια επαναστατική δύναμη που επαναπροσδιορίζει τις μεθόδους κατασκευής σε διάφορους κλάδους.

Λόγω της τεράστιας ευελιξίας του σχεδιασμού, της δυνατότητας γρήγορης κατασκευής πρωτοτύπων και της ικανότητας προσαρμογής, έχει καθιερωθεί ως μια ανατρεπτική τεχνολογία με ευρείες επιπτώσεις. Η τεχνολογία αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η μικρότερη ανάλωση υλικών και η παραγωγή χαμηλού κόστους και μικρού όγκου- ωστόσο,

έχει και μειονεκτήματα, όπως οι περιορισμοί υλικού και όγκου κατασκευής, καθώς και μια χρονοβόρα διαδικασία σε ορισμένες εφαρμογές.

Οι ερευνητές και οι καινοτόμοι εργάζονται σκληρά για να ξεπεράσουν αυτούς τους περιορισμούς καθώς η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης εξελίσσεται, ανοίγοντας νέους δρόμους για την υιοθέτηση και τις ευκαιρίες. Οι συνεχείς βελτιώσεις αποσκοπούν στη διεύρυνση της ποικιλίας των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τρισδιάστατη εκτύπωση, στη βελτίωση του όγκου κατασκευής, στην επιτάχυνση της παραγωγής και στην απλούστευση των διαδικασιών.

Ο αντίκτυπος της τρισδιάστατης εκτύπωσης γίνεται αισθητός όχι μόνο στην παραδοσιακή μεταποίηση αλλά και σε τομείς όπως τα καταναλωτικά αγαθά, η υγειονομική περίθαλψη και η αεροδιαστημική. Το μετασχηματιστικό δυναμικό της τεχνολογίας αναδεικνύεται από την ικανότητά της να αναδιαμορφώνει τους τρόπους με τους οποίους σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και παράγονται τα προϊόντα.

Με περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά τη μεταποίηση στο μέλλον, προωθώντας την αποτελεσματικότητα, τη βιωσιμότητα και την καινοτομία στο ταχέως εξελισσόμενο, διαρκώς μεταβαλλόμενο βιομηχανικό περιβάλλον.

CNC – COMPUTER NUMERICAL CONTROL

Η κατεργασία CNC αποτελεί μία αυτοματοποιημένη και εξαιρετικής ακρίβειας παραγωγή πολύπλοκων εξαρτημάτων και στοιχείων μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών συστημάτων για τον έλεγχο της κίνησης των κοπτικών εργαλείων και των μηχανημάτων.

Η ανάπτυξη των συστημάτων αριθμητικού ελέγχου στα μέσα του 20ου αιώνα, με κίνητρο την ανάγκη για αυξημένη ακρίβεια στην κατασκευή, σηματοδότησε την αρχή της κατεργασίας με CNC. Τα συστήματα που βασίζονται σε διάτρητες κάρτες έδωσαν τη θέση τους στον εξαιρετικά ανεπτυγμένο εξοπλισμό ελεγχόμενο από υπολογιστή, ο οποίος μπορεί πλέον να εκτελεί περίπλοκες εργασίες κατεργασίας με απaráμιλλη ακρίβεια [105].

Οι εντολές που προγραμματίζονται από υπολογιστή χρησιμοποιούνται στην κατεργασία CNC για τον έλεγχο της κίνησης και των λειτουργιών των κοπτικών εργαλείων σε ένα τεμάχιο. Αυτός ο βαθμός αυτοματοποίησης εγγυάται συνέπεια και επαναληψιμότητα στην

παραγωγή πανομοιότυπων εξαρτημάτων, ενώ παράλληλα επιταχύνει τη διαδικασία κατασκευής. Στενές ανοχές και πολύπλοκες γεωμετρίες μπορούν να δημιουργηθούν με τον προσεκτικό έλεγχο της ταχύτητας, της θέσης και της κίνησης των κοπτικών εργαλείων μέσω της ερμηνείας αυτών των οδηγιών από το σύστημα CNC. Πολυάριθμες βιομηχανίες, όπως η αεροδιαστημική, η αυτοκινητοβιομηχανία, η ιατρική και η ηλεκτρονική, χρησιμοποιούν κατεργασίες CNC. Λόγω της προσαρμοστικότητάς του, μπορεί να παράγει ένα ευρύ φάσμα εξαρτημάτων, από απλά εξαρτήματα έως εξαιρετικά περίπλοκα πρωτότυπα, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις της σύγχρονης παραγωγής, η οποία δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην ακρίβεια, την αποδοτικότητα και την προσαρμογή [105].

Η πρόοδος της τεχνολογίας έχει οδηγήσει σε περαιτέρω βελτιώσεις στην κατεργασία με CNC, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο, της κοπής υψηλής ταχύτητας και της κατεργασίας πολλαπλών αξόνων. Οι εξελίξεις αυτές συμβάλλουν στην ενσωμάτωση της κατεργασίας CNC στο ευρύτερο πλαίσιο της ψηφιακής παραγωγής και της Τέταρτης Β.Ε., ενώ παράλληλα βελτιώνουν τις δυνατότητές της.

Στην παρούσα ενότητα θα αναφερθούμε στη βασική λειτουργία των Αριθμητικά Ελεγχόμενων Εργαλειομηχανών, στις διαφορές μεταξύ της Κατεργασίας CNC και της Κατεργασίας μέσω Τρισδιάστατης Εκτύπωσης, τους διάφορους τύπους εργαλειομηχανών και τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών [105].

Τρόπος Λειτουργίας

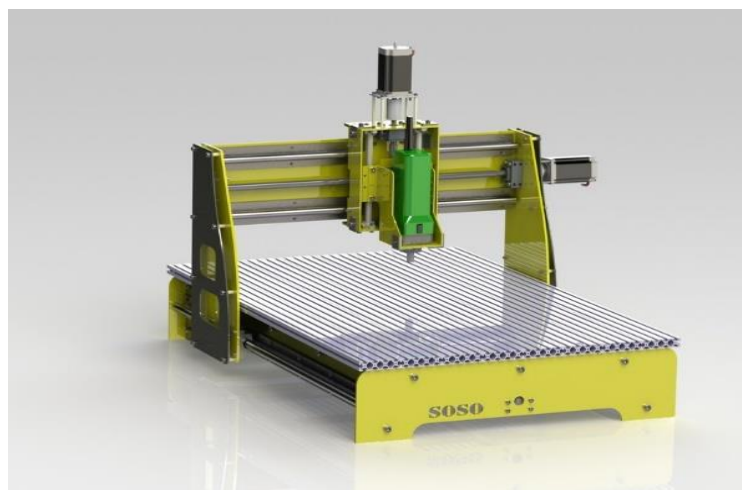
Η διαδικασία της κατεργασίας με αριθμητικό έλεγχο υπολογιστή (CNC) βασίζεται στην ακριβή αλληλεπίδραση μηχανημάτων, ψηφιακών οδηγιών και κοπτικών εργαλείων για τη μετατροπή των πρώτων υλών σε σύνθετα εξαρτήματα [106]. Στην κατεργασία CNC, το στάδιο του ψηφιακού σχεδιασμού είναι θεμελιώδες.

Οι μηχανικοί και οι σχεδιαστές χρησιμοποιούν εξειδικευμένο λογισμικό που ονομάζεται σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο τρισδιάστατο μοντέλο του επιθυμητού εξαρτήματος. Ολόκληρη η διαδικασία κατασκευής περιγράφεται σε αυτή την ψηφιακή αναπαράσταση. Στο περιβάλλον CAD, κάθε καμπύλη, μέτρηση και γεωμετρική λεπτομέρεια ορίζεται με ακρίβεια, θέτοντας τις βάσεις για τα επόμενα βήματα. Το μοντέλο CAD μετατρέπεται σε ένα σύνολο εντολών που ονομάζεται G-code, το οποίο διευκολύνει τη μετατροπή από τον ψηφιακό σχεδιασμό στη φυσική υλοποίηση. Ο συγκεκριμένος κώδικας, καθορίζει την τροχιά των εργαλείων, την ταχύτητα

και το βάθος των κοπτικών εργαλείων. Αυτός ο κώδικας λειτουργεί ουσιαστικά ως γλώσσα που χρησιμοποιεί η μηχανή CNC για να κατανοήσει και να εκτελέσει το σχέδιο [106].

Μια πρώτη ύλη, συνήθως με τη μορφή ενός συμπαγούς μπλοκ ή φύλλου, στερεώνεται στο τραπέζι εργασίας της μηχανής CNC καθώς είναι έτοιμη για χρήση. Η σύνθεση αυτού του υλικού μπορεί να ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό, περιλαμβάνοντας μέταλλα, πολυμερή, ξύλο και σύνθετα υλικά, ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες του εξαρτήματος που παράγεται. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της κατεργασίας με CNC είναι η ευελιξία της στην επιλογή υλικών, η οποία της επιτρέπει να ανταποκρίνεται στις διάφορες απαιτήσεις διαφόρων βιομηχανιών.

Αφού φορτωθεί το υλικό, η μηχανή ρυθμίζεται και τα κοπτικά εργαλεία επιλέγονται προσεκτικά σύμφωνα με τις προδιαγραφές του σχεδιασμού. Για να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας κατεργασίας, ο χειριστής της μηχανής CNC ρυθμίζει έναν αριθμό παραμέτρων, όπως η ταχύτητα πρόωσης, το βάθος κοπής και η ταχύτητα της ατράκτου. Αυτό το βήμα ρύθμισης διασφαλίζει ότι ο υπολογιστής είναι έτοιμος να εκτελέσει τις σύνθετες εντολές που περιέχονται στον κώδικα G.



Εικόνα 65- CNC 3 αξόνων ανοικτού τύπου - Βασικότερο σύστημα Εργαλειομηχανής CNC

Η διαδικασία κατεργασίας ξεκινά μόλις η πρώτη ύλη είναι έτοιμη και η μηχανή CNC έχει ρυθμιστεί. Η αρχικοποίηση είναι η διαδικασία με την οποία η μηχανή CNC δημιουργεί σημεία αναφοράς και ευθυγραμμίζεται με το σύστημα συντεταγμένων που καθορίζεται στον κώδικα G. Η διασφάλιση της ακρίβειας σε όλη τη διαδικασία εξαρτάται από αυτή την

ευθυγράμμιση. Οι άξονες της μηχανής (X, Y και Z) κατευθύνουν τα κοπτικά εργαλεία πάνω στην πρώτη ύλη, αφαιρώντας μεθοδικά το επιπλέον υλικό στρώμα προς στρώμα [106].

Κάθε κίνηση της τροχιάς εργαλείων υπολογίζεται σχολαστικά για να συμβάλει στη δημιουργία του τελικού τεμαχίου, με αποτέλεσμα μέγιστης ακρίβειας. Η σχεδιασμένη μορφή αναδύεται σταδιακά από την πρώτη ύλη χάρη στην ικανότητα της μηχανής CNC να λειτουργεί σε πολλούς άξονες ταυτόχρονα και στις προγραμματισμένες οδηγίες της.

Η μηχανή CNC έχει τη δυνατότητα να αλλάζει δυναμικά εργαλεία κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, ειδικά για πολύπλοκα εξαρτήματα ή μια ποικιλία εργασιών. Το πρόγραμμα CNC ελέγχει αυτή την ομαλή αλλαγή εργαλείων, επιτρέποντας μια συνεχή και αδιάλειπτη ροή εργασιών. Είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της αυτοματοποίησης και της προσαρμοστικότητας που προσφέρει η κατεργασία CNC.

```
N148 G1 Y1.12
N150 G3 X2.245 Y1.37 R.25
N152 G1 X.755
N154 G3 X.505 Y1.12 R.25
N156 G1 Y.63
N158 G3 X.755 Y.38 R.25
N160 G1 X2.245
N162 G3 X2.495 Y.63 R.25
N164 G1 Y.875
N166 G2 X2.745 Y1.125 R.25
N168 G1 X2.865
N170 Z.1 F6.42
N172 G0 X0. Y.125
N174 G1 Z-.0625
```

Εικόνα 66 Κώδικας G - Βασικές Εντολές χειρισμού εργαλείου

Ένα κρίσιμο στοιχείο της κατεργασίας CNC είναι η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, η οποία επιτρέπει στη συσκευή να λαμβάνει δεδομένα και να προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες. Η μηχανή CNC είναι εξοπλισμένη με αισθητήρες και συστήματα παρακολούθησης που προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για τη συνεχή λειτουργία της. Η ικανότητα της μηχανής να ανταποκρίνεται άμεσα σε αλλαγές ή απρόβλεπτες περιστάσεις βελτιώνει την ακρίβεια και το διαμέτρημα των κατεργασμένων εξαρτημάτων. Το ολοκληρωμένο τεμάχιο αποκαλύπτεται καθώς η μηχανή CNC ολοκληρώνει τις προγραμματισμένες οδηγίες.

Λόγω της ακρίβειας και της επαναληψιμότητάς της, η κατεργασία CNC εξασφαλίζει ότι το τελικό προϊόν μοιάζει πολύ με το ψηφιακό σχέδιο που είχε αρχικά δημιουργηθεί. Ο βαθμός λεπτομέρειας που παράγεται από την κατεργασία CNC αποδεικνύει την ικανότητά της να δημιουργεί πολύπλοκα εξαρτήματα με εξαιρετική ακρίβεια [106].

Παρόλο που η πρωτογενής διαδικασία κατεργασίας τελειώνει με την ολοκλήρωση των προγραμματισμένων εντολών, στο κατεργασμένο τεμάχιο μπορεί να εφαρμοστούν στάδια μετεπεξεργασίας, ανάλογα με την εφαρμογή και τις επιθυμητές προδιαγραφές.

Για την επίτευξη συγκεκριμένων ιδιοτήτων ή την ικανοποίηση συγκεκριμένων απαιτήσεων, αυτές οι διεργασίες μπορεί να περιλαμβάνουν πρόσθετες κατεργασίες, μεθόδους επιφανειακού φινιρίσματος ή ειδικές επεξεργασίες. Τα βασικότερα μηχανικά στοιχεία μίας εργαλειομηχανής CNC περιλαμβάνουν [106]:

Βάση ή πλαίσιο

Το πλαίσιο ή η βάση της μηχανής CNC προσφέρει σταθερότητα και δομική υποστήριξη. Χρησιμεύει ως πλαίσιο για την τοποθέτηση άλλων εξαρτημάτων.

Κατευθοντήριες γραμμές

Οι οδηγοί αναφέρονται στις ευθείες ράγες ή τροχιές στις οποίες κινούνται τα κινούμενα εξαρτήματα της μηχανής, όπως η κεφαλή κοπής ή το καρότσι του εργαλείου. Εγγυώνται ακριβή και ρευστή κίνηση.

Βίδα ή βίδα με σφαίρα

Οι κοχλίες μολύβδου ή οι σφαιρικοί κοχλίες χρησιμοποιούνται συχνά σε μηχανές CNC για την κίνηση των αξόνων της μηχανής. Μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση σε γραμμική.

Μέρη του άξονα

Στις μηχανές CNC υπάρχουν συνήθως τρεις ή περισσότεροι άξονες (X, Y, Z και ενδεχομένως πρόσθετοι άξονες περιστροφής). Κάθε άξονας είναι εξοπλισμένος με ένα μοναδικό σύνολο μηχανικών μερών, όπως οδηγοί, βίδες και κινητήρες, για τη ρύθμιση της κίνησης προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Τσοκ ή άτρακτος σε τόνους ή φρεζομηχανές

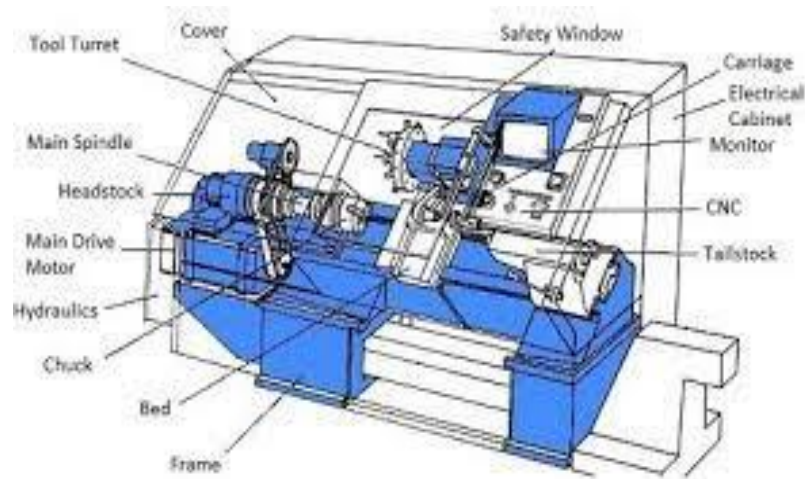
Για την αφαίρεση του υλικού, το κοπτικό εργαλείο στις φρέζες συγκρατείται στη θέση του από την άτρακτο, η οποία το περιστρέφει γρήγορα. Στους τόνους, το κοπτικό εργαλείο παραμένει ακίνητο ενώ το τεμάχιο περιστρέφεται με τη χρήση ενός τσοκ.

Σύστημα ψύξης

Ένα σύστημα ψυκτικού υγρού περιλαμβάνεται συχνά στις μηχανές CNC, προκειμένου να λιπαίνονται τα κοπτικά εργαλεία, να μειώνεται η ποσότητα θερμότητας που παράγεται κατά την κατεργασία και να απομακρύνονται τα θραύσματα και τα υπολείμματα.

Κινητήρες

Τα εξαρτήματα της μηχανής CNC κινούνται από ηλεκτρικούς κινητήρες, όπως σερβοκινητήρες ή βηματικούς κινητήρες. Τοποθετούν με ακρίβεια τους άξονες της μηχανής λαμβάνοντας σήματα από τον ελεγκτή CNC.



Εικόνα 67 Σχηματική Απεικόνιση Βασικότερα Μέρη μίας Εργαλειομηχανής CNC 5 αξόνων κλειστού τύπου

Πίνακας ελέγχου

Η διεπαφή που χρησιμοποιεί ο χειριστής για να επικοινωνήσει με μια μηχανή CNC είναι ο πίνακας ελέγχου. Θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν πληκτρολόγιο, οθόνη, κουμπί διακοπής έκτακτης ανάγκης και πρόσθετα χειροκίνητα χειριστήρια.

Διακόπτες ορίων

Τα φυσικά όρια της κίνησης της μηχανής κατά μήκος κάθε άξονα ανιχνεύονται με οριακούς διακόπτες. Εγγυώνται ότι το μηχάνημα παραμένει στο χώρο εργασίας που του αναλογεί και βοηθούν στην αποφυγή υπερβολικής μετακίνησης.

Μέρη μετάδοσης ισχύος

Η ισχύς από τους κινητήρες μπορεί να μεταφερθεί σε διάφορα εξαρτήματα μηχανών CNC μέσω ιμάντων, γραναζιών και τροχαλιών, επιτρέποντας τη συγχρονισμένη και συντονισμένη κίνηση.

CNC – 3D PRINTING: Βασικότερες Διαφορές

Δύο από τις πιο σημαντικές και ευέλικτες τεχνολογίες στον συνεχώς μεταβαλλόμενο κόσμο της σύγχρονης παραγωγής είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση και η κατεργασία CNC.[107] Παρά το γεγονός ότι είναι απαραίτητες για τη μεταποιητική βιομηχανία, οι τεχνολογίες αυτές είναι θεμελιωδώς διαφορετικές όσον αφορά τις μεθόδους, τις δυνατότητες και τις χρήσεις τους. Στο παρόν σημείο θα αναφερθούμε στις κυριότερες διαφορές μεταξύ των 2 αυτών τεχνολογιών.

Διαφορά Διεργασιών

Σημαντικότερη διαφορά μεταξύ της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης και της Κατεργασίας μέσω εργαλειομηχανής CNC αποτελεί η ίδια η έννοια διεργασίας:

Η εργαλειομηχανή CNC βασίζεται σε αφαιρετική διεργασία σε αντίθεση με την Τρισδιάστατη εκτύπωση όπου πραγματοποιείται προσθετική διεργασία. Με τον όρο της Αφαιρετικής Διεργασίας αναφερόμαστε στην διαδικασία κατά την οποία ένα τεμάχιο – συνήθως μπλοκ υλικού – κόβεται, φρεζάρεται και τεμαχίζεται με συγκεκριμένες κατευθυντήριες εντολές, έως ότου σχηματιστεί το τελικό αντικείμενο. Αντιθέτως, η προσθετική διεργασία, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, αφορά την εναπόθεση υλικού στρώμα προς στρώμα, έως ότου σχηματιστεί το τελικό αντικείμενο [107].

Υλικά Κατεργασίας

Μία επιπλέον αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ των 2 τεχνολογιών, αποτελεί η διαφορά της φύσης των υλικών που αξιοποιούνται. Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η τρισδιάστατη εκτύπωση περιλαμβάνει την αξιοποίηση υλικών όπως πλαστικά, κεραμικά, πούδρες μετάλλων και ξύλου και πολυμερή. Αντίθετα, η διαδικασία κατεργασίας μέσω εργαλειομηχανής CNC περιλαμβάνει την επεξεργασία υλικών όπως το ξύλο και τα μαλακά μέταλλα.

Συγκεκριμένα, η κατεργασία του CNC αφορά μέταλλα όπως το αλουμίνιο, μέταλλο, ατσάλι και τιτάνιο. Επιπλέον, τα υψηλής απόδοσης μεταλλικά κράματα περιλαμβάνονται στην κατηγορία επεξεργασίας του CNC, φυσικά για εξειδικευμένους σκοπούς. Πολλές εφαρμογές περιλαμβάνουν την κατεργασία ξύλου, με τις κατάλληλες προσθήκες εξαρτημάτων όπως διαφορετικά κοπτικά εργαλεία, κρατήματα κ.λπ. Οι εργαλειομηχανές αξίζει να αναφερθεί πως περιλαμβάνουν την κατεργασία και των υλικών που αξιοποιούνται κατά την τρισδιάστατη εκτύπωση, όπως το ABS, PLA και συμπαγή τεμάχια Nylon. Τα τελικά προϊόντα που κατασκευάζονται από την εργαλειομηχανή CNC, περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά ομοιογένειας, σκληρότητας και τεράστιας αντοχής, συνήθως για βιομηχανικού επιπέδου δεδομένα [107].

Γεωμετρική Πολυπλοκότητα

Όπως γνωρίζουμε από προηγούμενη ενότητα, η γεωμετρική πολυπλοκότητα διεργασίας ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή, αποτελεί κύριο πλεονέκτημά του, έναντι των άλλων μεθόδων διεργασίας, συμπεριλαμβανομένης και της κατεργασίας με εργαλειομηχανή. Το CNC περιορίζεται εν μέρει με συγκριτικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά πολυπλοκότερα, καθώς τα κοπτικά εργαλεία δεν κατέχουν την δυνατότητα για υπερβολικά λεπτομερή προσέγγιση.

Αντιθέτως, η Τρισδιάστατη Εκτύπωση λόγω της διαστρωματικής του φύσης, δεν περιορίζεται σε γεωμετρικές δυσκολίες όπως οι υποκοπές, οι εσωτερικές οπές κ.λπ. Επιπλέον, κατά τη σχεδιαστική προσέγγιση ενός αντικειμένου, περιλαμβάνεται και ο συνδυασμός των υλικών που εφαρμόζονται.

Στην τρισδιάστατη εκτύπωση ο συνδυασμός των υλικών αποτελεί μεγάλου βαθμού πλεονέκτημα, σε σχέση με τις εργαλειομηχανές CNC, όπου δεν υφίσταται η δυνατότητα αυτή. Όπως προαναφέρθηκε, οι εργαλειομηχανές CNC εκτελούν άριστα τη διεργασία τους σε ομοιογενή υλικά.

Όταν αναφερόμαστε στην γεωμετρική πολυπλοκότητα φυσικά, εμβαθύνουμε ταυτόχρονα και στην κατάλληλη ρύθμιση των εκάστοτε συστημάτων με βάση την γεωμετρική δομή του προς κατεργασία αντικειμένου.

Στην προσθετική κατασκευή, ο προγραμματισμός και η ρύθμιση των παραμέτρων εκτύπωσης, δεν αποτελεί τρομερά δύσκολο εγχείρημα, ενώ αξίζει να αναφερθεί πως οι

συνέπειες μίας λάθος ρύθμισης ή προγραμματισμού, θα οδηγήσει σε υποδεέστερη από την αναμενόμενη εκτύπωση ενός αντικειμένου.

Αντιθέτως, η αυστηρότητα ρύθμισης και προγραμματισμού μίας εργαλειομηχανής απαιτείται σε μεγάλο βαθμό, καθώς οι συνέπειες από την λανθασμένη ρύθμιση ή τον προγραμματισμό των κατάλληλων κινήσεων, μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρότατη βλάβη του συστήματος του CNC ή και τον τραυματισμό του χειριστή [107].

Ταχύτητα Κατεργασίας

Συγκριτικά των 2 τεχνολογιών, η ταχύτητα που λαμβάνει η εργαλειομηχανή CNC κατά την αφαίρεση υλικού είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την ταχύτητα πρόσθεσης υλικού διαστρωματικά στην τρισδιάστατη εκτύπωση.

Αναφορικά, η κατεργασία μέσω εργαλειομηχανής μπορεί να λάβει ταχύτητα κοπής μερικές χιλιάδες χιλιοστά ανά λεπτό (αναλόγως διαμέτρου κοπτικού εργαλείου), συγκριτικά με τη διεργασία μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης όπου λαμβάνει ταχύτητες σημαντικά μικρότερες, αναλόγως του αριθμού στρώσεων του προς εκτύπωση αντικειμένου. Όμως, η συνολική διεργασία κατά την κατεργασία με 3D Printing, αποτελεί ταχύτερη μέθοδο, λόγω μίας σημαντικής παραμέτρου: η διεργασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να υποστηρίξει ταυτόχρονη εκτύπωση πολλαπλών φάσεων του τελικού τεμαχίου.

Αντιθέτως, η κατεργασία με εργαλειομηχανή CNC απαιτεί τη συνεχή επανακατεργασία, ρύθμιση, και προγραμματισμό των εκάστοτε παραμέτρων, για κάθε διαφορετική φάση του τελικού τεμαχίου. Μία επιπλέον σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψιν, είναι η τελική κατεργασία μετά το πέρας ολοκλήρωσης του αντικειμένου. Το τελικό φινιρίσμα στην κατεργασία μέσω CNC, συνήθως εκτελείται αυτοματοποιημένα και βρίσκεται εντός του κώδικα εντολών. Αντιθέτως, η τρισδιάστατη εκτύπωση απαιτεί χειρωνακτική μετεπεξεργασία σχεδόν σε κάθε εκτυπωμένο αντικείμενο. Φυσικά, τα παραπάνω δεδομένα ποικίλλουν αναλόγως την επιλογή του τύπου Εργαλειομηχανής ή Τρισδιάστατου Εκτυπωτή [107].

Τύποι Εργαλειομηχανών CNC

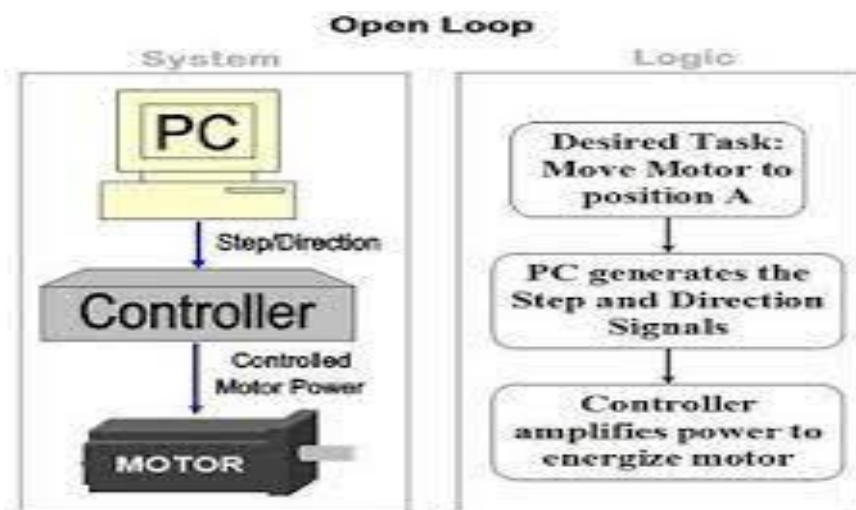
Οι κατηγορίες των διαφορετικού τύπου Εργαλειομηχανών CNC ποικίλλουν αναλόγως των ιδιοτήτων, μηχανικών μερών, εντολών λειτουργίας και χειρισμού του εκάστοτε συστήματος, καθώς και τη διεργασία την οποία το κάθε σύστημα θα εκτελέσει. Στο παρόν σημείο θα

αναφερθούμε στα κυριότερα συστήματα CNC που επικρατούν στην αγορά, καθώς και τις βασικότερες διαφορές μεταξύ τους.

CNC Ανοικτού Βρόχου

Μια βασική μέθοδος υπολογιστικού αριθμητικού ελέγχου αντιπροσωπεύεται από τα συστήματα CNC ανοικτού βρόχου, στα οποία ο μηχανισμός ελέγχου λειτουργεί χωρίς να δέχεται άμεσες εισροές από τα μέρη της μηχανής [108]. Παρά τους περιορισμούς της, αυτή η κατηγορία συστημάτων CNC ενδείκνυται για ορισμένες εφαρμογές λόγω της προσιτής τιμής και της απλότητάς της.

Όσον αφορά τα συστήματα CNC ανοικτού βρόχου, διαφέρουν από τα συστήματα κλειστού βρόχου στο ότι δε διαθέτουν βρόχο ανάδρασης [108]. Τα συστήματα ανοικτού βρόχου δε διαθέτουν αυτόν το μηχανισμό συνεχούς ανατροφοδότησης, σε αντίθεση με τα συστήματα κλειστού βρόχου, τα οποία χρησιμοποιούν συσκευές ανατροφοδότησης, όπως είναι οι επιλυτές ή οι κωδικοποιητές, για να ελέγχουν και να τροποποιούν συνεχώς τη θέση των εξαρτημάτων της μηχανής. Αντίθετα, δεν έχουν επιβεβαίωση της θέσης του μηχανήματος σε πραγματικό χρόνο, αλλά βασίζονται μόνο στις εντολές του ελεγκτή. Η μονόδρομη επικοινωνία μεταξύ του ελεγκτή και της μηχανής αποτελεί τη βάση του CNC ανοικτού βρόχου.



Εικόνα 68 Σχηματική Απεικόνιση λογικής της διεργασίας που εκτελείται κατά την κατεργασία με CNC ανοικτού βρόχου - Britannica.com

Με βάση την προ-προγραμματισμένη τροχιά εργαλείου, ο ελεγκτής δίνει εντολές στους κινητήρες, εμπιστευόμενος τη μηχανή να εκτελέσει αυτές τις εντολές με ακρίβεια. Ωστόσο, τα συστήματα ανοικτού βρόχου είναι φυσικά επιρρεπή σε σφάλματα που προκαλούνται από

τη φθορά, την τριβή και τις μηχανικές ατέλειες, επειδή δε διαθέτουν ανατροφοδότηση για την επαλήθευση της ακρίβειας των κινήσεων.

Παρά τα μειονεκτήματα αυτά, τα συστήματα CNC ανοικτού βρόχου είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις όπου η ακρίβεια και η ανατροφοδότηση μπορεί να μην είναι τόσο σημαντικές. Είναι κατάλληλα για ορισμένες κατεργασίες λόγω της προσιτής τιμής τους και της ευκολίας χρήσης τους, ιδίως για χρήσεις με απλές κινήσεις και λιγότερο ακριβείς απαιτήσεις.

Η κατεργασία από σημείο σε σημείο είναι μία από τις σημαντικότερες περιπτώσεις χρήσης των συστημάτων CNC ανοικτού βρόχου. Η απλότητα των συστημάτων ανοικτού βρόχου μπορεί να είναι χρήσιμη σε εργασίες όπου ο κύριος στόχος είναι η μετακίνηση του εργαλείου ή του τεμαχίου σε συγκεκριμένες θέσεις με προκαθορισμένη σειρά. Το CNC ανοικτού βρόχου είναι κατάλληλο για εργασίες όπως η διάτρηση, η κοπή και άλλες συγκρίσιμες εργασίες που απαιτούν τη μετακίνηση του εργαλείου σε προκαθορισμένες θέσεις χωρίς να απαιτούνται πολύπλοκες κινήσεις συνεχούς διαδρομής. Η απουσία ενός συνεχούς βρόχου ανατροφοδότησης δεν υποδηλώνει πάντα έλλειψη χρησιμότητας. Τα συστήματα CNC ανοικτού βρόχου είναι πιο χρήσιμα σε περιβάλλοντα όπου η αποδοτικότητα κόστους, η αξιοπιστία και η ευκολία χρήσης είναι πιο σημαντικά από την τέλεια ακρίβεια [108].

Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τα αντισταθμιστικά οφέλη που συνεπάγεται το CNC ανοικτού βρόχου. Αν και τα συστήματα αυτά έχουν πλεονεκτήματα όσον αφορά την οικονομική προσιτότητα και την απλότητα, ενδέχεται να μην είναι σε θέση να χειριστούν εργασίες που απαιτούν υψηλό βαθμό ακρίβειας και πολύπλοκες κινήσεις συνεχούς διαδρομής.

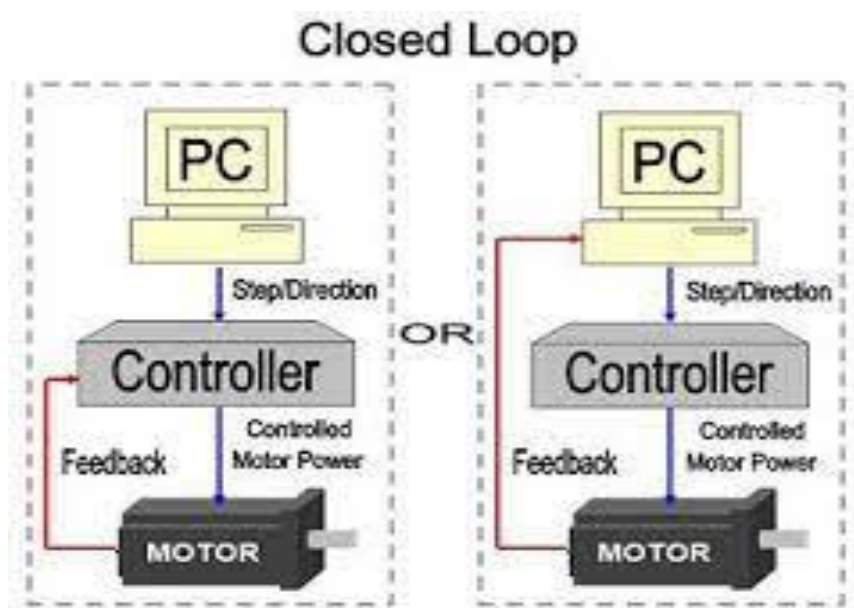
Τα συστήματα CNC κλειστού βρόχου, τα οποία εγγυώνται την ακριβή εκτέλεση της προγραμματισμένης τροχιάς εργαλείων και προσφέρουν ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο για τη διόρθωση των αποκλίσεων, μπορεί να είναι πιο κατάλληλα για πολύπλοκες κατεργασίες που απαιτούν τα υψηλότερα επίπεδα ακρίβειας και αξιοπιστίας [108].

CNC Κλειστού Βρόχου

Ως απόδειξη της εξέλιξης του αριθμητικού ελέγχου μέσω υπολογιστή, τα συστήματα CNC κλειστού βρόχου προσφέρουν ένα επίπεδο πολυπλοκότητας και ακρίβειας που ξεπερνά τα εγγενή μειονεκτήματα των αντίστοιχων συστημάτων ανοικτού βρόχου [109]. Μια νέα εποχή ακρίβειας και αξιοπιστίας στις κατεργασίες φέρνει το CNC κλειστού βρόχου, το οποίο

ενσωματώνει μηχανισμούς ανατροφοδότησης για τη συνεχή παρακολούθηση και προσαρμογή της θέσης των εξαρτημάτων της μηχανής, σε αντίθεση με τα συστήματα ανοικτού βρόχου.

Η ιδέα του βρόχου ανάδρασης είναι θεμελιώδης για τα συστήματα CNC κλειστού βρόχου. Τα συστήματα κλειστού βρόχου περιλαμβάνουν συσκευές ανατροφοδότησης, όπως κωδικοποιητές ή resolvers, σε αντίθεση με τα συστήματα ανοικτού βρόχου, τα οποία χρησιμοποιούν μόνο προγραμματισμένες εντολές χωρίς επαλήθευση σε πραγματικό χρόνο [109].



Εικόνα 69 Σχηματική Απεικόνιση λογικής διεργασίας κλειστού βρόχου συστήματος - Britannica.com

Ο ελεγκτής μπορεί να συγκρίνει την εντολή θέσης με την ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο από αυτές τις συσκευές, οι οποίες παρέχουν συνεχείς ενημερώσεις σχετικά με τις πραγματικές θέσεις των εξαρτημάτων της μηχανής, και να κάνει τις απαραίτητες προσαρμογές. Η φθορά, η τριβή και οι μηχανικές ατέλειες είναι μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει αυτός ο μηχανισμός ανατροφοδότησης κλειστού βρόχου. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να προκαλέσουν σφάλματα σε συστήματα ανοικτού βρόχου.

Η ικανότητα των συστημάτων CNC κλειστού βρόχου να παρέχουν ακρίβεια στις κατεργασίες είναι το κύριο πλεονέκτημά τους. Μέσω της συνεχούς παρατήρησης των θέσεων των εξαρτημάτων της μηχανής και των στιγμιαίων ρυθμίσεων, τα συστήματα αυτά μειώνουν την επιρροή των μεταβλητών που μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ακρίβεια. Αυτός ο βαθμός ακρίβειας είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε τομείς όπως η αεροδιαστημική, η

ιατρική κατασκευή και η κατεργασία υψηλής ακρίβειας, όπου η επαναληψιμότητα και οι στενές ανοχές είναι κρίσιμες [109].

Οι εργασίες διαμόρφωσης περιγράμματος που περιλαμβάνουν πολύπλοκες κινήσεις συνεχούς διαδρομής είναι μία από τις κύριες περιπτώσεις χρήσης των συστημάτων CNC κλειστού βρόχου. Τα συστήματα κλειστού βρόχου είναι εξαιρετικά στην εκτέλεση ακριβών διαδρομών εργαλείων κατά μήκος καμπυλών και περιγραμμάτων, είτε χρησιμοποιούνται για φρεζάρισμα, τόννευση ή άλλες σύνθετες εργασίες κατεργασίας. Ο βρόχος ανατροφοδότησης εξασφαλίζει ότι οι αποκλίσεις από την προγραμματισμένη πορεία εντοπίζονται και διορθώνονται γρήγορα, παράγοντας ολοκληρωμένα εξαρτήματα με βαθμό ακρίβειας και λεπτομέρειας που μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί από συστήματα ανοικτού βρόχου. Η ικανότητα του CNC κλειστού βρόχου να αυξάνει τη γενική αξιοπιστία και τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού κατεργασίας είναι ένα άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό.

Η προσαρμοστικότητα του CNC κλειστού βρόχου φτάνει σε εφαρμογές που απαιτούν κατεργασία υψηλής ταχύτητας χωρίς να περιορίζεται η ακρίβεια. Ο βρόχος ανατροφοδότησης επιτρέπει στον ελεγκτή να τροποποιεί δυναμικά τις παραμέτρους κατεργασίας ανάλογα με τις τρέχουσες συνθήκες, με αποτέλεσμα οι κατεργασίες να είναι αποτελεσματικές και βελτιστοποιημένες. Αυτή η ικανότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε τομείς όπως η κατασκευή καλουπιών και η αυτοκινητοβιομηχανία, όπου η ακρίβεια και η ταχύτητα είναι απαραίτητες.

Τα συστήματα CNC κλειστού βρόχου έχουν σαφή πλεονεκτήματα όσον αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία, αλλά υπάρχουν και μειονεκτήματα, όπως το υψηλότερο κόστος και η πολυπλοκότητα. Η προσθήκη συσκευών ανάδρασης στο σύστημα, όπως κωδικοποιητές ή επιλύτες, αυξάνει το επίπεδο πολυπλοκότητας και απαιτεί σχολαστική βαθμονόμηση και συντήρηση. Επιπλέον, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα συστήματα ανοικτού βρόχου, τα συστήματα CNC κλειστού βρόχου ενδέχεται να απαιτούν μεγαλύτερη αρχική επένδυση [109].

