



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ
UNIVERSITY OF THE
AEGEAN

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2023

“Η προσθετική κατασκευή στη Βιομηχανία της μόδας και
των καλλυντικών”

Σύρος, 2023

Ευαγγελία Γιαννή

ΑΕΜ: 5112017023

Επιβλέπων: Παπανίκος Π.

Τριμελής Επιτροπή: Ζαχαρόπουλος Ν., Μουλιανίτης Β.

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Μπάιλα για την πολύτιμη στήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια της συγγραφής της, καθώς και τα μέλη της τριμελούς Επιτροπής, κ. Παρασκευά Παπανίκο, κ. Νικόλαο Ζαχαρόπουλο και κ. Βασίλειο Μουλιανίτη για τη συμβολή τους στην επιτυχή έκβαση της εργασίας αυτής.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει με όλες μου τις δυνάμεις να το προσδιορίσω σαφώς μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Εισαγωγή	6
Κεφάλαιο 1: Η ανάπτυξη του Beauty Industry – Ιστορική Αναδρομή	7
1.1 Η ιστορία της μόδας.....	7
1.2 Η ιστορία των καλλυντικών	9
19 ^{ος} αιώνας.....	12
20 ^{ος} αιώνας.....	12
21 ^{ος} αιώνας.....	15
Κεφάλαιο 2: Η ανάπτυξη της προσθετικής κατασκευής (3D εκτύπωσης) και ο ρόλος της στην βιομηχανία της μόδας και των καλλυντικών.....	19
2.1 Η ανάπτυξη της προσθετικής κατασκευής (3D εκτύπωσης).....	19
2.2 Ιστορική αναδρομή	19
2.3 Τομείς Εφαρμογής της Προσθετικής Κατασκευής στο Beauty Industry.....	22
Κεφάλαιο 3: Τεχνικές και υλικά της Προσθετικής Κατασκευής	25
3.1 Ορισμός της τρισδιάστατης εκτύπωσης	25
3.2 Ο 3D εκτυπωτής.....	25
3.3 Τεχνικές 3D εκτύπωσης και αξιολόγησή τους στους τομείς της μόδας και των καλλυντικών	32
3.3.1 Προσθετική κατασκευή με εναπόθεση τηγμένου υλικού (FDM)	32
3.3.2 Φωτοπολυμερισμός	33
3.3.3 Σύντηξη υποστρώματος σκόνης (Powder Bed Fusion).....	34
3.3.4 Εκτόξευση Δέσμης Μελανιού (Binder Jetting).....	35
3.3.5 Εκτόξευση Δέσμης Υλικού (Material Jetting)	36
3.3.6 Κατευθυνόμενη Εναπόθεση Ενέργειας (Directed Energy Deposition - DED)	37
3.3.7 Πλαστικοποίηση φύλλων (Sheet Lamination)	38
3.4 Υλικά στην Προσθετική Κατασκευή	41
Κεφάλαιο 4 – Εφαρμογές Προσθετικής Κατασκευής στη μόδα και στα καλλυντικά .	47
4.1 Μόδα.....	47
4.2 Καλλυντικά προϊόντα	48
4.3 Παραδείγματα υιοθέτησης της τεχνολογίας προσθετικής κατασκευής από επώνυμα brands	50
4.3.1 Βιομηχανία της μόδας	50
4.3.2 Βιομηχανία των καλλυντικών και περιποίησης προσώπου	53

4.4 Η συμβολή της Προσθετικής Κατασκευής στα καλλυντικά προϊόντα.....	58
4.4.1 Παραγωγή καλλυντικών προϊόντων μέσω Προσθετικής Κατασκευής	58
4.4.2 Σχεδιασμός συσκευασιών καλλυντικών προϊόντων μέσω της Προσθετικής Κατασκευής(Packaging Design)	58
Κεφάλαιο 5	60
5.1 Πλεονεκτήματα της Προσθετικής Κατασκευής έναντι των άλλων τεχνολογιών στην μόδα και στα καλλυντικά	60
5.1.1 Μόδα και Προσθετική Κατασκευή	60
5.1.2 Καλλυντικά προϊόντα και Προσθετική Κατασκευή	62
5.1.3 Packaging Design καλλυντικών προϊόντων και Προσθετική Κατασκευή ...	64
5.2 Οφέλη της Προσθετικής Κατασκευής στην βιομηχανία της μόδας και των καλλυντικών	65
5.2.1 Οφέλη στην μόδα	65
5.2.2 Οφέλη στα καλλυντικά προϊόντα	66
5.3 Μειονεκτήματα – Προβλήματα – Περιορισμοί της Προσθετικής Κατασκευής στο Beauty Industry	68
5.4 Προκλήσεις	69
5.5 Μελλοντικές προοπτικές	72
Συμπεράσματα	74
Βιβλιογραφία	76

Περίληψη

Η προσθετική κατασκευή (3D printing), είναι ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης. Συντέλεσε στην ανάπτυξη νέων μεθόδων παραγωγής και πρωτοτυποποίησης, ενώ παράλληλα αποτελεί αιχμή καινοτομιών σε πολλούς τομείς, όπως η βιομηχανία αυτοκινήτων, η βιομηχανία τροφίμων, η βιομηχανία της μόδας και των καλλυντικών, αλλά και η φαρμακοβιομηχανία. Ειδικότερα, στο «beauty industry» πολλά επώνυμα brands έχουν εφαρμόσει το 3D σχεδιασμό για να επιτύχουν τόσο ένα αισθητικά αψεγάδιαστο αποτέλεσμα στη συσκευασία των προϊόντων τους, αντάξιο της ποιότητας που λανσάρουν, αλλά και στα ίδια τα προϊόντα ομορφιάς και μόδας. Η εργασία αυτή έχει ως στόχο την ανάδειξη της προστιθέμενης αξίας της χρήσης του 3D printing στον τομέα των καλλυντικών και της μόδας και την υπεροχή της έναντι των συμβατικών μεθόδων, με την εξέταση περιπτώσεων brand του τομέα που έχουν ήδη υιοθετήσει τη σύγχρονη αυτή μέθοδο.

Λέξεις κλειδιά

Προσθετική κατασκευή, 3D printing, μόδα, καλλυντικά, packaging design

Εισαγωγή

Στις μέρες μας, η τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία και δημιουργούνται συνεχώς καινοτόμες τεχνικές παραγωγής προϊόντων. Μεταξύ αυτών, η Προσθετική Κατασκευή (3D printing) έχει καταφέρει να ξεχωρίσει. Η προσθετική κατασκευή αντιπροσωπεύει μια ευκαιρία για όλους τους βιομηχανικούς τομείς. Η παρούσα εργασία εξετάζει την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής στη βιομηχανία της μόδας και των καλλυντικών, όπου η εν λόγω τεχνολογία βρίσκει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών.

Αρχικά γίνεται μία ιστορική αναδρομή στην εμφάνιση και εξέλιξη της μόδας και των καλλυντικών προϊόντων διαχρονικά, αλλά και στο ξεκίνημα, την ανάπτυξη και τη χρήση της προσθετικής κατασκευής σε όλους τους τομείς και ειδικότερα στους τομείς ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογής της τεχνικής της προσθετικής κατασκευής από επώνυμα brands με παγκόσμια αίγλη. Τέλος αναλύονται τόσο τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη, αλλά και τα μειονεκτήματα, καθώς και οι προκλήσεις που ελλοχεύουν κατά την υιοθέτηση της μεθόδου αυτής, έναντι των παραδοσιακών παλαιότερων μεθόδων παραγωγής προϊόντων.

Κεφάλαιο 1: Η ανάπτυξη του Beauty Industry – Ιστορική Αναδρομή

Η βιομηχανία της «ομορφιάς» αναμένεται ότι θα αγγίξει το 2023 τα 805,61 δισ. ευρώ καταγράφοντας σταθερή άνοδο από χρόνο σε χρόνο. Ο μετασχηματισμός αυτής της βιομηχανίας από κάτι που ξεκίνησε «δειλά» γιατί διατάρασε την «ηθική τάξη» των περασμένων αιώνων σε έναν παγκοσμίου ισχύος κλάδο παραγωγής που προσφέρει προϊόντα απαραίτητα για την καθημερινή ζωή, είναι μια από τις πιο έξυπνες ιστορίες στη σύγχρονη επιχειρηματική ιστορία.[1]

Η βιομηχανία της ομορφιάς βασίζεται και κατά βάση «εκμεταλλεύεται» μια απλή, μεγάλη, πανανθρώπινη πεποίθηση. Κανένας από εμάς δεν πιστεύει πως είναι αρκετά εμφανίσιμος, αρκετά νέος, αρκετά λαμπερός ή αρκούντως θελκτικός. Αυτό δίνει μια μεγάλη πρόσβαση στο μυαλό μας - είμαστε ανοιχτοί να ακούσουμε κάποιον άλλο που θα μας δώσει μια συμβουλή στον τομέα αυτό, είτε πρόκειται για θέματα μόδας, είτε πρόκειται για καλλυντικά προϊόντα περιποίησης.

Αυτή όμως δεν είναι μια καινούργια συνήθεια. Ας δούμε πώς ξεκίνησαν όλα...

1.1 Η ιστορία της μόδας

Ο όρος «μόδα» προέρχεται από τη λατινική λέξη “modus” που σημαίνει τρόπος ζωής και συμπεριφοράς. Μόδα είναι η τάση του ανθρώπου για την αναζήτηση κάτι καινούργιου και σύγχρονου. Χαρακτηρίζεται από προσκαιρότητα και μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή.[2] Χρονολογείται από την εμφάνιση του ανθρώπου στη γη και καταλαμβάνει σημαντικό μέρος της ζωής του, γιατί αποτελεί ένα μέσο έκφρασης, ιδεολογίας, αισθητικής, κοινωνικής θέσης, θρησκείας, προσωπικότητας, ψυχικής διάθεσης και γενικότερα πολιτισμού.

Η ιστορία του σχεδιασμού μόδας ξεκινά από την Αρχαία Ρώμη και την Αρχαία Αίγυπτο. Σε αυτούς τους πολιτισμούς, τα ρούχα και η μόδα ήταν σύμβολα κοινωνικής θέσης. Οι πλούσιοι φορούσαν ακριβά και κομψά ρούχα που ήταν πολύχρωμα, ενώ οι φτωχοί φορούσαν ουδέτερα χρώματα και τα ρούχα τους ήταν φτηνά και απλοϊκά. Στην πρώιμη αρχαία Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, οι γυναίκες φορούσαν «παλλάς», τα οποία ήταν σάλια που τραβούσαν πάνω από το κεφάλι τους και οι άνδρες φορούσαν «τόγκα», ένα κυκλικό ύφασμα που ήταν τυλιγμένο γύρω από το σώμα, το οποίο αντιπροσώπευε τη ρωμαϊκή υπηκοότητα.[3]

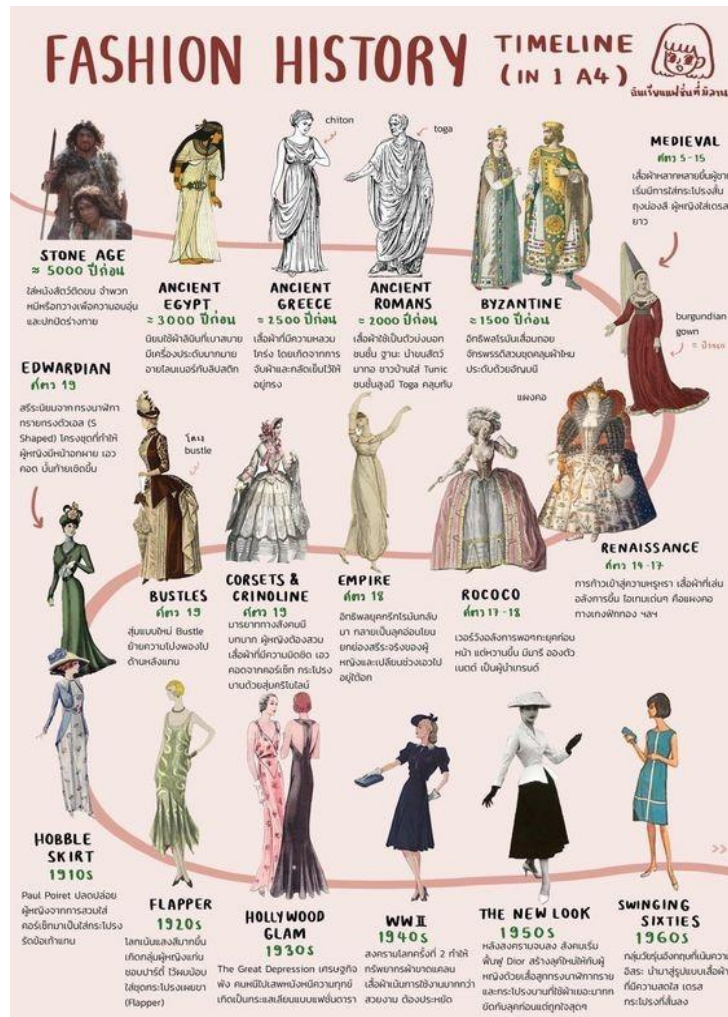
Κατά την περίοδο του Μεσαίωνα, επικράτησε η τάση ένδυσης με χιτώνες μεγάλου μήκους, οι οποίοι επίσης αντιπροσώπευαν την κοινωνική τάξη των ατόμων.[4] Περισσότερα στρώματα υφάσματος, αντιπροσώπευαν μεγαλύτερη οικονομική επιφάνεια του ατόμου.

Αργότερα, στις αρχές του 14^{ου} αιώνα, άνδρες και γυναίκες άρχισαν να φορούν ένα διαφορετικό στυλ ρούχων. Οι γυναίκες φορούσαν στενά φορέματα με μακριά μανίκια και φουσκωτές με φουρώ φούστες. Οι νεαροί άντρες φορούσαν σφιχτά κολάν από μαλλί ή λινό κάτω από κοντούς χιτώνες, ενώ οι ηλικιωμένοι φορούσαν μακριά φορέματα με φουσκωτά μανίκια.[4]

Η περίοδος της Αναγέννησης, θεωρείται μια μείζονος σημασίας εποχή για την ιστορία της μόδας, καθώς υπήρξε υψηλό ενδιαφέρον της αριστοκρατικής τάξης για τη μόδα. Λέγεται ότι ο Ερρίκος Ζ', ο βασιλιάς της Αγγλίας, ξόδευε μια περιουσία σε ρούχα και οι αριστοκράτες ακολουθούσαν τα βήματά του. Τα ρούχα, και κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αντανakλούσαν την κοινωνική θέση του ατόμου.