CNC Σημείου προς Σημείο – Point to Point

Στον τομέα του αριθμητικού ελέγχου με υπολογιστή, τα συστήματα CNC σημείου προς σημείο είναι μοναδικά στο ότι παρέχουν μια λειτουργική λύση για εργασίες κατεργασίας όπου ο στόχος δεν είναι τόσο οι συνεχείς κινήσεις της διαδρομής όσο η επίτευξη προκαθορισμένων σημείων σε μια προκαθορισμένη ακολουθία [110].

Η ονομασία αυτής της κατηγορίας συστημάτων CNC προέρχεται από τον κύριο σκοπό της, που είναι η ακριβής τοποθέτηση του εργαλείου ή του τεμαχίου εργασίας σε προκαθορισμένες θέσεις, προκειμένου να δημιουργηθεί μια ρυθμιζόμενη και οργανωμένη ροή εργασίας.

Το κύριο πλεονέκτημα του CNC σημείο-προς-σημείο είναι η ευκολία χρήσης και η αποτελεσματικότητά του για εργασίες στις οποίες δεν είναι απαραίτητες πολύπλοκες κινήσεις συνεχούς διαδρομής. Ο κύριος στόχος εργασιών όπως η διάτρηση και η κοπή είναι η μετακίνηση του εργαλείου ή του τεμαχίου σε καθορισμένες θέσεις στην επιφάνεια εργασίας. Η αρχιτεκτονική των συστημάτων CNC σημείο-προς-σημείο έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνεται ειδικά στις ανάγκες εφαρμογών που περιλαμβάνουν διακριτές θέσεις σε αντίθεση με τις ομαλές καμπύλες ή τα περιγράμματα.



Εικόνα 70 Σύστημα Εργαλειομηχανής CNC Point to Point - *Science Direct.com*

Οι αλγόριθμοι ελέγχου δίνουν προτεραιότητα στις ακριβείς κινήσεις από το ένα σημείο στο άλλο χωρίς να απαιτούν συνεχή ανατροφοδότηση, αντικατοπτρίζοντας αυτή την απλότητα. Επειδή δεν απαιτεί περίπλοκες διαδρομές εργαλείων, το CNC σημείο-προς-σημείο είναι μια πιο ελκυστική επιλογή για ορισμένες ρυθμίσεις παραγωγής, επειδή απλοποιεί τον προγραμματισμό και την εκτέλεση εργασιών [110].

Η καταλληλότητα των συστημάτων CNC σημείο προς σημείο για εργασίες υψηλής ταχύτητας είναι ένα από τα αξιοσημείωτα πλεονεκτήματά τους. Αυτά τα συστήματα μπορούν να επιτύχουν εντυπωσιακούς ρυθμούς παραγωγής, επειδή η κύρια εστίαση είναι η γρήγορη μετακίνηση μεταξύ προκαθορισμένων σημείων, ειδικά σε εφαρμογές όπως το πριτσίνωμα και η διάνοιξη οπών.

Τα συστήματα CNC σημείο-προς-σημείο παρέχουν μια εύκολα κατανοητή λύση προγραμματισμού. Το σύστημα εκτελεί τις κινήσεις σύμφωνα με τις ακριβείς συντεταγμένες που καθορίζουν οι μηχανικοί και οι μηχανουργοί για κάθε σημείο-στόχο. Η διαδικασία

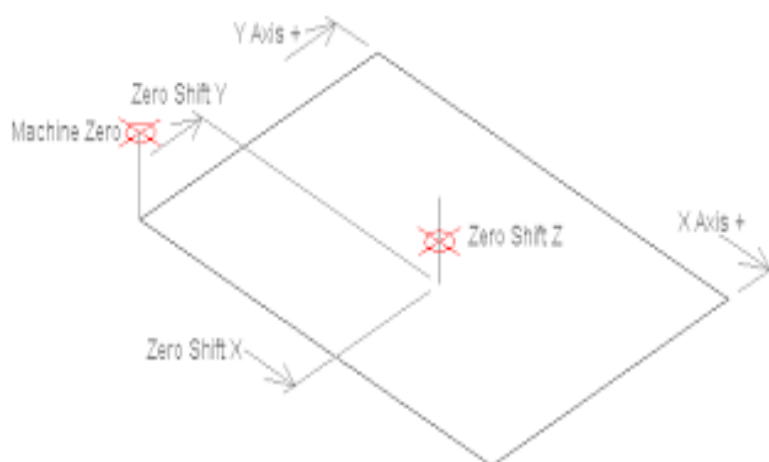
προγραμματισμού γίνεται απλούστερη και λιγότερο επιρρεπής σε σφάλματα λόγω της άμεσης συσχέτισης που υπάρχει μεταξύ των προγραμματισμένων συντεταγμένων και των κινήσεων που εκτελούνται.

Τα συστήματα CNC σημείο-προς-σημείο έχουν περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Τα συστήματα δεν είναι κατάλληλα για εργασίες που απαιτούν σύνθετα περιγράμματα ή συνεχείς κινήσεις διαδρομής. Η καταλληλότητά τους εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες της εργασίας κατεργασίας. Επιπλέον, η έλλειψη συνεχούς ανατροφοδότησης αυτών των συστημάτων σημαίνει ότι οι αποκλίσεις ή τα λάθη στην τοποθέτηση του εργαλείου ενδέχεται να μην εντοπίζονται και να μη διορθώνονται σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που τα καθιστά λιγότερο κατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν εξαιρετικά στενές θέσεις [110].

CNC με Γραμμική Παρεμβολή

Στον τομέα του αριθμητικού ελέγχου, τα συστήματα CNC με γραμμική παρεμβολή (συντά αναφερόμενα και ως CNC περιγράμματος) αποτελούν την επιτομή της ακρίβειας και της προσαρμοστικότητας, προσφέροντας μια λύση υψηλής τεχνολογίας για κατεργασίες που απαιτούν πολύπλοκες κινήσεις συνεχούς διαδρομής [111].

Σε αντίθεση με τα συστήματα CNC σημείο-προς-σημείο, τα συστήματα CNC περιγράμματος αποδίδουν εξαιρετικά καλά σε εργασίες που απαιτούν από το εργαλείο να κινείται με χάρη κατά μήκος καμπυλών, περιγραμμάτων και περίπλοκων γεωμετριών. Αυτό ανοίγει νέες δυνατότητες για την παραγωγή περίπλοκα λεπτομερών και με ακρίβεια σμιλευμένων εξαρτημάτων.



Εικόνα 71 Σχηματική Απεικόνιση τοποθέτησης Αρχικών Σημείων σε τεμάχιο από σύστημα σημείου προς σημείο - Science Direct.com

Η ικανότητα εκτέλεσης περίπλοκων διαδρομών εργαλείων με έναν βαθμό επιδεξιότητας που ξεπερνά τις δυνατότητες των συστημάτων point-to-point είναι θεμελιώδης για το CNC περιγράμματος. Είτε πρόκειται για τόννευση, φρεζάρισμα ή άλλες διεργασίες κατεργασίας, ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένας σύνθετος και δυναμικός συνδυασμός μεταξύ του τεμαχίου και του εργαλείου. Η χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων ελέγχου από τα συστήματα CNC περιγράμματος, τα οποία μεταφράζουν πολύπλοκες διαδρομές εργαλείων σε ακριβείς κινήσεις του κοπτικού εργαλείου, είναι ένα από τα χαρακτηριστικά τους.

Ο ελεγκτής συντονίζει την κίνηση λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό της μηχανής στο χώρο, εξασφαλίζοντας ότι το εργαλείο κινείται ακριβώς κατά μήκος της προβλεπόμενης διαδρομής. Αυτός ο βαθμός ελέγχου είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για εφαρμογές όπως η κατασκευή καλουπιών, όπου η δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων και με ακρίβεια διαμορφωμένων επιφανειών είναι απαραίτητη [111].

Εφαρμογές που απαιτούν τη δυνατότητα κατεργασίας σε τρεις διαστάσεις μπορούν να επωφεληθούν από την ευελιξία του CNC περιγράμματος. Αυτά τα συστήματα παρέχουν την ευελιξία να περιηγηθείτε εύκολα στις χωρικές διαστάσεις, είτε πρόκειται για τη σμίλευση περίπλοκων σχεδίων είτε για τη δημιουργία σύνθετων πρωτοτύπων. Σε τομείς όπου τα εξαρτήματα έχουν συχνά περίπλοκες και πολυδιάστατες γεωμετρίες, όπως η αεροδιαστημική, η αυτοκινητοβιομηχανία και η ιατρική κατασκευή, αυτή η ευελιξία είναι απαραίτητη. Τα συστήματα CNC για τη διαμόρφωση περιγράμματος συχνά ενσωματώνουν εξελιγμένα χαρακτηριστικά εκτός από την πολύπλοκη εκτέλεση της τροχιάς εργαλείων για τη βελτίωση της ακρίβειας και της παραγωγικότητας.

Η διαδικασία κατεργασίας μπορεί να βελτιστοποιηθεί μέσω της χρήσης προσαρμοστικών στρατηγικών τροχιάς εργαλείων, μηχανισμών ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο και δυνατοτήτων κατεργασίας υψηλής ταχύτητας. Με τη βοήθεια αυτών των συστημάτων, τα οποία μπορούν να τροποποιούν δυναμικά τις παραμέτρους κοπής, τις ταχύτητες του εργαλείου και τους προσανατολισμούς, το εργαλείο θα αποδίδει πάντα τα μέγιστα κατά τη διάρκεια των περίπλοκων διαδικασιών διαμόρφωσης περιγράμματος.

Όσο αποδοτικά και αν είναι τα συστήματα CNC για τη διαμόρφωση του περιγράμματος, υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Απαιτούνται υψηλότερα επίπεδα υπολογιστικής ισχύος και πολυπλοκότητας ελέγχου λόγω της πολυπλοκότητας των διαδρομών εργαλείων και της απαίτησης για προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Επομένως, σε σύγκριση με τα πιο απλά αντίστοιχα συστήματα σημείο-προς-σημείο, τα συστήματα CNC

για τη διαμόρφωση του περιγράμματος μπορεί να έχουν υψηλότερη αρχική επένδυση και λειτουργική πολυπλοκότητα [111].

CNC Παράλληλης Επεξεργασίας

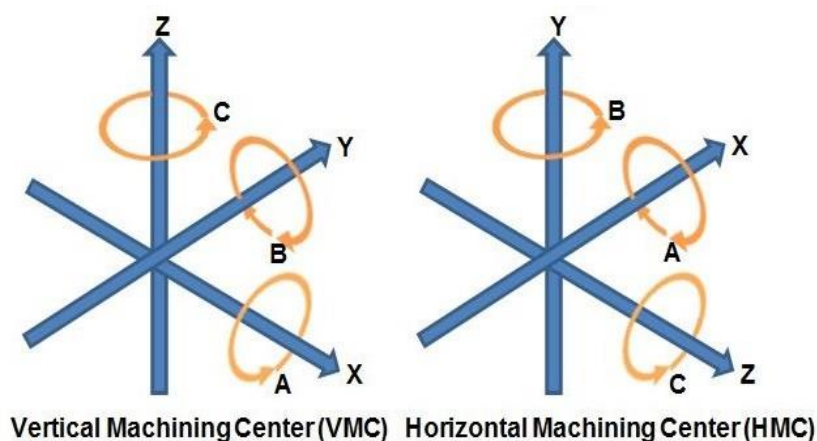
Τα παράλληλα συστήματα CNC αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πρόοδο στον τομέα του αριθμητικού ελέγχου μέσω υπολογιστή, φέρνοντας επανάσταση στην ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα των κατεργασιών [112]. Το παράλληλο CNC χρησιμοποιεί τη δύναμη πολλαπλών επεξεργαστών που λειτουργούν ταυτόχρονα, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα CNC, τα οποία εξαρτώνται από έναν μόνο επεξεργαστή για τη διαδοχική εκτέλεση εντολών.

Αυτός ο παραλληλισμός καθιστά δυνατή τη διαχείριση πολύπλοκων αλγορίθμων και απαιτητικών εργασιών κατεργασίας με μεγαλύτερη ευκολία και ταχύτερους χρόνους υπολογισμού. Η ιδέα της παράλληλης επεξεργασίας, κατά την οποία οι εργασίες κατανέμονται σε διάφορους επεξεργαστές που λειτουργούν ταυτόχρονα, αποτελεί το θεμέλιο της παράλληλης CNC. Αυτή η απομάκρυνση από τη διαδοχική επεξεργασία αποφέρει σημαντικά κέρδη στην υπολογιστική ταχύτητα, ιδιαίτερα χρήσιμα για εφαρμογές που απαιτούν πολύπλοκες γεωμετρίες, διαδρομές εργαλείων και προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Η αρχιτεκτονική παράλληλης επεξεργασίας αυτών των συστημάτων CNC προσφέρει πλεονεκτήματα για πολλές εφαρμογές κατεργασίας. Η διαχείριση των περίπλοκων αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση συγκρούσεων, τη δημιουργία διαδρομών εργαλείων και τη βελτιστοποίηση είναι ένας αξιοσημείωτος τομέας [112].

Αυτές οι υπολογιστικές εργασίες μπορούν να κατανεμηθούν σε διάφορους επεξεργαστές μέσω παράλληλης επεξεργασίας, γεγονός που μειώνει δραστικά το χρόνο που απαιτείται για τη δημιουργία διαδρομών εργαλείων για πολύπλοκα σχέδια. Αυτή η αύξηση της ταχύτητας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε τομείς όπως η αεροδιαστημική και η αυτοκινητοβιομηχανία, όπου τα πολύπλοκα εξαρτήματα απαιτούν εξαιρετικά αποτελεσματικές τεχνικές κατεργασίας.

Η ικανότητα των παράλληλων συστημάτων CNC να διαχειρίζονται μεγάλα σύνολα δεδομένων και πολύπλοκα τρισδιάστατα μοντέλα είναι ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων μπορεί να χειριστεί και να ερμηνευτεί αποτελεσματικά χάρη στην αρχιτεκτονική παράλληλης επεξεργασίας, η οποία καθιστά δυνατή την εκτέλεση πολύπλοκων διαδρομών εργαλείων με ευκολία. Όταν πολλές εργασίες κατεργασίας εκτελούνται ταυτόχρονα, μια κατάσταση γνωστή ως multitasking, τα παράλληλα συστήματα

CNC έχουν επίσης εξαιρετικά καλές επιδόσεις. Σε κάθε επεξεργαστή μπορεί να ανατεθεί μια ξεχωριστή εργασία, επιτρέποντας στη μηχανή να εκτελεί ταυτόχρονα διάφορες εργασίες σε διάφορα τμήματα του τεμαχίου. Επειδή οι εργασίες ολοκληρώνονται παράλληλα, οι χρόνοι επεξεργασίας μειώνονται σημαντικά συνολικά, επιτρέποντας στους κατασκευαστές να τηρούν τις αυστηρές προθεσμίες παραγωγής και να αυξάνουν την παραγωγικότητα.



Εικόνα 72 Παράδειγμα Απεικόνισης των κινήσεων ενός 5αξονικού CNC αναλόγως του κέντρου κατεργασίας - Science Direct.com

Τα παράλληλα συστήματα CNC έχουν σαφή πλεονεκτήματα, αλλά υπάρχουν επίσης καταστάσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Προκειμένου να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη συνεργασία πολλαπλών επεξεργαστών, είναι απαραίτητος ο προσεκτικός συγχρονισμός εργασιών κατά την υλοποίηση της παράλληλης επεξεργασίας. Επιπλέον, σε σύγκριση με τις συμβατικές διαμορφώσεις CNC, η αρχική επένδυση σε υλικό και λογισμικό για τα παράλληλα συστήματα CNC μπορεί να είναι μεγαλύτερη [112].

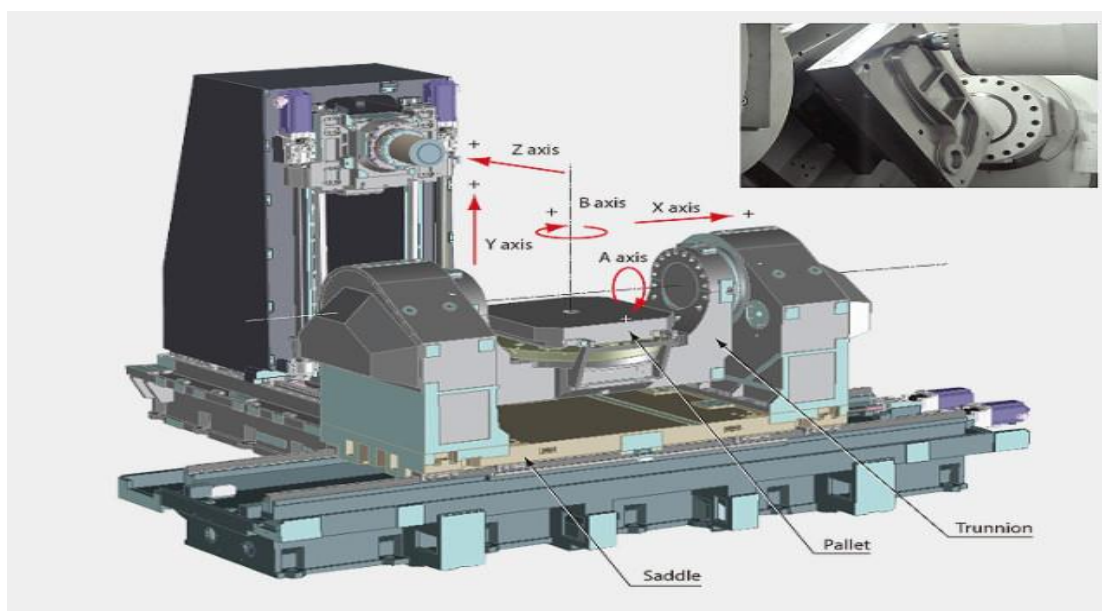
CNC 5 Αξόνων

Η κατεργασία 5 αξόνων CNC αντιπροσωπεύει το υψηλότερο επίπεδο τεχνολογικής εξειδίκευσης στον ταχέως μεταβαλλόμενο τομέα της προηγμένης κατασκευής, ανοίγοντας νέες δυνατότητες για ακρίβεια και προσαρμοστικότητα [113].

Εισάγοντας τη δυνατότητα μετακίνησης ενός κοπτικού εργαλείου ή ενός τεμαχίου κατά μήκος πέντε διαφορετικών αξόνων -X, Y, Z και δύο επιπλέον αξόνων περιστροφής, που συνήθως αναφέρονται ως A και B- αυτή η καινοτόμος μέθοδος ξεπερνά τους περιορισμούς της παραδοσιακής κατεργασίας 3 αξόνων. Το κατασκευαστικό τοπίο μεταμορφώνεται από αυτή τη διεύρυνση των δυνατοτήτων κίνησης, η οποία καθιστά δυνατή τη δημιουργία

πολύπλοκων και περίπλοκων εξαρτημάτων που προηγουμένως θεωρούνταν δύσκολα ή αδύνατα [113]. Η δυνατότητα προσέγγισης ενός τεμαχίου από πολλαπλές γωνίες είναι θεμελιώδης για την 5-αξονική κατεργασία CNC, καθώς διευκολύνει την κατεργασία επιφανειών με πολύπλοκα περιγράμματα και περίπλοκες γεωμετρίες.

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα, τα οποία επέτρεπαν την κίνηση του εργαλείου μόνο προς τρεις κύριες κατευθύνσεις, η διαμόρφωση 5 αξόνων επιτρέπει μια πιο ευέλικτη και δυναμική προσέγγιση. Αυτή η ευελιξία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε τομείς όπου απαιτείται συχνά ακριβής κατεργασία πολύπλοκων σχημάτων και λεπτομερειών, όπως η αεροδιαστημική, η ιατρική και η αυτοκινητοβιομηχανία [114]. Η μείωση του αριθμού των ρυθμίσεων που απαιτούνται για μια κατεργασία είναι το κύριο πλεονέκτημα της διαμόρφωσης 5 αξόνων [114].



Εικόνα 73 Σύστημα Εργαλειομηχανής 5αξονικού CNC - Παρατηρούμε τη δυνατότητα προσαρμογής και περιστροφικών κατευθυντήριων κινήσεων - Science Direct.com

Η κατασκευή περίπλοκων καλουπιών και εργαλείων είναι μία από τις κύριες χρήσεις της κατεργασίας 5 αξόνων CNC. Αυτά τα καλούπια έχουν πολύπλοκες επιφάνειες και περιγράμματα που απαιτούν ένα επίπεδο ακρίβειας που η κατεργασία 3 αξόνων μπορεί να είναι δύσκολο να ικανοποιήσει. Με τεράστια ακρίβεια, το εργαλείο μπορεί να περιηγηθεί γύρω από το καλούπι χάρη στη δυνατότητα 5 αξόνων, αντιμετωπίζοντας πολύπλοκα σχήματα και περίπλοκες λεπτομέρειες. Σε βιομηχανίες όπως η κατασκευή μητρών και καλουπιών, όπου η ποιότητα των τελικών προϊόντων συσχετίζεται άμεσα με την πιστότητα των επεξεργασμένων επιφανειών, η εφαρμογή αυτή είναι απαραίτητη.

Ένας άλλος τομέας στον οποίο η κατεργασία 5 αξόνων CNC έχει καταστεί απαραίτητη είναι η αεροδιαστημική μηχανική. Τα εξαρτήματα των αεροσκαφών που έχουν πολύπλοκα προφίλ και καμπύλες επιφάνειες επωφελούνται ιδιαίτερα από την ελευθερία κινήσεων που προσφέρουν οι μηχανές 5 αξόνων. Η δυνατότητα προσέγγισης του τεμαχίου από διάφορες γωνίες βελτιώνει την αποδοτικότητα των εργασιών κατεργασίας και συμβάλλει στην παραγωγή ελαφρών, αεροδυναμικά βελτιστοποιημένων εξαρτημάτων [114].

Αν και μπορεί να φέρει επανάσταση στον κλάδο, η κατεργασία 5 αξόνων CNC έχει μειονεκτήματα που πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά. Μια τέτοια δυσκολία είναι η αυξανόμενη πολυπλοκότητα της δημιουργίας και του προγραμματισμού της τροχιάς εργαλείων.

Για να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες της κατεργασίας 5 αξόνων, οι μηχανουργοί και οι προγραμματιστές πρέπει να κατανοούν σε βάθος την κινηματική της μηχανής και να κατέχουν το εξελιγμένο λογισμικό CAM (Computer-Aided Manufacturing). Επιπλέον, προκειμένου να διασφαλιστεί η ακρίβεια των κατεργαζόμενων εξαρτημάτων, ο μηχανικός σχεδιασμός και η κατασκευή των μηχανών 5 αξόνων απαιτούν υψηλότερο βαθμό ακρίβειας και σταθερότητας [114].

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Τεχνολογίας Εργαλειομηχανών CNC έναντι άλλων μεθόδων Κατεργασίας

Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο μέρος της εργασίας, η κατεργασία μέσω εργαλειομηχανής CNC αποτελεί μία τεράστιας κλίμακας εξελισσόμενη τεχνολογία, θέτοντας πλήρως τα θεμέλια για περαιτέρω αναβάθμιση. Στο παρόν σημείο θα αναφερθούν τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου έναντι άλλων μορφών κατεργασίας.

Τεράστια Ακρίβεια

Όταν πρόκειται για κατεργασία CNC, η ακρίβεια είναι ο ακριβής έλεγχος και η συνέπεια που επιτυγχάνεται κατά την εκτέλεση της εργασίας. Συμβάλλει στην ικανότητα αντιγραφής ακριβών αποτελεσμάτων, η οποία είναι ζωτικής σημασίας σε τομείς όπου τα εξαρτήματα πρέπει να πληρούν αυστηρές απαιτήσεις. Η εισαγωγή της κατεργασίας με CNC ανέβασε τον πήχη της ακρίβειας σε πρωτοφανές επίπεδο, καθιστώντας δυνατή την παραγωγή πολύ σύνθετων και περίπλοκων εξαρτημάτων με ελάχιστες αποκλίσεις.

Μια σειρά από μεταβλητές, όπως οι δεξιότητες του χειριστή, η βαθμονόμηση του εργαλείου και η ακαμψία της μηχανής, επηρεάζουν την ακρίβεια της κατεργασίας με CNC. Η ακρίβεια στην κατεργασία CNC, χαρακτηριστικό γνώρισμα της σύγχρονης κατασκευής, εγγυάται ότι κάθε παραγόμενο εξάρτημα ακολουθεί πιστά τις προβλεπόμενες προδιαγραφές, αυξάνοντας την αξιοπιστία και την ομοιομορφία των τελικών προϊόντων.

Ο αυστηρός προγραμματισμός και οι τεχνολογίες αιχμής διευκολύνουν την επιδίωξη της ακρίβειας και της ακρίβειας στην κατεργασία CNC. Οι μηχανές CNC είναι σε θέση να δημιουργούν πολύπλοκα και λεπτομερή εξαρτήματα λόγω της ικανότητάς τους να λειτουργούν με ακρίβεια μέχρι και μικρομέτρου.

Με την προσθήκη μηχανισμών ανατροφοδότησης, όπως αισθητήρες και κωδικοποιητές, οι οποίοι προσφέρουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ακριβή θέση και την κατάσταση του κοπτικού εργαλείου, η ακρίβεια της κατεργασίας CNC αυξάνεται περαιτέρω. Αυτός ο συνεχής βρόχος ανατροφοδότησης καθιστά δυνατή την πραγματοποίηση τροποποιήσεων κατά τη διάρκεια της κατεργασίας του προϊόντος, εξασφαλίζοντας ότι αυτό θα ανταποκρίνεται ακριβώς στις προβλεπόμενες προδιαγραφές. Επειδή οι χειροκίνητες διαδικασίες έχουν εγγενείς περιορισμούς, μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθούν στενές ανοχές και συνεπής επαναληψιμότητα στην παραδοσιακή κατασκευή. Αυτή η μεταβλητότητα εξαλείφεται με την κατεργασία CNC, η οποία ελέγχει σχολαστικά την εκτέλεση των προγραμματισμένων εντολών για να διασφαλίσει ότι κάθε εξάρτημα ταιριάζει ακριβώς με τον προβλεπόμενο σχεδιασμό. Αυτό το επίπεδο ακρίβειας είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο σε τομείς όπου ακόμη και μικρές αποκλίσεις μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις, όπως η αεροδιαστημική και η ιατρική βιομηχανία [115].

Ταχύτητα Κατεργασίας

Στον κατασκευαστικό τομέα, η κατεργασία με CNC ξεχωρίζει για την παροχή υψηλής ταχύτητας παραγωγής με σημαντικά ταχύτερο ρυθμό από πολλές παραδοσιακές μεθόδους, ενώ παράλληλα προσφέρει εξαιρετική ακρίβεια. Σε αντίθεση με τις πιο αργές και περισσότερο ενεργοβόρες παραδοσιακές μεθόδους, η κατεργασία με CNC είναι ταχύτερη και πιο συνεπής λόγω της αυτοματοποίησης και της ελεγχόμενης από υπολογιστή αποδοτικότητας.

Οι συμβατικές τεχνικές κατασκευής, όπως το χειροκίνητο φρεζάρισμα ή ο τόρνος, μπορεί να πάρουν πολύ χρόνο για τους έμπειρους χειριστές για να ρυθμίσουν και να ολοκληρώσουν

κάθε εργασία. Ένα μεγάλο μέρος αυτού του χρόνου ρύθμισης εξαλείφεται με την κατεργασία CNC, επιτρέποντας ταχύτερες αλλαγές μεταξύ των διαφόρων κατεργασιών. Για επιχειρήσεις που πρέπει να τηρούν αυστηρά χρονοδιαγράμματα παραγωγής και έχουν απαιτήσεις παραγωγής μεγάλου όγκου, όπως τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης ή η αυτοκινητοβιομηχανία, αυτή η αποδοτικότητα είναι ιδιαίτερα επωφελής.

Επιπλέον, η κατεργασία CNC υπερέχει στη συνεχή διατήρηση υψηλών ταχυτήτων παραγωγής για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Μια τέτοια ταχύτητα μπορεί να είναι δύσκολο να διατηρηθεί από τις παραδοσιακές μεθόδους λόγω πραγμάτων όπως η κόπωση του χειριστή, τα διαλείμματα ή οι διακυμάνσεις στη χειροκίνητη εκτέλεση.

Οι μηχανές CNC παρέχουν μια σταθερή και αξιόπιστη ροή παραγωγής, ενώ εργάζονται με ακλόνητη ακρίβεια, γεγονός που βελτιώνει τη συνολική αποδοτικότητα. Η κατεργασία CNC είναι μια σημαντική δύναμη στη σύγχρονη μεταποίηση λόγω της αυτοματοποίησης, της ταχύτητας και της ακρίβειας που προσφέρει. Οι γρήγορες ταχύτητες παραγωγής των μηχανών CNC επιτρέπουν την ευέλικτη ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αγοράς εκτός από την κάλυψη των απαιτήσεων της μαζικής παραγωγής [115].

Προσαρμοστικότητα και Ευελιξία

Στη μεταποιητική βιομηχανία, η κατεργασία με CNC αποτελεί λαμπρό παράδειγμα προσαρμοστικότητας και ευελιξίας, παρέχοντας σαφή πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών τεχνικών που συχνά περιορίζονται από σταθερά εργαλεία και χειροκίνητες διαδικασίες. Οι μηχανές CNC είναι από τη φύση τους ευέλικτες, επειδή μπορούν να μεταβαίνουν γρήγορα μεταξύ διαφόρων εργασιών, γεγονός που τις καθιστά πολύ ευπροσάρμοστες σε ένα ευρύ φάσμα παραγωγικών αναγκών.

Η κατεργασία με CNC επιτρέπει γρήγορες αλλαγές στα εργαλεία και τον προγραμματισμό, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής που μπορεί να χρειάζονται σημαντικές ανακατασκευές ή τροποποιήσεις για να ανταποκρίνονται σε διάφορες εργασίες. Λόγω της ευελιξίας τους, οι κατασκευαστές μπορούν να αλλάζουν από την παραγωγή ενός εξαρτήματος σε ένα άλλο με μικρή διακοπή. Αυτή η ευελιξία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε τομείς όπως η κατασκευή πρωτοτύπων και προσαρμοσμένων εξαρτημάτων, όπου απαιτείται μεγάλη ποικιλία εξαρτημάτων. Επιπλέον, οι μηχανές CNC είναι απίστευτα ευέλικτες ως προς την ικανότητά τους να επεξεργάζονται ένα ευρύ φάσμα γεωμετριών, γεγονός που τις καθιστά ιδανικές για τον χειρισμό περίπλοκων και πολύπλοκων σχεδίων. Η κατεργασία CNC μπορεί

να δημιουργήσει εξαρτήματα με περίπλοκες λεπτομέρειες και πολύπλοκα περιγράμματα που θα ήταν δύσκολο ή ανέφικτο να παραχθούν με παραδοσιακές μεθόδους, επειδή μπορεί να προγραμματίσει πολύπλοκες διαδρομές εργαλείων και να ελέγξει τις κινήσεις της μηχανής σε πολλαπλούς άξονες.

Αυτή η προσαρμοστικότητα ισχύει και για τα υλικά, καθώς οι μηχανές CNC μπορούν να επεξεργαστούν μια ποικιλία υλικών, συμπεριλαμβανομένων των σύνθετων υλικών, των μετάλλων και των πολυμερών. Η αλλαγή μιας ρύθμισης για ένα νέο εξάρτημα στην παραδοσιακή κατασκευή απαιτεί συχνά χειροκίνητες ρυθμίσεις, αλλαγές εργαλείων και επίπονη βαθμονόμηση.

Η διαδικασία αυτή γίνεται πιο αποτελεσματική με την κατεργασία CNC, η οποία μπορεί να αποθηκεύσει και να ανακαλέσει τον προγραμματισμό για διάφορα εξαρτήματα και να αλλάξει αυτόματα τα εργαλεία. Αυτό όχι μόνο αυξάνει την παραγωγικότητα, αλλά εγγυάται επίσης ότι το μηχάνημα θα διατηρεί πάντα ακριβείς διαστάσεις και ανοχές κατά την εκτέλεση διαφορετικών εργασιών. Λόγω της ευελιξίας της, η κατεργασία CNC είναι μια εξαιρετική επιλογή για ταχεία κατασκευή πρωτοτύπων, κατά παραγγελία τεμάχια και παραγωγή μικρών παρτίδων.

Οι συμβατικές τεχνικές, αν και προσαρμοσμένες για μαζική παραγωγή και τυποποίηση, μπορεί να μην είναι σε θέση να ανταποκριθούν στην ταχύτητα και την προσαρμοστικότητα που απαιτούνται σε τέτοιου είδους καταστάσεις. Η κατεργασία CNC προσφέρει στους κατασκευαστές ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς, λόγω της γρήγορης προσαρμογής της στις νέες προδιαγραφές [115].

Μεγάλο Αρχικό Κεφάλαιο

Αν και η χρήση της κατεργασίας CNC είναι σαφώς επωφελής, απαιτεί μια σημαντική αρχική δαπάνη κεφαλαίων, γεγονός που την διαφοροποιεί από ορισμένες συμβατικές τεχνικές κατασκευής. Σε σύγκριση με τα σχετικά χαμηλότερα εμπόδια εισόδου που συνδέονται με ορισμένες παραδοσιακές κατασκευαστικές προσεγγίσεις, το υψηλό αρχικό κόστος της κατεργασίας με CNC αποτελεί πρόκληση για τις επιχειρήσεις, ιδίως για τις μικρές ή τις νεοσύστατες επιχειρήσεις.

Η προηγμένη τεχνολογία που ενσωματώνεται στις μηχανές CNC είναι ένας σημαντικός παράγοντας για το υψηλό αρχικό κόστος της κατεργασίας CNC. Αυτές οι μηχανές διαθέτουν

εξελιγμένα συστήματα ελέγχου, εξαρτήματα υψηλής ακρίβειας και αυτοματοποιημένα χαρακτηριστικά που αυξάνουν τόσο το κόστος κατασκευής όσο και τις δυνατότητές τους. Τα συστήματα αυτά απαιτούν σημαντική αρχική επένδυση κεφαλαίου λόγω της πολυπλοκότητάς τους, η οποία περιλαμβάνει το κόστος της μηχανής CNC και κάθε σχετικού λογισμικού.

Από την άλλη πλευρά, ορισμένες συμβατικές τεχνικές κατασκευής μπορεί να απαιτούν λιγότερο πολύπλοκο εξοπλισμό και εργαλεία, γεγονός που θα είχε ως αποτέλεσμα φθηνότερο αρχικό κόστος. Οι χειροκίνητες εργασίες φρεζαρίσματος και τόνου είναι παραδείγματα διεργασιών που συχνά χρησιμοποιούν λιγότερο προηγμένα μηχανήματα και μπορεί να απαιτούν απλούστερα σύνολα εργαλείων. Οι επιχειρήσεις με περιορισμένους κεφαλαιακούς πόρους μπορούν να βρουν τις παραδοσιακές μεθόδους πιο προσιτές λόγω της απλότητας του εξοπλισμού. Επιπλέον, οι χειριστές και οι προγραμματιστές χρειάζονται ειδική εκπαίδευση για να εφαρμόσουν τις κατεργασίες CNC [116].

Για την πλήρη αξιοποίηση αυτών των συστημάτων αιχμής, είναι απαραίτητο να υπάρχουν εξειδικευμένοι εργαζόμενοι που είναι ικανοί στον προγραμματισμό CNC και στη λειτουργία των μηχανών. Η αρχική επένδυση στην τεχνολογία CNC προσαυξάνεται από τις δαπάνες που συνδέονται με την εκπαίδευση και τη διατήρηση εξειδικευμένου προσωπικού.

Ενώ ορισμένες επιχειρήσεις μπορεί να αποθαρρύνονται από το υψηλό αρχικό κόστος της κατεργασίας CNC, είναι σημαντικό να εξετάζονται τα μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα που συνεπάγεται. Οι μηχανές CNC παρέχουν απaráμιλλη ταχύτητα, ακρίβεια και προσαρμοστικότητα, οι οποίες αυξάνουν την παραγωγή και βελτιώνουν την ποιότητα των προϊόντων. Οι επιχειρήσεις που ασχολούνται με την παραγωγή υψηλής ακρίβειας ή εκείνες που χρειάζονται γρήγορη προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις παραγωγής μπορούν τελικά να αποσβέσουν την αρχική τους επένδυση λόγω της αύξησης της αποδοτικότητας και της ικανότητας διαχείρισης περίπλοκων εργασιών [116].

Περιορισμοί Μεγέθους

Ενώ η κατεργασία CNC είναι ανώτερη από ορισμένες παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής όσον αφορά την ακρίβεια, την ευελιξία και την αυτοματοποίηση, δεν είναι χωρίς περιορισμούς, ειδικά όταν πρόκειται για περιορισμούς μεγέθους.

Ενώ ορισμένες παραδοσιακές μέθοδοι μπορεί να παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στο χειρισμό μεγαλύτερων τεμαχίων, οι φυσικές διαστάσεις των μηχανών CNC μπορεί να θέτουν περιορισμούς στο μέγεθος των εξαρτημάτων που μπορούν να παράγουν αποτελεσματικά. Οι μέγιστες διαστάσεις εντός των οποίων μπορούν να λειτουργήσουν οι μηχανές CNC καθορίζονται από τα περιβλήματα εργασίας που είναι ενσωματωμένα στα σχέδιά τους.

Ο περιορισμός αυτός προκύπτει από τις διαστάσεις και τη διάταξη των κινούμενων εξαρτημάτων της μηχανής, όπως το τραπέζι εργασίας, η άτρακτος και το κοπτικό εργαλείο. Τα μεγαλύτερα εξαρτήματα μπορεί επομένως να υπερβαίνουν τους φυσικούς περιορισμούς των συμβατικών μηχανών CNC, απαιτώντας εξειδικευμένο και ενδεχομένως ακριβότερο εξοπλισμό. Ο εξοπλισμός στις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής, όπως η χύτευση ή το χειροκίνητο φρεζάρισμα, έχει συχνά λιγότερους περιορισμούς όσον αφορά το μέγεθος του τεμαχίου. Μεγαλύτερα εξαρτήματα μπορούν να χειριστούν με χειροκίνητες διαδικασίες, ενώ μπορούν να κατασκευαστούν ή να τροποποιηθούν προσαρμοσμένα εργαλεία ή εξοπλισμός για να χειριστούν ένα εύρος μεγεθών. Σε ορισμένες εφαρμογές, οι παραδοσιακές μέθοδοι πλεονεκτούν λόγω αυτής της ευελιξίας στην προσαρμογή στο μέγεθος, ειδικά σε βιομηχανίες όπου τα υπερμεγέθη εξαρτήματα είναι κοινά.

Υπάρχουν διαθέσιμες μηχανές CNC με μεγαλύτερα περιθώρια εργασίας, αλλά η αρχική επένδυση και το συνεχές λειτουργικό κόστος μπορεί να είναι υψηλότερα. Οι μεγαλύτερες μηχανές CNC χρειάζονται ισχυρότερους κινητήρες, ισχυρότερες κατασκευές και καλύτερα συστήματα ελέγχου για να διατηρήσουν το ίδιο επίπεδο ακρίβειας. Εξαιτίας αυτού, η ικανότητα μεγέθους και η οικονομική προσιτότητα μπορεί να πρέπει να ανταλλάσσονται, οπότε οι κατασκευαστές πρέπει να σταθμίζουν προσεκτικά τις μοναδικές απαιτήσεις τους σε σχέση με τις δυνατότητες του εξοπλισμού CNC που κυκλοφορεί σήμερα στην αγορά [116].

Κατανάλωση Ενέργειας

Στον τομέα της μεταποίησης, η κατανάλωση ενέργειας της κατεργασίας CNC είναι ένα από τα βασικά στοιχεία που διαφοροποιούν την κατεργασία από ορισμένες από τις πιο καθιερωμένες τεχνικές. Η κατεργασία με CNC διαφέρει από ορισμένες παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής που μπορεί να χαρακτηρίζονται από διαφορετικά ενεργειακά προφίλ στο ότι δεν είναι άσχετη με τη χρήση ενέργειας, παρά το γεγονός ότι παρέχει ακρίβεια, ταχύτητα και αυτοματισμό. Οι μηχανές CNC μπορεί να απαιτούν πολλή ενέργεια, ειδικά όταν λειτουργούν συνεχώς και γρήγορα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι διαθέτουν ισχυρούς

κινητήρες, συστήματα ψύξης και ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην κατεργασία CNC επηρεάζεται από την ανάγκη συνεχούς παροχής ενέργειας για την κίνηση των διαφόρων εξαρτημάτων, την κίνηση των κοπτικών εργαλείων και τη διατήρηση του ελεγχόμενου περιβάλλοντος για την κατεργασία ακριβείας.

Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση των λειτουργικών δαπανών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της τεχνολογίας CNC. Από την άλλη πλευρά, ορισμένες συμβατικές τεχνικές κατασκευής μπορεί να χρησιμοποιούν χειροκίνητες διαδικασίες ή απλούστερα μηχανήματα που δεν απαιτούν την ίδια ποσότητα συνεχούς ισχύος.

Για παράδειγμα, μπορεί να απαιτούνται χειριστές για χειροκίνητες εργασίες φρεζαρίσματος ή τόννου, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε χαμηλότερη συνολική κατανάλωση ενέργειας, ιδίως σε περιπτώσεις όπου τα μηχανήματα δε χρησιμοποιούνται συνεχώς. Παρόλη την υψηλή κατανάλωση ενέργειας, αξίζει να αναφερθεί η συνεχής ανάπτυξη των συστημάτων CNC ώστε να καλυφθούν ή έστω να περιοριστούν οι περιβαλλοντικές – ενεργειακές ανάγκες. Παραδείγματα αυτού περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση ενεργειακά αποδοτικών εξαρτημάτων και πιο φιλικών προς το περιβάλλον τεχνικών κατασκευής. Οι κατασκευαστές αναζητούν τρόπους για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κατεργασίας με CNC, χρησιμοποιώντας φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές και βελτιστοποιώντας τη χρήση ενέργειας [116].

1.3.2 Κοινωνικοπολιτικές και Οικονομικές Αλλαγές κατά την 3^η Βιομηχανική Επανάσταση

Κατά το δεύτερο μισό του 20ού και τις αρχές του 21ου αιώνα, ο κόσμος υπέστη μια σημαντική και εκτεταμένη αλλαγή που εγκαινιάστηκε από την Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση. Η εποχή αυτή, που χαρακτηρίστηκε από την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, του διαδικτύου και των εξελιγμένων τεχνολογιών παραγωγής, επέφερε ανήκουστες μέχρι τότε κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές μεταμορφώσεις.

Νέες κοινωνικές δομές και αλληλεπιδράσεις διαμορφώθηκαν από την επανάσταση στην επικοινωνία, τη συνδεσιμότητα και την πρόσβαση στις πληροφορίες που επέφερε η ανάπτυξη των υπολογιστών και του διαδικτύου.

Από οικονομική άποψη, οι αλυσίδες εφοδιασμού έχουν αλλάξει και οι διαδικασίες παραγωγής έχουν επαναπροσδιοριστεί από τα αυτοματοποιημένα συστήματα CNC και τους τρισδιάστατους εκτυπωτές, μεταξύ άλλων προηγμένων τεχνολογιών παραγωγής.



Εικόνα 74 Πλήρως αυτοματοποιημένη αυτοκινητοβιομηχανία - Σχεδόν απόλυτος εκμηδενισμός χειρωνακτικής εργασίας

Η παγκοσμιοποίηση, η ενισχυμένη συνδεσιμότητα και η εμφάνιση της ψηφιακής διακυβέρνησης είχαν αντίκτυπο στην πολιτική, απαιτώντας λύσεις σε θέματα κυβερνοασφάλειας και την επίτευξη προσεκτικής ισορροπίας μεταξύ ιδιωτικότητας και παρακολούθησης [117]. Πιο συγκεκριμένα:

Επικοινωνία και συνδεσιμότητα

Η εισαγωγή των υπολογιστών και του διαδικτύου άλλαξε εντελώς τον τρόπο επικοινωνίας των ανθρώπων. Τα στιγμιαία μηνύματα, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και οι ιστότοποι κοινωνικής δικτύωσης πολλαπλασιάστηκαν, φέρνοντας σε επαφή ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Ο τρόπος με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλεπιδρούσαν έφερε επανάσταση με αυτή την πρωτοφανή συνδεσιμότητα, η οποία επέτρεψε την άμεση ανταλλαγή πληροφοριών και την ανάπτυξη εικονικών κοινοτήτων [117].

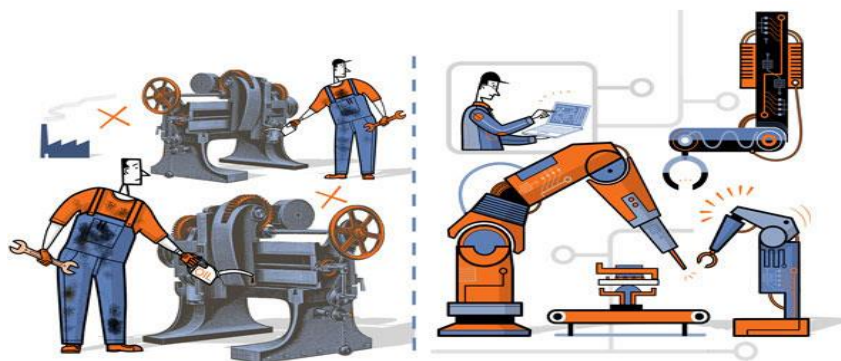
Τροποποίηση των ρουτινών εργασίας

Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και του διαδικτύου κατέστησε εφικτό το ευέλικτο χρονοδιάγραμμα και την εργασία εξ αποστάσεως. Η αύξηση της τηλεργασίας έθεσε σε δοκιμασία τις παραδοσιακές δομές του χώρου εργασίας. Η αλλαγή αυτή επηρέασε την ισορροπία μεταξύ επαγγελματικής και προσωπικής ζωής, η οποία δημιούργησε νέες

ευκαιρίες αλλά και δυσκολίες στη διατήρηση των ορίων μεταξύ προσωπικής και επαγγελματικής ζωής [117].

Πρόσβαση στην πληροφορία

Το διαδίκτυο έκανε τις πληροφορίες ευρύτερα διαθέσιμες. Οι πληροφορίες που προηγουμένως περιορίζονταν σε εξειδικευμένα ιδρύματα ή βιβλιοθήκες έγιναν ευρέως διαθέσιμες. Τα άτομα ενδυναμώθηκαν από αυτόν τον εκδημοκρατισμό των πληροφοριών, ο οποίος επέτρεψε την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση και την ενίσχυση της κοινωνικής γνώσης [118].



Εικόνα 75 Σκίτσο περιγραφής των αλλαγών που υφίστανται στην 3η Β.Ε. - Παρατηρούμε τις πλήρως αυτοματοποιημένες διαδικασίες - *The Economist.com*

Παγκοσμιοποίηση

Η ψηφιακή επανάσταση ήταν καθοριστικής σημασίας για την επιτάχυνση της διαδικασίας της παγκοσμιοποίησης. Η διευκόλυνση της διασύνδεσης μέσω του διαδικτύου κατέστησε εύκολο το διασυνοριακό εμπόριο, τη συνεργασία και την επικοινωνία. Ο κόσμος γινόταν όλο και πιο διασυνδεδεμένος και οι κυβερνήσεις έπρεπε να αντιμετωπίσουν προβλήματα που ξεπερνούσαν τα εθνικά σύνορα [118].

Αυτοματοποίηση και εκτόπιση θέσεων εργασίας

Μια νέα εποχή αυτοματοποίησης επήλθε με το συνδυασμό προηγμένων τεχνολογιών παραγωγής, όπως οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές και τα συστήματα CNC. Αν και οι τεχνολογίες αυτές βελτίωσαν την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα της παραγωγής, προκάλεσαν επίσης ανησυχίες για την εκτόπιση των θέσεων εργασίας. Ορισμένες παραδοσιακά χειρωνακτικές εργασίες αυτοματοποιήθηκαν, “απαιτώντας” από τους εργαζόμενους να επανεκπαιδευτούν και να προσαρμοστούν [118].

Αλλαγές στην κατασκευαστικό κλάδο

Ένα νέο παράδειγμα στην κατασκευή και το σχεδιασμό έχει διαμορφωθεί από τη σύγκλιση της τρισδιάστατης εκτύπωσης και των τεχνολογιών αριθμητικού ελέγχου υπολογιστών (CNC), οι οποίες έχουν προκαλέσει σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές. Σε κοινωνικό επίπεδο, οι τεχνολογίες αυτές έχουν εκδημοκρατίσει τη δημιουργική διαδικασία, δίνοντας τη δυνατότητα σε μικρές επιχειρήσεις και ιδιώτες να συμμετέχουν στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων προϊόντων [119].



Εικόνα 76 Σκίτσο περιγραφής εργασιακού και επιχειρησιακού επιπέδου κατά την 3η Β.Ε. - *The Economist.com*

Η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει προωθήσει μια καινοτόμο και συνεργατική κουλτούρα στην κοινωνική σφαίρα. Οι χώροι δημιουργίας και οι διαδικτυακές κοινότητες προσφέρουν χώρους όπου οι άνθρωποι μπορούν να εργαστούν μαζί σε έργα, να ανταλλάξουν σχέδια και να λύσουν προβλήματα ως ομάδα. Αυτό έχει καταρρίψει τα παραδοσιακά εμπόδια εισόδου στο κατασκευαστικό τοπίο και έχει δημιουργήσει ένα ζωντανό οικοσύστημα όπου η δημιουργικότητα ανθίζει. Οι δυνατότητες της ανθρώπινης δημιουργικότητας αυξάνονται όταν η τρισδιάστατη εκτύπωση συνδυάζεται με τεχνολογίες CNC. Η κατεργασία ακριβείας ανεβάζει τη δημιουργική διαδικασία σε ένα νέο επίπεδο. Από οικονομικής άποψης, ο συνδυασμός CNC και τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει ανατρέψει τα συμβατικά κατασκευαστικά πρότυπα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγικότητα, μειωμένη σπατάλη και εντοπισμένη παραγωγή.

Η ιδέα της κατανεμημένης παραγωγής, κατά την οποία τα αγαθά παράγονται πιο κοντά στο σημείο κατανάλωσης και κατά ζήτηση, απεικονίζει καλύτερα αυτή τη μετατόπιση. Αυτή η αλλαγή μειώνει την ανάγκη για τεράστια αποθέματα, το κόστος μεταφοράς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της μαζικής παραγωγής [119].

Νέα επιχειρηματικά μοντέλα αναδύονται επίσης στο οικονομικό τοπίο. Χωρίς να απαιτείται μεγάλη υποδομή, οι μικρές επιχειρήσεις και οι επιχειρηματίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την κατεργασία CNC και την τρισδιάστατη εκτύπωση για να φέρουν στην αγορά εξειδικευμένα προϊόντα. Η αποκέντρωση της παραγωγής ενισχύει την ανθεκτικότητα και τη διαφοροποίηση της οικονομίας.

Επιπλέον, επιτρέποντας την ακριβή κατασκευή ιατρικών εμφυτευμάτων και προσαρμοσμένων προσθετικών υλικών, οι τεχνολογίες αυτές έχουν επιταχύνει τις εξελίξεις σε τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη. Αυτό είναι ένα βήμα προς μια πιο εξατομικευμένη και ασθενοκεντρική φροντίδα και βελτιώνει επίσης τα αποτελέσματα των ασθενών. Βασικά, οι κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές που επιφέρει ο συνδυασμός των τεχνολογιών CNC και τρισδιάστατης εκτύπωσης συνιστούν ρήξη με τις συμβατικές πρακτικές κατασκευής.

Με την ενδυνάμωση των ανθρώπων, την ενθάρρυνση της δημιουργικότητας και την επανάσταση στις τεχνικές παραγωγής, αυτή η ομάδα που αλλάζει τα δεδομένα οδηγεί την κοινωνία προς ένα μέλλον στο οποίο η τεχνολογική πρόοδος και η οικονομική βιωσιμότητα θα συνυπάρχουν ειρηνικά και η δημιουργικότητα θα είναι αχαλίνωτη [119].

Καινοτομία και επιχειρηματικότητα

Η ψηφιακή επανάσταση έκανε την επιχειρηματικότητα πιο προσιτή. Σε πολλούς κλάδους μειώθηκαν τα εμπόδια εισόδου, γεγονός που έδωσε στους καινοτόμους και τις νεοφυείς επιχειρήσεις την ευκαιρία να ανατρέψουν τις καθιερωμένες αγορές. Οι διαδικτυακές αγορές και οι πλατφόρμες crowdfunding έδωσαν στους επιχειρηματίες νέους τρόπους για να αντλήσουν κεφάλαια και να ξεκινήσουν τις επιχειρήσεις τους, γεγονός που ενίσχυσε τον οικονομικό δυναμισμό.

Τα επιχειρηματικά μοντέλα έχουν επαναπροσδιοριστεί από την ικανότητα εξατομίκευσης των προϊόντων, βελτιστοποίησης των διαδικασιών παραγωγής και ταχείας αντίδρασης στις απαιτήσεις της αγοράς. Το επιχειρηματικό τοπίο της Τρίτης Βιομηχανικής Επανάστασης, το οποίο κυμαίνεται από νεοφυείς επιχειρήσεις που φέρνουν επανάσταση στις αλυσίδες εφοδιασμού μέσω της τοπικής παραγωγής έως επιχειρήσεις μικρής κλίμακας που παράγουν σχέδια κατά παραγγελία, εξαρτάται από το πάντρεμα της τεχνολογίας αιχμής και της εμπνευσμένης ηγεσίας. Ουσιαστικά, το να είσαι επιχειρηματίας στην Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση σημαίνει να έχεις την ευελιξία, την εφευρετικότητα και την αφοσίωση να χρησιμοποιείς τεχνολογίες αιχμής. Εκτός από την προώθηση των ατομικών προσπαθειών,

αυτός ο συνδυασμός εφευρετικότητας και επιχειρηματικού πνεύματος προωθεί την ευρύτερη ιστορία της κοινωνικής πρόοδου και της οικονομικής αλλαγής [119].

1.3.3 Συμπεράσματα των Αποτελεσμάτων της 3^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης

Λαμβάνοντας υπόψιν τα υπάρχοντα αλλά και τα συνεχώς ανανεωμένα γεγονότα που αφορούν την ανάπτυξη της τεχνολογίας κατά την περίοδο της 3^{ης} Β.Ε., κατανοούμε την πλήρη διαφοροποιημένη από τις υπόλοιπες βιομηχανικές επαναστάσεις πρόοδο.

Σε κοινωνικό επίπεδο οι συνθήκες εργασίας και οι απολαβές (μισθολογικές και διαβίωσης) σημείωσαν τεράστια πρόοδο, ενώ ταυτοχρόνως σημειώθηκε μεγάλη ευαισθητοποίηση στον περιβαλλοντικό τομέα.

Φυσικά, υπάρχουν πάντοτε μεγάλα περιθώρια βελτίωσης όλων των παραπάνω εξελισσόμενων γεγονότων, αξίζει όμως να αναγνωριστεί η πλήρης ανάπτυξη σε τομείς κοινωνικού, οικονομικού και πολιτικού επιπέδου.

Η τεράστια πρόοδος που έχει σημειώσει το τεχνολογικό επίπεδο σε παγκόσμια κλίμακα, έχει βέβαια σημάνει και «καμπανάκια κινδύνου», όσον αφορά την συνεχώς εξελισσόμενη αυτοματοποίηση σε πολλούς τομείς. Δεν αποτελεί σπάνιο φαινόμενο η αναφορά σε φοβίες που διακατέχουν τους πολίτες, οι οποίοι παρατηρώντας τα τεράστια προδιαγραφών αυτοματοποιημένα συστήματα, εξετάζουν ενδεχόμενα ανεργίας και κάλυψης θέσεων εργασίας από αυτά.

Βέβαια, οι μεγαλύτερες αναφορές σε τέτοια ζητήματα, αφορούν άτομα του λεγόμενου ψηφιακού χάσματος. Σε καμία περίπτωση, τα ρομποτικά και αυτοματοποιημένα συστήματα, τουλάχιστον για τεράστιο χρονικό διάστημα, δε θα μπορέσουν να αντικαταστήσουν την ανθρώπινη παρέμβαση, σε βαθμό τέτοιο ώστε να μην απαιτείται κάποιος χειριστής. Όπως και σε προηγούμενες Β.Ε., οι άνθρωποι θα εναρμονιστούν με τέτοιου είδους συστήματα, θα εκπαιδευτούν με βάση αυτά, ώστε το αντίκτυπο να παραμείνει αποκλειστικά βοηθητικού επιπέδου. Στην παρούσα χρονική περίοδο, δεν υπάρχει καμία είδους ένδειξη πλήρους κάλυψης θέσης εργασίας, παρά μόνο αξιοποίηση των τεχνολογιών ως υποβοήθηση στις δύσκολες, χειρωνακτικές, κοπιαστικές και πλήρως χρονοβόρες διαδικασίες.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
4^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

4^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Επαναπροσδιορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο ζούμε, εργαζόμαστε και αλληλεπιδρούμε μεταξύ μας, η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση είναι μια περίοδος αλλαγής παραδείγματος που ορίζεται από τη σύγκλιση των ψηφιακών τεχνολογιών, της τεχνητής νοημοσύνης και των φυσικών συστημάτων. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι μια σύγκλιση τεχνολογιών που καταργεί τις διακρίσεις μεταξύ του ψηφιακού, του βιολογικού και του φυσικού τομέα, βασιζόμενη στα θεμέλια των τριών προηγούμενων βιομηχανικών επαναστάσεων.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), η ανάλυση μεγάλων δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη (AI), η ρομποτική και τα προηγμένα υλικά είναι οι βασικές τεχνολογίες που οδηγούν την 4^η Β.Ε.. Αυτές οι καινοτομίες όχι μόνο επιταχύνουν τον ρυθμό των αλλαγών αλλά και μεγεθύνουν η μία την άλλη με τρόπους που δεν ήταν προηγουμένως νοητοί [120]. Μια νέα εποχή αυτόνομης λειτουργίας έξυπνων συστημάτων εγκαινιάζεται από την ικανότητα των μηχανών για επικοινωνία, ανάλυση δεδομένων και λήψη αποφάσεων. Αυτό θα οδηγήσει σε πρωτόγνωρα επίπεδα παραγωγικότητας και αποδοτικότητας. Η ιδέα της συνδεσιμότητας είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της 4^{ης} Β.Ε.. Ένα τεράστιο και πολύπλοκο δίκτυο αναπτύσσεται ως αποτέλεσμα της ευρείας χρήσης συνδεδεμένων συστημάτων και συσκευών, δημιουργώντας αυτό που συχνά αναφέρεται ως "έξυπνος κόσμος".

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση μεταμορφώνει εξίσου τις βιομηχανίες και τις κοινωνίες, από τα έξυπνα εργοστάσια που μετασχηματίζουν τις διαδικασίες παραγωγής μέχρι τις έξυπνες πόλεις που βελτιστοποιούν τη διαχείριση των πόρων [120].

Ωστόσο, υπάρχουν εμπόδια στο μετασχηματιστικό δυναμικό της 4^{ης} Β.Ε.. Η αυξανόμενη ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών στην καθημερινή ζωή εγείρει μια σειρά ζητημάτων που πρέπει να αντιμετωπίσει η κοινωνία, συμπεριλαμβανομένων των ανησυχιών για την προστασία της ιδιωτικής ζωής, των ηθικών προβληματισμών και της πιθανότητας εκτόπισης θέσεων εργασίας.

Για να εξασφαλιστεί η δίκαιη κατανομή των πλεονεκτημάτων της τεράστιας αυτής τεχνολογικής εξέλιξης, η πλοήγηση σε αυτό το νέο σύνορο απαιτεί την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ καινοτομίας και υπεύθυνης διακυβέρνησης [121].

Σε αυτό το διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον, η 4^η Β.Ε. έχει τη δυνατότητα να ανοίξει προηγουμένως ανήκουστες πόρτες για την πρόοδο, τη δημιουργικότητα και την ανθρώπινη ευημερία. Καθώς πλησιάζουμε στην κορύφωση αυτής της τεχνολογικής επανάστασης, είναι ζωτικής σημασίας να κατανοήσουμε τις επιπτώσεις της και να αξιοποιήσουμε πλήρως τις δυνατότητές της, προκειμένου να δημιουργήσουμε ένα ευημερούν και χωρίς αποκλεισμούς μέλλον.

Στο παρόν σημείο της εργασίας, θα αναφερθούμε στις σημαντικότερες ανακαλύψεις και τεχνολογικές εξελίξεις που διαδραματίζουν την περίοδο της 4^{ης} Β.Ε. καθώς και τις κοινωνικοπολιτικές και οικονομικές επιπτώσεις που θα χρειαστούν άμεσης επίλυσης [121].

2.1 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

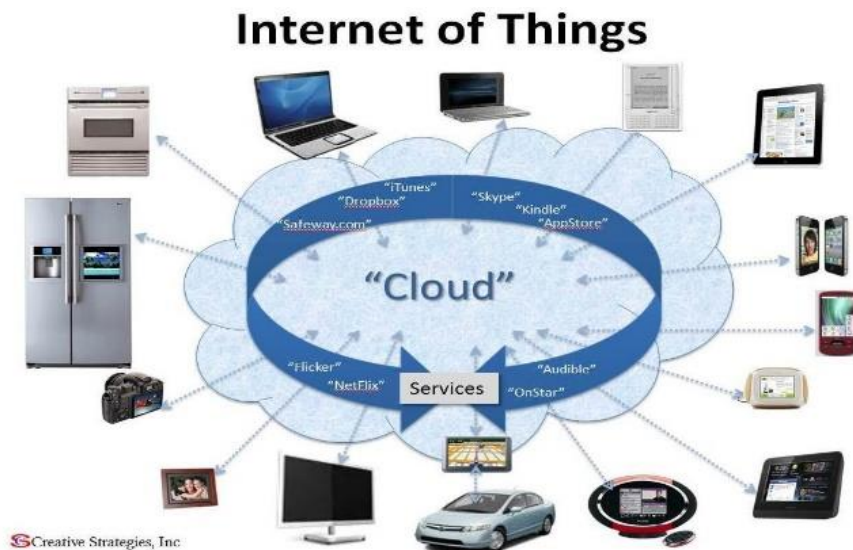
Όπως προαναφέρθηκε στο εισαγωγικό τμήμα του 2^{ου} Κεφαλαίου της εργασίας, οι ανακαλύψεις που σημάδεψαν την εισαγωγή μίας νέας Β.Ε., αποτελούν τα θεμέλια για την πλήρη αλλαγή σε πολλαπλούς τομείς της καθημερινότητας των ανθρώπων. Στο παρόν σημείο θα αναφερθούμε στις σημαντικότερες ανακαλύψεις αλλά και εξελίξεις στον τεχνολογικό τομέα στην αναμενόμενη χρονικά 4^η Β.Ε..

2.1.1 Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)

Στο πλαίσιο της σύγχρονης τεχνολογίας, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι μια επαναστατική δύναμη που δημιουργεί έναν ιστό συνδεσιμότητας που υπερβαίνει κατά πολύ τα παραδοσιακά κανάλια επικοινωνίας. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι ουσιαστικά ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων συσκευών, από κοινά αντικείμενα έως πολύπλοκα μηχανήματα, τα οποία είναι ικανά να μοιράζονται και να επικοινωνούν απρόσκοπτα δεδομένα.

Η έλευση της διασυνδεσιμότητας σηματοδοτεί μια αλλαγή στην κατανόηση του κόσμου και στις αλληλεπιδράσεις μας με αυτόν, φέρνοντας μαζί της πρωτοφανείς ευκαιρίες αλλά και δυσκολίες [122]. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει τις ρίζες του στη σύγκλιση της μικροσκοπικοποίησης, της αυξανόμενης επικράτησης των αισθητήρων και της εξέλιξης της τεχνολογίας επικοινωνιών. Αυτά τα στοιχεία συνδυάστηκαν για να σχηματίσουν ένα δίκτυο που επέτρεπε σε συνηθισμένες και εξελιγμένες συσκευές να αλληλεπιδρούν έξυπνα.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από την τεχνολογία που φοριέται και τις οικιακές συσκευές μέχρι τα βιομηχανικά μηχανήματα και τις αστικές υποδομές, οι οποίες συμβάλλουν σε ένα πιο ευέλικτο και δικτυωμένο περιβάλλον [122].



Εικόνα 77 Επεξηγηματική εικόνα για την τεράστια απήχηση του IoT σε πολλαπλούς τομείς - Science Direct.com

Η ικανότητα του Διαδικτύου των πραγμάτων να προσδίδει νοημοσύνη σε άψυχα αντικείμενα είναι ένα από τα χαρακτηριστικά του. Τα μέχρι πρότινος παθητικά καθημερινά αντικείμενα έχουν πλέον την ικανότητα να αντιλαμβάνονται και να αντιδρούν στο περιβάλλον τους. Ως απλοποιημένο παράδειγμα, θέτουμε έναν έξυπνο θερμοστάτη που μεγιστοποιεί την ενεργειακή απόδοση και βελτιώνει την άνεση μαθαίνοντας και προσαρμοζόμενος στις προτιμήσεις του χρήστη.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων αλλάζει τα δεδομένα στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Τα wearables με αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν ζωτικά σημεία και μετρήσεις υγείας σε πραγματικό χρόνο, δίνοντας στους χρήστες και τους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα μια λεπτομερή εικόνα της κατάστασης του ασθενούς. Αυτή η συνεχής ροή πληροφοριών διευκολύνει τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων υγείας, τη δημιουργία προσαρμοσμένων θεραπευτικών προγραμμάτων και την προληπτική περίθαλψη - αλλάζοντας ουσιαστικά το παράδειγμα της υγειονομικής περίθαλψης από αντιδραστικό σε προληπτικό [122].

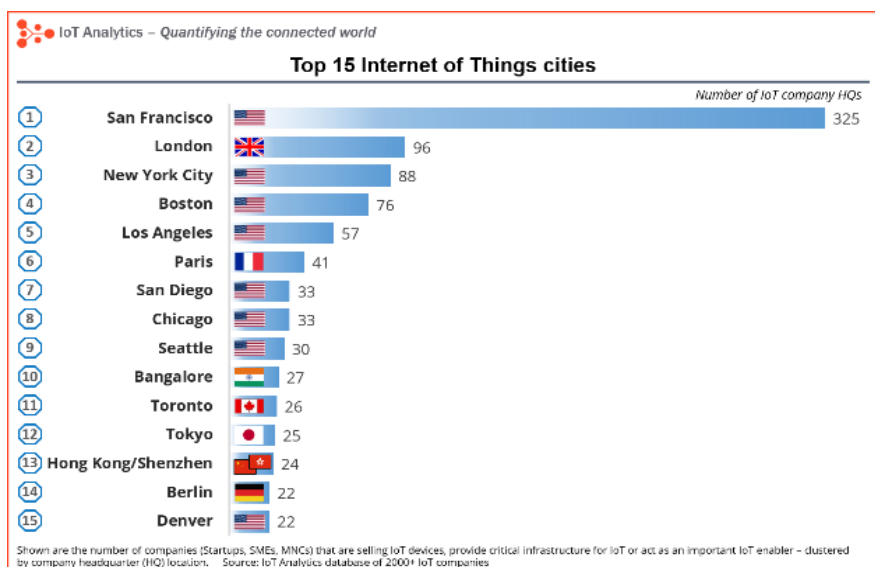
Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT έχει οδηγήσει σε μεταμόρφωση και στο βιομηχανικό τομέα. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και η βελτιστοποίηση των διαδικασιών

παραγωγής καθίστανται δυνατές από τα έξυπνα εργοστάσια, τα οποία χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο των πραγμάτων για τη δημιουργία ενός διασυνδεδεμένου δικτύου μηχανών. Αυτό αυξάνει την παραγωγικότητα και ανοίγει την πόρτα για προληπτική συντήρηση, η οποία μειώνει τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων δύναται να μετασχηματίσει τις βιομηχανίες από ένα αντιδραστικό σε ένα προληπτικό επιχειρησιακό μοντέλο [123].

Οι πόλεις μετατρέπονται σε έξυπνα οικοσυστήματα και το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι απαραίτητο για τη μεγιστοποίηση των υπηρεσιών και των υποδομών που είναι διαθέσιμες σε αυτές. Για παράδειγμα, τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες χρησιμοποιούνται από έξυπνα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας για τη δυναμική τροποποίηση της ροής της κυκλοφορίας, μειώνοντας έτσι τη συμφόρηση και αυξάνοντας τη συνολική αποδοτικότητα των μεταφορών.

Οι αισθητήρες που παρακολουθούν τα επίπεδα πλήρωσης των κάδων, βελτιστοποιούν τις διαδρομές συλλογής και μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις βοηθούν τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων προσφέρει ένα σχέδιο για τη δημιουργία ευφών, ανθεκτικών και βιώσιμων πόλεων που μπορούν να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των πολιτών τους, καθώς η αστικοποίηση επιταχύνει διαρκώς. Ωστόσο, η διάδοση του IoT δεν είναι χωρίς δυσκολίες. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που παράγεται από τις δικτυωμένες συσκευές δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα.



Εικόνα 78 Διάγραμμα Απεικόνισης των συγκριτικά ισχυρότερων πόλεων - Διασύνδεση πολλαπλών τομέων και συσκευών σε IoT

Καθώς όλο και περισσότερες πτυχές της ζωής μας ψηφιοποιούνται, η προστασία των προσωπικών δεδομένων καθίσταται κρίσιμη. Στην εποχή του IoT, η κοινωνία αντιμετωπίζει την πρόκληση της εύρεσης μιας ευαίσθητης ισορροπίας μεταξύ των πλεονεκτημάτων της διορατικότητας των δεδομένων και της προστασίας της ιδιωτικής ζωής των ατόμων [123].

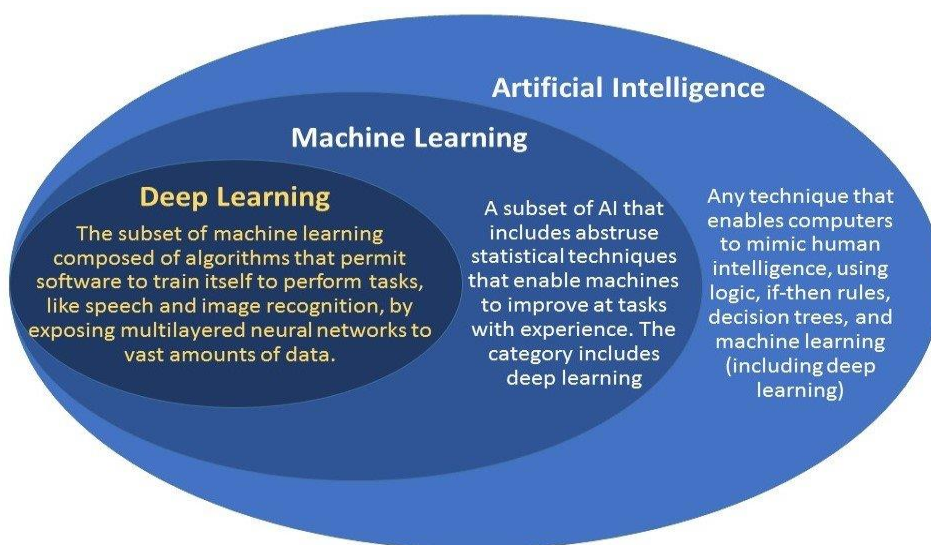
Επιπλέον, η πολυπλοκότητα των διασυνδεδεμένων συστημάτων εισάγει νέα τρωτά σημεία. Οι απειλές για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο είναι σοβαρές λόγω των πιθανών αδυναμιών στα δίκτυα που μπορούν να αξιοποιηθούν από εχθρικούς φορείς, θέτοντας σε κίνδυνο ζωτικές υποδομές, την ιδιωτική ζωή των ατόμων και την ακεραιότητα των δεδομένων. Τα ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας και τα κανονιστικά πλαίσια είναι απαραίτητα για τον μετριασμό των κινδύνων που συνδέονται με την επέκταση του Διαδικτύου των πραγμάτων και για την εξασφάλιση της υπεύθυνης ανάπτυξης και διάδοσης αυτών των τεχνολογιών [123].

2.1.2 Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση

Οι ακρογωνιαίοι λίθοι μιας τεχνολογικής επανάστασης που αναδιαμορφώνει τις οικονομίες, τους κατασκευαστικούς κλάδους και τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις είναι η μηχανική μάθηση και η τεχνητή νοημοσύνη (AI) [125]. Αυτοί οι συναφείς τομείς, που μερικές φορές χρησιμοποιούνται συνώνυμα αλλά έχουν διαφορετικές χρήσεις, σηματοδοτούν μια σημαντική πρόοδο στην προσπάθειά μας να δώσουμε στις μηχανές την ικανότητα να μιμούνται και, σε ορισμένες περιπτώσεις, να υπερβαίνουν την ανθρώπινη νοημοσύνη. Ο στόχος της δημιουργίας μηχανών με λογική, ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και μάθησης βάσει εμπειρίας βρίσκεται στον πυρήνα της τεχνητής νοημοσύνης.

Πρόκειται για μια ιδέα που έχει τραβήξει την προσοχή των ανθρώπων εδώ και πολλά χρόνια και έχει εξερευνηθεί στην επιστημονική φαντασία πολύ πριν υλοποιηθεί στην πραγματική ζωή. Τα σύνολα δεδομένων μεγάλης κλίμακας, οι εξελιγμένοι αλγόριθμοι και οι σημαντικές εξελίξεις στην υπολογιστική ισχύ έχουν συμβάλει στη μετάβαση από την επιστημονική φαντασία στις πραγματικές εφαρμογές [125]. Η επίτευξη αυτού του στόχου αποδεικνύεται από τη μηχανική μάθηση, ένα υποσύνολο της τεχνητής νοημοσύνης. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης επιτρέπουν στα συστήματα να μαθαίνουν μοτίβα και να κάνουν προβλέψεις ή αποφάσεις με βάση τα δεδομένα, αντί να απαιτούν ρητό προγραμματισμό. Επειδή αυτή η διαδικασία μάθησης είναι επαναληπτική, οι μηχανές είναι σε θέση να μαθαίνουν νέες πληροφορίες και να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες με την πάροδο του χρόνου, βελτιώνοντας την απόδοσή τους [126].

Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση έχουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που καλύπτουν όλους τους κλάδους και αγγίζουν πολλές πτυχές της καθημερινής ζωής. Η τεχνητή νοημοσύνη μεταμορφώνει τη διάγνωση και τον προγραμματισμό της θεραπείας στον ιατρικό τομέα, χρησιμοποιώντας μεγάλα σύνολα δεδομένων για την εύρεση μοτίβων που υποδηλώνουν ασθένειες, την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων των ασθενών και την υποβολή εξατομικευμένων σχεδίων θεραπείας. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός της τεχνητής νοημοσύνης και της ιατρικής απεικόνισης βελτιώνει τη διαγνωστική ακρίβεια, επιτρέποντας στους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου να παρέχουν πιο αποτελεσματικές θεραπευτικές μεθόδους και λύσεις [126].

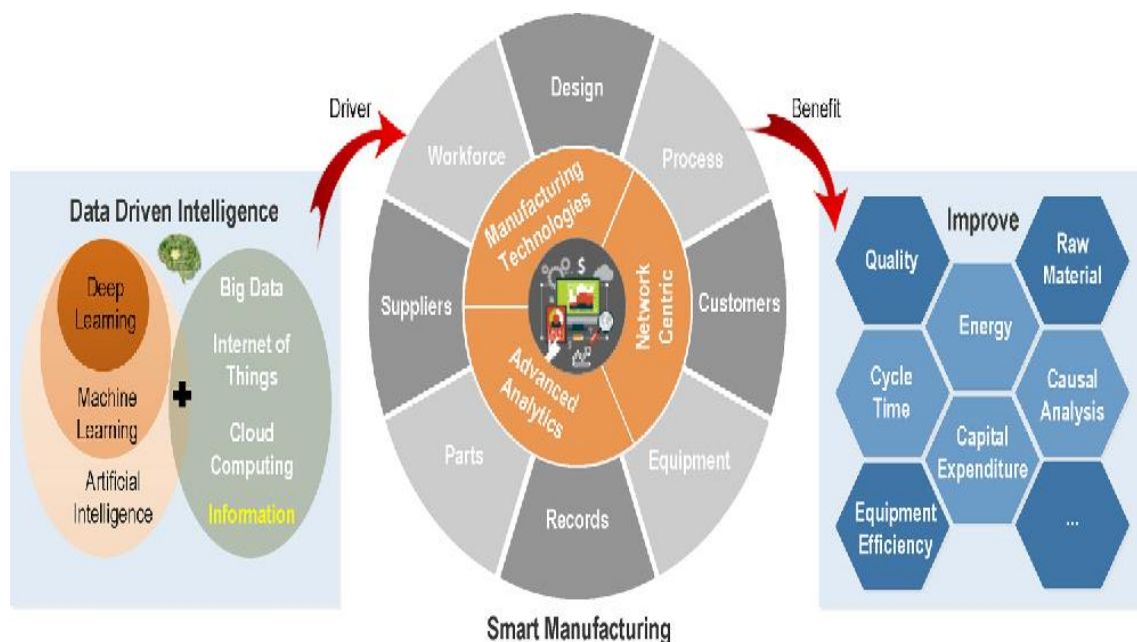


Εικόνα 79 Εικόνα διαφοροποίησης των εννοιών της τεχνητής νοημοσύνης, της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης - Παρατηρούμε τα υποσύνολα - Science Direct.com

Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης (AI) χρησιμοποιούνται στα χρηματοοικονομικά για την ανάλυση των τάσεων της αγοράς, την αξιολόγηση του κινδύνου και την εκτέλεση συναλλαγών με ταχύτητα και ακρίβεια που δεν έχει παρατηρηθεί ποτέ πριν. Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα είναι καλύτερα εξοπλισμένα για τη μείωση των κινδύνων, τη βελτιστοποίηση των επενδυτικών χαρτοφυλακίων και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων όταν μπορούν να επεξεργάζονται τεράστιους όγκους οικονομικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Το χρηματοπιστωτικό τοπίο έχει αλλάξει λόγω της ικανότητας της τεχνητής νοημοσύνης να εκτελεί προγνωστικές αναλύσεις, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή αλγοριθμικών συναλλαγών και εξατομικευμένων χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών. Στον τομέα της μεταποίησης, όπου η αυτοματοποίηση και η προληπτική συντήρηση αποτελούν πλέον βασικά στοιχεία των

σύγχρονων διαδικασιών παραγωγής, η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση έχουν βαθύτατο αντίκτυπο.



Εικόνα 80 Εικόνα έξυπνου εργοστασίου με συστήματα τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης - Science Direct.com

Τα ρομπότ που λειτουργούν με τεχνητή νοημοσύνη και έχουν δυνατότητες μηχανικής μάθησης μπορούν να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες, να αποκτούν γνώση από τα λάθη του παρελθόντος και να εξορθολογίζουν τις διαδικασίες παραγωγής. Αυτό βελτιώνει την παραγωγικότητα και προωθεί την ανάπτυξη έξυπνων εργοστασίων που είναι σε θέση να λαμβάνουν μόνοι τους αποφάσεις.

Τα chatbots και οι εικονικοί βοηθοί που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) φέρνουν επανάσταση στην εξυπηρέτηση πελατών, αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο οι εταιρείες επικοινωνούν με τους πελάτες. Αυτά τα έξυπνα συστήματα είναι σε θέση να κατανοούν τη φυσική γλώσσα, να αποκρυπτογραφούν τα ερωτήματα των χρηστών και να παρέχουν σχετικά δεδομένα ή υποστήριξη. Κατά συνέπεια, οι εταιρείες είναι σε θέση να παρέχουν εξατομικευμένη και άμεση εξυπηρέτηση πελατών, ενθαρρύνοντας την ικανοποίηση και την αφοσίωση. Υπάρχουν όμως κοινωνικές και ηθικές προεκτάσεις στην ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης.