Στο διάστημα που ακολούθησε, μεταξύ Ελισαβετιανής και Βικτωριανής εποχής, εμφανίστηκαν οι γυναικείες τουαλέτες και τα αντρικά παντελόνια και μπουφάν. Η ανδρική μόδα αποτελούνταν από κουμπωτά παπούτσια, γιλέκο, πουκάμισο και εξωτερικά φορούσαν παλτό. Μοδίστρες και ράφτες σχεδίαζαν ρούχα για τους αριστοκράτες και όλοι οι άλλοι ακολούθησαν το παράδειγμά τους, στο μέτρο που μπορούσαν.[4]

Μια άλλη σημαντική εξέλιξη κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν η Βιομηχανική Επανάσταση στη Βρετανία (1760 έως 1840). Η κλωστοϋφαντουργία άνθισε κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.[4] Μέχρι τότε όλα ήταν χειροποίητα – τώρα οι μηχανές ανέλαβαν την παραγωγή και τη ραπτική. Από αυτές τις μηχανές παρήχθη πλεκτό και αραχνούφαντο ύφασμα.



Εικόνα 1.1: Χρονολόγιο της Μόδας (Πηγή: Pinterest)

Πιστεύεται ότι το σχέδιο μόδας ξεκίνησε τον 19^ο αιώνα από τον Charles Frederick Worth.[5] Ο Worth ήταν ο πρώτος άνθρωπος που λάνσαρε τη δική του σειρά

ενδυμάτων, με την προσωπική του «ετικέτα», ραμμένη στα ενδύματα που ο ίδιος δημιούργησε.

Με τον Worth να κάνει την αρχή, κι άλλοι «οίκοι μόδας» άρχισαν να χτίζονται. Σε αυτούς εργάζονταν καλλιτέχνες, σκιαγραφώντας σχέδια για ρούχα που θα φορούσαν στη συνέχεια πλούσιοι πελάτες. [6]

Ένα πράγμα είναι κοινό για τη μόδα ανά τους αιώνες και παραμένει μέχρι σήμερα - όσοι έχουν πλούτο και επιρροή συνεχίζουν να έχουν τη δύναμη να επηρεάζουν την πορεία της ιστορίας της μόδας. Παλιότερα ήταν οι βασιλείς, ενώ σήμερα την θέση τους έχουν πάρει οι διασημότητες, οι μεγάλες εταιρείες και μάρκες. Αλλά πλέον, ακόμα και οι απλοί άνθρωποι παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ιστορίας της μόδας καθώς τα γούστα τους οδηγούν την αγορά της μόδας.

Η μόδα, έχει περάσει από πολλά και διαφορετικά στάδια, καταλήγοντας στις μέρες μας να θεωρείται ένα μέσο έκφρασης και αυτοπραγμάτωσης, μοναδικό και αποδεκτό σε κάθε του μορφή. Σήμερα όλοι θέλουν να είναι μοναδικοί, εκεί που κάποτε οι άνθρωποι ήθελαν να μοιάζουν. Η μόδα αποτελεί πλέον αντανάκλαση της ατομικότητας ενός ατόμου. Η κοινωνική «διαμόρφωση» δεν είναι πλέον ο στόχος της μόδας.

1.2 Η ιστορία των καλλυντικών

Η ιστορία των καλλυντικών προϊόντων εκτείνεται τουλάχιστον 7.000 χρόνια πριν και απαντάται σχεδόν σε κάθε μέρος του κόσμου. Η καλλυντική τέχνη του σώματος υποστηρίζεται ότι ήταν η αρχαιότερη μορφή τελετουργίας στον ανθρώπινο πολιτισμό. Τα καλλυντικά αναφέρονται ακόμη στην Παλαιά Διαθήκη—Β' Βασιλέων 9:30 όπου η Ιεζάβελ (πριγκίπισσα της Τύρου και της Σιδώνας) ζωγράφιζε τα βλέφαρά της—περίπου το 840 π.Χ.—και το βιβλίο της Εσθήρ περιγράφει επίσης διάφορες τελετουργίες ομορφιάς. Τα καλλυντικά χρησιμοποιούνταν, επίσης, στην αρχαία Ρώμη, αν και μεγάλο μέρος της ρωμαϊκής λογοτεχνίας αναφέρεται σε αυτά ως «αποκρουστικά». Είναι γνωστό ότι μερικές γυναίκες στην αρχαία Ρώμη εφηύραν το μακιγιάζ που περιλαμβάνει φόρμουλες με βάση τον μόλυβδο, για να λευκαίνει το δέρμα και μολυβιών kohl για τη γραμμή των ματιών.[7]

Αίγυπτος

Ένας από τους παλαιότερους πολιτισμούς που χρησιμοποιούσαν καλλυντικά προϊόντα ήταν η αρχαία Αίγυπτος, όπου τόσο οι Αιγύπτιοι άνδρες, όσο και οι γυναίκες χρησιμοποιούσαν μακιγιάζ για να βελτιώσουν την εμφάνισή τους. Τα πρώτα καλλυντικά εμφανίστηκαν πριν από 5.000 χρόνια στην Αίγυπτο. Οι Αιγύπτιοι, για να επιτύχουν μια ευχάριστη μυρωδιά και απαλότητα του δέρματός τους, χρησιμοποιούσαν λιβάνια και οι γυναίκες χρησιμοποιούσαν λευκό χρώμα για να προστατεύσουν το πρόσωπό τους από τον ήλιο. [7] Οι Αιγύπτιοι ήταν επίσης οι

πρώτοι που χρησιμοποίησαν μαύρο χρώμα με βάση το αντιμόνιο ως eyeliner, ενώ για να δημιουργήσουν ένα φυσικό ρουζ, χρησιμοποιήθηκαν θρυμματισμένα λουλούδια.

Εικόνα 1: Απεικόνιση του Αιγυπτιακού μακιγιάζ στα ιερογλυφικά (*bombshellbeauty*)



Εικόνα 1.2: Απεικόνιση του μακιγιάζ που εφαρμόζαν οι Αρχαίοι Αιγύπτιοι (Πηγή: bombshellbeautybriana.wordpress.com)

Η χρήση καλλυντικών στην Αρχαία Αίγυπτο είναι καλά τεκμηριωμένη. Το Kohl έχει τις ρίζες του στη βόρεια Αφρική. [8] Η χρήση μαύρου μολυβιού ματιών και σκιών ματιών σε σκούρα χρώματα όπως το μπλε, το κόκκινο και το μαύρο ήταν κοινή, καταγράφηκε σε πολλές πηγές και ήταν αντιπροσωπευτικό στην αιγυπτιακή τέχνη, καθώς και στα αιγυπτιακά ιερογλυφικά. Τα κραγιόν με αστραφτερή όψη κατασκευάστηκαν αρχικά χρησιμοποιώντας μια μαργαριταρένια ουσία που βρέθηκε στα λέπια των ψαριών, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως ακόμη και σήμερα. Χρησιμοποιούσαν επίσης αυτά τα προϊόντα στις μούμιες τους, γιατί πίστευαν ότι θα τις έκανε ακαταμάχητες στη μετά θάνατον ζωή.

Ιαπωνία

Στην Ιαπωνία, οι γκέισες φορούσαν κραγιόν από θρυμματισμένα πέταλα καρδάμου για να ζωγραφίσουν το περίγραμμα από τα φρύδια και τις άκρες των ματιών τους, καθώς και τα χείλη τους. Ακόμη, χρησιμοποιούσαν τη σκόνη ρυζιού για να χρωματίζουν το πρόσωπό τους. Το ρουζ σχηματίζει το περίγραμμα της κόγχης των ματιών και καθορίζει τη μύτη. Η αρχή της σύγχρονης ιαπωνικής βιομηχανίας καλλυντικών ξεκίνησε μετά το 1868. Με την ανάπτυξη νέων συστατικών και τεχνολογιών, νέα προϊόντα άρχισαν να εμφανίζονται στις αγορές για την περιποίηση του δέρματος και τη δερματολογία.

Ευρώπη

Οι ευρωπαϊκοί πολιτισμοί χρησιμοποιούσαν και εκείνοι καλλυντικά προϊόντα, με κυριότερους τους αρχαίους Έλληνες και τους Ρωμαίους.[9] Στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, η χρήση καλλυντικών ήταν πιο συνηθισμένη στις πλούσιες γυναίκες και τις ιερόδουλες. Αυτού του είδους ο στολισμός κατηγορήθηκε μερικές φορές από ορισμένους Ρωμαίους συγγραφείς, οι οποίοι θεωρούσαν ότι ήταν ενάντια στην αγνότητα που απαιτούσε από τις γυναίκες αυτό που θεωρούνταν ως «παραδοσιακές ρωμαϊκές αξίες».

Τα χλωμά λευκά πρόσωπα ήταν μια τάση κατά τον Ευρωπαϊκό Μεσαίωνα. Τον 16^ο αιώνα, οι γυναίκες προκαλούσαν στον εαυτό τους αιμορραγία για να αποκτήσουν χλωμό δέρμα.[9] Τα καλλυντικά συνέχισαν να χρησιμοποιούνται τους επόμενους αιώνες, αν και η στάση απέναντι στα καλλυντικά διέφερε με την πάροδο του χρόνου, με τη χρήση των καλλυντικών να αποδοκιμάζεται ανοιχτά σε πολλά σημεία της δυτικής ιστορίας. Τον 19^ο αιώνα, η βασίλισσα Βικτώρια δήλωσε δημόσια ότι θεωρούσε το μακιγιάζ ακατάλληλο, χυδαίο και αποδεκτό μόνο για χρήση από ηθοποιούς, με πολλές διάσημες ηθοποιούς της εποχής, όπως η Sarah Bernhardt και η Lillie Langtry παρόλα αυτά να χρησιμοποιούν μακιγιάζ.

Τα ιδανικά πρότυπα της μόδας του 19^{ου} αιώνα για γυναίκες που φαίνονται λεπτές, θηλυκές και χλωμές επιτεύχθηκαν από ορισμένες γυναίκες με τη χρήση μακιγιάζ, με κάποιες από αυτές να χρησιμοποιούν άτονα ρουζ στα μάγουλά τους και σταγόνες μπελαντόνα για να διαστέλλουν τα μάτια τους για να φαίνονται μεγαλύτερα. Αν και τα καλλυντικά χρησιμοποιήθηκαν διακριτικά από πολλές γυναίκες, το μακιγιάζ στους δυτικούς πολιτισμούς κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν γενικά μη αποδεκτό, έως και αποκρουστικό, ιδιαίτερα κατά τη δεκαετία του 1870, όταν η δυτική κοινωνική εθιμοτυπία αυξήθηκε σε κοινωνική «ακαμψία». Η χρήση καλλυντικών προϊόντων απαγορευόταν ρητά σε δασκάλους και κληρικούς.

Λατινική Αμερική

Στη Λατινική Αμερική, τα πρότυπα ομορφιάς διέφεραν ανά φυλή. Τα καλλυντικά συνήθως περιέγραφαν την κοινωνική τάξη ενός ατόμου. Οι γηγενείς φυλές, έτειναν να εφαρμόζουν τα καλλυντικά προϊόντα στο σώμα τους, παρά στο πρόσωπό τους. Στην Κολομβία, τα καλλυντικά χρησιμοποιούσαν λάδι ή πετρέλαιο με διάφορα χρώματα για το πρόσωπο και βερνίκι για το σώμα. Περισσότερο και πιο έντονο χρώμα υποδήλωνε τη γυναίκα ανώτερης τάξης. Στη Νικαράγουα, τα μπράτσα των ανθρώπων βάζονταν με ένα μείγμα που αποτελούνταν από μαλλί και αίμα του ίδιου του ατόμου.

Οι Μάγια χρησιμοποίησαν το κόκκινο χρώμα για να αντιπροσωπεύσουν την κοινωνική τάξη και το χρησιμοποίησαν επίσης και κατά τις τελετουργίες κηδείας. Η χρωστική ουσία παρήχθη με υδράργυρο, μόλυβδο και αρσενικό, αλλά κάποιες φορές χρησιμοποιούνταν ζώα και φυτά ως πρώτη ύλη. Αυτά οι παραλλαγές βοήθησαν στη δημιουργία μεγαλύτερης ποικιλίας κόκκινων με διάφορους τόνους, ένταση και γυαλάδα. Οι διαφορετικές αποχρώσεις του κόκκινου καθορίζουν την κοινωνική θέση ενός ατόμου, καθώς το κόκκινο αντιπροσώπευε την πολυτέλεια. Άλλα χρώματα στην κοινωνία των Μάγια ήταν το μπλε και το πράσινο φτιαγμένα με λουλακί, μαλαχίτη, αζουρίτη και ορυκτά που περιέχουν χαλκό. Παρόμοια με το κόκκινο, χρώματα

χρησιμοποιήθηκαν επίσης σε κηδείες και αντιπροσώπευαν τα «δικαιώματα» του ατόμου. Το πορτοκαλί και το κίτρινο χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την παραγωγή κύρους, με βάση τον αιματίτη και τον λειμωνίτη.

Το σώμα θεωρήθηκε ως «καμβάς» για τους Μάγια με την απεικόνιση διαφόρων εικόνων φυτών, ζώων και ανθρώπων να είναι κοινές. Άλλα σχέδια υπήρξαν κυρίως προσωπικά σχέδια που χρησιμοποιούσαν γεωμετρία.

19^{ος} αιώνας

Πριν από τον 19^ο αιώνα, οι περιορισμοί στην τεχνολογία φωτισμού και στην πρόσβαση σε εργαλεία κατοπτρισμού είχαν διατηρήσει χαμηλά την ικανότητα των ανθρώπων να αντιλαμβάνονται την ακριβή εμφάνισή τους σε τακτική βάση. Αυτό, με τη σειρά του, περιόρισε την ανάγκη για αγορά καλλυντικών και είχε ως αποτέλεσμα τα άτομα να δημιουργούν και να εφαρμόζουν τα δικά τους προϊόντα στο σπίτι. Αρκετές τεχνολογικές εξελίξεις στο δεύτερο μισό του αιώνα, συμπεριλαμβανομένης της καινοτομίας των καθρεφτών, της εμπορικής φωτογραφίας, του μάρκετινγκ και του ηλεκτρισμού σε σπίτια και κοινόχρηστους χώρους, αύξησαν τη συνείδηση της εμφάνισης και δημιούργησαν ζήτηση για καλλυντικά προϊόντα που βελτίωναν την εικόνα του ατόμου. [10]

Οι πούδρες προσώπου, τα ρουζ, τα κραγιόν και παρόμοια προϊόντα που παρασκευάζονται στο σπίτι, διαπιστώθηκε ότι περιείχαν τοξικά συστατικά, τα οποία απέτρεπαν τα άτομα από τη χρήση τους. Οι ανακαλύψεις μη τοξικών συστατικών καλλυντικών, όπως η χρήση του οξειδίου του ψευδαργύρου από τον Henry Tetlow το 1866 ως πούδρα προσώπου και η διανομή καλλυντικών προϊόντων από καταξιωμένες εταιρείες όπως η Rimmel, η Guerlain και η Hudnut βοήθησαν στη διάδοση των καλλυντικών στο ευρύ κοινό. [10] Η περιποίηση του δέρματος, μαζί με τα προϊόντα "face painting" όπως οι πούδρες, έγιναν προϊόντα με μεγάλη ζήτηση στη βιομηχανία καλλυντικών. Η διαφήμιση και το μάρκετινγκ των ανερχόμενων καλλυντικών προϊόντων στις ευρωπαϊκές χώρες, αύξησε περαιτέρω τη δημοτικότητα και τη ζήτηση των διαφημιζόμενων προϊόντων στην Ευρώπη. [10]