Η μεροληψία και η δικαιοσύνη αποτελούν ζητήματα όταν οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων, ιδίως σε τομείς όπως η ποινική δικαιοσύνη, ο δανεισμός και η απασχόληση.

Ορισμένα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, τα οποία μερικές φορές είναι γνωστά ως "μαύρα κουτιά", είναι αδιαφανή, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον εντοπισμό και τη μείωση της αλγοριθμικής προκατάληψης. Αυτό απαιτεί μια προσεκτική εξισορρόπηση μεταξύ καινοτομίας και ηθικής [126].

Η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης έχει επίσης προκαλέσει συζητήσεις σχετικά με τη φύση της εργασίας στο μέλλον. Αν και η τεχνητή νοημοσύνη ενισχύει τις ανθρώπινες ικανότητες και αυτοματοποιεί τις επαναλαμβανόμενες εργασίες, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την εκτόπιση θέσεων εργασίας και την ανάγκη επανεκπαίδευσης του εργατικού δυναμικού. Για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και την κοινωνία γενικότερα, η εξεύρεση μιας ισορροπίας μεταξύ των κερδών αποδοτικότητας που επιφέρει η τεχνητή νοημοσύνη και των πιθανών κοινωνικοοικονομικών προκλήσεων που θέτει είναι ζωτικής σημασίας [126].

2.1.3 Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων – Big Data Analytics

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της ψηφιακής εποχής είναι η ανάλυση μεγάλων δεδομένων, η οποία έχει αλλάξει εντελώς τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν και εξάγουν αξία από τις τεράστιες ποσότητες δεδομένων που δημιουργούνται στην παγκοσμιοποιημένη κοινωνία μας [126].



Εικόνα 81 Επεξηγηματική εικόνα ανάλυσης Big Data σε επίπεδο πόλης - Science Direct.com

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων είναι ουσιαστικά η συνάντηση προηγμένων αναλύσεων, δεδομένων και τεχνολογίας για την προώθηση της καινοτομίας σε διάφορους κλάδους, τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών. Η εισαγωγή

των μεγάλων δεδομένων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξάπλωση των ψηφιακών τεχνολογιών, οι οποίες παρήγαγαν έναν άνευ προηγουμένου όγκο δεδομένων [126].

Η ανάλυση δεδομένων πρέπει να αλλάξει το παράδειγμά της λόγω της τεράστιας ποσότητας, της ταχύτητας και της ποικιλίας των δεδομένων που παράγονται από διάφορες πηγές, όπως τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, οι αισθητήρες και τα αρχεία συναλλαγών. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, η οποία παρέχει τη δυνατότητα επεξεργασίας και εξαγωγής γνώσης από εξαιρετικά μεγάλα και πολύπλοκα σύνολα δεδομένων. Η ικανότητα της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων να βρίσκει μοτίβα, συσχετίσεις και τάσεις που μπορεί να διαφεύγουν της προσοχής των πιο συμβατικών αναλυτικών τεχνικών είναι ένα από τα διακριτικά χαρακτηριστικά της [126]. Ο μεγάλος όγκος και η ποικιλομορφία των σύγχρονων δεδομένων αποδείχθηκε υπερβολικός για τις συμβατικές προσεγγίσεις, οι οποίες ήταν κατασκευασμένες για μικρότερα, πιο δομημένα σύνολα δεδομένων.

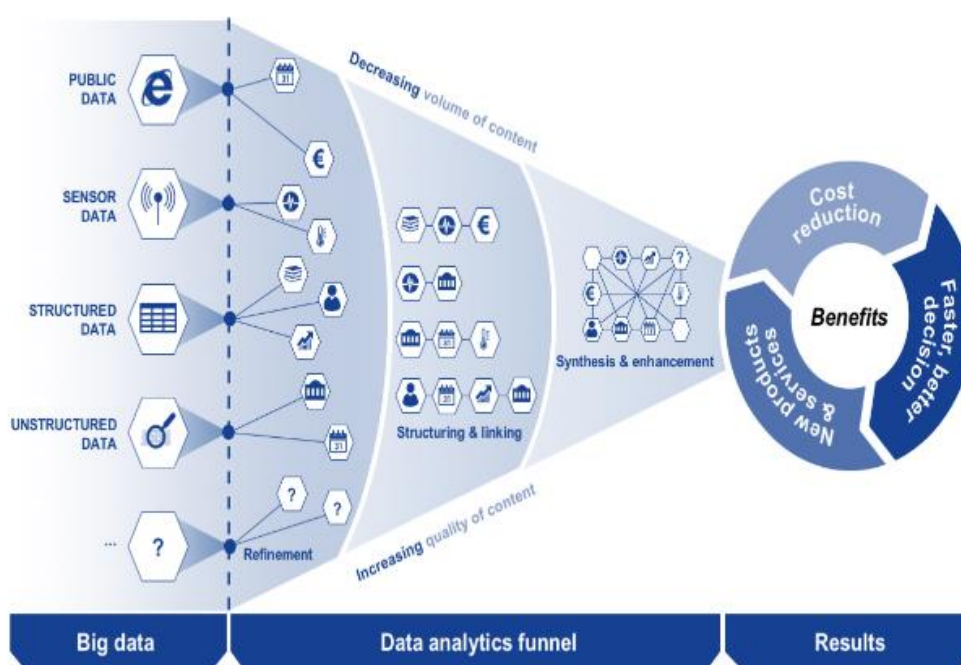
Από την άλλη πλευρά, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων κάνει χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων και υπολογιστικής ισχύος για τον εντοπισμό μοτίβων στο θόρυβο και την αποκάλυψη πληροφοριών που μπορούν να καθοδηγήσουν τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων [127].

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων μεταμορφώνει τα προγράμματα δημόσιας υγείας, την έρευνα και τη φροντίδα των ασθενών στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Οι εργαζόμενοι στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να βρουν μοτίβα που καθοδηγούν τη διάγνωση και τα σχέδια θεραπείας εξετάζοντας τεράστια σύνολα δεδομένων, όπως γενετικά δεδομένα, ηλεκτρονικά αρχεία υγείας και αποτελέσματα ασθενών. Η εξατομικευμένη ιατρική καθίσταται δυνατή χάρη σε αυτή τη στρατηγική που βασίζεται στα δεδομένα, η οποία επιτρέπει στους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου να προσαρμόζουν τις παρεμβάσεις για συγκεκριμένους ασθενείς σύμφωνα με την ατομική γενετική τους σύνθεση και το ιατρικό τους ιστορικό.

Η χρήση της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων έχει επίσης οδηγήσει σε σημαντικό μετασχηματισμό του επιχειρηματικού περιβάλλοντος [127]. Οι επιχειρήσεις όλων των κλάδων χρησιμοποιούν τις αναλύσεις για να κατανοήσουν καλύτερα τη συμπεριφορά των καταναλωτών, τις προτιμήσεις και τις τάσεις της αγοράς. Αυτή η γνώση, η οποία προέρχεται από την ανάλυση ποικίλων πηγών δεδομένων, επηρεάζει την καινοτομία προϊόντων, βελτιώνει την εμπειρία των πελατών και καθοδηγεί στοχευμένες στρατηγικές μάρκετινγκ.

Σε μια αγορά που μεταβάλλεται συνεχώς, η ικανότητα χρήσης των δεδομένων ως στρατηγικό πλεονέκτημα έχει μετατραπεί σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Η εφαρμογή της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων έχει προκαλέσει αλλαγή παραδείγματος στον χρηματοπιστωτικό κλάδο. Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα αξιολογούν τον πιστωτικό κίνδυνο, εντοπίζουν δόλιες δραστηριότητες και διαχειρίζονται επενδυτικά χαρτοφυλάκια αναλύοντας μεγάλα σύνολα δεδομένων. Τα χρηματοπιστωτικά συστήματα είναι πιο σταθερά και αποτελεσματικά όταν οι αποφάσεις λαμβάνονται πιο γρήγορα και έξυπνα χάρη στην ανάλυση σε πραγματικό χρόνο. Η διαχείριση κινδύνων και η κανονιστική συμμόρφωση εξαρτώνται πλέον σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα πλοήγησης και εξαγωγής συμπερασμάτων από την πολυπλοκότητα των χρηματοοικονομικών δεδομένων [127].



Εικόνα 82 Απεικόνιση δικτύου διαχείρισης όγκου δεδομένων μέσω Big Data
Science Direct.com

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων έχει τεράστιες δυνατότητες, αλλά δεν είναι χωρίς τις δυσκολίες της. Τα ηθικά ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια των δεδομένων, την προστασία της ιδιωτικής ζωής και την υπεύθυνη χρήση έχουν βρεθεί στο επίκεντρο. Τα ισχυρά πλαίσια διακυβέρνησης δεδομένων και τα ηθικά πρότυπα καθίστανται όλο και πιο αναγκαία, καθώς οι επιχειρήσεις συγκεντρώνουν και εξετάζουν τεράστιες ποσότητες ευαίσθητων δεδομένων, προκειμένου να εγγυηθούν τη δεοντολογική και ανοικτή χρήση των δεδομένων. Επιπλέον, οι επιχειρήσεις πρέπει να επενδύσουν σε κλιμακούμενες υποδομές και

προσωπικό με εξειδικευμένες δεξιότητες λόγω των τεχνικών προκλήσεων που συνεπάγεται η διαχείριση και επεξεργασία μεγάλων συνόλων δεδομένων.

Η έλλειψη ικανών εμπειρογνομόνων στον τομέα της επιστήμης των δεδομένων και της ανάλυσης αποτελεί ένα αξιοσημείωτο εμπόδιο, υπογραμμίζοντας την αναγκαιότητα εκπαιδευτικών εκστρατειών και μαθημάτων κατάρτισης για την ανάπτυξη ενός εργατικού δυναμικού ικανού στη χρήση των μεγάλων δεδομένων [127].

2.1.4 Τρισδιάστατοι Σαρωτές – 3D Scanners

Οι τρισδιάστατοι (3D) σαρωτές φέρνουν επανάσταση σε πολλούς κλάδους και εφαρμογές ως μετασχηματιστικά εργαλεία. Αυτές οι συσκευές, οι οποίες συχνά διαθέτουν τεχνολογίες αισθητήρων αιχμής, καθίστανται απαραίτητες για την καταγραφή των λεπτών λεπτομερειών των αντικειμένων και των ρυθμίσεων του πραγματικού κόσμου και επιτρέπουν την ομαλή μετάβαση από τον πραγματικό κόσμο στον εικονικό [128].

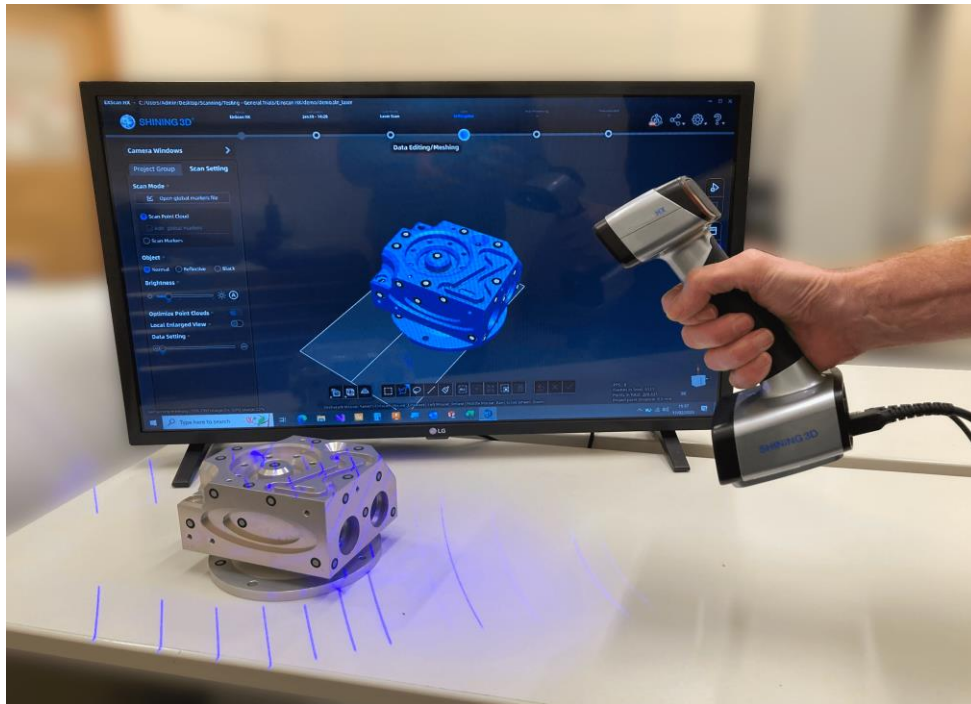
Σε γενικό πλαίσιο, οι τρισδιάστατοι σαρωτές χρησιμοποιούν μια ποικιλία τεχνολογιών για την ακριβή καταγραφή της γεωμετρίας και της εμφάνισης ενός αντικείμενου. Μία από τις κύριες τεχνικές χρησιμοποιεί την τεχνολογία λέιζερ, στην οποία οι αισθητήρες αναλύουν το ανακλώμενο φως για να παράγουν μια λεπτομερή τρισδιάστατη αναπαράσταση του αντικείμενου, αφού τα λέιζερ εκπέμπουν δομημένα μοτίβα φωτός πάνω του.

Η χρήση καμερών αντίχενυσης βάθους, οι οποίες μετρούν το χρόνο που χρειάζεται το υπέρυθρο φως για να ταξιδέψει από και προς ένα αντικείμενο, είναι μια άλλη δημοφιλής μέθοδος για την απόκτηση χωρικών πληροφοριών σχετικά με αυτό [128].

Οι τρισδιάστατοι σαρωτές αποτελούν πλέον απαραίτητα εργαλεία για τις διαδικασίες διασφάλισης ποιότητας και επιθεώρησης στη βιομηχανία παραγωγής. Αυτοί οι σαρωτές διασφαλίζουν ότι τα κατασκευασμένα εξαρτήματα πληρούν τις αυστηρές προδιαγραφές σχεδιασμού, μετρώντας με ακρίβεια τις επιφάνειες τους και δημιουργώντας προφίλ. Αυτό μειώνει την πιθανότητα σφαλμάτων, ενώ παράλληλα βελτιώνει τη διαδικασία παραγωγής στο σύνολό της, αυξάνοντας την παραγωγή και μειώνοντας το κόστος. Επιπλέον, οι τρισδιάστατοι σαρωτές έχουν αλλάξει εντελώς τον κύκλο ζωής της ανάπτυξης προϊόντων, υπερβαίνοντας τον έλεγχο ποιότητας.

Οι επαναληπτικοί κύκλοι δοκιμής και λάθους αποτελούν κοινό χαρακτηριστικό των παραδοσιακών τεχνικών πρωτοτυποποίησης, οι οποίες μπορεί να είναι χρονοβόρες και να

απαιτούν πόρους. Αλλά τώρα που υπάρχει η τεχνολογία τρισδιάστατης σάρωσης, οι σχεδιαστές μπορούν να σαρώνουν γρήγορα πραγματικά πρωτότυπα και να τα μετατρέπουν σε ακριβή ψηφιακά μοντέλα. Αυτό βοηθά στη γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων και επιταχύνει τη διαδικασία σχεδιασμού, γεγονός που βοηθά τους κατασκευαστές να λανσάρουν νέα προϊόντα ταχύτερα [129].



Εικόνα 83 Αυτοματοποιημένη διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατου μοντέλου CAD μέσω σάρωσης - *Science Direct.com*

Πέρα από το σχεδιασμό και την κατασκευή, οι τρισδιάστατοι σαρωτές ενσωματώνονται στο βιομηχανικό περιβάλλον. Η αντίστροφη μηχανική είναι μια κρίσιμη διαδικασία για τις βιομηχανίες που ανακαινίζουν ή επανασχεδιάζουν τα υπάρχοντα εξαρτήματα, και αυτοί οι σαρωτές βρίσκουν χρήση σε αυτόν τον τομέα. Επιτρέπουν στους μηχανικούς να αντιγράψουν και να βελτιώνουν τα παλαιά εξαρτήματα καταγράφοντας τις μικρολεπτομέρειες τους, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των ζωτικών μηχανημάτων και του εξοπλισμού.

Οι τρισδιάστατοι σαρωτές είναι απαραίτητοι για τη συντήρηση και την επισκευή μηχανημάτων, διότι συμβάλλουν στη διασφάλιση της καλύτερης δυνατής λειτουργίας τους. Οι ομάδες συντήρησης μπορούν να αξιολογούν με ακρίβεια τη φθορά, να εντοπίζουν πιθανά σημεία αστοχίας και να σχεδιάζουν στρατηγικές προληπτικής συντήρησης δημιουργώντας λεπτομερή ψηφιακά μοντέλα μηχανημάτων και εξαρτημάτων [129]. Αυτή η προληπτική στρατηγική μειώνει το κόστος συντήρησης, ελαχιστοποιεί το χρόνο διακοπής λειτουργίας και βελτιώνει τη συνολική αξιοπιστία των βιομηχανικών διεργασιών.

Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας τρισδιάστατης σάρωσης φτάνουν επίσης στον τομέα του σχεδιασμού της διάταξης των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και της χωρικής ανάλυσης. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές μπορούν να βελτιστοποιήσουν την αποδοτικότητα της ροής εργασιών, να εγγυηθούν την καλύτερη δυνατή χρήση του διαθέσιμου χώρου και να βελτιστοποιήσουν τις διατάξεις των ορόφων με τη σάρωση και την ψηφιοποίηση των υφιστάμενων δομών και περιβαλλόντων.

Αυτός ο βαθμός ακρίβειας στο χωροταξικό σχεδιασμό είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τους τομείς της οικονομίας όπου η βελτιστοποιημένη χωροταξική διεύθυνση οδηγεί σε πιο παραγωγική χρήση του χώρου. Μια νέα εποχή δημιουργικότητας και αποτελεσματικότητας στον τομέα της προσθετικής κατασκευής έχει επέλθει με τον συνδυασμό των τρισδιάστατων σαρωτών και της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Με τις εξελιγμένες τεχνολογίες ανίχνευσης που διαθέτουν, οι τρισδιάστατοι σαρωτές επιτρέπουν την άψογη συγχώνευση του πραγματικού και του εικονικού κόσμου, αποτυπώνοντας ελάχιστες λεπτομέρειες πραγματικών αντικειμένων. Αυτή η ικανότητα ταιριάζει ιδανικά στον τομέα της τρισδιάστατης εκτύπωσης, όπου ο κύριος στόχος είναι η μετατροπή ψηφιακών σχεδίων σε πραγματικά, απτά αντικείμενα. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ψηφιοποίηση αντικειμένων και περιβαλλόντων του πραγματικού κόσμου, όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη εκτύπωση.



Εικόνα 84 Από την τρισδιάστατη σάρωση στην τρισδιάστατη εκτύπωση *Science Direct.com*

Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητο να αναπαραχθούν ή να τροποποιηθούν φυσικά αντικείμενα. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές χρησιμεύουν ως σημείο εκκίνησης για την τρισδιάστατη εκτύπωση, επιτρέποντας την απaráμιλλη ακρίβεια της

αναπαράστασης λεπτών λεπτομερειών με τη σάρωση πραγματικών αντικειμένων και τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων. Οι τομείς που επωφελούνται περισσότερο από το συνδυασμό των τρισδιάστατων σαρωτών και της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι ο σχεδιασμός προϊόντων και η κατασκευή πρωτοτύπων.

Οι σχεδιαστές μπορούν να σαρώσουν φυσικά πρωτότυπα ή υπάρχοντα αντικείμενα με τρισδιάστατους σαρωτές για να τα μετατρέψουν σε ψηφιακά μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την τρισδιάστατη εκτύπωση. Αυτή η απλοποιημένη διαδικασία επιταχύνει το στάδιο της δημιουργίας πρωτοτύπων, επιτρέποντας γρήγορες επαναλήψεις και βελτιώσεις του σχεδιασμού χωρίς να απαιτείται σημαντικός επανασχεδιασμός ή χειροκίνητη εισαγωγή. Η μέθοδος αυτή, αποτελεί το σημείο αιχμής της τεχνολογικής εξέλιξης του σχεδιασμού, τη μετάβαση δηλαδή σε ένα ανώτερο στάδιο του CAD [129].

Επιπλέον, οι τρισδιάστατοι σαρωτές είναι απαραίτητοι για την προσαρμογή των αντικειμένων που εκτυπώνονται τρισδιάστατα. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές επιτρέπουν την ακριβή μέτρηση και τη σύλληψη μοναδικών χαρακτηριστικών των προϊόντων, γεγονός που είναι επωφελές κατά τη δημιουργία εξατομικευμένων καταναλωτικών αγαθών ή την προσαρμογή προϊόντων υγειονομικής περίθαλψης για μεμονωμένους χρήστες. Αυτό εξασφαλίζει βέλτιστη λειτουργικότητα και τέλεια εφαρμογή στο τελικό εκτυπωμένο προϊόν.

Πέρα από τον σχεδιασμό και την προσαρμογή, η αντίστροφη μηχανική βασίζεται επίσης σε μεγάλο βαθμό στην ενσωμάτωση των τρισδιάστατων σαρωτών και της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Με τη χρήση τρισδιάστατων σαρωτών, οι μηχανικοί μπορούν ευκολότερα να ψηφιοποιήσουν προϋπάρχοντα εξαρτήματα και να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης για την αναπαραγωγή και βελτίωσή τους. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ χρήσιμη σε τομείς όπου η διατήρηση και η παράταση της διάρκειας ζωής των μηχανημάτων εξαρτάται από την αντικατάσταση παλαιών ή δυσεύρετων εξαρτημάτων [129].

2.1.5 Τεχνητή Νοημοσύνη και Κατασκευαστικός Τομέας

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) φέρνει επανάσταση σε πολλούς κλάδους, με τον τομέα παραγωγής να είναι ένας τομέας όπου έχει ιδιαίτερα σημαντικό αντίκτυπο. Τα τελευταία χρόνια, οι κατασκευαστές έχουν υιοθετήσει τις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης προκειμένου να ενισχύσουν την παραγωγικότητα, να αυξήσουν την παραγωγή και να εγκαταστήσουν μια νέα εποχή ευφυούς παραγωγής [130].

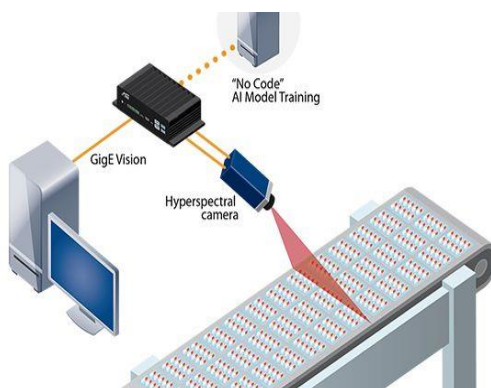
Η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης να επεξεργάζεται και να αναλύει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε ταχύτητες ταχύτερες από τον άνθρωπο είναι ο θεμελιώδης παράγοντας που οδηγεί στην επιρροή της στη μεταποίηση. Αυτή η ικανότητα έχει μετασχηματίσει τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και έχει δημιουργήσει νέες ευκαιρίες για τη διασφάλιση της ποιότητας, την προληπτική συντήρηση και τη γενική βελτιστοποίηση της λειτουργίας [130].

Η προληπτική συντήρηση είναι ένας βασικός τομέας στον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται στη βιομηχανία. Οι συμβατικές μέθοδοι συντήρησης εξαρτώνται συχνά από προγραμματισμένες εξετάσεις ή διορθωτικές ενέργειες, οι οποίες αυξάνουν τις δαπάνες και προκαλούν χρόνο διακοπής λειτουργίας. Με τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και προηγμένων αναλύσεων, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) βοηθά τους κατασκευαστές να προβλέψουν πότε θα χαλάσει ο εξοπλισμός. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) μπορούν να εντοπίζουν μοτίβα που υποδεικνύουν πιθανά προβλήματα, παρακολουθώντας συνεχώς την κατάσταση και την απόδοση του εξοπλισμού. Αυτό επιτρέπει την προληπτική συντήρηση [130].

Αυτό μειώνει το κόστος των άσκοπων επισκευών και αντικαταστάσεων, καθώς και την ελαχιστοποίηση του χρόνου διακοπής λειτουργίας. Ο έλεγχος ποιότητας είναι ένας άλλος τομέας στον οποίο η TN έχει βαθύτατο αντίκτυπο. Οι κατασκευαστές αξιοποιούν τις τεχνολογίες υπολογιστικής όρασης και αναγνώρισης εικόνας για την επιθεώρηση προϊόντων με πρωτοφανή ακρίβεια. Οι συμβατικές τεχνικές επιθεώρησης συχνά αποτυγχάνουν να εντοπίσουν μικροσκοπικά ελαττώματα, αλλά τα προηγμένα συστήματα απεικόνισης με τεχνητή νοημοσύνη είναι σε θέση να εξετάζουν τα προϊόντα με εκπληκτική λεπτομέρεια. Αυτά τα συστήματα είναι εξαιρετικά ικανά να εντοπίζουν αποκλίσεις από τα πρότυπα ποιότητας, από επιφανειακές ατέλειες έως παρατυπίες διαστάσεων, γεγονός που συμβάλλει στην παραγωγή άψογων προϊόντων [130].

Επιπλέον, η τεχνολογία όρασης καθιστά δυνατές τις αυτοματοποιημένες διαδικασίες επιθεώρησης, γεγονός που ελαχιστοποιεί την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους και μειώνει την ανάγκη για ανθρώπινη εργασία. Προκειμένου να διασφαλιστεί η γρήγορη και ακριβής αξιολόγηση της ποιότητας, οι κάμερες υψηλής ταχύτητας και οι αλγόριθμοι αναγνώρισης εικόνας ενσωματώνονται απρόσκοπτα για την επιθεώρηση και ανάλυση μεγάλου όγκου προϊόντων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό βελτιώνει την παραγωγικότητα, ενώ παράλληλα επιτρέπει τον αξιόπιστο και ομοιόμορφο ποιοτικό έλεγχο σε όλη τη γραμμή παραγωγής [131].

Πέρα από την ανίχνευση ελαττωμάτων, οι τεχνολογίες όρασης και αναγνώρισης εικόνας είναι απίστευτα ευέλικτες.



Εικόνα 85 Απεικόνιση αξιοποίησης τεχνητής νοημοσύνης σε γραμμή παραγωγής
Science Direct.com

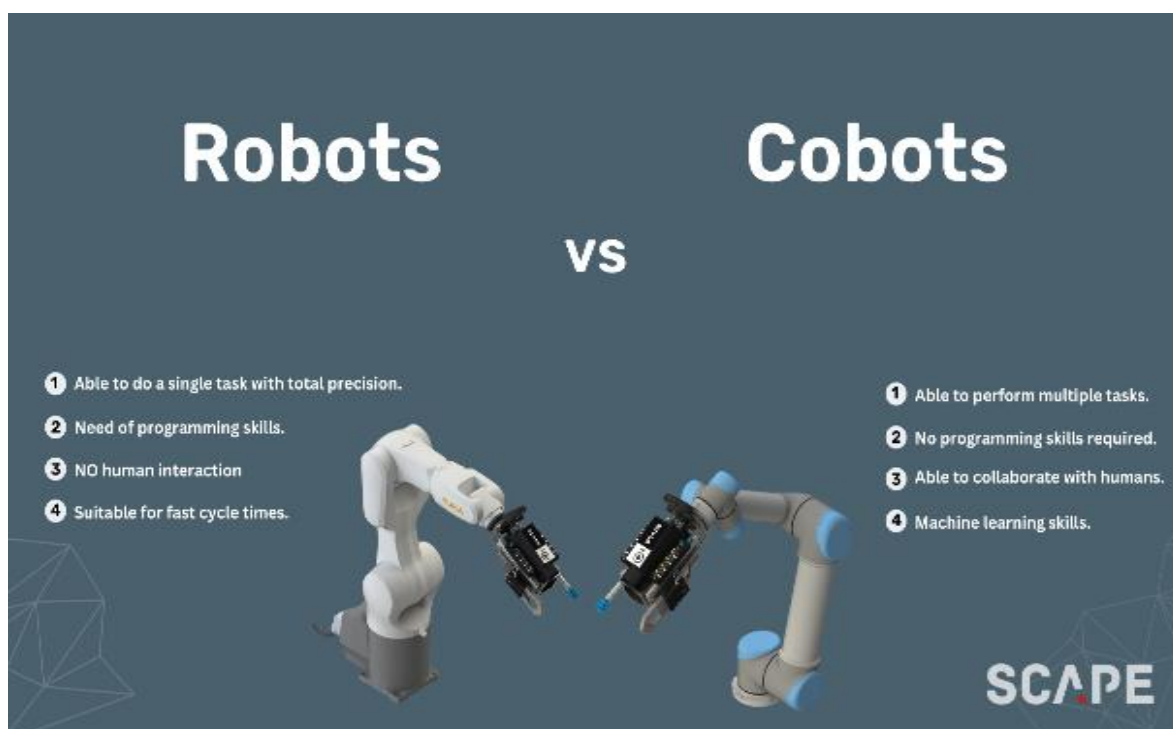
Ως παράδειγμα αξιοποίησης της ευελιξίας τους, τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα να επιβεβαιώνουν ότι οι ετικέτες των προϊόντων είναι ακριβείς και περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε τομείς της οικονομίας όπου η ασφάλεια των καταναλωτών και η κανονιστική συμμόρφωση εξαρτώνται από την ακριβή επισήμανση. Τα συστήματα με τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να αναλύουν οπτικά δεδομένα με ταχύτητα και ακρίβεια που είναι ανέφικτη για τους ανθρώπινους επιθεωρητές, εντοπίζοντας ελαττώματα ή αποκλίσεις από τα πρότυπα ποιότητας.

Αυτό όχι μόνο διασφαλίζει ότι μόνο προϊόντα που πληρούν τα υψηλότερα πρότυπα θα φτάσουν στην αγορά, αλλά και εξορθολογίζει τη διαδικασία ελέγχου, αυξάνοντας τη συνολική αποδοτικότητα της παραγωγής. Με την εφαρμογή έξυπνων αλγορίθμων, η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει επίσης στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής. Αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν τη δυνατότητα να εξετάζουν προηγούμενα δεδομένα παραγωγής, να εντοπίζουν ανεπάρκειες και να προτείνουν αλλαγές.

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι σε θέση να τροποποιεί δυναμικά τις παραμέτρους παραγωγής σε απόκριση σε δεδομένα πραγματικού χρόνου, μεγιστοποιώντας τη χρήση των διαθέσιμων πόρων, μειώνοντας τη σπατάλη και αυξάνοντας τη συνολική παραγωγικότητα [131]. Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί ζωτικό εργαλείο στην επιδίωξη λιτών και ευέλικτων

διαδικασιών παραγωγής, λόγω της ικανότητάς της να προσαρμόζεται σε πραγματικό χρόνο στις μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης σε περιβάλλοντα παραγωγής είναι τα συνεργατικά ρομπότ ή cobots. Αυτά τα ρομπότ είναι φτιαγμένα για να εργάζονται παράλληλα με τον άνθρωπο, εκτελώντας επικίνδυνες ή επαναλαμβανόμενες εργασίες και αντιδρώντας στην παρουσία και τις εντολές του. Τα Cobots μπορούν να μαθαίνουν από τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις χάρη στους αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης, γεγονός που τους επιτρέπει να προσαρμόζονται σταδιακά και να βελτιώνουν τις επιδόσεις τους. Λόγω της ομαλής συνεργασίας μεταξύ ανθρώπων και ρομπότ, αυτή η συνεργατική προσέγγιση βελτιώνει την παραγωγικότητα και την ασφάλεια της παραγωγής.



Εικόνα 86 Διαφορές μεταξύ των συστημάτων Robot & Cobot
Science Direct.com

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας επωφελείται επίσης σε μεγάλο βαθμό από την τεχνητή νοημοσύνη. Οι κατασκευαστές μπορούν να προβλέπουν καλύτερα τη ζήτηση, να διαχειρίζονται τα επίπεδα αποθεμάτων και να εξορθολογίζουν την εφοδιαστική με τη βοήθεια των προγνωστικών αναλύσεων με τεχνητή νοημοσύνη. Με τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων αποστολής, ελαχιστοποιούνται τα έξοδα μεταφοράς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ παράλληλα μειώνεται ο κίνδυνος εξαντλήσεων αποθεμάτων ή υπεραποθεμάτων [131].

2.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ 4^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Οι τρόποι με τους οποίους οι άνθρωποι ζουν, εργάζονται και αλληλεπιδρούν αλλάζουν βαθιά από την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση [132]. Η αλλαγή στις αγορές εργασίας είναι μία από τις σημαντικότερες κοινωνικές επιπτώσεις. Οι επαγγελματικοί ρόλοι αλλάζουν ως αποτέλεσμα της αυτοματοποίησης και της τεχνητής νοημοσύνης, η οποία καθιστά ορισμένους παρωχημένους και ανοίγει νέες ευκαιρίες.

Λόγω αυτής της αλλαγής, οι άνθρωποι πρέπει να μαθαίνουν νέες δεξιότητες προκειμένου να παραμείνουν ανταγωνιστικοί στο εργατικό δυναμικό, γεγονός που έχει οδηγήσει σε αυξημένη έμφαση στην προσαρμοστικότητα και τη δια βίου μάθηση [132]. Ο κόσμος γίνεται όλο και πιο παγκοσμιοποιημένος και διασυνδεδεμένος ως αποτέλεσμα της επανάστασης στην επικοινωνία και τη συνδεσιμότητα.

Οι πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης, οι οποίες τροφοδοτούνται από εξελιγμένους αλγόριθμους και αναλύσεις δεδομένων, είναι απαραίτητες για τη διανομή πληροφοριών και τον επηρεασμό της κοινής γνώμης [132].

Ωστόσο, αυτή η διασύνδεση εγείρει επίσης την πιθανότητα ταχείας εξάπλωσης της παραπληροφόρησης και ζητήματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο. Μια περαιτέρω εξέλιξη που προκάλεσε η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι η gig economy, η οποία ορίζεται από την ευέλικτη και προσωρινή εργασία που καθίσταται δυνατή χάρη στις ψηφιακές πλατφόρμες. Αν και η τάση αυτή προσφέρει ευελιξία, έχει επίσης προκαλέσει συζητήσεις σχετικά με τα δικαιώματα των εργαζομένων, τις παροχές και την ασφάλεια της εργασίας. Μια σημαντική κοινωνική πρόκληση είναι η εξεύρεση ισορροπίας μεταξύ των πλεονεκτημάτων της ευελιξίας και της απαίτησης για προστασία των εργαζομένων [132].

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο πολιτικό τοπίο. Η τεχνολογία έχει δώσει στους πολίτες περισσότερη δύναμη και έχει ανοίξει νέους δρόμους για τη συμμετοχή τους στις πολιτικές διαδικασίες. Όπως αποδεικνύεται από τα πολυάριθμα κινήματα και τις διαμαρτυρίες που έλαβαν χώρα παγκοσμίως, οι πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης αποτελούν αποτελεσματικά μέσα πολιτικής κινητοποίησης. Υπάρχουν όμως και ανησυχίες σχετικά με την πιθανότητα διάδοσης παραπληροφόρησης και επηρεασμού της κοινής γνώμης λόγω αυτής της αυξημένης διασύνδεσης [132].

Οι προκλήσεις που παρουσιάζουν οι αναδυόμενες τεχνολογίες αντιμετωπίζονται από τις κυβερνήσεις. Η ρύθμιση και η διεθνής συνεργασία είναι απαραίτητες για θέματα όπως η διακυβέρνηση δεδομένων, η κυβερνοασφάλεια και η ηθική εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης. Για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, η εξεύρεση της ιδανικής ισορροπίας μεταξύ της προστασίας του δημόσιου συμφέροντος και της προώθησης της καινοτομίας αποτελεί πρόκληση.

Επιπλέον, υπάρχουν γεωπολιτικές προεκτάσεις για την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Τα κορυφαία τεχνολογικά καινοτόμα έθνη και περιοχές απολαμβάνουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που συμβάλλει στη διαμόρφωση της παγκόσμιας δομής ισχύος.

Οι ανταγωνισμοί των εθνών στον τομέα της τεχνολογίας και της οικονομίας μπορούν να οδηγήσουν σε νέα είδη συνεργασίας και ανταγωνισμού που δεν έχουν παρατηρηθεί ποτέ στο παρελθόν στις διεθνείς σχέσεις.

Ίσως ο πιο προφανής τομέας των επιπτώσεων της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης είναι η οικονομία. Ο μετασχηματισμός της βιομηχανίας, η βελτιστοποίηση των διαδικασιών και ο επαναπροσδιορισμός του επιχειρηματικού μοντέλου προκαλούνται από την αυτοματοποίηση, την τεχνητή νοημοσύνη και το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Αν και οι τεχνολογικές αυτές εξελίξεις αυξάνουν την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα, ανατρέπουν επίσης τα καθιερωμένα πρότυπα εργασίας, εγείροντας ανησυχίες για την εκτόπιση των θέσεων εργασίας.

Με την ανάπτυξη τομέων όπως η βιοτεχνολογία, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η τεχνητή νοημοσύνη, προκύπτουν νέες οικονομικές ευκαιρίες. Οι ευκαιρίες αυτές, ωστόσο, απαιτούν συχνά εξειδικευμένες δεξιότητες, γεγονός που επιτείνει το ψηφιακό χάσμα που διευρύνεται.

Για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, η εξασφάλιση οικονομικής ανάπτυξης χωρίς αποκλεισμούς, η οποία θα ωφελεί όλα τα τμήματα της κοινωνίας, αποτελεί κρίσιμη πρόκληση [132]. Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση προσφέρει πρωτόγνωρες δυνατότητες για την αντιμετώπιση κοινωνικών ζητημάτων εκτός από μια σειρά νέων προκλήσεων. Οι τεχνολογίες αιχμής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση επειγόντων παγκόσμιων ζητημάτων όπως η φτώχεια, η πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη και η κλιματική αλλαγή. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα των πόρων και τις συνθήκες αστικής διαβίωσης στις "έξυπνες πόλεις"

Μια από τις κύριες ευκαιρίες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης είναι η μεταρρύθμιση της εκπαίδευσης. Η τεχνητή νοημοσύνη, η εικονική πραγματικότητα και οι διαδικτυακές πλατφόρμες μάθησης έχουν τη δυνατότητα να εκδημοκρατίσουν την εκπαίδευση δίνοντας σε όλο τον πλανήτη πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό υψηλής ποιότητας. Για να αξιοποιηθεί όμως πλήρως αυτό το δυναμικό, η δίκαιη πρόσβαση σε αυτές τις τεχνολογίες και η αντιμετώπιση του ψηφιακού χάσματος είναι επιτακτική ανάγκη [132].

2.3 ΚΥΡΙΕΣ ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ ΤΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Στο παρόν σημείο της εργασίας, αξίζει να αναφερθούμε στις κυριότερες ανησυχίες που προκύπτουν στο κοινωνικό σύνολο, σε παγκόσμια κλίμακα, λόγω της συνεχούς ανόδου της τεχνολογίας και της εισαγωγής μας πλέον στην περίοδο της 4^{ης} Β.Ε..

2.3.1 Εργασιακή απασχόληση

Ένα από τα κύρια ζητήματα που εγείρει η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι η εργασιακή απασχόληση. Υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την εκτεταμένη εκτόπιση θέσεων εργασίας καθώς η αυτοματοποίηση, η ρομποτική και η τεχνητή νοημοσύνη γίνονται όλο και πιο διαδεδομένες σε διάφορους κλάδους [133].

Οι συμβατικοί ρόλοι καθίστανται όλο και λιγότερο σημαντικοί και υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για δεξιότητες που πολλοί άνθρωποι που εργάζονται σήμερα μπορεί να μην έχουν. Αυτή η αλλαγή στην αγορά εργασίας εγείρει ανησυχίες σχετικά με την υποαπασχόληση, την ανεργία και την πιθανή κλιμάκωση της οικονομικής ανισότητας.