20^{ος} αιώνας

Στις αρχές του 1900, το μακιγιάζ δεν ήταν υπερβολικά δημοφιλές. Στην πραγματικότητα, οι γυναίκες δεν φορούσαν σχεδόν καθόλου μακιγιάζ. Το μακιγιάζ εκείνη την εποχή ήταν ακόμα συμβολικό στα καμπαρέ και στην ασπρόμαυρη οθόνη. Ο χρωματισμός του προσώπου με εφαρμογή πραγματικής βαφής στο πρόσωπο, έγινε δημοφιλής μεταξύ των πλουσίων, σε μια προσπάθεια να φαίνονται πιο χλωμοί. Το χλωμό δέρμα συνδέθηκε με τον πλούτο, γιατί σήμαινε ότι κάποιος δεν εργαζόταν έξω στον ήλιο και είχε την οικονομική δυνατότητα να μείνει μέσα όλη μέρα. Τα καλλυντικά, καθώς δεν ήταν δημοφιλή, μπορούσαν να αγοραστούν μόνο από καταστήματα με θεατρικά κοστούμια. Η «ρουτίνα του μακιγιάζ» μιας γυναίκας συνίστατο συχνά μόνο στη χρήση σκόνης πούδρας πάνω σε χαρτί, για να λευκαίνει τη μύτη το χειμώνα ή ελαίου για να γυαλίζει τα μάγουλά της το καλοκαίρι. Το ρουζ θεωρήθηκε προκλητικό, γι' αυτό εμφανίστηκε μόνο στις "γυναίκες της νύχτας". Μερικές γυναίκες χρησιμοποιούσαν καμένα σπίρτα για να σκουρύνουν τις βλεφαρίδες και πέταλα από γεράνι και παπαρούνα για να δώσουν χρώμα στα χείλη

τους. [9] Η βαζελίνη είχε μεγάλη ζήτηση επειδή χρησιμοποιήθηκε σε σκασμένα χείλη κι ως βάση για τονωτικό μαλλιών και σαπούνι. Τα eau de toilette αρώματα εμφανίστηκαν στις αρχές του 1900, αλλά οι γυναίκες ήταν επιτρεπτό να φορούν μόνο λεβάντα ή ραφινάρισμένη κολόνια. Το καλλυντικό αποσμητικό εφευρέθηκε το 1888, από έναν άγνωστο εφευρέτη από τη Φιλαδέλφεια και ήταν εμπορικό σήμα με το όνομα "Mum". Το αποσμητικό Roll-on κυκλοφόρησε το 1952 και το αποσμητικό με προωθητικό αέριο (αεροζόλ) το 1965.[9]



Εικόνα 1.3: Διάγραμμα απεικόνισης του αποσμητικού σπρέι (Πηγή: familytreemagazine.com)

Γύρω στο 1910, το μακιγιάζ έγινε μόδα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και στην Ευρώπη λόγω της επιρροής των σταρ του μπαλέτου και του θεάτρου όπως η Mathilde Kschessinska και η Sarah Bernhardt. Το χρωματιστό μακιγιάζ εισήχθη στο Παρίσι με την άφιξη του Ρωσικού Μπαλέτου το 1910, όπου η όψη και το βουσσινί ήταν οι πιο χαρακτηριστικές αποχρώσεις. Το βιβλίο ομορφιάς της Daily Mirror έδειξε ότι τα καλλυντικά ήταν πλέον αποδεκτά για τις τάξεις των εγγράμματων. Η Daily Mirror ήταν μια από τις πρώτες που πρότεινε τη χρήση μολυβιού γραμμής (eyeliner) για να επιμηκύνει το μάτι και ψαλιδιού βλεφαρίδων για να τονίσει τις βλεφαρίδες. Ο George Burchett ανέπτυξε το καλλυντικό τατουάζ κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου. Μπόρεσε να κάνει τατουάζ σε μάγουλα (ρουζ), κόκκινα χείλη και σκούρα φρύδια. Ήταν επίσης σε θέση να κάνει τατουάζ σε άντρες που είχαν παραμορφωθεί στον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, εισάγοντας τόνους δέρματος σε κατεστραμμένα πρόσωπα και καλύπτοντας τις ουλές με χρώματα πιο ευχάριστα στο μάτι.[9] Η Max Factor άνοιξε ένα επαγγελματικό στούντιο μακιγιάζ για ηθοποιούς σκηνής και οθόνης στο Λος Άντζελες το 1909. Παρόλο που το κατάστημά της προοριζόταν για ηθοποιούς, απλές γυναίκες το επισκέπτονταν για να αγοράσουν θεατρικές σκιές ματιών και μολύβια φρυδιών για οικιακή χρήση.

Στη δεκαετία του 1920, η κινηματογραφική βιομηχανία στο Χόλιγουντ είχε τη μεγαλύτερη επιρροή στα καλλυντικά. Αστέρια όπως η Theda Bara είχαν σημαντική επίδραση στη βιομηχανία του μακιγιάζ. Η Helena Rubinstein, makeup artist της Bara, δημιούργησε μάσκαρα για την ηθοποιό, βασιζόμενη σε πειράματά της με το kohl.[9] Πολλοί από τους σημερινούς κατασκευαστές μακιγιάζ ιδρύθηκαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1920 και του 1930. Τα κραγιόν ήταν ένα από τα πιο δημοφιλή καλλυντικά της εποχής εκείνης, περισσότερο από το ρουζ και την πούδρα, γιατί ήταν πολύχρωμα και φθηνά. Το 1915, ο Maurice Levy εφηύρε το μεταλλικό δοχείο για κραγιόν, το οποίο έδωσε ώθηση στη μαζική παραγωγή του. Το στυλ Flapper επηρέασε επίσης τα καλλυντικά της δεκαετίας του 1920, τα οποία περιλάμβαναν τα σκούρα μάτια, το κόκκινο κραγιόν, το κόκκινο βερνίκι νυχιών και το μαύρισμα, που

εφευρέθηκε ως δήλωση μόδας από την Coco Chanel. Οι πρώτες εμπορικές μάσκες, όπως η Maybelline, ήταν απλά συμπιεσμένο υλικό σε ένα δοχείο που περιείχε σαπούνη και χρωστικές ουσίες. [11] Για τη χρήση τους, η γυναίκα βουτούσε ένα βουρτσάκι σε ζεστό νερό, έτριβε τις τρίχες στο υλικό, αφαιρούσε την περίσσεια κυλώντας το πινέλο σε κάποιο στυπόχαρτο ή ένα σφουγγάρι και μετά έβαζε τη μάσκα σαν να ήταν οι βλεφαρίδες της καμβάς ακουαρέλας. Ο Eugène Schueller, ιδρυτής της L'Oréal, εφηύρε τη σύγχρονη συνθετική βαφή μαλλιών το 1907 και επίσης εφηύρε το αντηλιακό το 1936. Η πρώτη πατέντα για βερνίκι νυχιών χορηγήθηκε το 1919. Το χρώμα του ήταν ένα πολύ απαλό ροζ. Στον απόηχο της υιοθέτησης του μαυρίσματος από τη Chanel, παρασκευάστηκαν δεκάδες νέα προϊόντα για ψεύτικο μαύρισμα, για να βοηθήσουν τόσο τους άνδρες όσο και τις γυναίκες να επιτύχουν το "sun-kissed" look. Στην Ασία όμως, η λεύκανση του δέρματος συνέχισε να αντιπροσωπεύει το ιδανικό της ομορφιάς, όπως συμβαίνει μέχρι σήμερα.[11]

Από το 1939 έως το 1945, κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, τα καλλυντικά ήταν σε έλλειψη. Το πετρέλαιο και το οινόπνευμα, βασικά συστατικά πολλών καλλυντικών, μετατράπηκαν σε πολεμικές προμήθειες. Κατά ειρωνικό τρόπο, την εποχή που ήταν περιορισμένα το κραγιόν, η πούδρα και η κρέμα προσώπου, έγιναν πιο επιθυμητά από το κοινό και οι περισσότεροι πειραματισμοί πραγματοποιήθηκαν κατά τη μεταπολεμική περίοδο. Οι κατασκευαστές καλλυντικών συνειδητοποίησαν ότι ο πόλεμος θα είχε ως αποτέλεσμα μια εκπληκτική έκρηξη στη συνέχεια, κι έτσι άρχισαν να προετοιμάζονται. Η Pond's είχε την ίδια απήχηση σε χαμηλότερο εύρος τιμών. Η Gala cosmetics ήταν από τις πρώτες που έδωσαν στα προϊόντα της ονόματα φαντασίας, όπως τα κραγιόν σε «κόκκινο φανάρι» και «κοραλί της θάλασσας». [9]

Τα καλλυντικά στη δεκαετία του 1970 χωρίστηκαν σε μια «φυσική εμφάνιση» για την ημέρα και μια πιο «προκλητική» εικόνα για το βράδυ. Το υποαλλεργικό μακιγιάζ εμφανίστηκε όταν το «γυμνό» πρόσωπο ήταν στη μόδα, καθώς οι γυναίκες άρχισαν να ενδιαφέρονται περισσότερο για τη χημική επιβάρυνση που είχε πάνω τους το μακιγιάζ τους. Οι σύγχρονες εξελίξεις στην τεχνολογία, όπως ο αναμεικτής υψηλής διάτμησης (high shear mixer) διευκόλυναν την παραγωγή καλλυντικών που είχαν πιο φυσική εμφάνιση και είχαν μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά από τους προκατόχους τους. Ωστόσο, το πρωταρχικό καλλυντικό της εποχής ήταν η σκιά ματιών. Οι γυναίκες ενδιαφέρθηκαν επίσης για νέα χρώματα κραγιόν όπως το λιλιά, το πράσινο και το ασημί. Αυτά τα κραγιόν αναμειγνύονταν συχνά με απαλά ροζ και λευκά κι έτσι οι γυναίκες μπορούσαν να δημιουργήσουν τις δικές τους ατομικές αποχρώσεις. Τα "Blush-ons" εμφανίστηκαν στην αγορά αυτή τη δεκαετία, με τη Revlon να τους δίνει ευρεία δημοσιότητα. Αυτό το προϊόν εφαρμόστηκε στο μέτωπο, στα μάγουλα και στο πηγούνι.[9] Στην πραγματικότητα, ολόκληρη η βιομηχανία καλλυντικών γενικά δημιούργησε ευκαιρίες για τις γυναίκες ως επιχειρηματίες, εφευρέτες, κατασκευαστές, διανομείς και προωθητές.

21^{ος} αιώνας

Τα προϊόντα ομορφιάς είναι πλέον ευρέως διαθέσιμα και από το Διαδίκτυο, με καθιερωμένα brands, συμπεριλαμβανομένων μεγάλων πολυκαταστημάτων, αλλά και παραδοσιακών καταστημάτων λιανικής ομορφιάς να συμμερίζονται αυτήν την τάση.

Όπως οι περισσότερες βιομηχανίες, έτσι κι οι εταιρείες καλλυντικών «αντιστέκονται» στους κανονισμούς που προσπαθούν να θέσουν κυβερνητικούς φορείς. Στις ΗΠΑ, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) δεν εγκρίνει ούτε αξιολογεί τα καλλυντικά προϊόντα.[12]

Παραδοσιακά, η βιομηχανία ομορφιάς προωθήθηκε κυρίως στις γυναίκες, αλλά τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια στροφή προς την ένταξη και την ποικιλομορφία, με πολλές επωνυμίες να στοχεύουν πλέον άνδρες, μη δυαδικά άτομα και άτομα όλων των ηλικιών και εθνικοτήτων. Αυτή η τάση ενισχύθηκε από διάσημους ροκ σταρ όπως ο David Bowie, ο Alice Cooper και τα μέλη του συγκροτήματος Kiss. Η χρήση καλλυντικών τους επέτρεψε να δημιουργήσουν ένα alter ego και ήταν μέρος της οπτικής ψυχαγωγίας των εμφανίσεών τους στο κοινό. Σταδιακά ένας αυξανόμενος αριθμός ανδρών χρησιμοποιεί καλλυντικά που παραδοσιακά ήταν σχετισμένα με γυναίκες που προσπαθούσαν να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά του προσώπου τους. Οι επωνυμίες καλλυντικών κυκλοφορούν καλλυντικά προϊόντα ειδικά προσαρμοσμένα για άνδρες, και οι άνδρες χρησιμοποιούν τέτοια προϊόντα πιο συχνά. Υπάρχει κάποια διαμάχη στις μέρες μας σχετικά με αυτό, ωστόσο, ακόμη πολλοί πιστεύουν ότι οι άνδρες που φορούν μακιγιάζ «παραβλέπουν» τους παραδοσιακούς ρόλους των φύλων και δεν τους αντιμετωπίζουν με θετικό τρόπο. Άλλοι, ωστόσο, το θεωρούν ως ένδειξη αύξησης της ισότητας των φύλων και πιστεύουν ότι οι άνδρες έχουν επίσης το δικαίωμα να ενισχύσουν τα χαρακτηριστικά του προσώπου τους με καλλυντικά, εφόσον το κάνουν ήδη οι γυναίκες. Το 2020 το ποσοστό των ανδρών που χρησιμοποιούν καλλυντικά προϊόντα και προϊόντα περιποίησης προσώπου άγγιξε το 58%, σε σχέση με το 52% που ήταν το 2017.

Σήμερα η αγορά των καλλυντικών έχει διαφορετική δυναμική σε σχέση με τον 20^ο αιώνα, με ορισμένες χώρες να κατέχουν ηγετικό ρόλο σε αυτήν την «οικονομία»:

Ιαπωνία: Η Ιαπωνία είναι η δεύτερη μεγαλύτερη αγορά στον κόσμο μετά την Κίνα. Όσον αφορά την ανάπτυξη αυτής της αγοράς, τα καλλυντικά στην Ιαπωνία έχουν εισέλθει σε μια περίοδο σταθερότητας. Ωστόσο, η κατάσταση της αγοράς αλλάζει γρήγορα. Τώρα οι καταναλωτές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πολλές πληροφορίες στο Διαδίκτυο και να επιλέξουν πολλές εναλλακτικές λύσεις, ανοίγοντας πολλές ευκαιρίες για νεοεισερχόμενους στην αγορά, αναζητώντας ευκαιρίες να καλύψουν τις διαφορετικές ανάγκες των καταναλωτών. Το μέγεθος της αγοράς καλλυντικών για το 2020 ήταν 2.286 δισεκατομμύρια γιεν με βάση την αξία των αποστολών ανά κατασκευαστή επωνυμίας. Με ρυθμό ανάπτυξης 0,1%, η αγορά παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη από το προηγούμενο έτος.