Υπάρχει μεγάλη ανησυχία για το ενδεχόμενο να διευρυνθεί το χάσμα μεταξύ εκείνων που διαθέτουν τις δεξιότητες που απαιτεί η ψηφιακή εποχή και εκείνων που δε διαθέτουν. Προκειμένου να αντιμετωπίσουν την μεταβαλλόμενη αγορά εργασίας, οι βιομηχανίες πρέπει να καταβάλουν συγκεντρωμένες προσπάθειες για την επανεκπαίδευση και την αναβάθμιση των δεξιοτήτων του εργατικού δυναμικού τους, καθώς η αυτοματοποίηση αυξάνει την παραγωγικότητα και μειώνει το κόστος. Βέβαια, όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας, το ενδεχόμενο πλήρους κάλυψης των εργασιακών θέσεων από

υψηλού επιπέδου συστήματα, αν δεν αποτελεί μηδαμινών πιθανοτήτων εξέλιξη, αποτελεί διαδικασία τεράστιου χρονικού διαστήματος.

Τα πιο εξελιγμένα συστήματα αυτοματοποίησης, συμπεριλαμβανομένης και της τεχνητής νοημοσύνης, δεν καλύπτουν σε καμία περίπτωση την ανθρώπινη κρίση και σε καμία περίπτωση δεν εκμηδενίζουν την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση. Ως καθησυχαστική αναφορά, αρκεί να πραγματοποιήσουμε μία μικρή ανασκόπηση στις παρελθοντικές ενσωματώσεις αυτοματοποιήσεων (ακόμα και αναλογικής κλίμακας).

Το γεγονός της ένταξης ή της ανάπτυξης συγκεκριμένων συστημάτων για λόγους αποδέσμευσης του ανθρώπου από δύσκολες, χειρωνακτικές ή ακόμα και επιβλαβείς διαδικασίες παραγωγής/κατασκευής, καθώς και για βελτιστοποίηση των απαιτούμενων χρόνων ολοκλήρωσης, δε σήμαναν την ολική αποδέσμευση ή τη μειωμένη ζήτηση του ανθρώπινου παράγοντα.

Αντιθέτως, οι εργαζόμενοι εξειδικεύτηκαν, εκπαιδεύτηκαν σύμφωνα με τα απαιτούμενα πρότυπα και αξιοποίησαν τα υπάρχοντα συστήματα στη συνολική ανάπτυξη του κοινωνικού επιπέδου. Επιπλέον, ας μην ξεχνάμε το γεγονός πως χάρη στην αυτοματοποίηση και την ένταξη των έξυπνων συστημάτων (αναφερόμενοι σε προηγούμενες Β.Ε.), η ζήτηση για προϊόντα και υπηρεσίες από το κοινωνικό σύνολο αυξήθηκε κατακόρυφα.

Συνεπώς, το εργασιακό κλίμα δε διατρέχει άμεσο κίνδυνο (τουλάχιστον για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα), αρκεί να συντονιστούν ή και να αξιοποιηθούν με σωστό τρόπο οι υπάρχουσες και εξελισσόμενες τεχνολογίες.

2.3.2 Περιβαλλοντική βιωσιμότητα

Υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με τη δυνατότητα της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης να δώσει τεχνολογικές λύσεις σε ορισμένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα, αλλά υπάρχουν επίσης ανησυχίες για το πώς μπορεί να επηρεάσει το περιβάλλον [133].

Η περιβαλλοντική υποβάθμιση είναι αποτέλεσμα της αυξανόμενης ζήτησης για ηλεκτρονικά είδη, των ενεργοβόρων κέντρων δεδομένων και της εξόρυξης σπάνιων ορυκτών που απαιτούνται για τεχνολογίες αιχμής. Η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των τεχνολογικών ανακαλύψεων που τροφοδοτούν την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση τίθεται υπό αμφισβήτηση λόγω της πιθανότητας ηλεκτρονικών αποβλήτων, της κατανάλωσης ενέργειας

και της εξάντλησης των φυσικών πόρων. Απαιτείται διαχείριση της τεχνολογικής προόδου, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα πλεονεκτήματα της καινοτομίας δε θα αποβούν εις βάρος της υγείας του πλανήτη.

2.3.3 Υποβάθμιση της ιδιωτικότητας

Ως αποτέλεσμα της εξάρτησης της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης από τον πολλαπλασιασμό των ψηφιακών τεχνολογιών, οι ανησυχίες για την ιδιωτική ζωή έχουν αυξηθεί [134].

Η μεγάλης κλίμακας συλλογή, ανάλυση και χρήση προσωπικών δεδομένων για τα πάντα, από την προγνωστική ανάλυση έως τη στοχευμένη διαφήμιση, εγείρει ηθικές ανησυχίες σχετικά με το πού τέμνονται η τεχνολογία και η ιδιωτική ζωή. Οι άνθρωποι συνειδητοποιούν όλο και περισσότερο τα ίχνη δεδομένων που αφήνουν πίσω τους, καθώς οι έξυπνες συσκευές γίνονται όλο και πιο διαδεδομένες.

Η ιδιωτική ζωή απειλείται σοβαρά από την πιθανότητα παρακολούθησης και παραβίασης δεδομένων από την τεχνολογία που φοριέται μέχρι τα έξυπνα σπίτια. Υπό το πρίσμα αυτής της τεχνολογικής επανάστασης, η εξεύρεση ισορροπίας μεταξύ της χρήσης των δεδομένων για την προώθηση της καινοτομίας και της προστασίας του δικαιώματος των ανθρώπων στην ιδιωτική ζωή καθίσταται ζωτικής σημασίας.

Ήδη κυβερνήσεις και πολιτικές ανά τον κόσμο προσπαθούν να αντιμετωπίσουν το συγκεκριμένο ζήτημα, είτε με τη θεσμοθέτηση συγκεκριμένων νομοθεσιών, είτε με την προσπάθεια ανάπτυξης των συστημάτων ασφαλείας κυβερνοχώρων.

2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Έχοντας λάβει υπόψη τα πολλαπλά προαναφερόμενα δεδομένα που απασχολούν την περίοδο της 4^{ης} Β.Ε., καταλήγουμε σε πολλών ειδών συμπεράσματα. Σε τεχνολογικό τομέα, στην περίοδο της 4^{ης} Β.Ε. θα βιώσουμε έντονα αναπτυσσόμενες εξελίξεις, καθώς η αυτοματοποίηση των διαδικασιών θα αποτελέσει το μείζον ζήτημα.

Σε βιομηχανικό περιβάλλον θα παρατηρήσουμε έντονα αυξανόμενη τεχνολογική πρόοδο, με την αυτοματοποίηση και τη δυνατότητα πρόβλεψης μηχανικών ζητημάτων να κυριαρχούν. Η τρισδιάστατη εκτύπωση και η κατεργασία με συστήματα CNC σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη θα θέσουν τις βάσεις για τη σχεδόν πλήρη αυτοματοποίηση των διαδικασιών κατασκευής.

Βέβαια, οι ανησυχίες και οι προβληματισμοί του κοινωνικού συνόλου το οποίο παρατηρείται συνεχώς εξελισσόμενα δεδομένα, αυξάνονται διαρκώς. Ως γενικό συμπέρασμα στα δρώμενα της εποχής της 4^{ης} Β.Ε., λαμβάνουμε πως παρόλη την απότομη εξέλιξη της τεχνολογίας, δε θα επηρεαστούν άμεσα οι εργασιακές συνθήκες του κοινωνικού συνόλου για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Θα πρέπει να κατανοήσουμε το γεγονός της εργασιακής εξέλιξης ως κάτι το αναμενόμενο, συγκριτικά και με τις προϋπάρχουσες Β.Ε.. Με τη σωστή διαχείριση των υπαρχόντων και των εξελισσόμενων τεχνολογιών, η εργασιακή κατάσταση και οι δυνατότητες παραγωγής, θα είναι ασύγκριτες.

Οι κοπιαστικές, επίπονες εργασίες θα αντικατασταθούν από αυτοματοποιημένα συστήματα, επιτρέποντας στους εργαζομένους να εμβαθύνουν σε τεχνολογικά ανεπτυγμένα περιβάλλοντα πολύ καλύτερων συνθηκών. Αρκεί φυσικά, όπως προαναφέραμε, να δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή στους κινδύνους που ενδέχεται να επιφέρει η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη, όπως για παράδειγμα η παραπληροφόρηση.

Στο περιβαλλοντικό ζήτημα, ναι μεν υπάρχουν ακόμη δυνατότητες βελτίωσης των υπαρχόντων συνθηκών, αξίζει όμως να αναγνωρίσουμε τη ραγδαία βελτίωση που έχει σημειωθεί συγκριτικά με τις προηγούμενες Β.Ε..

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται στο φάσμα ανάπτυξης και βελτιστοποίησης, ενώ ήδη σημειώνονται θετικές εξελίξεις στον τομέα της βιωσιμότητας και διαχείρισης των παραπροϊόντων.

Στον τομέα της οικονομίας, παρατηρούμε συνεχή τάση για αύξηση των κερδών σε ψηφιακού επιπέδου μέσα, ενώ σημαντική κερδοφορία επίσης σημειώνουν οι επιχειρήσεις τεχνολογικής ανάπτυξης.

Ευελπιστούμε πως θα πραγματοποιηθεί σωστή διαχείριση των τεχνολογικών εξελίξεων και πόρων, ώστε πράγματι να βιώσουμε άμεσα τα οφέλη της τεχνολογίας σε επίπεδο καθημερινότητας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΗ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΚΑΙ
ΣΙΔΗΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΜΕΣΩ
ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο, θα αναλύσουμε τις διαδικασίες οι οποίες πραγματοποιούνται με σκοπό την κατασκευή κουφωμάτων αλουμινίου και σιδηροκατασκευών, σε βιομηχανικό περιβάλλον.

Θα πραγματοποιηθεί παρουσίαση των υπαρχόντων μεθόδων κατασκευής, με τις αναλογικές μεθόδους της σημερινής εποχής. Θα αναλυθούν πλήρως οι υπάρχουσες διαδικασίες, καθώς και οι δυσκολίες που μπορούν να μειωθούν ή και να αποφευχθούν με την ενσωμάτωση προηγμένων συστημάτων.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν ορισμένες προτάσεις τεχνικού ενδιαφέροντος, κατά τις οποίες είναι εφικτή η ενσωμάτωση βιομηχανικών αυτοματισμών με σκοπό την ένταξη της επιχείρησης κατασκευής κουφωμάτων αλουμινίου και σιδηροκατασκευών στην 4^η Β.Ε.

Επιπλέον, θα αναλυθούν πλήρως οι οικονομικές και χειριστικές βελτιώσεις που προκύπτουν, καθώς και θέματα Marketing και Management, ώστε η μετάβαση μιας επιχείρησης η οποία χρησιμοποιεί αναλογική τεχνολογία στην ψηφιακή τεχνολογία να καταστεί ομαλή.

3.1 Πρώτες Ύλες – Περιεκτικότητες Υλικών και Ιδιότητες

Πρωτίστως, αξίζει να αναφερθούμε στη διαδικασία εξαγωγής των πρώτων υλών, συγκεκριμένα του Σιδήρου και του Αλουμινίου.

Καταρχάς, με την αναφορά της πρώτης ύλης στα κουφώματα αλουμινίου, αναφερόμαστε επί της ουσίας στο υλικό του Βωξίτη (Bauxite) [135]. Συγκεκριμένα, σε ένα από τα συνθετικά κομμάτια του κράματος του Βωξίτη, την Αλουμίνα. Η συνήθης κωδική ονομασία του συγκεκριμένου κράματος αλουμινίου εντάσσεται στην κατηγορία *Aluminum Alloy 6000 Series*. Το κράμα υλικού που αξιοποιείται στα κουφώματα αλουμινίου περιλαμβάνει τις % περιεκτικότητες του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2):

Φυσικά, ο λόγος για τον οποίο δε χρησιμοποιείται καθαρή ποσότητα αλουμινίου 100%, δεν είναι μόνο το κόστος, αλλά και η αξιοποίηση των ιδιοτήτων των υπόλοιπων υλικών για αύξηση των αντοχών σε τάσεις εφελκυσμού, και κρούσης, αύξηση της ολκιμότητας με ταυτόχρονη μείωση της ψαθυρότητας του υλικού, αύξηση αντοχής κατά της διάβρωσης κ.λπ. [135].

Πίνακας 2 Υφιστάμενα στοιχεία στο κράμα αλουμινίου – Περιεκτικότητες [135].

Υλικό	Περιεκτικότητα % επί του συνολικού κράματος
Αλουμίνιο (Al)	97.9%
Μαγνήσιο (Mg)	1.0%
Σιλικόνη (Silicon)	0.6%
Χαλκός (Cu)	0.3%
Λοιπά υλικά αναλόγως αναγκών	0.2%

Για συγκεκριμένες, ειδικές χρήσεις απαιτούνται υλικά με διαφοροποιημένες ιδιότητες οπότε χρησιμοποιούνται άλλα κράματα με προσθήκη σιδήρου, άνθρακα ακόμη και τιτανίου.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3) αναγράφονται οι συνήθειες % περιεκτικότητες των υλικών που περιέχονται στα κράματα σιδήρου:

Πίνακας 3 Υφιστάμενα στοιχεία στο κράμα Σιδήρου – Περιεκτικότητες [136].

Υλικό	Περιεκτικότητα % επί του συνολικού κράματος
Σίδηρος (Fe)	98% έως 99%
Άνθρακας (C)	0.05% έως 0.25%
Μαγγάνιο (Mn)	0.25% έως 0.60%
Φώσφορος (P)	0.04%
Θείο (S)	έως 0.05%

Όσον αφορά τις σιδηροκατασκευές, ο πιο συνήθης τύπος μεταλλικών κατασκευών περιλαμβάνει τον μαλακό χάλυβα (μαλακό ατσάλι) [136].

Το μαλακό ατσάλι (ή και ήπιος ανθρακούχος χάλυβας) αξιοποιείται ευρέως στην εφαρμογή ή την υλοποίηση σιδηροκατασκευών, λόγω των ιδιοτήτων του. Οι σημαντικότερες παρεχόμενες ιδιότητες είναι η αντοχή, η ανθεκτικότητα, ο μικρός βαθμός ολκιμότητας καθώς και η γενικά καλή επεξεργασιμότητα του υλικού.

Επιπλέον ιδιότητες που είναι αρκετά επιθυμητές κατά την εξαγωγή και κατεργασία *Ήπιου Ανθρακούχου Χάλυβα*, περιλαμβάνουν την αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, δυνατότητες συγκόλλησης και κοπής με μικρό βαθμό δυσκολίας, δυνατότητα κατεργασίας με τροχό χωρίς δύστροπες επιπτώσεις και δυνατότητα εύκολης βαφής.

Μεγάλης επίσης σημασίας συνθήκη αποτελεί η δυνατότητα αύξησης αντοχής σε φαινόμενα διάβρωσης [136]. Με τον όρο της ενίσχυσης αντοχής σε διαβρωτικά φαινόμενα αναφερόμαστε στη διαδικασία δημιουργίας ανοξειδωτων χαλύβων, η οποία θα αναλυθεί πλήρως στη συνέχεια του κεφαλαίου.

3.2 Διαδικασίες Παραγωγής Πρώτων Υλών και Επιπλέον Διεργασίες

Στη βιομηχανία μετάλλων, η παραγωγή των προφίλ των κουφωμάτων αλουμινίου περιλαμβάνει συνήθως μια σειρά από στάδια που αφορούν τη διαδικασία εξαγωγής των πρώτων υλών, καθώς και τις επιπλέον διεργασίες που εκτελούνται με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απόδοσης των τελικών αποτελεσμάτων.

3.2.1 Διαδικασία Παραγωγής Πρώτης Ύλης - Προφίλ Αλουμινίου

Εξόρυξη βωξίτη

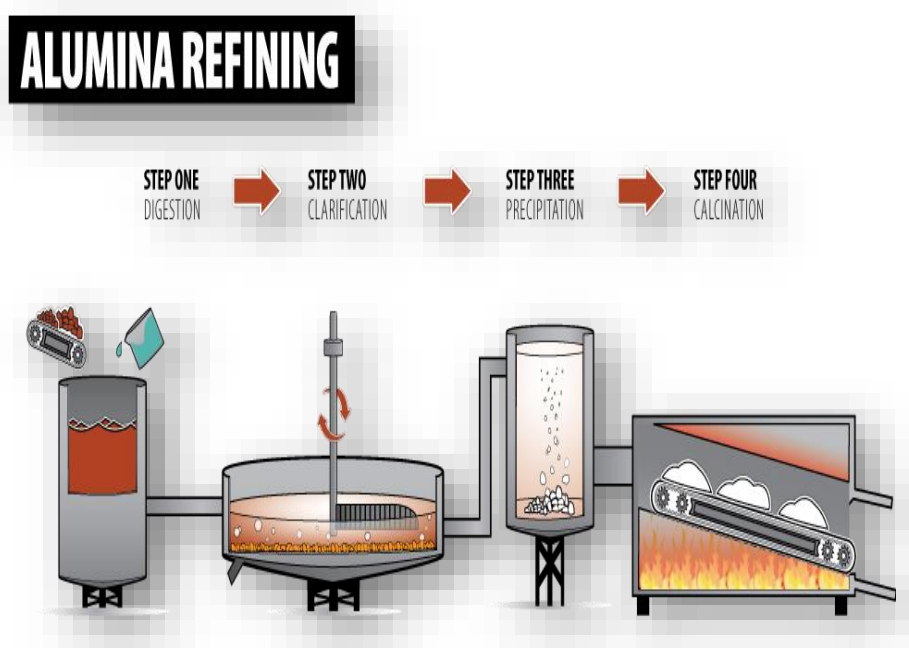
Δεδομένου ότι ο βωξίτης είναι η κύρια πηγή αλουμινίου, η διαδικασία ξεκινά με την εξόρυξή του. Ο βωξίτης εξορύσσεται με τη χρήση τεχνικών ανοικτής εκμετάλλευσης και συνήθως βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια της Γης. Το κοίτασμα βωξίτη διανοίγεται με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού γεώτρησης. Στη συνέχεια, το βωξιτικό πέτρωμα διασπάται με την τοποθέτηση και πυροδότηση εκρηκτικών υλών στις οπές των γεωτρήσεων. Ο βωξίτης διασπάται σε μικρότερα, ευκολότερα στη διαχείριση κομμάτια με διαδικασία ανατίναξης. Στη συνέχεια τα θραυσμένα κομμάτια βωξίτη φορτώνονται σε φορτηγά ή μεταφορικές ταινίες με φορτωτές ή εκσκαφείς και μεταφέρονται στη μονάδα επεξεργασίας [137] (Εικόνα 90).



Εικόνα 87 *Εξόρυξη Βωξίτη*

Διύλιση αλουμίνας

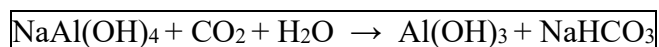
Χρησιμοποιώντας μια διαδικασία γνωστή ως *διαδικασία Bayer* (Εικόνα 91), η αλουμίνα (οξείδιο του αργιλίου) εξάγεται από το βωξίτη. Κατά τη διαδικασία αυτή, ο αλεσμένος βωξίτης τοποθετείται σε μεγάλα δοχεία υπό πίεση, γνωστά ως αυτόκλειστα ή χωνευτήρια, μαζί με καυτό, πυκνό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH). Χώνευση καλείται η διαδικασία κατά την οποία διαλύονται τα οξείδια του αργιλίου εντός του βωξίτη, με σκοπό την παραγωγή διαλύματος αργλικού νατρίου $\text{NaAl}(\text{OH})_3$. Το διαυγές διάλυμα αργλικού



Εικόνα 88 Απεικόνιση διεργασίας Bayer για την παρασκευή αλουμίνας

νατρίου και το στερεό υπόλειμμα, που αναφέρεται ως ερυθρά λάσπη, διαχωρίζονται με τη μεταφορά του διαλύματος αργλικού νατρίου σε δεξαμενές καθίζησης, όπου οι αδιάλυτες ακαθαρσίες καθιζάνουν. Το υδροξείδιο του αργιλίου διαχωρίζεται από το διάλυμα αργλικού νατρίου ως αποτέλεσμα της φυσαλίδας διοξειδίου του άνθρακα που το διαπερνά. Για να προωθηθεί η ανάπτυξη των στερεών σωματιδίων, προστίθενται κρύσταλλοι σπόρου υδροξειδίου του αργιλίου για να ξεκινήσει αυτή η διαδικασία.

Η χημική αντίδραση που πραγματοποιείται είναι η ακόλουθη:



Μετά την καταβύθιση, το υδροξείδιο του αργιλίου είτε φιλτράρεται είτε αφήνεται να καθιζάνει. Ο όρος "ένυδρος" ή "τριϋδρική αλουμίνα" ($\text{Al}(\text{OH})_3$) αναφέρεται στο στερεό που

προκύπτει. Στη συνέχεια, το υδροξείδιο του αργιλίου θερμαίνεται σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες, συνήθως μεταξύ 950 και 1100°C, μια διαδικασία γνωστή ως πύρωση. Με τον τρόπο αυτό, τα μόρια του νερού εξαλείφονται, παράγοντας αλουμίνα.

Τελική Χημική Αντίδραση: $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Παραγωγή πλινθωμάτων αλουμινίου

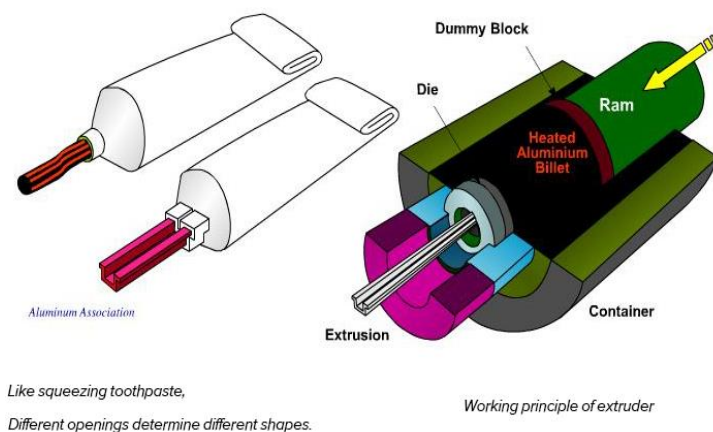
Μεγάλα μπλοκ ή ράβδοι σχηματίζονται από το λιωμένο αλουμίνιο που απομένει μετά τη διαδικασία ηλεκτρολυτικής αναγωγής. Στη συνέχεια, οι ράβδοι αυτές αποστέλλονται σε εργοστάσια για να υποβληθούν σε πρόσθετη επεξεργασία.

Κραμάτωση αλουμινίου

Το αλουμίνιο μπορεί να κραματωθεί με άλλα στοιχεία για βελτίωση των ιδιοτήτων του, ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση. Ο ψευδάργυρος, το πυρίτιο, το μαγνήσιο, το μαγγάνιο και ο χαλκός είναι συχνά χρησιμοποιούμενα στοιχεία κράματος. Το αλουμίνιο κραματώνεται με την τήξη του με προσεκτική μέτρηση και προσθήκη των κατάλληλων στοιχείων κράματος.

Εξώθηση

Για να σχηματιστεί το επιθυμητό σχήμα, το κράμα αλουμινίου θερμαίνεται και εξαναγκάζεται να περάσει μέσα από μια μήτρα.



Εικόνα 89 Επεξηγηματική απεικόνιση συστήματος εξώθησης Αλουμινίου

Μια δημοφιλής τεχνική για τη δημιουργία των περίπλοκων σχημάτων των κουφωμάτων αλουμινίου είναι η διέλαση [138]. Η κύρια λειτουργία της μεθόδου διέλασης για την κατασκευή των προφίλ αλουμινίου είναι η εξής:

- Η πρέσα διέλασης γεμίζει με το θερμαινόμενο τεμάχιο.
- Η πρέσα αποτελείται από ένα άνοιγμα σε σχήμα μήτρας που συγκρατεί το θερμαινόμενο τεμάχιο και από ένα έμβολο που ωθεί το αλουμίνιο με πίεση.

Η μήτρα είναι ένα με ακρίβεια κατεργασμένο καλούπι του οποίου το άνοιγμα ταιριάζει με το προβλεπόμενο σχήμα του τελικού προϊόντος. Το σχήμα της διατομής του αλουμινίου διέλασης καθορίζεται από τις μήτρες, οι οποίες διατίθενται σε διάφορα προφίλ. Το αλουμίνιο οδηγείται μέσα από το άνοιγμα της μήτρας, καθώς το τεμάχιο συμπιέζεται από την πρέσα. Στην άλλη πλευρά της μήτρας, το αλουμίνιο που εξωθείται παίρνει το απαιτούμενο σχήμα (Εικόνα 92). Τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος διέλασης επηρεάζονται από την ταχύτητα με την οποία γίνεται η διέλαση του αλουμινίου, καθώς και από τη θερμοκρασία, την πίεση και το σχεδιασμό της μήτρας.

Για να βελτιωθούν οι μηχανικές του ιδιότητες και να καθοριστεί το σχήμα του, το αλουμίνιο διέλασης συνήθως αποσβένεται και ψύχεται. Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ψύξη με αέρα ή απόσβεση με νερό, ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες του υλικού.

Τα απαιτούμενα μήκη κόβονται από το εξωθημένο αλουμίνιο. Η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί αφότου ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία εξώθησης και έχει ολοκληρωθεί η ψύξη του τεμαχίου. Το μήκος τεμαχισμού για προφίλ αλουμινίου προορισμένο για κουφώματα συνήθως ανέρχεται στα έξι (6) ή επτά (7) μέτρα [138].

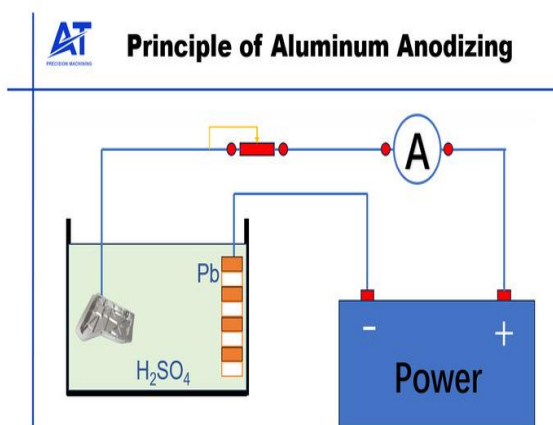
Η ανοδίωση, η βαφή ή η επίστρωση σκόνης είναι παραδείγματα επιφανειακών επεξεργασιών που μπορούν να έχουν τα προφίλ διέλασης αλουμινίου για αντοχή στη διάβρωση, αισθητική βελτίωση ή άλλες ιδιαίτερες ανάγκες.

Παρακάτω αναλύονται πλήρως οι επιπλέον διεργασίες επιφανειακής επεξεργασίας των εξωθημένων πλέον κραμάτων αλουμινίου.

Επιπλέον Διεργασίες – Προφίλ Αλουμινίου

Ανοδίωση

Η διαδικασία της ανοδίωσης πυκνώνει το φυσικό στρώμα οξειδίου στην επιφάνεια των μεταλλικών εξαρτημάτων, ιδίως του αλουμινίου.



Εικόνα 90 Απλή παρουσίαση της κεντρικής ιδέας ανοδίωσης αλουμινίου - *AT Machining*

Σκοπός της διαδικασίας, αποτελεί η βελτίωση των ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος, ιδίως η αντοχή σε διάβρωση, η αύξηση της μηχανικής ανθεκτικότητας, η αύξηση της ηλεκτρικής απομόνωσης (ιδίως για εφαρμογές που απαιτούν εφαρμογή ηλεκτρισμού), η αντοχή σε μεγάλα επίπεδα θερμοκρασίας και δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες, οι ιδιότητες προσκόλλησης για επιπλέον διεργασία (κυρίως για εφαρμογή στρώσης χρώματος), το αισθητικό αποτέλεσμα κ.ά. Τα πλαίσια αλουμινίου υποβάλλονται συχνά σε αυτή τη διαδικασία για διάφορες χρήσεις, όπως για παράδειγμα στις βιομηχανίες ποδηλάτων, αεροδιαστημικής και αυτοκινήτων, καθώς όμως και για την κατασκευή των προφίλ αλουμινίου [139].

Η βελτιωμένη αντοχή στη διάβρωση, η ανθεκτικότητα και η δυνατότητα παραγωγής διακοσμητικού ή χρωματιστού φινιρίσματος είναι μερικά μόνο από τα πλεονεκτήματα της ανοδίωσης. Η κύρια διαδικασία που πραγματοποιείται για την ανοδίωση των προφίλ που εξάγονται από τον εξωθητή περιλαμβάνει:

Ανάλυση της χημικής σύνθεσης

Είναι επιτακτική ανάγκη να εξεταστεί η χημική σύνθεση του κράματος αλουμινίου πριν από την έναρξη της ανοδίωσης. Ο προσδιορισμός των ιδανικών παραμέτρων της διαδικασίας ανοδίωσης απαιτεί την κατανόηση της σύνθεσης του κράματος [139].

Ανάλυση της προετοιμασίας της επιφάνειας

Είναι σημαντικό να αξιολογηθεί η καθαριότητα και η κατάσταση της επιφάνειας του αλουμινίου πριν από την ανοδίωση. Για να βεβαιωθούμε ότι η επιφάνεια είναι απαλλαγμένη από ακαθαρσίες και προσμίξεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναλυτικές μέθοδοι όπως η προφίλομετρία επιφάνειας ή η μικροσκοπία [139].

Ανάλυση ηλεκτρολυτών

Η σύνθεση και η κατάσταση του ηλεκτρολυτικού λουτρού είναι σημαντικοί παράγοντες στη διαδικασία ανοδίωσης. Η σταθερότητα και η ποιότητα της διεργασίας διατηρούνται μέσω της ανάλυσης ρουτίνας του διαλύματος ηλεκτρολύτη, η οποία περιλαμβάνει μετρήσεις της οξύτητας, της συγκέντρωσής του και των επιπέδων προσμίξεων [139].

Παρακολούθηση τάσης και ρεύματος

Ο έλεγχος της ανάπτυξης του στρώματος οξειδίου κατά τη διαδικασία ανοδίωσης απαιτεί προσεκτική εξέταση της τάσης και του ρεύματος. Παρακολουθώντας αυτές τις μεταβλητές, βεβαιωνόμαστε ότι η ανοδίωση εξελίσσεται με τον προβλεπόμενο ρυθμό αποφεύγοντας προβλήματα όπως το κάψιμο ή η ανομοιόμορφη επίστρωση [139].

Μέτρηση πάχους

Η ελλειψομετρία και ο φθορισμός ακτίνων X (XRF) είναι δύο αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του πάχους του ανοδιωμένου στρώματος οξειδίου. Προκειμένου να επιτευχθεί το απαιτούμενο πάχος και να εξασφαλιστεί η επιθυμητή αντοχή στη διάβρωση και άλλες λειτουργικές ιδιότητες, η μέτρηση αυτή είναι απαραίτητη [139].

Ανάλυση του χρώματος και της απορρόφησης χρωστικών ουσιών

Σε περίπτωση που τα προφίλ αλουμινίου πρόκειται να φινιριστούν με χρώμα, η ποσότητα της χρωστικής που απορροφάται από το πορώδες στρώμα οξειδίου μπορεί να εκτιμηθεί αναλυτικά. Για να εξασφαλιστεί η συνέπεια του τελικού χρώματος, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν εργαλεία ανάλυσης χρώματος [139].

Ανάλυση της αποτελεσματικότητας της σφράγισης

Η αξιολόγηση του πόσο καλά σφραγιστικά μέσα σφραγίζουν τους πόρους στο ανοδιωμένο στρώμα οξειδίου αποτελεί μέρος της ανάλυσης. Για να αυξηθεί η αντοχή στη διάβρωση και να σταματήσει το ξεθώριασμα του χρώματος, αυτό το βήμα είναι απαραίτητο [139].

Δοκιμές για τον έλεγχο ποιότητας

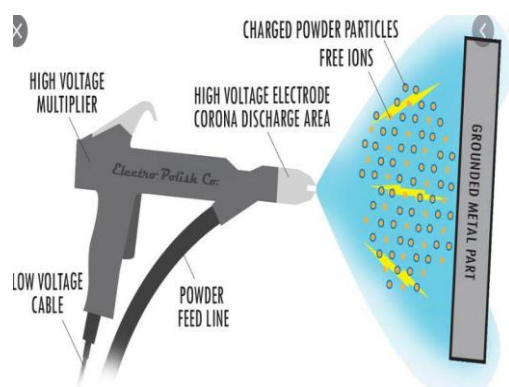
Για την αξιολόγηση της γενικής απόδοσης και της μακροζωίας του ανοδιωμένου στρώματος, μπορεί να διεξαχθεί μια σειρά δοκιμών ελέγχου ποιότητας, όπως δοκιμές πρόσφυσης, σκληρότητας και ψεκασμού με αλάτι [139].

Στατιστικός Έλεγχος Διαδικασιών (SPC)

Για τον εντοπισμό και την επίλυση των διακυμάνσεων σε πραγματικό χρόνο, η εφαρμογή του SPC απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και ανάλυση των κρίσιμων παραμέτρων της διεργασίας. Αυτό βοηθά στη συντήρηση της συνέπειας και στην έγκαιρη ανίχνευση πιθανών προβλημάτων που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ποιότητα του ανοδιωμένου πλαισίου [139].

Ηλεκτροστατική Βαφή

Η ηλεκτροστατική βαφή των εξωθημένων πλαισίων αλουμινίου αποτελεί μία μεγάλης σημασίας διεργασία, λόγω των τεράστιων πλεονεκτημάτων που προσδίδονται στην τελική φάση του.



Εικόνα 91 Ηλεκτροστατική Βαφή μεταλλικού αντικειμένου - Science Direct.com

Οι κύριες διεργασίες που εκτελούνται περιγράφονται ως εξής [140]:

Έλεγχος Επιφάνειας

Είναι σημαντικό να εξεταστούν οι επιφάνειες των κουφωμάτων αλουμινίου πριν από τη βαφή. Αυτό συνεπάγεται την εξέταση του αντικειμένου για ατέλειες όπως οξείδωση ή μόλυνση, καθώς και για καθαρότητα και ομαλότητα. Για την προετοιμασία της επιφάνειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαδικασίες προκατεργασίας, όπως πλύσιμο, λείανση και άλλες τεχνικές [140].

Ανάλυση της κάλυψης και αφαίρεση

Εξετάζεται η αποτελεσματικότητα των υλικών κάλυψης και η ακρίβεια της διαδικασίας κάλυψης, εάν πρέπει να καλυφθούν τμήματα των πλαισίων αλουμινίου για να αποφευχθεί η βαφή. Για να εξασφαλιστεί ένα καθαρό φινίρισμα, η αφαίρεση των υλικών κάλυψης αξιολογείται μετά τη βαφή [140].

Ανάλυση του συστήματος εφαρμογής χρώσεων

Τα φορτισμένα σωματίδια χρώματος είναι απαραίτητα για την τεχνική της ηλεκτροστατικής βαφής. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ομοιόμορφη και ρυθμισμένη φόρτιση των σωματιδίων χρώματος, η απόδοση των ηλεκτροστατικών πιστολιών ψεκασμού ή άλλων εργαλείων εφαρμογής αξιολογείται κατά τη διαδικασία ανάλυσης του συστήματος εφαρμογής φόρτισης [140].

Ανάλυση σωματιδίων βαφής

Η ποιότητα της επίστρωσης επηρεάζεται από το μέγεθος και τη διασπορά των σωματιδίων του χρώματος. Για να βεβαιωθούμε ότι τα σωματίδια του χρώματος βρίσκονται εντός του καθορισμένου εύρους για την καλύτερη πρόσφυση και κάλυψη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναλυτικές τεχνικές όπως η ανάλυση μεγέθους σωματιδίων [140].

Μέτρηση του πάχους των μεμβρανών

Για την επίτευξη των επιθυμητών ιδιοτήτων της επικάλυψης, ο έλεγχος του πάχους του φιλμ είναι απαραίτητος. Το πάχος του εφαρμοζόμενου φιλμ βαφής μπορεί να μετρηθεί αναλυτικά σε διάφορα σημεία των πλαισίων αλουμινίου με όργανα όπως μετρητές πάχους επίστρωσης [140].

Ανάλυση της διαδικασίας σκλήρυνσης

Η δημιουργία ενός φινιρίσματος μακράς διάρκειας απαιτεί την περίοδο σκλήρυνσης μετά την εφαρμογή του χρώματος. Εξασφαλίζεται ότι η επίστρωση επιτυγχάνει την απαραίτητη πρόσφυση και σκληρότητα με την ανάλυση των παραμέτρων σκλήρυνσης, όπως η θερμοκρασία και ο χρόνος [140].

Μετρήσεις πρόσφυσης

Μια σημαντική πτυχή της ποιότητας είναι η πρόσφυση του χρώματος στην επιφάνεια του αλουμινίου. Για την αξιολόγηση της ακεραιότητας της επικάλυψης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναλυτικές τεχνικές, όπως δοκιμές πρόσφυσης με εγκάρσια τομή και δοκιμές πρόσφυσης με ταινία [140].

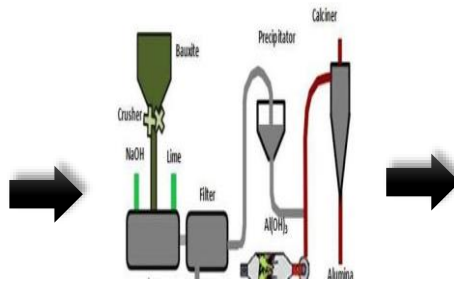
Ανάλυση του χρώματος και της εμφάνισης

Για να εξασφαλιστεί η ομοιομορφία και η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις, αξιολογούνται το χρώμα και η εμφάνιση των βαμμένων κουφωμάτων αλουμινίου. Για ακριβή ανάλυση χρώματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φασματοφωτόμετρα ή χρωματομέτρα [140]. Αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχει τεράστια πληθώρα επιλογών χρώματος ή επιφανειακών στρώσεων που μπορούν να εφαρμοστούν στη διαδικασία ηλεκτροστατικής βαφής, αναλόγως φυσικά της αισθητικής επιλογής ή των απαιτούμενων ιδιοτήτων.

Απεικόνιση Διεργασιών Κατασκευής Προφίλ Αλουμινίου



Εξόρυξη Βωξίτη



Εισαγωγή του Βωξίτη στη διεργασία Bayer



Απομόνωση Αλουμίνιας σε μορφή σκόνης μέσω Διεργασίας Bayer



Διαδικασία εξώθησης του χυτετού αλουμινίου



Δημιουργία Ράβδων Αλουμινίου μέσω χύτευσης



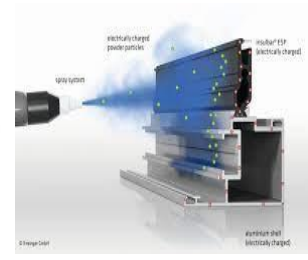
Χύτευση και Κραμάτωση του αλουμινίου



Εξωθημένα Προφίλ μετά ψύξης



Ανοδίωση των Προφίλ Αλουμινίου



Ηλεκτροστατική Βαφή Προφίλ



Ολοκληρωμένο Προφίλ

3.2.2 Διαδικασία Παραγωγής Πρώτης Ύλης - Μαλακός Χάλυβας

Στο παρόν σημείο θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα στάδια επεξεργασίας και παρασκευής του μαλακού χάλυβα, καθώς και οι επιπλέον διεργασίες που πραγματοποιούνται κατ' επιλογή των απαιτούμενων αναγκών της εκάστοτε εφαρμογής [141].

Εξόρυξη Σιδήρου

Κατά το πρώτο βήμα της διαδικασίας παρασκευής μαλακού σιδήρου, πραγματοποιείται η εκάστοτε εξόρυξη στο σημείο εύρεσης ορυκτού σιδήρου. Ο τρόπος με τον οποίο εξάγεται ο ορυκτός σίδηρος, πραγματοποιείται μέσω εκσκαφής και ελεγχόμενης ανατίναξης του σημείου, ώστε τα κομμάτια του ορυκτού να διαθέτουν σχετικά εύκολα διαχειρίσιμο μέγεθος [141].