Ρωσία: Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες αναδυόμενες αγορές, η 5η μεγαλύτερη στον κόσμο το 2020, η ρωσική αγορά αρωμάτων και καλλυντικών παρουσίασε την υψηλότερη ανάπτυξη 21% από το 2004, φτάνοντας τα 13,5 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ.

Νότια Κορέα: Η βιομηχανία καλλυντικών της Νότιας Κορέας βρίσκεται σε άνοδο με τις δημιουργίες, τα ελαφριά συστατικά και τις καλαίσθητες συσκευασίες της. Το 2020, η αγορά συγκέντρωσε 6,8 δισεκατομμύρια δολάρια με απώλεια 2,6 δισεκατομμυρίων δολαρίων λόγω του COVID-19.

Οι συνολικές εξαγωγές προϊόντων και το εμπόριο αυξήθηκαν κατά 16% με τη Γαλλία να είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας ακολουθούμενη από τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ιαπωνία. Τα προϊόντα περιποίησης δέρματος παραμένουν τα μεγαλύτερα εισαγόμενα είδη με ποσοστό 34,17 % μαζί με τα αρώματα και τα προϊόντα περιποίησης μαλλιών να είναι επίσης μεγάλα σε ποσοστό, εισαγόμενα προϊόντα το 2021.

Με την επιβολή του lockdown και λόγω της πανδημίας COVID-19 και την επακόλουθη επιφυλακτικότητα για επιστροφή στις «συναθροίσεις», άρχισαν να εμφανίζονται τάσεις όπως εφαρμογή περίπλοκων σχημάτων φροντίδας δέρματος και διατήρησης χρώματος μαλλιών στο σπίτι.[13] Στις αρχές της πανδημίας, οι πωλήσεις σε βασικά είδη μακιγιάζ, όπως το foundation και το κραγιόν, μειώθηκαν έως και 70% λόγω των εντολών καραντίνας και κάλυψης του προσώπου με μάσκα προστασίας.

Με αυτή τη συγκυρία όμως, δόθηκε η αφορμή για την ανάπτυξη νέων προϊόντων, εικονικών (virtual) εφαρμογών για δοκιμές προϊόντων, κι έτσι η τεχνητή νοημοσύνη μπήκε δυναμικά στη βιομηχανία των καλλυντικών και συντέλεσε στον ταχύ ψηφιακό μετασχηματισμό της στα χρόνια που ακολουθήσαν την πανδημία, παρέχοντας καινούριες επιλογές στους καταναλωτές. Εν μέσω πανδημίας οι περισσότερες επιχειρήσεις κατάφεραν να παραμείνουν βιώσιμες χάρη στις πωλήσεις που πραγματοποίησαν μέσω του ψηφιακού καναλιού, το οποίο εκτιμάται ότι διπλασίασε το μερίδιό του στον κύκλο εργασιών της αγοράς.[14]

Καθώς, στη μετά Covid19 εποχή άλλαξαν πολλά, πολλές εταιρείες προσφέρουν πλέον τη δυνατότητα μιας σειράς ανέπαφων δοκιμών στα προϊόντα τους, μέσω ηλεκτρονικών εφαρμογών. Ο γαλλικός οίκος Chanel, εφαρμόζοντας στην πράξη την τεχνητή νοημοσύνη (AI), ανέπτυξε μια εφαρμογή μέσω της οποίας οι καταναλωτές δοκιμάζουν αποχρώσεις κραγιόν στα χείλη τους, από εικόνες που υπάρχουν ήδη σε περιοδικά, στα social media, κλπ. Το Lipscanner συλλέγει τις δοθείσες πληροφορίες από τις σκαναρισμένες εικόνες, και βρίσκει την σωστή απόχρωση ανάμεσα από τις 400 διαθέσιμες αποχρώσεις της σειράς περιποίησης χειλιών της Chanel. Στη συνέχεια, ο καταναλωτής διαλέγει και την επιθυμητή υφή, και με τη λειτουργία «Virtual Try On» της εφαρμογής, είναι σε θέση να «εφαρμόσει» το προϊόν στα χείλη του. [14]

Ωστόσο, ο πολυτελής οίκος Chanel, δεν είναι ο μόνος που έχει αναπτύξει τέτοιες εφαρμογές. Αντίστοιχες τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί και από φίρμες που απευθύνονται στη μαζική αγορά. Η παγκοσμίου φήμης εταιρία καλλυντικών προϊόντων L'Oréal ανέπτυξε μια εντυπωσιακή εφαρμογή μέσω Perso, ενώ αντίστοιχη κίνηση έγινε για από τον οίκο Yves Saint Laurent. Το YSL Beaute Rouge Sur Measure Powered by Perso αποτελεί μία ολοκληρωμένη φόρμουλα εξατομίκευσης αποχρώσεων κραγιόν. Με βάση την τεχνολογία που αναπτύχθηκε αρχικά από το L'Oréal Technology Incubator και παρουσιάστηκε στο CES 2020, η συσκευή επιτρέπει στον καταναλωτή τη δημιουργία χιλιάδων αποχρώσεων της σειράς YSL Beauty Velvet

Cream Matte Finish από την άνεση του σπιτιού του. Μπορεί, παραδείγματος χάριν να επιλέξει συνδυασμό χρωμάτων, δημιουργώντας μια νέα απόχρωση κραγιόν που να ταιριάζει με συγκεκριμένα ενδύματα ή αξεσουάρ, ή μια άλλη απόχρωση – τάση στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης.

Άλλο ένα ζήτημα που αναδείχθηκε στην περίοδο της πανδημίας covid19, είναι η αειφορία και η παραγωγή προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον. Αυτό είχε και εφαρμογή στην παγκόσμια βιομηχανία καλλυντικών. Για παράδειγμα, η L'Oréal ανέπτυξε μια τεχνολογική καινοτομία, την L'Oréal Water Saver, σε συνεργασία με την ελβετική εταιρεία Gjosa, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης νερού κατά το λούσιμο των μαλλιών. Παράλληλα, εταιρείες κατασκευής καλλυντικών, λαμβάνουν για τα προϊόντα τους πιστοποιήσεις «CarbonNeutral», επιδεικνύοντας σεβασμό στις αρχές της κυκλικής οικονομίας.[14]

Άλλο ένα ζήτημα που αναδείχθηκε στην περίοδο της πανδημίας covid19, είναι η αειφορία και η παραγωγή προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον. Αυτό είχε και εφαρμογή στην παγκόσμια βιομηχανία καλλυντικών. Για παράδειγμα, η L'Oréal ανέπτυξε μια τεχνολογική καινοτομία, την L'Oréal Water Saver, σε συνεργασία με την ελβετική εταιρεία Gjosa, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης νερού κατά το λούσιμο των μαλλιών. Παράλληλα, εταιρείες κατασκευής καλλυντικών, λαμβάνουν για τα προϊόντα τους πιστοποιήσεις «CarbonNeutral», επιδεικνύοντας σεβασμό στις αρχές της κυκλικής οικονομίας.[14]

Η τάση των καταναλωτών στα φυσικά καλλυντικά και βιολογικά προϊόντα ομορφιάς, έστρεψε και τις επιχειρήσεις στην κατεύθυνση αυτή. Για παράδειγμα, η Henkel Hellas στην Ελλάδα, ήδη από το 2018, έθεσε στόχους αειφορίας για το έτος 2025, δεσμευόμενη ότι το 100% των συσκευασιών του ομίλου θα είναι ανακυκλώσιμες, επαναχρησιμοποιούμενες ή βιοδιασπώμενες.