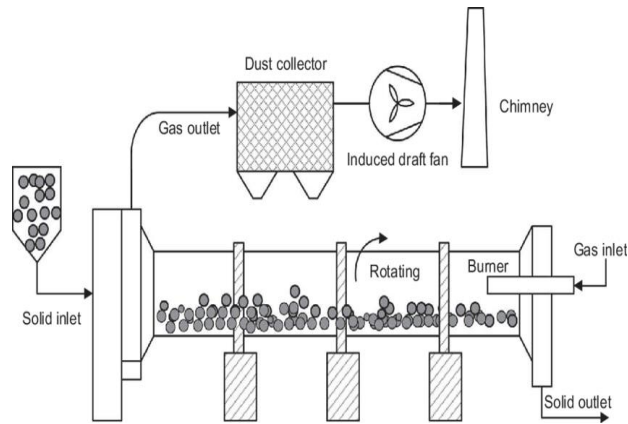
Εικόνα 92 Εξόρυξη ορυκτού σιδήρου

Διαλογή και θραύση

Το μέταλλευμα θρυμματίζεται και κοσκινίζεται στο εργοστάσιο επεξεργασίας για να διαχωριστεί σε διάφορα μεγέθη. Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί ότι το μέταλλευμα πληροί τις απαιτήσεις που απαιτούνται για την παραγωγή χάλυβα και για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των επόμενων σταδίων επεξεργασίας [141].

Διαχωρισμός και Καθαρισμός

Η διαδικασία καθαρισμού του σιδηρομεταλλεύματος περιλαμβάνει το διαχωρισμό των ορυκτών από ανεπιθύμητες ουσίες και ακαθαρσίες. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει διαδικασίες όπως η επίπλευση, ο διαχωρισμός βαρύτητας και ο μαγνητικός διαχωρισμός. Τα σιδηρούχα μαγνητικά ορυκτά διαχωρίζονται συχνά από τα μη μαγνητικά συστατικά του μεταλλεύματος με μαγνητικό διαχωρισμό [141].



Εικόνα 93 Διαδικασία φιλτραρίσματος του ορυκτού σιδήρου μέσω μαγνητικών μέσων

Λιώσιμο

Η υψικάμινος, αποτελεί το κεντρικό σύστημα λιώσιματος του σιδήρου. Ο σίδηρος σε συνδυασμό με το υλικό coke (αποτέλεσμα της επεξεργασίας κάρβουνου – εφαρμογή υψηλής θερμότητας σε κάρβουνο σε κενό αέρος – εξάλειψη λοιπών στοιχείων και μεγάλη ποσότητα καθαρού άνθρακα) και ασβεστόλιθο, τοποθετούνται εντός της υψικαμίνου. Η θερμοκρασία εντός της υψικαμίνου φτάνει σε μεγάλα επίπεδα, αγγίζοντας τους 2000 βαθμούς Κελσίου. Ο ορυκτός σίδηρος λιώνει, ενώ ταυτόχρονα το υλικό coke διοχετεύει τον απαιτούμενο άνθρακα εντός του χυτοσιδήρου. Αξίζει να αναφερθεί πως κατά την προσθήκη άνθρακα εντός του μίγματος, παρατηρούμε τη σχετική αύξηση της μηχανικής αντοχής του χάλυβα, με την ταυτόχρονη μείωση της ολκιμότητας του τελικού κράματος [141].

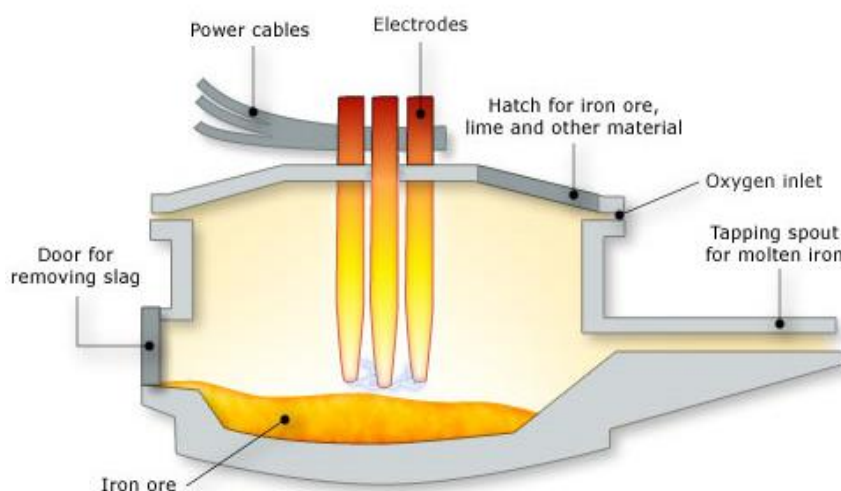


Εικόνα 94 Σύστημα λιώσιματος σιδήρου μεγάλου όγκου - Science Direct.com

Σημαντική λεπτομέρεια αποτελεί η προσοχή που πρέπει να δείξουμε κατά την προσθήκη του άνθρακα, ώστε να μην ξεπεράσει το όριο αναλογίας εντός του μίγματος (στην περίπτωση μας 0.05% έως 0.25%), καθώς με την επιπρόσθετη αναλογία άνθρακα αυτομάτως επιβαρύνουμε την συγκολλητική ιδιότητα του τελικού κράματος. Ρόλο του ασβεστόλιθου αποτελεί η απομάκρυνση των ακαθαρσιών μέσω σχηματισμού σκωρίας. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται το πρώτο στάδιο του μίγματος του χυτοσιδήρου.

Κατασκευή χάλυβα

Στη συνέχεια, ο χυτοσίδηρος εξευγενίζεται ακόμη περισσότερο σε κλίβανο ηλεκτρικού τόξου (Electric Arc Furnace - EAF) ή σε κλίβανο βασικού οξυγόνου (Basic Oxygen Furnace - BOF). Στη διεργασία EAF η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των περισσευμάτων χάλυβα (scrap) σε λιωμένο μέταλλο. Μέσω ενέργειας υψηλής τάσης για την παραγωγή έντονης θερμότητας, το scrap λιώνεται ενώ ταυτοχρόνως διευκολύνεται η απομάκρυνση των ακαθαρσιών. Με τη χρήση ανακυκλωμένου χάλυβα, η διαδικασία αυτή βελτιώνει την προσαρμοστικότητα των υλικών εισόδου και ενθαρρύνει τις βιώσιμες πρακτικές.



Εικόνα 95 Διαδικασία EAF για παραγωγή χάλυβα

Λόγω της προσαρμοστικότητας του EAF, μπορούν να ενσωματωθούν διαφορετικές μεταλλικές εισροές, γεγονός που προάγει την πιο ευέλικτη και φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή χάλυβα. Η διαδικασία BOF επικεντρώνεται στην εισαγωγή οξυγόνου σε λιωμένο σίδηρο για τη μετατροπή του σε χάλυβα. Στο δοχείο BOF, ο ακατέργαστος σίδηρος -που συνήθως λαμβάνεται από υψικαμίνους- εξευγενίζεται. Ο χάλυβας υψηλής ποιότητας

παράγεται όταν το οξυγόνο διοχετεύεται στο λιωμένο σίδηρο, αντιδρώντας με τις ακαθαρσίες και διευκολύνοντας την απομάκρυνσή τους. Η μεγάλης κλίμακας παραγωγή είναι ένα χαρακτηριστικό της μεθόδου BOF, το οποίο την καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλη για τομείς που απαιτούν μεγάλες ποσότητες χάλυβα. Με το πέρας των μεθόδων αυτών, το τελικό προϊόν χάλυβα παράγεται στην καθαρή του μορφή [142].

Μορφοποίηση και διαμόρφωση

Παρομοίως με τη διεργασία του αλουμινίου, για την τελική διαμόρφωση του χάλυβα στην απαιτούμενη μορφή χρησιμοποιούνται διαδικασίες μορφοποίησης μέσω μητρών (καλούπια) είτε μέσω συστημάτων εξώθησης στην περίπτωση που θέλουμε σχήμα ράβδου. Στην περίπτωση που η εφαρμογή απαιτεί μορφοποίηση σε κοιλοδοκό, τότε εξάγουμε το λιωμένο χυτοσίδηρο σε μορφή λαμαρίνας και μέσω κατάλληλων πρεσών περιστρέφουμε την επιφάνειά τους. Στα σημεία της ένωσης της λαμαρίνας ύστερα από την περιστροφή τους, εφαρμόζεται συγκόλληση, ώστε το τελικό σχήμα να λάβει ορθογώνιες διαστάσεις [142].

Επιπλέον Διεργασίες – Προϊόντα Χάλυβα

Όπως προαναφέρθηκε, αν επιθυμούμε την επιπλέον ανάπτυξη των ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος, εφαρμόζουμε τεχνικές που αναφέρονται στη συνέχεια.

Γαλβανοποίηση

Για μέγιστη αντοχή σε θέματα διάβρωσης και οξείδωσης (ιδιαίτερα σε υγρά ή εξωτερικά περιβάλλοντα), εφαρμόζεται η μέθοδος της γαλβανοποίησης του εξαγόμενου χάλυβα. Η σειρά διαδικασιών περιλαμβάνει [143]:

Προετοιμασία επιφάνειας

Για να απαλλαγούμε από τυχόν σκουριά ή άλλους ρύπους, τα χαλύβδινα αντικείμενα περνούν από μια αυστηρή διαδικασία καθαρισμού. Συνήθως, για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται πάστωμα σε οξύ ή άλλες τεχνικές καθαρισμού.

Αλλαγή

Ο χάλυβας καθαρίζεται και στη συνέχεια βυθίζεται σε διάλυμα ροής για να σταματήσει η οξείδωση πριν από το γαλβάνισμα. Η ροή διευκολύνει την πρόσφυση της επικάλυψης ψευδαργύρου.

Βύθισμα σε γαλβάνισμα

Αφού ο χάλυβας καθαριστεί, βυθίζεται σε λουτρό λιωμένου ψευδαργύρου που συνήθως διατηρείται σε θερμοκρασία περίπου 450°C. Ο μεταλλουργικός δεσμός μεταξύ του χάλυβα και του ψευδαργύρου εξασφαλίζεται από το χρόνο εμβάπτισης, ο οποίος επιτρέπει στο χάλυβα να φτάσει στη θερμοκρασία του λουτρού.



Εικόνα 96 Βύθισμα χάλυβα σε λουτρό Γαλβανοποίησης
Science Direct.com

Σχηματισμός κράματος

Στο σημείο όπου ο λιωμένος ψευδάργυρος και ο χάλυβας συναντώνται, δημιουργείται ένα στρώμα κράματος κατά τη διάρκεια της εμβάπτισης. Το κράμα γαλβανισμού, το οποίο είναι αυτό το στρώμα, δημιουργεί ένα στερεό και μακροχρόνιο δεσμό μεταξύ του χάλυβα και του ψευδαργύρου.

Απόσυρση και διάχυση

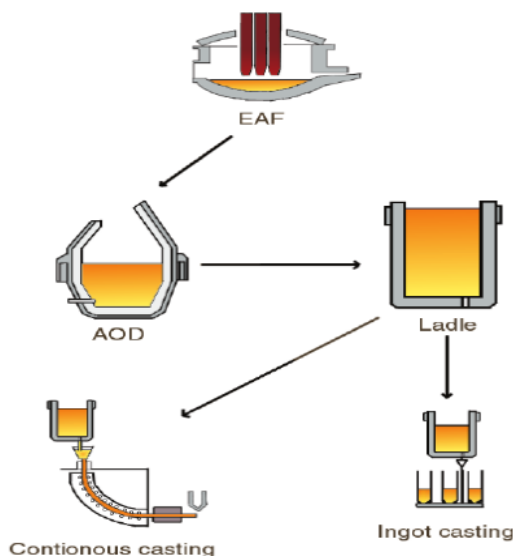
Ο χάλυβας απομακρύνεται σταδιακά από το λουτρό ψευδαργύρου μετά το τέλος της εμβάπτισης για να στραγγίσει ο επιπλέον ψευδάργυρος. Στη συνέχεια, ο επικαλυμμένος χάλυβας αφήνεται να κρυώσει. Με την εφαρμογή της γαλβανοποίησης, προσδίδουμε τεράστια μηχανικά οφέλη στα εξαγόμενα κράματα χάλυβα, σε βαθμό σκληρότητας αλλά και τεράστια επιμήκυνση του χρόνου ζωής του χάλυβα, έναντι συνθηκών οξείδωσης και διάβρωσης.

Ανοξειδωτοποίηση

Κατά την εφαρμογή ανοξειδωτής επίστρωσης στα προϊόντα χάλυβα, εφαρμόζονται οι παρακάτω διαδικασίες [143]:

Λιώσιμο των πρώτων υλών

Το σιδηρομετάλλευμα, το χρώμιο, το νικέλιο και άλλα κραματικά στοιχεία είναι μεταξύ των πρώτων υλών που λιώνουν πρώτα σε αυτή τη διαδικασία. Η ακριβής σύνθεση καθορίζεται από τον επιθυμητό βαθμό ανοξειδωτού χάλυβα.



Εικόνα 97 Γενική Διαδικασία
Ανοξειδωτοποίησης - *Science Direct.com*

Αποσάθρωση με οξείδιο του αργού, ή AOD, και κλίβανος ηλεκτρικού τόξου, ή EAF

Ένας μετατροπέας AOD ή EAF χρησιμοποιείται για τη διύλιση του λιωμένου μετάλλου. Στο EAF, ένα ηλεκτρικό τόξο παράγει έντονη θερμότητα για τον εξευγενισμό, ενώ στο AOD, αργό και οξυγόνο εκτοξεύονται στο λιωμένο μέταλλο για να μειωθεί η περιεκτικότητα σε άνθρακα.

Ρύθμιση σύνθεσης

Για να επιτευχθεί η κατάλληλη ποιότητα ανοξειδωτού χάλυβα, προστίθενται σε ακριβείς ποσότητες στοιχεία κράματος όπως το νικέλιο και το χρώμιο. Αυτά τα στοιχεία υποστηρίζουν την αντοχή, την αντίσταση στη διάβρωση και άλλες ιδιότητες.

Χύτευση

Μέσω τεχνικών όπως η συνεχής χύτευση ή η χύτευση ράβδων, το εξευγενισμένο λιωμένο μέταλλο χύνεται σε ημιτελείς μορφές. Ενώ η χύτευση σε ράβδους παράγει συμπαγείς όγκους, η συνεχής χύτευση δημιουργεί μακρόστενα, συνεχή σχήματα.

Θερμή έλαση

Για να μειωθεί το πάχος και να διαμορφωθεί ο χάλυβας σε πηνία, πλάκες ή άλλα σχήματα, οι ημιτελείς μορφές θερμαίνονται και περνούν από μύλους θερμής έλασης. Η διαδικασία αυτή βοηθά στην απόκτηση των κατάλληλων μηχανικών ιδιοτήτων και διαστάσεων.

Ανόπτηση

Η ανόπτηση είναι μια διαδικασία θερμικής επεξεργασίας που εφαρμόζεται σε ανοξείδωτο χάλυβα θερμής έλασης, η οποία βελτιώνει τις μηχανικές ιδιότητες, μειώνει τις εσωτερικές τάσεις και ενισχύει την αντοχή στη διάβρωση.

Ψυχρή έλαση

Η ψυχρή έλαση προσδίδει στον ανοξείδωτο χάλυβα μια πιο λεία επιφάνεια και μειώνει περαιτέρω το πάχος του. Επιπλέον, η διαδικασία αυτή βελτιώνει την ακρίβεια των διαστάσεων και τις μηχανικές ιδιότητες.

Επιφανειακή Επεξεργασία

Διάφορες επιφανειακές επεξεργασίες, όπως πάστωμα, παθητικοποίηση ή στίλβωση, μπορούν να εφαρμοστούν σε προϊόντα από ανοξείδωτο χάλυβα για να βελτιώσουν την εμφάνιση και την αντοχή τους στη διάβρωση.

3.3 Διαδικασία Επεξεργασίας Προφίλ Αλουμινίου – Τρέχουσες Διεργασίες

Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία παραγωγής των πρώτων υλών, μεταφερόμαστε στον κατασκευαστικό τομέα κουφωμάτων και σιδηροκατασκευών.

Στο παρόν σημείο θα αναφερθούμε στις διαδικασίες που ακολουθούνται με τα υπάρχοντα μέσα αποκλειστικά με την υλοποίηση κουφωμάτων αλουμινίου. Υποθέτουμε μία ήδη υπάρχουσα μικρομεσαία επιχείρηση κατασκευής κουφωμάτων αλουμινίου και σιδηροκατασκευών, με διαδικασίες παραγωγής που εντάσσονται σε διαδικασίες που δεν περιλαμβάνουν πλήρως εξελιγμένα μέσα.

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται αναφορικά με την κατασκευή κουφωμάτων αλουμινίου περιλαμβάνουν τα παρακάτω στοιχεία [144].

3.3.1 Μέτρηση Απαιτούμενων Διαστάσεων

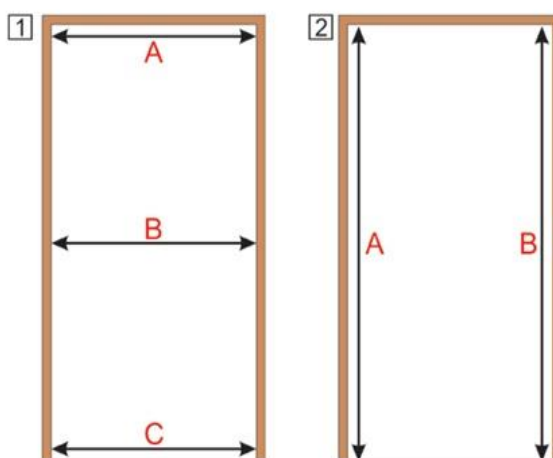
Οι μετρήσεις που λαμβάνονται (κυρίως με χρήση αναλογικού μέτρου) οφείλουν να είναι πλήρως ακριβείς, καθώς είναι πιθανό να παρατηρηθούν έντονες και ίσως αντιαισθητικές λεπτομέρειες μετά το πέρας της εγκατάστασης. Για σωστότερη εφαρμογή, η μέτρηση του εκάστοτε κουφώματος θα πρέπει να περιλαμβάνει μέτρηση και των 2 κάθετων άκρων (αριστερά και δεξιά) ώστε να εξλειφθούν πιθανότητες λάθους καταχώρησης τιμών στα απαιτούμενα μέτρα.

Ύστερα, θα πρέπει να αφαιρεθούν κατά σύνολο μερικά χιλιοστά (συνήθως 1 με 2 χιλιοστά), λόγω του γεγονότος της μη σωστής ευθυγράμμισης των τοιχίων του οικήματος (ιδιαίτερα εφαρμόζεται η διαδικασία αυτή σε παλαιότερες κατασκευές).

Κατά τη διαδικασία μέτρησης και στη συνέχεια θα πρέπει να συμπεριλάβουμε στις συνολικές διαστάσεις το ήδη υπάρχον πλάτος και πάχος του εκάστοτε προφίλ που εγκαθίσταται. Αναλόγως του κωδικού του προφίλ που επιλέγεται από την προμηθεύτρια εταιρία αλουμινίου, καταχωρούνται διαφορετικές τιμές πλάτους και πάχους, τα οποία φυσικά πρέπει να ληφθούν υπόψιν.'

Μία επιπλέον διεργασία κατά τη λήψη των διαστάσεων που αποτελεί ύψιστης σημασίας διεργασία, αποτελεί η σωστή διαστασιολόγηση του τζαμιού που εγκαθίσταται. Συνήθως λαμβάνει τιμές 2 έως 5 χιλιοστών μικρότερες από τη συνολική διάσταση του κουφώματος, αναλόγως φυσικά του τύπου υαλοπίνακα που θα εγκατασταθεί.

Αναλυτικότερα, αναφερόμενοι σε ένα παράδειγμα λήψης τιμών διαστάσεων για ένα κούφωμα αλουμινίου συμπεριλαμβανομένου του τζαμιού:



Εικόνα 98 Απεικόνιση Σωστής Μέτρησης Κουφώματος

Πίνακας 4 Παραδειγματική διαδικασία Διαστασιολόγησης μετρούμενων Προφίλ

ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΠΡΟΦΙΛ			ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΦΙΛ	ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ
Αριστερή Κάθετη Μέτρηση	55.5 cm		55.4 cm	55 cm
Δεξιά Κάθετη Μέτρηση	55.8 cm		55.4 cm	55 cm
Άνω Μέτρηση Πλάτους	124.7 cm		124.5 cm	124 cm
Κάτω Μέτρηση Πλάτους	124,9 cm		124.5 cm	124 cm

Ο παραπάνω πίνακας περιγράφει τη γενική εικόνα της διεργασίας που ακολουθείται με σκοπό τη διαστασιολόγηση ενός παραδειγματικού προφίλ. Τα λαμβανόμενα μέτρα (πρώτη στήλη) αφορούν μέτρηση παλαιού κουφώματος το οποίο δε διαθέτει πλήρως ακριβείς διαστάσεις, λόγω μη ακριβούς διαστάσεων τοιχίου. Συνεπώς, «στρογγυλοποιούμε» τις απαιτούμενες διαστάσεις με σκοπό την πραγματοποίηση κατασκευής σωστών διαστάσεων. Ο υαλοπίνακας θα λάβει διαστάσεις μεταξύ 2 mm έως 5 mm μικρότερες, σε κάθε πλευρά, λόγω της εφαρμογής υαλοπίνακα διπλού τύπου. Να σημειωθεί πως η παραπάνω διαδικασία θα πρέπει να πραγματοποιείται σε κάθε διαφορετικό κούφωμα που λαμβάνουμε.

3.3.2 Κοστολόγηση και Προετοιμασία

Αφότου ληφθούν τα μέτρα και οι τύποι του εκάστοτε κουφώματος και προφίλ, ακολουθεί η διαδικασία κοστολόγησης. Σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την κοστολόγηση, αποτελούν τα τεμάχια των προφίλ αλουμινίου που παραλαμβάνουμε.

Τα συνήθη μέτρα κατά τα οποία λαμβάνουμε τα προφίλ, είναι επτά (7m). Ο λόγος φυσικά είναι πως στη διαδικασία εξώθησης του προϊόντος με τη μέθοδο που περιγράψαμε σε προηγούμενη ενότητα, το τεμάχιο διαχωρίζεται – κόβεται στα 7 μέτρα από την εταιρία κατασκευής.

Συνεπώς, δεν μπορούμε να λάβουμε την κοστολόγηση του τελικού τεμαχίου με απλή μέθοδο τιμή/μέτρο, καθώς τα περισσευούμενα κομμάτια (φύρα) ενδέχεται να μην μπορούν να αξιοποιηθούν στην κατασκευή του προφίλ. Μέσα στην κοστολόγηση θα πρέπει να συμπεριληφθούν τα ολοκληρωμένα προφίλ των 7 μέτρων τα οποία θα πρέπει να αξιοποιηθούν.

Ως παράδειγμα, υποθέτουμε την ανάληψη κοστολόγησης 2 κουφωμάτων αλουμινίου, με διαστάσεις μετά την στρογγυλοποίηση:

Πρώτο Κούφωμα: 250 cm × 160 cm

⇒ Συνολικό Μήκος Προφίλ που απαιτείται: $250 \text{ cm} \times 2 + 160 \text{ cm} \times 2 = 8.2 \text{ m}$.

Δεύτερο Κούφωμα: 240 cm × 135 cm

⇒ Συνολικό Μήκος Προφίλ που απαιτείται: $240 \text{ cm} \times 2 + 135 \text{ cm} \times 2 = 7.5 \text{ m}$.

Συνολικό Μήκος Προφίλ που απαιτείται να προμηθευτούμε: **15.7 m**.

Η **λανθασμένη εκτίμηση κόστους** στην περίπτωση αυτή, θα ήταν:

15.7 m. × τιμή προφίλ/μέτρο.

Με τον τρόπο αυτό όμως, αναιρούμε το γεγονός πως η προμηθεύτρια εταιρία των προφίλ δε θα παραδώσει προϊόν σε τεμάχια λιγότερα των 7 μέτρων.

Συνεπώς, θα πρέπει να κοστολογηθούν(χρεωθούν) **21 μέτρα προφίλ**, με **φύρα 5.3 μέτρα**.

Η ίδια μέθοδος ακολουθείται κατά την κοπή των εκάστοτε υαλοπινάκων, καθώς και σε αυτή την περίπτωση δεν περιλαμβάνεται κοπή αναλόγως μέτρου από την εταιρία κατασκευής των υαλοπινάκων.

Συνεπώς, κατά την εκτίμηση της τιμής για μία πλήρη κάλυψη υλικών ενός κουφώματος, θα πρέπει να συμπεριληφθεί επιπλέον ο υαλοπίνακας συμπεριλαμβανομένης της φύρας, με επιπλέον υλικά να περιλαμβάνουν: Γωνίες Σύνδεσης Πλαστικές + Μεταλλικές, Λάστιχο Μόνωσης 2 ειδών, Βουρτσάκι Μόνωσης, Μηχανισμοί Ασφαλείας.

Ως επιπλέον υλικά κατόπιν επιλογής περιλαμβάνεται το σχέδιο σε μορφή πάνελ, καθώς και επιπλέον εξαρτήματα ασφαλείας.

3.3.3 Σειρά Κεντρικών Διαδικασιών

Στο σημείο αυτό, θα αναφερθούμε στις τρέχουσες διεργασίες κατασκευής που ακολουθούνται κατά την εκτέλεση των εκάστοτε εργασιών για την υλοποίηση των κουφωμάτων αλουμινίου. Οι παρακάτω διαδικασίες θα αναφερθούν με σειρά εκτέλεσης και ύστερα από την υποτιθέμενη μέτρηση και στρογγυλοποίηση των ήδη λαμβανομένων διαστάσεων.

Κοπή Προφίλ

Στο σημείο αυτό, επεξεργαζόμαστε το στάδιο κοπής των λαμβανόμενων προϊόντων από την εταιρία κατασκευής των προφίλ αλουμινίου. Ύστερα από το διαχωρισμό τους (καθώς λαμβάνονται ως δεμάτια) τοποθετούνται ένα προς ένα στη λεγόμενη επιφάνεια κοπής, δηλαδή το πριόνι κοπής.

Για σωστό τελικό αποτέλεσμα, απαιτείται η χρήση της ράγας ευθυγράμμισης, η οποία διαθέτει ράουλα κύλισης, τους λεγόμενους οδηγούς. Σκοπός όπως είπαμε είναι η απόλυτα ακριβής ευθυγράμμιση του τεμαχίου με το σημείο κοπής του πριονιού, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι απόλυτα ακριβές και ομοιόμορφο.

Πριν φυσικά την κοπή του τεμαχίου, εφαρμόζεται η γωνιακή μέτρησή του.

Το τελικό τεμάχιο του ενός προφίλ, θα πρέπει να έχει 2 κοπές υπό γωνιακή θέση αντίθετης κατεύθυνσης – τα λεγόμενα φάλτσα - συνεπώς θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλες επιπλέον μετρήσεις πριν τη διαδικασία κοπής του.

Μία συνήθης μέτρηση που λαμβάνεται είναι: Μετρούμενο Μήκος + 5cm.

Οπότε, αν υποθέσουμε το επιθυμητό μήκος 150 cm, ως πρώτη κοπή θα εφαρμοστεί η υπό γωνία 45° κοπή στα 155 cm.

Ως βοήθημα προβολής και ακριβούς κοπής μέχρι και 2^{ου} χιλιοστού, χρησιμοποιούμε τη ράγα μέτρησης. Η ράγα αυτή βρίσκεται ενσωματωμένη στην επιφάνεια κοπής και τους οδηγούς, περιλαμβάνοντας επιπλέον μία πλευρική στήριξη, η οποία διαθέτει και αυτή οδηγούς κύλισης. Το προς κοπή τεμάχιο εφάπτεται πλήρως του πλευρικού στηρίγματος, και με κατάλληλη κίνηση του τιμονιού κίνησης των οδηγών του πλευρικού στηρίγματος, το κινούμε στα επιθυμητά εκατοστά.

Η προβολή των εκατοστών απεικονίζεται μέσω μίας μικρής οθόνης, η οποία αναλόγως της κίνησης του τιμονιού κύλισης εξάγει τα κατάλληλα δεδομένα. Ο κύριος μηχανισμός λειτουργίας προβολής των εκατοστών, περιλαμβάνει μία απλή εφαρμογή ενός προγραμματιζόμενου αισθητήρα, ο οποίος κατά την εγκατάστασή του ρυθμίστηκε καταλλήλως.



Εικόνα 99 Επιτραπέζιο χειροκίνητο πριόνι - Παρατηρούμε τη ράγα ράουλων (δεξιά - αριστερά) καθώς και το έμβολο πίεσης του προφίλ

Αφότου λοιπόν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα γωνιακής κοπής και η σωστή εφαρμογή του προφίλ στο επαπτόμενο στήριγμα, ενεργοποιούμε τις πρέσες συγκράτησης του τεμαχίου. Οι συγκεκριμένες πρέσες λειτουργούν με έμβολο αέρα, συμπιέζοντας το τεμάχιο προς την κατεύθυνση εντός της επιφάνειας κοπής, με σκοπό την αποφυγή απότομης “εκτόξευσης” κομμένου κομματιού τεμαχίου, κατά την εφαρμογή πίεσης από το πριόνι κοπής. Η συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελεί μείζονος σημασίας λεπτομέρεια, καθώς ενδέχεται σοβαρός τραυματισμός του χρήστη σε περίπτωση που παραλειφθεί ή προσπεραστεί!

Αφότου λοιπόν βεβαιωθούμε για τη σωστή συγκράτηση του τεμαχίου από τις πρέσες συγκράτησης, στρέφουμε το πριόνι κατά γωνία 45° και εφαρμόζουμε την πρώτη κοπή. Στη συνέχεια, αφαιρούμε το κομμένο τεμάχιο που δεν αξιοποιείται για εκείνη την στιγμή, και αναστρέφουμε το προς εκμετάλλευση τεμάχιο (εναλλακτικά μπορούμε να αναστρέψουμε το πριόνι υπό γωνία 45° στην αντίθετη κατεύθυνση, αλλά αποτελεί μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία καθώς στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι χειροκίνητο).

Τέλος, εφαρμόζουμε επιπλέον κοπή 45° στο αντικείμενο, στην αντίθετη κατεύθυνση αυτή τη φορά, με σκοπό την τελική δημιουργία 2 γωνιακών πλευρών. Τη διαδικασία αυτή την επαναλαμβάνουμε έως ότου ολοκληρωθούν όλα τα τεμάχια των προφίλ.

Στο προαναφερόμενο παράδειγμα, απαιτείται η κοπή 8 τεμαχίων, δηλαδή 16 συνολικών εφαρμογών κοπής.

Δημιουργία Οπών για Γωνίες Σύνδεσης

Ύστερα από τη διαδικασία κοπής των εκάστοτε προφίλ, ακολουθεί η διαδικασία δημιουργίας των οπών ώστε να εφαρμοστούν οι γωνίες σύνδεσης των προφίλ. Κατά τη διαδικασία αυτή, αξιοποιείται το χειροκίνητο σύστημα των μεταλλικών πρεσών. Το συγκεκριμένο μηχανολογικό σύστημα διαθέτει πολλαπλές υποδοχές για τη δημιουργία ποικίλων οπών, ώστε να εφαρμόζονται πολλαπλών ειδών γωνίες συνδέσεως. Το κάθε κομμένο προφίλ εισάγεται με την υπό γωνία κομμένη πλευρά του στη συγκεκριμένου τύπου θέση οπής, λόγω φυσικά του γεγονότος της διαφορετικής ανάγκης οπής σε κάθε περίπτωση.

Στη συνέχεια, με την συγκράτηση του τεμαχίου με σταθερότητα και πλήρως παράλληλα με τις προεξοχές οπών, κατευθύνουμε το μοχλό προς τα κάτω, ασκώντας με αυτό τον τρόπο πίεση στο αλουμίνιο και δημιουργώντας την οπή. Η συγκεκριμένη διαδικασία αποτελεί πλήρως αναλογική και χειροκίνητη επεξεργασία. Κάθε τύπου οπή εφαρμόζεται και στις 2 πλευρές του κομμένου τεμαχίου, αλλά μόνο σε 2 τεμάχια από τα 4 που διαθέτει το κούφωμα.



Εικόνα 100 Σύστημα Πρεσών Αλουμινίου - Παρατηρούμε τις πολλαπλές υποδοχές που διαθέτει, καθώς και το μοχλό πίεσης

Δημιουργία Οπών μέσω Παντογράφου

Συνεχίζοντας την επεξεργασία των προφίλ μετά τη διαδικασία δημιουργίας οπών μέσω των μηχανικών πρεσών, ακολουθεί η διαδικασία δημιουργίας οπής για το μηχανισμό κλειδώματος.

Ο συγκεκριμένος μηχανισμός ποικίλλει σχηματικά και συνεπώς ποικίλλουν και πάλι οι επιλογές οπών που πρέπει να διαμορφωθούν. Για το ρόλο αυτό, αξιοποιείται το σύστημα του παντογράφου, το οποίο διαθέτει το μηχανισμό «οδήγησης» του τρυπανιού επεξεργασίας. Επιλέγοντας μηχανικά το σχέδιο οπής που επιθυμούμε να εφαρμόσουμε, καθοδηγούμε τον μοχλό κίνησης του τρυπανιού εντός του διαγράμματος οπής που διαθέτει. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η απόλυτα ακριβής δημιουργία οπής για την εισαγωγή του μηχανισμού ασφαλείας του κουφώματος, με χειρωνακτικό τρόπο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται σε ένα προφίλ του κάθε κουφώματος.



Εικόνα 101 Σύστημα Παντογράφου - Ο μοχλός κατεύθυνσης δημιουργεί τα επιθυμητά σχήματα στην επιφάνεια του προφίλ αλουμινίου

Διασύνδεση Εξαρτημάτων και Μοντάρισμα

Ύστερα από τη διαδικασία δημιουργίας οπής για κλείδωμα ασφαλείας, οδηγούμαστε στη διαδικασία τοποθέτησης των κατάλληλων λάστιχων μόνωσης, κουμπωμάτων, μεντεσέδων και γωνιών σύνδεσης.

Αφότου εφαρμοστούν και οι γωνίες σύνδεσης, ξεκινάει η διαδικασία διασύνδεσης (μονταρίσματος) των κομμένων προφίλ με σκοπό τη δημιουργία του κουφώματος. Η διαδικασία μονταρίσματος περιλαμβάνει την είσοδο των γωνιών σύνδεσης εντός των εσοχών του προφίλ, και ύστερα εφαρμόζεται σφίξιμο των γωνιών με σκοπό την επαφή μεταξύ των 2

προφίλ σε κάθε γωνία σύνδεσης. Η σύνδεση συνήθως απαιτεί βίδωμα μέσω κατσαβιδιού Allen.

Λεπτομερή ιδιαιτερότητα στο σημείο αυτό, απαιτεί η προσεκτική επαφή των 2 προφίλ για λόγους αισθητικής ποιότητας. Πριν την πλήρη διασύνδεση, το ένα προφίλ παραμένει αποσυνδεδεμένο από το συνολικό κούφωμα.

Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτό, αποτελεί η διαδικασία εισαγωγής του υαλοπίνακα εντός του κουφώματος. Αφότου εισαχθεί ο υαλοπίνακας εντός του κουφώματος, διασυνδέεται και το τελευταίο κομμάτι του προφίλ, με σκοπό τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου σχεδόν κουφώματος.

Ύστερα από τη διαδικασία μονταρίσματος, το ολοκληρωμένο κούφωμα εντάσσεται εντός της κάσας των προφίλ. Οι παραπάνω διαδικασίες περιλαμβάνουν τις κεντρικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται κατά την κατασκευή των κουφωμάτων αλουμινίου. Όπως προαναφέρθηκε, οι διεργασίες αυτές αποτελούν τις μη πλήρως εξελιγμένες διαδικασίες κατασκευής.

Παρακάτω θα αναλυθούν οι εκάστοτε προσωπικές ιδέες σε μηχανική αυτοματοποίηση – υποβοήθηση διεργασιών, καθώς και επίλυση θεμάτων Management και Marketing της επιχείρησης.

3.4 Διαδικασία Επεξεργασίας Προφίλ Αλουμινίου – Αναβάθμιση

Διεργασιών

Στο παρόν σημείο, αξιοποιώντας τα προηγούμενα δεδομένα των μεθόδων επεξεργασίας των προφίλ αλουμινίου, θα αναφερθούμε σε ιδέες για την επιχειρησιακή ανάπτυξη σε επίπεδο μηχανικής αυτοματοποίησης – βελτιστοποίησης διεργασιών [144].

Σκοπός αποτελεί η βελτίωση των κοπιαστικών, χειροκίνητων διεργασιών που ακολουθούνται, η μείωση του απαιτούμενου χρόνου κατασκευής, η προσπάθεια μείωσης σφαλμάτων λόγω πολλαπλών δεδομένων αλλά και θέματα ακρίβειας των συστημάτων.

Επιπλέον, θα αναφερθούμε σε χρονικές και γενικές βελτιώσεις που θα επέλθουν με την εφαρμογή των αυτοματοποιήσεων, σύμφωνα με μετρήσεις που θα ληφθούν.

3.4.1 Αυτοματοποίηση Διαδικασίας Λήψης Διαστάσεων

Μία από τις κεντρικές ιδέες επεξεργασίας κατά τη λήψη διαστάσεων, αποτελεί η δημιουργία μίας αυτοματοποιημένης διαδικασίας λήψης και καταχώρησης τιμών.

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη χρήση ενός Τρισδιάστατου Σαρωτή (3D Scanner). Με τη χρήση του απλοποιείται πλήρως η διαδικασία λήψης των διαστάσεων του προς κατασκευή κουφώματος. Σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία, θα μπορούμε να λάβουμε σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα τις πλήρως ακριβείς διαστάσεις των κουφωμάτων, αποφεύγοντας δυσκολίες και πιθανά σφάλματα ακρίβειας μετρήσεων.

Το σύστημα του 3D Scanner θα μπορεί να λάβει την ακριβή απεικόνιση των διαστάσεων του κουφώματος, με τεράστια ακρίβεια, δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα αποθήκευσης των ληφθέντων δεδομένων.

Για να σκεφτούμε την τεράστια εξοικονόμηση χρόνου που θα επιφέρει η διαδικασία της τρισδιάστατης σάρωσης, αρκεί να αναφερθούμε όχι σε μεμονωμένα προϊόντα, αλλά θέτοντας ένα μέσο όρο 50 κουφωμάτων.



Εικόνα 102 Τρισδιάστατος Σαρωτής
Επεξεργασίας Μετρήσεων

Για τη διαδικασία λήψης διαστάσεων σε 50 διαφορετικά κουφώματα, θα χρειαστούν ίσως και τρεις (3) ημέρες αποκλειστικά και μόνο για τη διαδικασία αυτή. Εκτός φυσικά από το χρόνο που απαιτείται, η διαδικασία είναι και ιδιαίτερα ευάλωτη σε σφάλματα. Ίσως γίνεται πλήρως αντιληπτή η πολυπλοκότητα σε έναν αριθμό 50 κουφωμάτων, αν αναλογιστούμε δηλαδή πως θα χρειαστεί να επεξεργαστούμε 200 διαφορετικές διαστάσεις (2 μήκους, 2 πλάτους σε κάθε κούφωμα)!

Επιπρόσθετα στη διαδικασία αυτή, περιλαμβάνεται φυσικά η μετέπειτα διεργασία της στρογγυλοποίησης που προαναφέραμε. Συνεπώς, είναι σχεδόν βέβαιο πως θα προκληθούν σφάλματα σε χειροκίνητη επεξεργασία όλων αυτών των δεδομένων.

Αντιθέτως, με την αξιοποίηση ενός συστήματος Τρισδιάστατης Σάρωσης, θα είναι εφικτή η πολύ πιο γρήγορη, ακριβής και αξιόπιστη λήψη των κατάλληλων διαστάσεων. Επιπρόσθετα στη διαδικασία αυτή, ίσως ήταν εφικτή η εισαγωγή ενός προγράμματος διαχείρισης των δεδομένων. Για παράδειγμα, θα ήταν εφικτή η δημιουργία ενός προγράμματος, το οποίο θα εκτελεί αυτοματοποιημένη και κατηγοριοποιημένη καταχώρηση των λαμβανόμενων τιμών, αφού ολοκληρώνεται η διαδικασία λήψης διαστάσεων σε κάθε κούφωμα μεμονωμένα.

Ως συνέχεια της αναβάθμισης μέσω προγράμματος, θα μπορούσαμε να πραγματοποιήσουμε διασύνδεση του προγράμματος κατηγοριοποιημένης αποθήκευσης των δεδομένων με ένα ξεχωριστό πρόγραμμα το οποίο θα εκτελεί αυτοματοποιημένα τις διαδικασίες στρογγυλοποίησης μεταξύ των διαστάσεων. Με την επιπλέον αυτή προσθήκη, θα ελαττώσουμε πλήρως τις χρονοβόρες διαδικασίες καταγραφής και επεξεργασίας των απαιτούμενων δεδομένων.

Φυσικά σε κάποιες περιπτώσεις εξαιρέσεων, απαιτείται η παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα, καθώς υπάρχει πιθανότητα για εξειδικευμένη κατασκευή με συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες και λεπτομέρειες.

Όμως, με την παραπάνω αξιοποίηση προγραμμάτων “αποδεσμευόμαστε” από συνεχόμενες διαδικασίες υψηλών χρονικών απαιτήσεων και πιθανών σφαλμάτων.

3.4.2 Μερική Αυτοματοποίηση Κοπής

Μία επιπλέον κρίσιμης σημασίας και ανάγκης για μερική αποδέσμευση διεργασία αποτελεί η απλούστευση των παραμέτρων κοπής.

Χάρη στις υπάρχουσες δυνατότητες, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε διασυνδέσεις μεταξύ συστημάτων με σκοπό την απλοποίηση των πολλαπλών διαδικασιών. Ως πρώτη παράμετρο, θα μπορούσαμε να θέσουμε τη διαδικασία ανάπτυξης ενός προγράμματος, το οποίο θα λειτουργεί ως η ψηφιακή αποθήκη των προφίλ της επιχείρησης. Θα μπορούσαμε για παράδειγμα, μέσω QR scanning των λαμβανόμενων προφίλ, να διαθέτουμε μία

αυτοματοποιημένη καταχώρηση των διαθέσιμων προφίλ εντός της επιχείρησης, ακόμα και σε ένα αρχείο Excel.

Ο χειριστής θα πρέπει να καταχωρεί τις διαστάσεις της φύρας που εξάγει κατά τη διαδικασία κοπής από τα προς κατασκευή προφίλ, καθώς πολλές φορές οι διαστάσεις των κομματιών που περισσεύουν επιτρέπουν κάλλιστα μελλοντική χρήση. Έτσι, ο χειριστής θα μπορεί να έχει πλήρη επίγνωση των διαθέσιμων πόρων της επιχείρησης, μειώνοντας και πάλι το χρόνο σε διαδικασίες αναζήτησης πρώτων υλών.

Ως επέκταση, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μία διασύνδεση των λαμβανόμενων τιμών από το πρόγραμμα καταχώρησης – στρογγυλοποίησης και του προγράμματος της ψηφιακής αποθήκης, με σκοπό την άμεση ενημέρωση του χειριστή για τα διαθέσιμα τεμάχια που μπορούν να αξιοποιηθούν.

Για την δυνατότητα περαιτέρω απλούστευσης των δεδομένων που διαχειρίζεται ο χειριστής, θα μπορούσαμε να καταχωρούμε τις τιμές του προγράμματος στρογγυλοποίησης των λαμβανόμενων τιμών σε μία επιπλέον διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την αυτοματοποιημένη ανάθεση/αλλαγή τιμών για τις υπό γωνία κοπές που πραγματοποιούνται. Με τον τρόπο αυτό, πραγματοποιείται περαιτέρω διευκόλυνση στην επεξεργασία δεδομένων, σημειώνοντας σημαντική μείωση του απαιτούμενου χρόνου επεξεργασίας πριν την κοπή του αλουμινίου.

Μία επιπλέον δυνατότητα που θα μπορούσε να ενταχθεί, αποτελεί η δυνατότητα άμεσης κοπής των 2 υπό γωνία πλευρών. Χάρη στα νέα συστήματα αυτοματοποιημένης κοπής μεταξύ 2 γωνιών, θα μπορούμε να αποφύγουμε τις διαδικασίες συνεχούς υπολογισμού για τις υπό γωνία κοπές, καθώς το ανανεωμένης διπλής κοπής σύστημα, θα μπορεί άμεσα να αναλαμβάνει και τις 2 πλευρές ταυτόχρονα (Εικόνα 106).

Για την πλήρη ενημέρωση των δεδομένων από τον χειριστή, το συγκεκριμένο σύστημα διαθέτει οθόνη προβολής HMI κατά την οποία θα διαθέτει τη δυνατότητα προβολής της υφιστάμενης γωνίας κοπής (αριστερή ή δεξιά γωνία), και το μήκος του προς κοπή προφίλ. Ως επέκταση, θα μπορούσαμε να διασυνδέσουμε το σύστημα καταχώρησης των στρογγυλοποιημένων τιμών από τον Τρισδιάστατο Σαρωτή, το σύστημα καταχώρησης εκλαμβανόμενης φύρας από τις διάφορες κοπές καθώς και τα δεδομένα καταχώρησης της ψηφιακής αποθήκης που προαναφέραμε.

Με τον τρόπο αυτό, ο εκάστοτε χειριστής θα έχει επιπλέον δυνατότητα προβολής όλων των απαραίτητων δεδομένων, εξοικονομώντας μεγάλα χρονικά ποσά που αφορούν την λήψη σωστών δεδομένων και τις καταχωρήσεις.



Εικόνα 103 Σύστημα κοπής προφίλ αλουμινίου 2 κεφαλών - Παρατηρούμε τα 2 υπό γωνία συστήματα κοπής, καθώς και την οθόνη ενημέρωσης HMI

Η φύρα, εκτός από τα αξιοποιήσιμα τεμάχια, περιλαμβάνει και τη φύρα υπό μορφή γρεζιού. Το γρέζι, αποτελεί το σχεδόν κονιοποιημένο περίσσειμα που δημιουργείται κατά την οποιαδήποτε κοπή κάποιου υλικού. Του αλουμινίου συγκεκριμένα, βρίσκεται υπό τη μορφή “άμμου” μεγαλύτερου πάχους, είτε σε μορφή λεπτών, μακρόστενων και μικρών περισσευμάτων. Η διαδικασία καθαρισμού ή περισυλλογής του γρεζιού αποτελεί μία αρκετά χρονοβόρα και λεπτομερή διαδικασία, καθώς είναι δύσκολα διαχειρίσιμο.



Εικόνα 104 Σύστημα Απορρόφησης για στερεά αντικείμενα - Βιομηχανικού Τύπου σύστημα απορρόφησης, πλήρως αξιοποιήσιμο σε επιχείρηση κουφωμάτων αλουμινίου

Λόγω της μεγάλης πίεσης και ταχύτητας λειτουργίας του συστήματος κοπής, το γρέζι “εξαπλώνεται” σε σχεδόν όλο το μήκος του μηχανουργείου, δημιουργώντας προβλήματα αισθητικής αλλά και πρακτικής λειτουργίας. Για τη δυνατότητα ευκολότερης περισυλλογής του, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ένα σύστημα βιομηχανικού απορροφητήρα.

Μπορούμε να το φανταστούμε στην πίσω πλευρά του συστήματος κοπής, με σκοπό την αποφυγή διαφυγής του στον περαιτέρω χώρο. Φυσικά, θα απαιτηθεί μεγάλη δύναμη απορρόφησης του συστήματος, ώστε να μην υπάρχει εύκολη εξάπλωσή του κατά τη λειτουργία του πριονιού. Η κατάληξη του συστήματος απορρόφησης θα μπορεί να είναι κάποια δεξαμενή ή δοχείο αποθήκευσης, με σκοπό τη μετέπειτα αξιοποίησή του, στην οποία θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

Μία επιπλέον πρόσθετη δυνατότητα, αποτελεί η περικλείση του συστήματος με ηχομονωτικό – προστατευτικό τζάμι Triplex. Γενικότερη δυσκολία κατά τη διαδικασία κοπής, αποτελεί ο έντονος θόρυβος που προκαλεί η επαφή μεταξύ του μεταλλικού τροχού κοπής και του προφίλ αλουμινίου. Ο χειριστής, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διαθέτει ηχομονωτικά ακουστικά προστασίας, όμως η δυνατότητα περικλείσης του χώρου από τζάμι θα προσδώσει σημαντικά οφέλη στους υπόλοιπους εργαζόμενους.

Ένα συχνό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται συνεχώς κατά την επεξεργασία των προφίλ, αποτελεί η σωστή εναπόθεση των λαμβανόμενων τιμών στα εκάστοτε κομμένα προφίλ.

Λόγω του μεγάλου όγκου πληροφορίας που αντιμετωπίζουμε κατά την επεξεργασία, δεν αποτελεί σπάνιο φαινόμενο η λανθασμένη εναπόθεση τιμής για το μήκος του εκάστοτε προφίλ. Για το λόγο αυτό, θα ήταν πλήρως εφικτή η ενσωμάτωση ενός συστήματος ετικετοποίησης των προφίλ.

Θα μπορούσε να εφαρμοστεί εντός του συστήματος των μηχανικών ράουλων, έπειτα από τη διαδικασία κοπής των τεμαχίων. Το σύστημα αυτό θα ενημερωνόταν απευθείας από το αυτοματοποιημένο πριόνι διπλής κοπής, εναποθέτοντας άμεσα τιμή στο κομμένο τεμάχιο. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορούμε να έχουμε άμεση ενημέρωση για κάθε προφίλ που εξάγεται από το σύστημα πριονιού, διευκολύνοντας πλήρως τις διαδικασίες μετέπειτα επεξεργασίας.

3.4.3 Μερική Αυτοματοποίηση Πρέσας

Μία επιπλέον χρήσιμη αυτοματοποίηση διαδικασίας που θα επιφέρει πλήρως θετικά αποτελέσματα σε χρονικό και κοπιαστικό επίπεδο, αποτελεί η μερική αυτοματοποίηση της διαδικασίας του πρεσαρίσματος των κομμένων προφίλ.

Το πρεσάρισμα των προφίλ, αν και πλήρως απαραίτητη, αποτελεί μία ιδιαίτερα κοπιαστική και χρονοβόρα διαδικασία η οποία μπορεί να αυτοματοποιηθεί μερικώς.

Όπως προαναφέρθηκε, η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τη συγκράτηση του τεμαχίου με το χέρι, την άσκηση πίεσης στο μοχλό και στη συνέχεια την περιστροφή του, ώστε να πρεσαριστεί και η άλλη πλευρά του προφίλ. Θα μπορούσαμε να φανταστούμε έναν αυτοματισμό, ο οποίος θα περιλαμβάνει δύο (2) πρέσες σε κάθετη διεύθυνση μεταξύ τους, οι οποίες κινούμενες πάνω σε ράγα θα μετατοπίζονταν σε συγκεκριμένη απόσταση, αναλόγως του μήκους του προφίλ.

Στη συνέχεια, ο χειριστής θα τοποθετεί το προφίλ ενδιάμεσα των 2 πρεσών, και με το πάτημα ενός επιδαπέδιου πεντάλ θα πραγματοποιούνταν ταυτόχρονο πρεσάρισμα και των 2 πλευρών. Τα προφίλ ο χρήστης θα μπορούσε να τα παραλαμβάνει απευθείας από μία μικρού μήκους γραμμή παραγωγής, η οποία θα συνδεόταν με την απόληξη του αυτοματοποιημένου πριονιού.

Με τον τρόπο αυτό, μειώνεται σημαντικά η χρονοβόρα διαδικασία του πρεσαρίσματος, ενώ ταυτόχρονα εξαλείφεται σχεδόν η κοπιαστική συγκράτηση του προφίλ καθώς και η περιστροφή του.

3.4.4 Μερική Αυτοματοποίηση Γωνιάσματος

Στη συνέχεια της αναφοράς των ιδεών αυτοματοποίησης, μεταφερόμαστε στη διαδικασία μονταρίσματος των προφίλ. Σημαντικό μέρος της διαδικασίας αυτής, περιλαμβάνει η σωστή εφαρμογή των γωνιών των προφίλ, με σκοπό την μετέπειτα διασύνδεσή τους. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται αυτή η διαδικασία, περιλαμβάνει τη χειροκίνητη εναπόθεση των 2 προφίλ μεταξύ τους, και στη συνέχεια την εφαρμογή με γωνία σύνδεσης, η οποία κινούμενη με το κατσαβίδι Allen εφαρμόζει το σωστό γώνιασμα. Η τακτική αυτή εφαρμόζεται 4 φορές σε κάθε κούφωμα, συνεπώς κατανοούμε την χρονική απαίτηση που υφίσταται η κατασκευή, για παράδειγμα σε 50 προφίλ. Συνεπώς, θα μπορούσαμε να

φανταστούμε έναν αυτοματισμό με σκοπό την μείωση των απαιτούμενων χρόνων διασύνδεσης και εφαρμογής. Θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε μία μηχανική διάταξη, η οποία θα περιλάμβανε την ενσωμάτωση μίας μηχανικής γωνιάστρας, και την εφαρμογή ενός εμβόλου συμπίεσης. Ο χειριστής θα μπορεί να εναποθέτει τα κομμένα προφίλ σε μία απλοποιημένη διάταξη εντός του συστήματος της γωνιάστρας.



Εικόνα 105 Γωνιάστρα για Προφίλ αλουμινίου - Ενσωματώνοντας ένα σύστημα εμβόλου στο υπάρχον σύστημα και δημιουργούμε μία σημαντική αυτοματοποίηση διεργασίας

Στη συνέχεια, με την ενεργοποίηση του εμβόλου συμπίεσης μέσω επιδαπέδιου πεντάλ, τα 4 κομμάτια του προφίλ θα εφαρμόζονταν μεταξύ τους με απόλυτη ακρίβεια. Ακολούθως, ο χειριστής θα εφάρμοζε αποκλειστικά το βίδωμα των γωνιών σύνδεσης στο ήδη γωνιασμένο προφίλ. Τέλος, το κούφωμα θα αφαιρούνταν από τη συσκευή για περαιτέρω επεξεργασία.

Με τον τρόπο αυτό, πραγματοποιείται τεράστια μείωση των χρονικών απαιτήσεων και των κοπιαστικών διεργασιών, επιφέροντας πλήρως θετικά αποτελέσματα στη συνολική διεργασία.

3.4.5 Έλεγχος Ποιότητας των Τελικών Προφίλ

Σε κάθε περίπτωση, κατά το τελικό στάδιο επεξεργασίας πραγματοποιείται ποιοτικός έλεγχος των εξαγόμενων προϊόντων. Στο παρόν στάδιο της τεχνολογικής ανάπτυξης της επιχείρησής μας, ο ποιοτικός έλεγχος πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω χειροκίνητων μεθόδων και τεχνικών, καθώς και με οπτική επιμέλεια των εκάστοτε λεπτομερειών.

Όπως είναι κατανοητό, η συγκεκριμένη διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρα και λεπτομερής. Συνεπώς, θα ήταν εφικτή η εφαρμογή ενός Τρισδιάστατου Σαρωτή, ο οποίος αξιοποιώντας

την Τεχνητή Νοημοσύνη, θα μπορούσε να εξάγει σημαντικά αποτελέσματα σε πιθανές διορθώσεις που οφείλουν να πραγματοποιηθούν.

Θα απαιτηθεί η εναπόθεση τεράστιας ποικιλίας φωτογραφιών που περιλαμβάνουν την κατασκευή των προφίλ εντός του επεξεργαστή του συστήματος, ώστε να καλυφθούν όλα τα πιθανά σενάρια απόκλισης ενός προϊόντος.



Εικόνα 106 Εφαρμογή Ελέγχου Ποιότητας μέσω Τρισδιάστατου Σαρωτή

Όμως, αν αναλογιστούμε τα τεράστια οφέλη έναντι των χρονικών – κοπιαστικών διαδικασιών που υφίστανται με τα υπάρχοντα μέσα, θα σηματοδοτήσει μία τεράστια αλλαγή σε επίπεδο αξιοποίησης και μετέπειτα εξέλιξης στον τομέα επεξεργασίας των κουφωμάτων αλουμινίου.

3.5 Διαδικασία Επεξεργασίας Μεταλλικών Προφίλ και Κιγκλιδωμάτων – Τρέχουσες Διεργασίες

Όπως είναι φυσικό, τα προϊόντα χάλυβα περιλαμβάνουν μία τεράστια πληθώρα εφαρμογών και υλοποιήσεων, σε πολλούς τομείς. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις τρέχουσες διεργασίες για την επεξεργασία προϊόντων χάλυβα για την κατασκευή μεταλλικών κουφωμάτων και κιγκλιδωμάτων. Θα επισημανθούν τα προβλήματα και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται σε επίπεδο πρακτικής, καθώς και τα απαιτούμενα χρονικά επίπεδα [144].

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις υπάρχουσες ιδέες για την ανάπτυξη -βελτίωση των υπάρχοντων συστημάτων και τις βελτιώσεις που θα επέλθουν από την εφαρμογή αυτών τόσο χρονικά όσο και σε επίπεδο περιορισμού χειροκίνητων διεργασιών.

3.5.1 Μεταλλικά Κουφώματα

Η κατασκευή κουφωμάτων σιδήρου, περιλαμβάνει παρόμοιες αρχικές διαδικασίες με την κατασκευή κουφωμάτων αλουμινίου, με διαφορετικά όμως συστήματα διεργασίας.

Δεν θα εμβαθύνουμε σε διεργασίες όπως η μέτρηση των απαιτούμενων διαστάσεων και η κοστολόγηση του τελικού προϊόντος, καθώς αποτελεί αυτούσια διαδικασία με τη μέτρηση των διαστάσεων σε κουφώματα αλουμινίου που συζητήθηκε παραπάνω.

Θα μεταβούμε απευθείας στις κεντρικές διαδικασίες επεξεργασίας.

Κοπή Μεταλλικών Προφίλ

Όμοια με τη διεργασία κοπής προφίλ αλουμινίου, τα μεταλλικά κουφώματα απαιτούν υπό γωνία κοπή στις 2 πλευρές τους, με σκοπό το μετέπειτα μοντάρισμα. Να σημειωθεί πως το πριόνι κοπής δεν αποτελείται από το ίδιο υλικό κατασκευής με το πριόνι κοπής αλουμινίου, αντιθέτως υπάγεται στην κατηγορία των σιδεροπριόνων.

Λόγω της μεγαλύτερης σκληρότητας του σιδήρου, η πριονοκορδέλα για κοπή σιδήρου, περιλαμβάνει πολλαπλές εγκοπές για τη σωστή κοπή του, ενώ απαιτείται συνεχής τροφοδοσία με ψυκτικό υγρό κατά τη διάρκεια της κοπής, λόγω της μεγάλης αύξησης της θερμοκρασίας.



Εικόνα 107 Ηλεκτρικό Πριόνι τύπου Πριονοκορδέλας

Ομοίως με τη διαδικασία κοπής των προφίλ αλουμινίου, απαιτείται η περιστροφή του μεταλλικού προφίλ μετά την ολοκλήρωση κοπής της μίας πλευράς, για τη σωστή πλευρική κοπή του.

Φυσικά όλες οι παραπάνω διεργασίες περιλαμβάνουν τα συμβατικά – αναλογικά μέσα που διαθέτουμε.

Σύνδεση Κομμένων Τεμαχίων

Σε μία πλήρως διαφορετική διεργασία, η διασύνδεση των μεταλλικών προφίλ περιλαμβάνουν πλήρως διαφορετική διεργασία ύστερα από την κοπή των τεμαχίων.

Δεν αξιοποιούνται υλικά όπως οι γωνίες σύνδεσης ή τα λάστιχα μόνωσης (απαραιτήτως), ούτε απαιτείται κάποιου είδους πρεσάρισμα σε σύστημα πρεσών.

Παρόλα αυτά, απαιτείται μία αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, που εκτός από μεγάλη εμπειρία του χρήστη, περιλαμβάνει και αρκετά αντίξοες και χειρωνακτικές διεργασίες.

Η διεργασία αυτή είναι η ηλεκτροσυγκόλληση των κομμένων τεμαχίων. Η διαδικασία της ηλεκτροσυγκόλλησης, περιλαμβάνει τη σωστή τοποθέτηση των τεμαχίων που έλαβαν κατάλληλη κοπή, την όσο το δυνατόν καλύτερη σταθεροποίησή τους, και έπειτα την εφαρμογή του συστήματος. Η σταθεροποίηση πραγματοποιείται με πολλαπλούς τρόπους, με κύριο τρόπο να είναι η εφαρμογή νταβιδιού και σφιγκτήρα.



Εικόνα 108 Σφιγκτήρες Συγκράτησης για Συγκολλήσεις Μετάλλων

Όπως προαναφέρθηκε, η τεχνική συγκόλλησης απαιτεί μεγάλη εμπειρία από το χρήστη, καθώς πρόκειται για μία αρκετά δύσκολη και λεπτομερή εργασία. Θα πρέπει να υπάρχει σωστή στόχευση του ηλεκτροδίου, το οποίο υπό κατάλληλη γωνία τήκεται και σε λίγα δευτερόλεπτα από το σημείο τήξης, επέρχεται η πήξη του δημιουργώντας ένα αναπόσπαστο, ενιαίο κομμάτι σύνδεσης.

Ο εκάστοτε χειριστής, συμπεριλαμβανομένων των μέτρων ατομικής προστασίας, εκτίθεται σε καψίματα λόγω μη άνετης στάσης, ενώ ταυτόχρονα δυσκολεύεται λόγω της έντονης ακτινοβολίας που εκπέμπεται.

Η διαδικασία της ηλεκτροσυγκόλλησης περιλαμβάνει την πρόσθια αλλά και την οπίσθια πλευρά της υπό συγκόλλησης γωνίας, για την μέγιστη αντοχή στο σημείο σύνδεσης. Σε πολλές περιπτώσεις, ίσως χρειαστεί η επανακόλληση συγκεκριμένων σημείων, λόγω πιθανής αποτυχίας κόλλησης σημείου.



Εικόνα 109 Διαδικασία Συγκόλλησης Μεταλλικών Κουφωμάτων - Ηλεκτροσυγκόλληση με Ηλεκτρόδιο

Για την ακριβή διαπίστωση ορθής κόλλησης όλων των σημείων που εφαρμόζεται, απαιτείται η σφυρηλάτηση με μικρή δύναμη, ώστε να αφαιρεθεί το “στρώμα” που δημιουργείται κατά την ολοκλήρωση της συγκόλλησης σε ένα σημείο, και η παρατήρηση για τυχόν ανοικτούς πόρους που αφορούν τη μη ορθή πήξη του τηγμένου ηλεκτροδίου. Θεωρείται αυτονόητη η εφαρμογή των μέσω ατομικής προστασίας του χρήστη, τα οποία περιλαμβάνουν μάσκα ή γυαλιά συγκόλλησης, πλαστικά γυαλιά διαφανή για τη σφυρηλάτηση, ποδιά συγκόλλησης (κατασκευάζεται από παχύ δέρμα ή δερματίνη) καθώς και δερμάτινα γάντια προστασίας.

Τρόχισμα των σημείων Συγκόλλησης

Η δυσκολότερη διαδικασία περιλαμβάνει το τρόχισμα των υπό κόλληση σημείων. Απαιτείται σύστημα τροχίσματος, εξοπλισμένο με κεφαλή πάχους αρκετών χιλιοστών, η οποία έρχεται σε άμεση επαφή με το υπό τρόχισμα σημείο. Μόλις τεθεί σε λειτουργία το σύστημα τροχίσματος, ο χειριστής θα πρέπει να ασκήσει μεγάλο βαθμού δύναμη για τη συγκράτηση του τροχού, καθώς και για την άσκηση πίεσης στο σημείο τροχίσματος.

Και σε αυτήν την περίπτωση, παρόλη την εφαρμογή μέσω ατομικής προστασίας, ο χειριστής έρχεται αντιμέτωπος με καψίματα και πιθανή εκτόξευση θραυσμάτων, από την επαφή της περιστρεφόμενης κεφαλής του τροχού στο υπό τρόχισμα σημείο. Θα πρέπει να υπάρχει μεγάλη εμπειρία από το χειριστή, καθώς με λάθος χειρισμό, εκτός φυσικά από την

υλική ζημία που θα επέλθει, είναι ιδιαίτερα πιθανός ο τραυματισμός του ατόμου που χειρίζεται το σύστημα τροχίσματος και των γύρω του.



Εικόνα 110 Τρόχισμα Λείανσης - Παρατηρούμε τις σπίθες και τη μη εργονομική στάση του χειριστή

Κατά την επαφή του περιστρεφόμενου τροχού στο σημείο υπό τρόχισμα, εκλύονται πολλαπλές σπίθες, οι οποίες αποτελούν μικρά πυρακτωμένα κομμάτια από την κεφαλή του τροχού. Συνεπώς, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και σε αυτό το γεγονός.

Ο λόγος για τον οποίο πραγματοποιείται η όλη διαδικασία του τροχίσματος, εκτός από αισθητική ανάγκη, περιλαμβάνει και τη λείανση των επιφανειών κόλλησης, οι οποίες ενδέχεται να διαθέτουν αιχμηρά εξογκώματα από το πηγμένο ηλεκτρόδιο.

Για μεγαλύτερη αισθητική τελειότητα, ύστερα από την εφαρμογή της μεγάλης πυκνότητας κεφαλής του τροχού, μπορούμε να εφαρμόσουμε λεπτότερη κεφαλή συνήθως από σκληρό γυαλόχαρτο, για καλύτερο φινίρισμα.

Όπως και στη διαδικασία ηλεκτροσυγκόλλησης, θεωρείται αυτονόητη η εφαρμογή πολλαπλών μέτρων ατομικής προστασίας του χειριστή, κυρίως πλαστικά γυαλιά προστασίας, δερμάτινα γάντια προστασίας και μάσκα προστασίας για τις αναθυμιάσεις που εκλύονται κατά την εφαρμογή του τροχίσματος.

3.5.2 Μεταλλικά Κιγκλιδώματα

Η διαδικασία υλοποίησης μεταλλικών κιγκλιδώματων περιλαμβάνει μία σειρά ενεργειών που εμπεριέχουν τις προαναφερόμενες διεργασίες.

Πραγματοποιείται και πάλι συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης με σκοπό τη σωστή διαστασιολόγηση των εκάστοτε τεμαχίων, ενώ στη συνέχεια τα τεμάχια αυτά υπόκεινται σε

συγκεκριμένη κοπή. Κατόπιν, απαιτείται μία διαδικασία “συγκράτησης” και σταθεροποίησης των κομμένων πλέον τεμαχίων, με σκοπό τη μετέπειτα συγκόλλησή τους. Τέλος, απαιτείται το προσεκτικό τρόχισμα των υπό κόλληση τεμαχίων, σημείο προς σημείο.

Αξίζει να αναφερθεί πως η συγκεκριμένη διαδικασία απαιτεί τεράστια χρονικά ποσά, καθώς και μεγάλη διάρκεια υλοποίησης των διεργασιών σταθεροποίησης, συγκράτησης, συγκόλλησης αλλά και μετέπειτα τροχίσματος.

Όπως και στα μεταλλικά προφίλ, η εκτόξευση θραυσμάτων και η έκθεση σε αντίξοες συνθήκες δεν μπορεί να αποφευχθεί, παρά μόνο να περιοριστεί μέσω των μέτρων ατομικής προστασίας του χρήστη.

3.6 Διαδικασία Επεξεργασίας Μεταλλικών Προφίλ και Κιγκλιδωμάτων – Αναβάθμιση Διεργασιών

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στις δυνατότητες και ιδέες που διαθέτουμε με σκοπό την άμεση αναβάθμιση των τρεχουσών διεργασιών. Σκοπός αποτελεί η άμεση εξυπηρέτηση των αναγκών για αποφυγή δύσκολων και κοπιαστικών διεργασιών, αυξημένου κινδύνου διεργασιών καθώς και βελτίωσης των χρονικών περιθωρίων που υπεισέρχονται στην κατασκευή των μεταλλικών προφίλ και των μεταλλικών κιγκλιδωμάτων [144].

Όπως και προηγουμένως, δε θα αναφερθούμε στη διαδικασία αυτοματοποίησης μετρήσεων και επεξεργασίας δεδομένων, καθώς υπόκεινται πλήρως στις ήδη προαναφερόμενες διαδικασίες για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών σχετικά με τα προφίλ αλουμινίου.

3.6.1 Αυτοματοποίηση Συγκόλλησης και Τροχίσματος για Μεταλλικά Προφίλ

Για την προσπάθεια μερικής αυτοματοποίησης των χρονοβόρων, επίπονων και κοπιαστικών διεργασιών, αναπτύσσουμε ένα σύστημα το οποίο με την κατάλληλη εκπαίδευση του χειριστή, θα μπορούσε να εξοικονομήσει τεράστια χρονικά, αλλά και κοπιαστικά ποσά. Το συγκεκριμένο σύστημα, αποτελεί μία τεραστίων διαστάσεων επένδυση στον κατασκευαστικό τομέα.

Μπορούμε να το φανταστούμε ως ένα σύστημα αυτοματοποιημένου γωνιάσματος, με πολλά όμως επιπλέον χαρακτηριστικά. Μετά τη διαδικασία σωστής τοποθέτησης των τεμαχίων που έχουν ήδη περάσει τη διαδικασία κοπής (παρομοίως με το σύστημα αυτοματοποιημένου

γωνιάσματος από προφίλ αλουμινίου), με την κατάλληλη ενεργοποίηση των συστημάτων πίεσης (π.χ. πρεσσάκια) θα μπορούσε να αυτοματοποιηθεί πλήρως η διαδικασία συγκράτησης σε συγκεκριμένη θέση.



Εικόνα 111 Αυτοματοποιημένο σύστημα συγκράτησης και τοποθέτησης

Στη συνέχεια, ο χειριστής θα ενεργοποιεί το σύστημα τηλεκατευθυνόμενης συγκόλλησης, και θα μπορεί να χειρίζεται το ηλεκτρόδιο συγκόλλησης χωρίς να έρχεται σε άμεση επαφή με το προς συγκόλληση υλικό.



Εικόνα 112 Ρομποτικός Βραχίονας Συγκόλλησης - Παρατηρούμε το συνδυασμό του βραχίονα με το αυτοματοποιημένο σύστημα Συγκράτησης των τεμαχίων - Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν περιλαμβάνεται τζάμι προστασίας καθώς αποτελεί δική μας προσθήκη

Τέλος, κατά τη διαδικασία τροχίσματος, ο χειριστής θα μπορεί και πάλι να ενεργοποιήσει το παρόν σύστημα, με σκοπό την τηλεκατευθυνόμενη κίνηση της κεφαλής του τροχού.

Φυσικά το όλο σύστημα θα περικλείεται από τζάμι ασφαλείας και ηχομόνωσης τύπου Triplex με σκοπό τη δυνατότητα ανακούφισης του χρήστη από τις περιβάλλουσες αντίξοες συνθήκες όπως ο εκκωφαντικός ήχος του τροχίσματος, η εκτόξευση θραυσμάτων και η έκθεση σε καψίματα. Όμως, ο χρήστης του συγκεκριμένου συστήματος θα πρέπει να περιστρέφει το προς κόλληση – τροχίσμα τεμάχιο, ώστε να εφαρμοστούν οι παραπάνω ενέργειες και στις δύο πλευρές του αντικειμένου.

Με την κατάλληλη χρήση του συγκεκριμένου συστήματος, οι δύσκολες, επίπονες και χρονοβόρες διαδικασίες που περιλαμβάνονται στην κατασκευή των μεταλλικών προφίλ, θα μπορούν πλέον να μειωθούν σε μεγάλο ποσοστό. Η εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων δεν αποτελεί σχεδόν καθόλου επίπονη διαδικασία και επιπλέον επιφέρει άμεση βελτίωση στους απαιτούμενους χρόνους επεξεργασίας.

3.6.2 Αυτοματοποίηση Συγκόλλησης και Τροχίσματος για Κιγκλιδώματα

Η παρούσα διεργασία αυτοματοποίησης, περιλαμβάνει τη διαδικασία διεξαγωγής συγκολλήσεων και τροχίσματος θέση προς θέση για την κατασκευή ενός μεταλλικού κιγκλιδώματος.

Φυσικά, όπως προηγουμένως, απαιτούνται συστήματα αυτόματης συγκράτησης και τοποθέτησης των κομμένων τεμαχίων.

Διαφορετικά όμως από τη συγκόλληση των μεταλλικών προφίλ, λόγω της μεγάλης ποσότητας των προς συγκόλληση σημείων, απαιτείται η σωστή εναπόθεση τιμών στις απαιτούμενες αποστάσεις (π.χ. εφαρμογή του ηλεκτροδίου ανά 7 εκατοστά). Για το λόγο αυτό, ίσως απαιτείται η εφαρμογή μίας κεφαλής συστήματος CNC.

Όπως προαναφέρθηκε στο βιβλιογραφικό μέρος της εργασίας, κατά την εφαρμογή του συστήματος εργαλειομηχανής απαιτείται η σωστή εναπόθεση των σημείων σε καθορισμένες συντεταγμένες.

Προφανώς στη δική μας περίπτωση θα αξιοποιηθεί μόνο η κεφαλή κίνησης, η οποία ως ακροφύσιο θα διαθέτει το ηλεκτρόδιο συγκόλλησης.

Στην αγορά πωλούνται ήδη κεφαλές συγκόλλησης με δυνατότητα αυτοματοποιημένης αλλαγής ηλεκτροδίων, συνεπώς δεν υφίσταται κάποιο πρόβλημα στο κομμάτι της αλλαγής.

Μέσω του λογισμικού προγραμματισμού που δίνεται σε κάθε αγορά κεφαλής ή ολόκληρης εργαλειομηχανής, ο χειριστής θα μπορεί να εναποθέτει τις κατάλληλες τιμές στις αποστάσεις των σημείων συγκόλλησης, αναλόγως του σχεδίου και της δομής του μεταλλικού κιγκλιδώματος.



Εικόνα 113 Σύστημα αυτοματοποιημένης Συγκόλλησης με κεφαλή CNC 4 αξόνων

Όπως προηγουμένως, το σύστημα θα περικλείεται από τζάμι προστασίας και ηχομόνωσης με σκοπό τη μη άμεση επαφή του χρήστη με τα προς υλοποίηση αντικείμενα, παρέχοντας ταυτόχρονα ασφάλεια και άνεση από θόρυβο, και αντίξοες συνθήκες εργασίας.

3.7 Συγκριτική Αποτίμηση Βελτιώσεων

Στο παρόν σημείο της ενότητας της Μελέτης Περίπτωσης, θα αναφερθούμε στις μετρήσεις που ελήφθησαν με σκοπό την αναφορά σε τεχνικές, χρονικές αλλά και στις εργασιακές βελτιώσεις που αφορούν τις διαδικασίες επεξεργασίας των προφίλ αλουμινίου και σιδήρου καθώς και των μεταλλικών κιγκλιδωμάτων.

3.7.1 Μετρήσεις Ήχου και Χρόνου

Πίνακας 5 Δεδομένα μετρήσεων Ήχου και Χρόνου κατά τη διαδικασία λειτουργίας

ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ		ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ	
Διαδικασία Λήψης Διαστάσεων ανά Κούφωμα (min)	4	Λήψη Διαστάσεων μέσω 3D Scanning (min)	1
Ένταση Ήχου κατά την Κοπή Αλουμινίου (dB)	97	Περίκλειση Αυτοματοποιημένου Πριονιού με Ηχομονωτικό Τζάμι Triplex Ασφαλείας (dB)	39
Χρονική Διάρκεια Πρεσαρίσματος των Κομμένων Προφίλ και στις 2 Πλευρές (sec)	10	Σύστημα Ταυτόχρονου Πρεσαρίσματος δύο (2) Πλευρών (sec)	4
Ένταση Ήχου κατά την Κοπή Σιδήρου με χρήση Πριονοκορδέλας (dB)	92	Περίκλειση Αυτοματοποιημένου Πριονιού με Ηχομονωτικό Τζάμι Triplex Ασφαλείας (dB)	34
Ένταση Ήχου κατά τη Διαδικασία Τροχίσματος Μεταλλικών Επιφανειών (dB)	98	Περίκλειση Αυτοματοποιημένου Συστήματος Συγκόλλησης - Τροχίσματος με Ηχομονωτικό Τζάμι Triplex Ασφαλείας (dB)	40
Μέση Χρονική Διάρκεια Κοπής Αλουμινίου (για ένα τεμάχιο) (sec)	30	Αυτοματοποιημένο Σύστημα Πριονιού Διπλής Κοπής (sec)	7
Μέση Χρονική Διάρκεια Μονταρίσματος για ένα προφίλ (min)	6	Αυτοματοποιημένο Σύστημα Τοποθέτησης – Συγκράτησης (min)	2

Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές συνθήκες εργασίας και ύστερα από πολλαπλές επαναλήψεις, με σκοπό την αντικειμενικότερη λήψη τιμών.

Παρατηρούμε την τεράστια διαφορά που προκαλεί στην ένταση του ήχου κατά την κοπή αλουμινίου, σιδήρου και τροχίσματος το εφαρμοσμένο ηχομονωτικό τζάμι προστασίας.

Η μείωση της έντασης του ήχου σε όλες τις περιπτώσεις ήταν μεγαλύτερη από τη μείωση που προσδίδουν τα ακουστικά ηχοπροστασίας.

3.7.2 Μετρήσεις - Εκμετάλλευση Φύρας

Ύστερα από τις μετρήσεις που αφορούν τις χρονικές τιμές των εκάστοτε διαδικασιών καθώς και τις εργασιακές βελτιώσεις, θα αναφερθούμε στη φύρα των εξαγόμενων προϊόντων, καθώς και τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να αξιοποιηθεί.

Αξίζει να αναφερθεί πως στην επιστήμη της διαχείρισης των παραπροϊόντων το υλικό του αλουμινίου και των παραγώγων του αποτελεί μία εξαιρετική επιλογή στην ανακύκλωση και επαναξιοποίηση. Εκτός από τις πολλαπλές μηχανικές ιδιότητές του, το αλουμίνιο αποτελεί το μοναδικό ίσως υλικό του οποίου η μάζα διατηρείται στο 100%, ύστερα από διαδικασία επαναλαμβανόμενης χύτευσης.

Ανεξαρτήτως του αριθμού επαναχυτεύσεων, θα μπορεί να διατηρεί στο μέγιστο τη μάζα του, δίχως επιπλέον απώλειες λόγω της τεράστιας θερμοκρασίας που αναπτύσσεται.

Ο λόγος όμως για τον οποίο δεν πραγματοποιούνται επ' άπειρον επαναχυτεύσεις του αλουμινίου, είναι η αποδυνάμωση του υλικού, καθώς σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, κατά την επανασκλήρυνση του υλικού, οι κρυσταλλικές δομές δεν επανέρχονται πλήρως στην αρχική τους κατάσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση των ιδιοτήτων που αφορούν την αντοχή σε εφελκυσμό και διάτμηση, ενώ παράλληλα έχουν παρατηρηθεί μειώσεις στο χρόνο αντοχής σε θέματα διάβρωσης. Όμως, ακόμα και υπό αυτά τα δεδομένα, το υλικό του αλουμινίου θα μπορεί να επαναξιοποιηθεί ως υλικό 2^{ης} ποιοτικής κλίμακας, είτε ως συστατικό κράματος είτε ως αναλώσιμο.

Σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε κεντρικό τμήμα διαχείρισης επαναχρησιμοποιούμενου αλουμινίου, σε συνδυασμό με την επιχείρηση κατασκευής κουφωμάτων αλουμινίου, ελήφθησαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 6 Μέτρηση Ποσοστιαίας λαμβανόμενης Φύρας

Ποσοστιαίος Μέσος Όρος Φύρας Αναλόγως του Βάρους των Χρησιμοποιούμενων Προφίλ	5% (Σύμφωνα με το δεδομένο αυτό, στα 100 kg του υλικού των προφίλ αλουμινίου, κατά μέσο όρο δημιουργούνται 5 kg φύρα)
Μέσος Όρος Βάρους Φύρας σε Κονιοποιημένη Μορφή (γρέζι) σε 100 Κοπές Προφίλ	200g (Κατά την εφαρμογή κοπής 100 σημείων, θα παραχθούν κατά μέσο όρο 200g γρεζιού)
Λοιπές Κατασκευαστικές Ατέλειες που Ανάγονται σε Φύρα επί του Συνολικού Βάρους των Προϊόντων	1% (Σε συνολική παραγωγή, τα πιθανά ή/και οι τυχόν ατέλειες που παραλαμβάνονται από το εμπόρευμα αναλογούν σε 1 kg ανά 100 kg τελικού προϊόντος)

Για την αύξηση των κερδών της επιχείρησης, εκτός από την απευθείας μεταπώληση των τεμαχίων φύρας σε κάποιο κέντρο ανακύκλωσης υλικών, θα μπορούσαμε να την

μεταποιήσουμε ως κάποιο εφαρμόσιμο υλικό, αυξάνοντας πλήρως τα περιθώρια κέρδους μας.

Δημιουργία Ράβδων Χύτευσης

Ως πρώτο παράδειγμα, θα μπορούσαμε μέσω μίας απλής χύτευσης να εντάξουμε τη φύρα σε τελικό προϊόν ως **ράβδους αλουμινίου προς χύτευση** (όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο σχετικά με την εξαγωγή της πρώτης ύλης του αλουμινίου). Η προς εκμετάλλευση φύρα θα διοχετεύεται εντός του συκοστήματος τήξης του αλουμινίου (καμίνι χύτευσης). Στη συνέχεια, θα πραγματοποιείται ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας (700°C - 800°C) με σκοπό την προσέγγιση του σημείου τήξης του υλικού.

Μόλις το τηγμένο υλικό μας παρουσιάσει την επιθυμητή υφή, θα ενσωματώνεται σε ειδικό καλούπι χύτευσης, το οποίο θα περιέχει και κονιοποιημένης μορφής υλικά για τη σωστή χύτευση.

Τέλος, θα πραγματοποιείται η απότομη ψύξη του υλικού που βρίσκεται στο καλούπι χύτευσης, ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη σκληρότητα του τελικού προϊόντος.



Εικόνα 114 Απεικόνιση απλού συστήματος χύτευσης για αλουμίνιο

Το τελικό εξαγόμενο προϊόν θα μπορεί να αξιοποιηθεί από πολλαπλές εταιρίες διαχείρισης και κατασκευής μεταλλικών αντικειμένων, αν όχι μεταλλικών προφίλ, αυξάνοντας το περιθώριο κέρδους έως και σε τριπλάσιο ποσοστό.

Δημιουργία Custom Εξαρτημάτων

Ως ένα επιπλέον παράδειγμα για την αξιοποίηση των προϊόντων φύρας, θα μπορούσαμε να τα εντάξουμε στην κατηγορία για *custom made* εξαρτημάτων.

Για την υλοποίηση της παραπάνω ιδέας, απαιτείται και πάλι η διαδικασία χύτευσης, με τη κύρια διαφορά όμως να είναι το καλούπι ένταξης, το οποίο θα πρέπει να κατέχει διαφορετικό σχήμα (κυρίως κυβικό).

Στη συνέχεια, απαιτείται η ένταξη ενός συστήματος εργαλειομηχανής CNC 5 αξόνων, ώστε να είναι εφικτή η πραγματική, ακριβής και λεπτομερής υλοποίηση του τελικού προϊόντος. Τα *custom made* εξαρτήματα θα μπορούν να αξιοποιηθούν σε βιομηχανικό επίπεδο, σε ναυτιλιακές αναβαθμίσεις και πολλαπλές εφαρμογές που απαιτούν εξειδικευμένες λύσεις.

Δημιουργία Κονιοποιημένου Αλουμινίου για Τρισδιάστατη Εκτύπωση

Μία επιπλέον δυνατότητα αξιοποίησης της φύρας αλουμινίου περιλαμβάνει τη δημιουργία 3D Printing Metal Powder.

Φυσικά, για την παραπάνω διαδικασία απαιτείται πλήρως εξειδικευμένος εξοπλισμός. Η κύρια διαδικασία που υπάγεται στην κατηγορία υλοποίησης φέρει την ονομασία Gas Atomization ή Δημιουργία με Ψεκάσμο Αερίου.

Όπως και προηγουμένως, η διαδικασία ξεκινάει με την ένταξη των τεμαχίων φύρας στο καλούπι χύτευσης αλουμινίου. Στη συνέχεια, το λιωμένο μέταλλο μεταφέρεται σε ένα δοχείο που τροφοδοτεί το λιωμένο μέταλλο στο ακροφύσιο ψεκάσμου. Η δεξαμενή βοηθά στη ρύθμιση της ροής του λιωμένου μετάλλου. Το ακροφύσιο ψεκάσμου απαιτείται να κατέχει αυστηρά ακριβές σχήμα, για τη σωστή εναπόθεση των σταγονιδίων που εξάγονται από το δοχείο μετάλλου. Τέλος, απαιτείται ο υπό πίεση ψεκάσμος του εξαγόμενου μετάλλου, με τα αέρια να περιλαμβάνουν το Αργό ή το Άζωτο.

Με τον τρόπο αυτό, η φύρα αξιοποιείται σε πλήρες βαθμό, με τα περιθώρια κέρδους φυσικά να είναι πολύ υψηλότερα σε σχέση με την απλή μεταπώληση των τεμαχίων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Οι διεργασίες που επιτελούνται κατά την κατασκευή κουφωμάτων αλουμινίου και σιδηροκατασκευών με τα υπάρχοντα μέσα, αν και κρίνονται γενικά ικανοποιητικές ως προς τη λειτουργικότητά τους, επιφέρουν πολύ μεγάλη χρονική επιβάρυνση και αξιοσημείωτες δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωσή τους.

Χάρη στις τεράστιες δυνατότητες που μας προσφέρουν τα μέσα της 4^{ης} Β.Ε., μπορούμε να απλοποιήσουμε πλήρως τις δύσκολες, χρονοβόρες και κοπιαστικές αυτές διαδικασίες κατασκευής, με μείωση στα συνολικά κόστη και δυνατότητες για υψηλότερα κέρδη όπως χαρακτηριστικά αποτυπώνεται στους πίνακες (Π4 & Π5) της παρούσας μελέτης οι οποίοι προέκυψαν από συγκριτικές πειραματικές μετρήσεις.

Μέσω της αυτοματοποίησης της διαδικασίας λήψης διαστάσεων και καταγραφής των δεδομένων, μπορούμε να απλοποιήσουμε τις χρονοβόρες και πολύπλοκες διεργασίες, εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο και εξαλείφοντας τις πιθανότητες σφαλμάτων.

Βλέπουμε για άλλη μία φορά την τεράστια συνεισφορά του αυτοματισμού συστημάτων σε θέματα ακριβείας, χρονικών περιθωρίων και βελτιστοποίησης των συνολικών διεργασιών.

Με πλήρη ενημέρωση και ένταξη αυτοματισμών στις διαδικασίες παραγωγής και κατασκευής παρέχεται στην επιχείρηση η δυνατότητα εδραίωσης στο χώρο δραστηριοποίησής της και παράλληλα η δυνατότητα επέκτασης σε νέους ιδιαίτερα ενδιαφέροντες και πολύ ανερχόμενους τομείς όπως η εκμετάλλευση της φύρας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Mohajan, Haradhan (2019) - *The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human*, Era- Premier University, Cgittagong, Bangladesh.
<https://mpra.ub.uni-muenchen.de/96644/1/MPPRA> (Ημ/νία Ανάκτησης: 03/08/2023)
- [2] Peter P. Groumpos (2021) - *A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions* - University of Patras, 26500 Greece.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896321019297>
-(Ημ/νία Ανάκτησης: 03/08/2023)
- [3] Meg Matthias (2019) -*The first Industrial Revolution: Steam Engine* – Britannica.com -
<https://www.britannica.com/technology/steam-engine>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/08/2023)
- [4] Peter W. Kingsford (2018) – *The Watt Engine* – Britannica.com.
<https://www.britannica.com/biography/James-Watt>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/08/2023)
- [5] Erik Gregersen (2019) – *Alessandro Volta* – Britannica.com
<https://www.britannica.com/biography/Alessandro-Volta>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/08/2023)
- [6] R. Cecchini (1992) - *Alessandro Volta and his battery* - Department of Physics, University of Florence, Florence, Italy.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/134307>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/08/2023)
- [7] Pearce Williams (2020) – *Michael Fraday*-Britannica.com
<https://www.britannica.com/biography/Michael-Faraday>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/08/2023)
- [8] RD Tweney(1992) - *Inventing the field: Michael Faraday and the creative of electromagnetic field theory* - Inventive minds: Creativity in technology
<https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=VU885vUQ9bQC&oi=fnd&pg=PA31&dq=electromagnetic+phenomenon+faraday&ots>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/08/2023)
- [9] Alexander Leitch, A Princeton Companion (1978) - *Joseph Henry: A Biographical Memoir* <https://phy.princeton.edu/departement/history/faculty-history/joseph-henry>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 10/08/2023)

- [10] Vladimir Gurevich - *ELECTRIC RELAYS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS* - Israel Electric Corporation
https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=mW3LBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=+electric+relay&ots=ZRSJo05-g2&sig=SOBgZZGtrGUvk9IXLPjNjP2BF5g&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/08/2023)
- [11] John H. Lienhard (2015) - *Inventing the Telegraph* – University of Houston
<https://engines.egr.uh.edu/episode/1393>
<https://www.britannica.com/biography/Samuel-F-B-Morse>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/08/2023)
- [12] Carleton Mabee (2017) – *Samuel Morse: Invention of Telegraph*- Britannica.com [13] Patrick O'Brien (2017) -*Was the First Industrial Revolution a Conjunction in the History of the World Economy?* - London School of Economics
<https://eprints.lse.ac.uk/84126/1/WP259%20was%20the%20first%20industrial%20revolution%20a%20conjunction.pdf>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/08/2023)
- [14] The editors of Encyclopedia (2020)- *Industrial Revolution Causes and Effects* - Britannica.com <https://www.britannica.com/facts/Industrial-Revolution>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/08/2023)
- [15] NICHOLAS CRAFTS (2010) - *Explaining the first Industrial Revolution: two views* – Cambridge.org <https://www.cambridge.org/core/journals/european-review-of-economic-history/article/explaining-the-first-industrial-revolution-two-views/9B64D4C5BC42BF81FC8BB5FBE7DC66EB>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/08/2023)
- [16] Robert E. Conot, Matthew Josephson (2018): *Thomas Edison :American inventor*- Britannica.com <https://www.britannica.com/biography/Thomas-Edison>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/08/2023)
- [17] Michael E. Moran (2010): *The Light Bulb, Cystoscopy, and Thomas Alva Edison* Journal on Endourology <https://www.endourology.org/images/endourology-history-articles/The-Light-Bulb,-Cystoscopy-and-Thomas-Alva-Edison.pdf>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [18] Carl Sulzberger (2009): *Thomas Edison's 1882 Pearl Street Generating Station* https://ethw.org/w/images/a/ae/Edison_and_Pearl_Street_Text_031410.pdf
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)

- [19] Richard C. Burgess (2019): *Chapter 5 - Electrical safety* – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444640321000059>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [20] Stefano Meroli (2012) - *Tesla vs Edison: The Rivalry of the Ages* –
 Cern.com https://meroli.web.cern.ch/blog_tesla_vs_edison.html
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [21] Erik Gregersen (2020) - *alternating current* –
 Britannica.com <https://www.britannica.com/science/alternating-current>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [22] Stephen Eltridge (2023): *Tesla Coil (Tesla Transformer)* –
 Britannica.com <https://www.britannica.com/technology/Tesla-coil>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [23] Stefano Meroli (2012) - *Tesla vs Edison: The Rivalry of the Ages* –
 Cern.com https://meroli.web.cern.ch/blog_tesla_vs_edison.html
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [24] The editors of Encyclopedia (2019): *Karl Benz & Automotive Vehicle* –
 Britannica.com <https://www.britannica.com/biography/Karl-Benz>
- [25] Kaushik Shailendra Bajaj¹ , Shrikant U. Gunjal² (2016): *A REVIEW ON SIX STROKE, HIGH EFFICIENCY QUASITURBINE ENGINE* – International Journal of Innovative Research of Science and Engineering <http://ijirse.com/wp-content/upload/2016/02/401N.pdf>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [26] Orville C. Cromer, Charles Lafayette Proctor (2023) : *Gasoline Engine* –
 Britannica.com <https://www.britannica.com/technology/gasoline-engine#ref47214>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [27] T.Z. Quazi , Chaitesh Mhatre (2018): *A Review on Internal Combustion Engines* -
 International Journal of Research in Engineering, Science and Management
https://www.ijresm.com/Vol_1_2018/Vol1_Iss10_October18/IJRESM_V1_I10_201.pdf
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)
- [28] Edward F. Wente, Jack Nutting, E.F. Wondris (2023): *Steel: Metallurgy*-
 Britannica.com <https://www.britannica.com/technology/steel>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/08/2023)

- [29] P. Bajaj , A. Hariharan (2020): *Steels in additive manufacturing: A review of their microstructure and properties* - Materials Science and Engineering: A <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921509319314194>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)
- [30] Ramesh Rudrapati, Migbar Assefa (2018): *A Review on Steel Production and Development of Steelmaking Technologies* - International Journal of Mechanical Dynamics and Analysis https://www.researchgate.net/profile/Ramesh-Rudrapati/publication/329124559_A_Review_on_Steel_Production_and_Development_of_Steel_making_Technologies/links/617622b50be8ec17a9292a57/making-Technologies.pdf
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)
- [31] Γιάννης Δ. Χρυσουλάκης, Δημήτρης Ι. Παντελής (2008): *ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ* – Εκδόσεις Παπασωτηρίου (2^η Έκδοση) – Κεφάλαιο 15.1
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)
- [32] Roderick I. L. Guthrie, Mihaiela M. Isac (2022): *Continuous Casting Practices for Steel: Past, Present and Future* – mdpi.com <https://www.mdpi.com/2075-4701/12/5/862>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)
- [33] David Hochfelder (2021): *Alexander Graham Bell*- Britannica.com <https://www.britannica.com/biography/Alexander-Graham-Bell>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)
- [34] Steven R. Pritzker (1999): *Inventor of Telephone* - Encyclopedia of Creativity (page 185 – 262) https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=1fsW-k5wypkC&oi=fnd&pg=PA185&dq=first+telephone+%22alexander+graham+bell%22&ots=X5RmMeSFa1&sig=niu7071XkbWtdTvC44S9c6nMa-k&redir_esc=y#v=onepage&q=graham%20bell&f=false
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)
- [35] David E. Worth (2023): *telephone* – Britannica.com <https://www.britannica.com/technology/telephone>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)
- [36] Tom Farley (2013): *Telephone History Series* - privateline.com https://www.telephonetribute.com/pdf/telephone_history_series_rev1.pdf
(Ημ/νία Ανάκτησης: 20/08/2023)

- [37] Tayfun Cagla (2019): *INDUSTRIAL REVOLUTIONS AND ITS EFFECTS ON QUALITY OF LIFE* – Press Academia Procedia
<https://dergipark.org.tr/en/pub/pap/article/597312>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)
- [38] John P. Rafferty (2018): *The Rise of the Machines: Pros and Cons of the Industrial Revolution* – Britannica.com <https://www.britannica.com/story/the-rise-of-the-machines-pros-and-cons-of-the-industrial-revolution>
- [39] Alberte Martínez, Jesús Mirás (2009): *The Second Industrial Revolution and Urban Growth: The Impact of Transport in Spanish Cities* – Sage Journals
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0096144208327357>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)
- [40] Joel Mokyr (1998): *The Second Industrial Revolution, 1870-1914* - Northwestern University <https://faculty.wcas.northwestern.edu/jmokyr/castronovo.pdf>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)
- [41] Mehmet Akif Destek, Mohammad Razib Hossain, Zeeshan Khan (2023): *Premature deindustrialization and environmental degradation* – Science Direct
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1342937X23001636>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)
- [42] Michael R. Swaine, Paul A. Freiberger (2018): *Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) Computer* – Britannica.com
<https://www.britannica.com/technology/ENIAC>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)
- [43] B.J. Copeland (2023): *Alan Turing - British mathematician and logician* – Britannica.com <https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)
- [44] Mathematics Subject Classification (2020): *Turing machine* – Encyclopedia of Mathematics https://encyclopediaofmath.org/index.php?title=Turing_machine
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)
- [45] De Mol, Liesbeth (2018): *Turing Machines* - Stanford Encyclopedia of Philosophy
<https://plato.stanford.edu/entries/turing-machine/#CompTuriMach>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 02/09/2023)

- [46] Raymond S. Nickerson, Thomas K. Landauer (1997): *Human-Computer Interaction* – Science Direct
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444818621500674>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 12/09/2023)
- [47] Branislav R Tanasic (2017): *A Brief Overview of the Development of Computers* - Research & Reviews: Journal of Engineering and Technology
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/87542622/a-brief-overview-of-the-development-of-computers--libre.pdf?1655284296=&response-content->
(Ημ/νία Ανάκτησης: 12/09/2023)
- [48] BRIAN L. STUART (2018): *Programming the ENIAC* - Institute of Electrical and Electronics Engineers
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8467000>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 12/09/2023)
- [49] HARVEY M. DEITEL, BARBARA DEITEL (1986): *An Introduction to Information Processing - Chapter 4 - Input: Gateway to the Computer* – Science Direct
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780122090059500102>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 12/09/2023)
- [50] Douglas W. Jones (2012): *Punched Cards: A brief illustrated technical history* - THE UNIVERSITY OF IOWA, Department of Computer Science
<https://homepage.divms.uiowa.edu/~jones/cards/history.html>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 12/09/2023)
- [51] Dr. C. Dianne Martin (1995): *ENIAC: The Press Conference That Shook the World* - The George Washington University, Department of Computer Science
<https://www2.seas.gwu.edu/~mfeldman/csci110/summer08/eniac2.pdf>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 12/09/2023)
- [52] Forrest B. Brown (2010): *Recent Advances and Future Prospects for Monte Carlo* - Los Alamos National Laboratory
https://mcnp.lanl.gov/pdf_files/TechReport_2010_LANL_LA-UR-10-05634_Brown.pdf
(Ημ/νία Ανάκτησης: 23/09/2023)
- [53] Nir Kshetri, Jeffrey Voas (2021): *Computing and Socioeconomic Transformations* - Institute of Electrical and Electronics Engineers
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9353495>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 23/09/2023)

- [54] *The Founding of Apple Computer, Inc.* – Library of Congress
<https://guides.loc.gov/this-month-in-business-history/april/apple-computer-founded>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 23/09/2023)
- [55] John E. Weakland (2002): *PC World* - Pittsburg State University - Department of History
<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA84183231&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=10876758&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E72a2eee&aty=open-web-entry>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 23/09/2023)
- [56] The Editors of Encyclopedia Britannica (2023): *Microsoft Windows operating system* – Britannica.com <https://www.britannica.com/technology/Microsoft-Windows>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 23/09/2023)
- [57] Jerry Glowniak (2006): *History, structure, and function of the internet* – Science Direct <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001299898800032>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 23/09/2023)
- [58] Kevin Featherly (2023): *ARPANET - United States defense program* – Britannica.com <https://www.britannica.com/topic/ARPANET>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)
- [59] D. R. Wortendyke, N. B. Seitz (1982): *User-Oriented Performance Measurements on the ARPANET: The Testing o-f a Proposed Federal Standard* – U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE Malcolm Baldrige
https://its.ntia.gov/umbraco/surface/download/publication?reportNumber=82-112_ocr.pdf
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)
- [60] Janet Abate (2000): *INVENTING THE INTERNET (Chapter 2: Building the ARPANET, Challenges and Strategies)* - MIT Press, Cambridge Massachusetts England
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)
- [61] Jianping Pan, Y. Thomas Hou (2003): *An overview of DNS-based server selections in content distribution networks* – Science Direct
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128603002937>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)
- [62] Noel Packard (2020): *The ARPANET Into the Internet: A Tale of Two Networks* - University of Auckland, New Zealand

<https://researchspace.auckland.ac.nz/bitstream/handle/2292/62906/N%20Packard%20-%20ARPANET%20into%20Internet%20.pdf?sequence=1>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [63] Michael Aaron Dennis, Robert Kahn (2023): *Internet (Computer Network)* – Britannica.com <https://www.britannica.com/technology/Internet/Foundation-of-the-Internet>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [64] JEAN E. SAMMET (2014): *Detailed Description of COBOL - Data Systems Operations of Sylvania Electronic Systems* – Science Direct.com <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781483197791500136>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [65] O. O. Zhevaho (2021): *An Overview of Tools for Collecting Data on Software Development and Debugging Processes from Integrated Development Environments* - Dnipro National University of Railway Transport <http://stp.diit.edu.ua/article/view/242042>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [66] Martin Bates, *Interfacing PIC Microcontrollers* (Second Edition) 2014, Chapter 1.3.3 - Execution Cycle <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/program-execution>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [67] *Computer Architecture* (2020) - NATIONAL OPEN UNIVERSITY OF NIGERIA, FACULTY OF SCIENCE, DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE <https://nou.edu.ng/coursewarecontent/CIT309%20Computer%20Architecture.pdf>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [68] S. Olivier, A. Block (2010): *Compilation and Interpretation* - The University of North Carolina at Chapel Hill <https://www.cs.unc.edu/~bbb/comp524/doc/03CompilationAndInterpretation.pdf>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [69] Mikell P. Groover (2023): *Automation – Chapter 4: Machine programming* – Britannica.com <https://www.britannica.com/technology/automation/Feedback-controls>

(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)

- [70] Pavel Slavík (2005): *CAD systems: trends and developments* - Information Management in Computer Integrated Manufacturing
https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-60286-0_115
(Ημ/νία Ανάκτησης: 04/10/2023)
- [71] Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker (2017): *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ* -Εκδόσεις Κριτική (1^η Έκδοση) – Κεφάλαιο 1.1^ο (σελ. 19-21)
- [72] Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker (2017): *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ* -Εκδόσεις Κριτική (1^η Έκδοση) – Κεφάλαιο 3.2.1 έως 3.2.8 (σελ. 58-62)
- [73] ANS AI RASHID (2021): *Fused Filament Fabrication Process: A Review of Numerical Simulation Techniques* - College of Science and Engineering, Hamad Bin Khalifa University, Qatar <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/20/3534>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [74] Gert IJ. Salentijn, Pieter E. Oomen.Orcid (2017): *Fused Deposition Modeling 3D Printing for (Bio)analytical Device Fabrication: Procedures, Materials, and Applications* - Research Institute of Pharmacy, University of Groningen, Netherlands
(Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [75] Muslim Mukhtarkhanov (2020): *Application of Stereolithography Based 3D Printing Technology in Investment Casting* - Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Nazarbayev University, Nursultan
<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.7b01648>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [76] Jie Wang a 1, Alvaro Goyanes (2016): *Stereolithographic (SLA) 3D printing of oral modified-release dosage forms* - UCL School of Pharmacy, University College London – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378517316302150> (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [77] Giftymol Varghese, Mónica Moral (2018): *Fabrication and characterisation of ceramics via low-cost DLP 3D printing* - Instituto de Energías Renovables, Paseo de la Investigación 1, Universidad de Castilla-La Mancha, 02071 Albacete, Spain – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317517300948>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)

- [78] Bernhard Steyrer, Bernhard Buseti (2018): *Hot Lithography vs. room temperature DLP 3D-printing of a dimethacrylate* - Institute of Materials Science and Technology, TU Wien, Getreidemarkt 9, Austria –
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214860418300058>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [79] Fabrizio Fina, Alvaro Goyanes (2017): *Selective laser sintering (SLS) 3D printing of medicines* - UCL School of Pharmacy, University College London
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378517320305780>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [80] Yanis A. Gueche, Noelia M. Sanchez-Ballester (2021): *Selective Laser Sintering (SLS), a New Chapter in the Production of Solid Oral Forms (SOFs) by 3D Printing* - Department of Pharmacy, Nîmes University Hospital, France
<https://www.mdpi.com/1999-4923/13/8/1212>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [81] Nesma T. Aboulkhair, Marco Simonelli (2019): *3D printing of Aluminium alloys: Additive Manufacturing of Aluminium alloys using selective laser melting* - Centre for Additive Manufacturing, Faculty of Engineering, University of Nottingham
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S007964251930060X>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 10/10/2023)
- [82] j. Hajnys, M. Pagac (2020): *Research Of 316l Metallic Powder For Use In Slm 3D Printing* - Technical University Of Ostrava, Faculty Of Mechanical Engineering
<https://sciendo.com/article/10.2478/adms-2020-0001>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 19/10/2023)
- [83] Peng-Cheng Liu, Yun-Ji Yang (2014): *A Study On The Mechanical Characteristics Of The Ebm-Printed Ti-6al-4v Lcp Plates In Vitro* - Journal Of Orthopaedic Surgery And Research <https://josr-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13018-014-0106-3>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 19/10/2023)
- [84] Amir Mostafaei a, Amy M. Elliott (2021): *Binder jet 3D printing - Process parameters, materials, properties, modeling, and challenges* - Department of Mechanical, Materials and Aerospace Engineering, Illinois Institute of Technology – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079642520300712>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 19/10/2023)

- [85] Daeho Hong a, Da-Tren Chou (2016): *Binder-jetting 3D printing and alloy development of new biodegradable Fe-Mn-Ca/Mg alloys* - Department of Bioengineering, Swanson School of Engineering, University of Pittsburgh <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1742706116304287> (Ημ/νία Ανάκτησης: 19/10/2023)
- [86] Yun Lu Tee a, Phuong Tran (2020): *3D Printing of polymer composites with material jetting: Mechanical and fractographic analysis* - School of Civil and Infrastructure Engineering, RMIT University – Science Direct.com [3D Printing of polymer composites with material jetting: Mechanical and fractographic analysis](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264127516305196) (Ημ/νία Ανάκτησης: 19/10/2023)
- [87] Shubhang Tyagi, Amber Yadav (2021): *Review on mechanical characterization of 3D printed parts created using material jetting process* - Department of Mechanical Engineering, NMIMS, Mukesh Patel School of Technology Management and Engineering - Science Direct.com <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321049257> (Ημ/νία Ανάκτησης: 19/10/2023)
- [88] João Francisco Miranda Fernandes: *Study of the Influence of 3D Printing Parameters on the Mechanical Properties of PLA* - Instituto Superior Técnico, University of Lisbon, Portugal. (Ημ/νία Ανάκτησης: 19/10/2023)
- [89] Eda Hazal Tümer, Husnu Yildirim Erbil (2021): *Extrusion-Based 3D Printing Applications of PLA Composites: A Review* - Department of Chemical Engineering, Gebze Technical University <https://www.mdpi.com/2079-6412/11/4/390> (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/10/2023)
- [90] Zixiang Weng a c, Jianlei Wang (2016): *Mechanical and thermal properties of ABS/montmorillonite nanocomposites for fused deposition modeling 3D printing* - University of Chinese Academy of Sciences – Science Direct.com <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264127516305196> (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/10/2023)
- [91] Angel R. Torrado, Corey M. Shemelya (2015): *Characterizing the effect of additives to ABS on the mechanical property anisotropy of specimens fabricated by material extrusion 3D printing* - W.M. Keck Center for 3D Innovation, The University of Texas at El Paso, El Paso <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214860415000111> (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/10/2023)

- [92] Ksawery Szykiedans, Wojciech Credo, Dymitr Osinski (2017): *Selected Mechanical Properties of PETG 3-D Prints - Faculty of Mechatronics*, Warsaw University of Technology – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817307531>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 27/10/2023)
- [93] Ming-Hsien Hsueh 1, Chao-Jung Lai 2 (2021): *Effect of Printing Parameters on the Thermal and Mechanical Properties of 3D-Printed PLA and PETG, Using Fused Deposition Modeling* - Department of Industrial Engineering and Management, National Kaohsiung University of Science and Technology
<https://www.mdpi.com/2073-4360/13/11/1758>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 27/10/2023)
- [94] Xinrong Fu a, Xiong Zhang (2020): *Axial crushing of Nylon and Al/Nylon hybrid tubes by FDM 3D printing* - Department of Mechanics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263822320329810>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 08/11/2023)
- [95] Flaviana Calignano, Flaviana Calignano (2020): *Investigation of the Mechanical Properties of a Carbon Fibre-Reinforced Nylon Filament for 3D Printing* - Department of Management and Production Engineering, Italy
<https://www.mdpi.com/2075-1702/8/3/52>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 08/11/2023)
- [96] Kyuyoung Kim, Jaeho Park (2017): *3D printing of multi-axial force sensors using carbon nanotube (CNT)/thermoplastic polyurethane (TPU) filaments* - Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology – ScienceDirect.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924424717306027>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 08/11/2023)
- [97] Jun Wang 1, Bin Yang 1 (2020): *Research of TPU Materials for 3D Printing Aiming at Non-Pneumatic Tires by FDM Method* - School of Chemistry and Biological Engineering, University of Science and Technology Beijing
<https://www.mdpi.com/2073-4360/12/11/2492>
(Ημ/νία Ανάκτησης: 08/11/2023)

- [98] Thomas Duda, L. Venkat Raghavan (2016): *3D Metal Printing Technology* - Pentair Valves & Controls, Schaffhausen, Switzerland – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316325496>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/11/2023)
- [99] X.P. Tan 1, Y.J. Tan (2017): *Metallic powder-bed based 3D printing of cellular scaffolds for orthopaedic implants: A state-of-the-art review on manufacturing, topological design, mechanical properties and biocompatibility* - Singapore Centre for 3D Printing, School of Mechanical and Aerospace Engineering
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493116315235>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/11/2023)
- [100] Basavraj Gadagi, Ramesh Lekurwale (2021): *A review on advances in 3D metal printing* - Somaiya College of Engineering, Mumbai – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785320380573>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/11/2023)
- [101] Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker (2017): *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ* -Εκδόσεις Κριτική (1^η Έκδοση) – Κεφάλαιο 1.4
- [102] Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker (2017): *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ* -Εκδόσεις Κριτική (1^η Έκδοση) – Κεφάλαιο 1.5
- [103] Camille Holt (2019): *Construction 3D Printing – 17.6: Limitations of 3D Printing* - Encyclopedia of Tissue Engineering and Regenerative Medicine – Science Direct.com
<https://www.sciencedirect.com/referencework/9780128137000/encyclopedia-of-tissue-engineering-and-regenerative-medicine>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/11/2023)
- [104] Syed Fouzan Iftekar, Abdul Aabid (2023): *Advancements and Limitations in 3D Printing Materials and Technologies: A Critical Review* - Department of Manufacturing and Materials Engineering, Faculty of Engineering, International Islamic University Malaysia <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/11/2519>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/11/2023)
- [105] Φιλήμονος Χρ. Σκιττίδης: *Βασικές Αρχές Αριθμητικού Ελέγχου και Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC* – Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα (2000) – Τόμος Α – (Κεφ. 1.1 - 1.3).

- [106] Φιλήμονος Χρ. Σκιττίδης: *Βασικές Αρχές Αριθμητικού Ελέγχου και Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC* – Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα (2000) – Τόμος Α – (Κεφ. 1.4 - 1.5).
- [107] Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker (2017): *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ* -Εκδόσεις Κριτική (1^η Έκδοση) – Κεφάλαιο 3.2.1 έως 3.2.8 (σελ. 27-29).
- [108] Φιλήμονος Χρ. Σκιττίδης: *Βασικές Αρχές Αριθμητικού Ελέγχου και Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC* – Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα (2000) – Τόμος Α – (σελ.30 έως 32).
- [109] Φιλήμονος Χρ. Σκιττίδης: *Βασικές Αρχές Αριθμητικού Ελέγχου και Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC* – Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα (2000) – Τόμος Α – (σελ.33 έως 39).
- [110] Φιλήμονος Χρ. Σκιττίδης: *Βασικές Αρχές Αριθμητικού Ελέγχου και Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC* – Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα (2000) – Τόμος Α – (σελ.45 έως 46).
- [111] Φιλήμονος Χρ. Σκιττίδης: *Βασικές Αρχές Αριθμητικού Ελέγχου και Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC* – Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα (2000) – Τόμος Α – (σελ.47 έως 53)
- [112] Zhang Qiang (2012): *Smooth time-optimal tool trajectory generation for CNC manufacturing systems* - College of Information and Control Engineering, China University of Petroleum
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612512000362>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/11/2023)
- [113] Seungkil Son, Taejung Kim (2008): *A hybrid 5-axis CNC milling machine* - Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141635908001554>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/11/2023)
- [114] Chu A. My, Erik L.J. Bohez (2019): *A novel differential kinematics model to compare the kinematic performances of 5-axis CNC machines* - Department of Special Robotics and Mechatronics, Le Quy Don Technical University, Vietnam
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020740319317722>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/11/2023)

- [115] Xun Xu (2020): *Integrating Advanced Computer-Aided Design, Manufacturing, and Numerical Control: Principles and Implementations: Principles and Implementations* – University of Auckland, New Zealand
<https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=habcATPQWJ4C&oi=fnd&pg=PR1&dq=computer+numerical+control+benefits&ots=hLeQ7qgWus&sig=sqKusHK1O4rOWTtcc3SmuQgFBbw>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/11/2023)
- [116] Nairutya Patel (2020): *STUDY ON COMPUTER NUMERICAL CONTROL (CNC) TECHNOLOGY* - Mechatronics Engineering Department, G H Patel College of Engineering & Technology <https://www.irjet.net/archives/V7/i3/IRJET-V7I3575.pdf>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/11/2023)
- [117] Giovanni Bossi, Louis Galabos (2013): *The Third Industrial Revolution in Global Business* – Cambridge University
https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=FAUsthoSdAQC&oi=fnd&pg=PR9&dq=third+industrial+revolution+impact&ots=6W4yMdcxXJ&sig=arjHWwCXBpm8dX7Q91IyasW6l6g&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/11/2023)
- [118] Dr. Matthieu BELAROUCI (2022): *Outline and Impact of Firms Related to the Third Industrial Revolution: Investigation through Big Data* - Université Catholique, France <https://www.mdpi.com/2624-6511/5/2/28>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 27/11/2023)
- [119] Mohajan, Haradhan (2021): *Third Industrial Revolution Brings Global Development - Journal of Social Sciences and Humanities* <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/110972/>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [120] Philip Ross (2021): *Towards a 4th industrial revolution*
<https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/17508975.2021.1873625?scroll=top&needAccess=true>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [121] Georg Spöttla (2020): *The 4th industrial revolution – its impact on vocational skills*
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13639080.2020.1858230>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [122] K Rose, S Eldridge (2015): *The internet of things: An overview* - The internet society (ISOC) https://www.academia.edu/download/48790442/ISOC-IoT-Overview-20151014_0.pdf (Ημ/νία Ανάκτησης: 03/12/2023)

- [123] Feng Xia, Laurence T. Yang (2012): *Internet of Things* - Department of Computer Science, St. Francis Xavier University, Canada
<https://www.academia.edu/download/40650301/danainfo.acppwiszgmk2n0u279qu76contentserver.pdf> (Ημ/ρία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [124] Ku. Chhaya A. Khanzode , Dr. Ravindra D. Sarode (2020): *ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING: A LITERATURE REVIEW* - International Journal of Library & Information Science (IJLIS) https://www.academia.edu/download/65414221/IJLIS_09_01_004.pdf (Ημ/ρία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [125] Sumit Das, Aritra Dey (2015): *Applications of Artificial Intelligence in Machine Learning: Review and Prospect* - Department of IT JIS College of Engineering, Kalyani, India
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=68508ffc9f75462fd31de620d03093b214734011> (Ημ/ρία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [126] Nada Elgendy & Ahmed Elragal (2020): *Big Data Analytics: A Literature Review Paper* https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-08976-8_16 (Ημ/ρία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [127] Shaokun Fan a, Raymond Y.K. Lau b (2020): *Demystifying Big Data Analytics for Business Intelligence Through the Lens of Marketing Mix* - College of Business, West Texas A&M University, Canyon, USA
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214579615000155> (Ημ/ρία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [128] Mostafa Abdel-Bary (2018): *3D Laser Scanners' Techniques Overview* - International Journal of Science and Research (IJSR)
https://www.researchgate.net/profile/Mostafa-Ebrahim-3/publication/282753883_3D_Laser_Scanners'_Techniques_Overview/links/561b66cb08ae044edbb24210/3D-Laser-Scanners-Techniques-Overview.pdf (Ημ/ρία Ανάκτησης: 03/12/2023)
- [129] Teodor Tóth, Jozef Živčák (2014): *A Comparison of the Outputs of 3D Scanners* - Technical university of Kosice, Faculty of mechanical engineering, Department of biomedical engineering and measurement
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814002501> (Ημ/ρία Ανάκτησης: 14/12/2023)

- [130] Bo-hu Li, Bao-cun Hou (2017): *Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: a review*-The Second Academy of China Aerospace Science and Technology Corporation, Beijing, China
<https://link.springer.com/article/10.1631/fitee.1601885>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/12/2023)
- [131] David J. Crandall (2019): *Artificial intelligence and manufacturing*
<https://policyinstitute.iu.edu/doc/mpis/smart-factories.pdf#page=12>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/12/2023)
- [132] Florin Bonciu (2019): *EVALUATION OF THE IMPACT OF THE 4TH INDUSTRIAL REVOLUTION ON THE LABOR MARKET* - World Economy at the Romanian American University <https://rebe.rau.ro/REBE-SU17.pdf#page=7>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/12/2023)
- [133] EK Zervoudi (2020): *Fourth industrial revolution: opportunities, challenges, and proposed policies* - Industrial Robotics-New Paradigms
https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=DpYtEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=4th+industrial+revolution+social+effects&ots=TsapTLXBIH&sig=mYsP5fn0eWEKL2VK_94tJWFbGUQ
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 14/12/2023)
- [134] Birgit Mahnkopf (2019): *The '4th wave of industrial revolution'– a promise blind to social consequences, power and ecological impact in the era of 'digital capitalism'* - euromemo.eu
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/94722380/01_2019_mahnkopf_the_4th_wave_of_industrial_revolution-libre.pdf?1669204655=&response-content-
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 22/12/2023)
- [135] A. Michael Donoghue (2014): *Bauxite Mining and Alumina Refining* - Process Description and Occupational Health Risks
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4131932/>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 22/12/2023)
- [136] Jia-Bao Yan, J.Y. Richard Liew (2014): *Mechanical properties of normal strength mild steel and high strength steel S690 in low temperature relevant to Arctic environment* - Department of Civil and Environmental Engineering, National University of Singapore
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026130691400332X>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 22/12/2023)

- [137] Patricia A Plunkert (2003): *BAUXITE AND ALUMINA* - Minerals Yearbook
<https://books.google.gr/books?id=j6cCXrwdf-MC&ots=-vE-Pr7HA5&dq=bauxite%20and%20alumina&lr&hl=el&pg=PA101#v=onepage&q&f=false>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 22/12/2023)
- [138] Teresa Bajor (2022): Analysis of the Extrusion Process of Aluminium Alloy Profiles - Faculty of Production Engineering and Materials Technology, Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/23/8311>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 22/12/2023)
- [139] I. Tsangaraki-Kaplanoglou ^a, S. Theohari (2005): *Effect of alloy types on the anodizing process of aluminum* – Department of Chemistry, University of Athens, Panepistimiopolis Zografou Athens, Greece
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0257897205007681>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 09/01/2024)
- [140] C.-U Böttner, M Sommerfeld (2002): *Numerical calculation of electrostatic powder painting using the Euler/Lagrange approach* - Institut für Verfahrenstechnik, Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591001005083>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 09/01/2024)
- [141] E. Aldalur ^a, F. Veiga (2020): *High deposition wire arc additive manufacturing of mild steel: Strategies and heat input effect on microstructure and mechanical properties* - Department of Mechanical Engineering, University of the Basque Country, Spain
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1526612520305715>
 (Ημ/νία Ανάκτησης: 09/01/2024)
- [142] Γιάννης Δ. Χρυσουλάκης, Δημήτρης Ι. Παντελής : *ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ* – Κεφάλαιο 15.1 έως 15.2 – Εκδόσεις Παπασωτηρίου (2^η Έκδοση) – Αθήνα 2008.
- [143] Γιάννης Δ. Χρυσουλάκης, Δημήτρης Ι. Παντελής : *ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ* – Κεφάλαιο 8.3 – Εκδόσεις Παπασωτηρίου (2^η Έκδοση) – Αθήνα 2008.
- [144] *ALUMIL INDUSTRY* – Συστήματα και Εξελίξεις : Τεχνικό Εγχειρίδιο – 2022 + Επαγγελματική Εμπειρία επί του θέματος.