Παράλληλα, η Garnier από το 2020, άλλαξε τις περισσότερες συσκευασίες των προϊόντων της, κάνοντας χρήση ανακυκλωμένου και ανακυκλώσιμου πλαστικού. Στο πλαίσιο του «Green Beauty», και κατά τη διάρκεια εκδήλωσης το 2021, η Garnier ανακοίνωσε τη συνεργασία της με την περιβαλλοντική ΜΚΟ «All For Blue», δηλώνοντας έμπρακτα την παγκόσμια στρατηγική της για ένα πιο βιώσιμο περιβαλλοντικά μέλλον, καθώς ο βασικός στόχος της «All For Blue» είναι η προστασία του θαλάσσιου οικοσυστήματος.

Η ολοένα και περισσότερο αυξανόμενη περιβαλλοντική συνείδηση των καταναλωτών, οδηγεί στη χρήση επαναχρησιμοποιούμενων συσκευασιών, στη δημιουργία σειρών ομορφιάς και ευεξίας vegan, και στην ανάπτυξη προϊόντων παραγόμενων με χρήση βιώσιμων πρακτικών και συσκευασιών από επαναχρησιμοποιούμενα ή ανακυκλώσιμα υλικά, με «μηδενικό» περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Η La Roche-Posay, όπως και άλλες μάρκες της φαρμακευτικών καλλυντικών, έχουν λανσάρει για πρώτη φορά στην αγορά τα σωληνάρια για καλλυντικά.[14] Η τεχνολογία αναπτύχθηκε σε συνεργασία με την Albea, μειώνοντας δραστικά την χρήση πλαστικού στη συσκευασία και ως αποτέλεσμα, μειώνοντας σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα της παραγόμενης συσκευασίας. Η εταιρεία πιστοποιεί

επιπλέον ότι η φόρμουλα των προϊόντων της είναι ασφαλής για τα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Τα παραπάνω καταδεικνύουν τη «στροφή» της βιομηχανίας ομορφιάς στη χρήση νέων τεχνολογιών με σκοπό την εξατομίκευση των προϊόντων τους, την εξοικονόμηση πόρων και την παραγωγή «μηδενικών» απορριμμάτων που μπορούν να επιφέρουν περιβαλλοντική επιβάρυνση. Κομβικό ρόλο σε αυτή τη στροφή, καταλαμβάνει η χρήση της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Κεφάλαιο 2: Η ανάπτυξη της προσθετικής κατασκευής (3D εκτύπωσης) και ο ρόλος της στην βιομηχανία της μόδας και των καλλυντικών

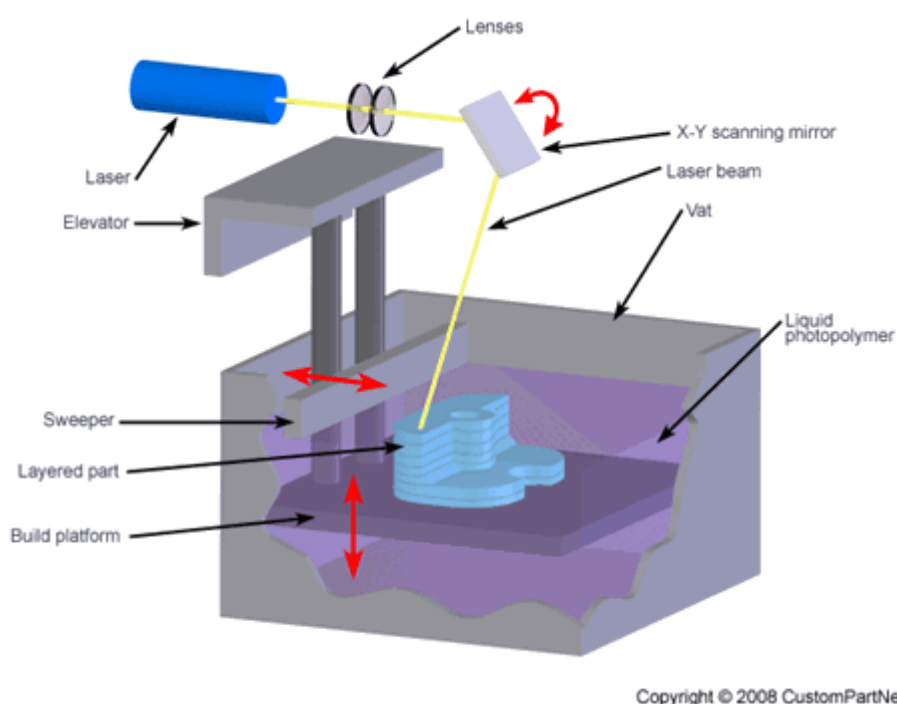
2.1 Η ανάπτυξη της προσθετικής κατασκευής (3D εκτύπωσης)

Ύστερα από μία σειρά επαναστάσεων που έχουν λάβει μέρος κατά το παρελθόν, ο κόσμος, στις μέρες μας, βιώνει μια τέταρτη βιομηχανική επανάσταση η οποία πυροδοτήθηκε από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα.[15] Η 4^η επανάσταση, ή αλλιώς Industry 4.0, διαφέρει αρκετά από τις προηγούμενες, καθώς δεν στηρίζεται σε μία τεχνολογία, αλλά στην συγχώνευση τεχνολογιών και στις αλληλεπιδράσεις τους σε όλους τους φυσικούς, ψηφιακούς και βιολογικούς τομείς. Μια από τις κατευθυντήριες αυτής της επανάστασης είναι η προσθετική κατασκευή (additive manufacturing), επίσης γνωστή και ως τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing). Το 3D printing είναι η διαδικασία της προσθετικής κατασκευής ενός μέρους απτού προϊόντος, χτίζοντας ένα στρώμα τη φορά.[16]

2.2 Ιστορική αναδρομή

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960, στο Battelle Memorial Institute του Ohio διενεργήθηκε ένα πείραμα με στόχο τον πολυμερισμό της ρητίνης. Με σκοπό αυτό, οι επιστήμονες δοκίμασαν να διασταυρώσουν δύο ακτίνες λέιζερ με διαφορετικό μήκος κύματος. Το παραπάνω πείραμα αποτέλεσε την πρώτη προσπάθεια δημιουργίας τρισδιάστατων αντικειμένων με τη χρήση φωτοπολυμερών. Λίγα χρόνια αργότερα, ο Wyn Kelly Swainson, ένας 27χρονος Αμερικανός απόφοιτος Αγγλικής Φιλοσοφίας, έκανε αίτηση για το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή. Πιο συγκεκριμένα, το δίπλωμα ονομάζεται “Method of Producing a 3D Figure by Holography” και αποσκοπούσε σε ένα σύστημα μέσω του οποίου ένα τρισδιάστατο αντικείμενο θα σαρωνόταν με τη χρήση ενός ζεύγους συμβολόμετρων λέιζερ και οι διαστάσεις του θα μεταφέρονταν απευθείας σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Εν συνεχεία, ο υπολογιστής θα τροφοδοτούσε ένα διαφορετικό ζεύγος λέιζερ με τα δεδομένα που αφορούν το σχήμα του αντικειμένου, το οποίο θα αναπαρήγαγε το ίδιο αντικείμενο σκληραίνοντας επιλεκτικά το τρισδιάστατο σχήμα μέσα σε μια δεξαμενή φωτοευαίσθητου πλαστικού. [17] Η ιδέα στο μυαλό του Swainson αναδύθηκε αφού αναρωτήθηκε “γιατί δεν υπάρχει κάποιος τρόπος να δημιουργήσει κανείς τρισδιάστατα αντίγραφα γλυπτών έργων τέχνης, όπως ήδη αναπαράγονται πίνακες ζωγραφικής μέσω φωτογραφιών και φωτοτυπιών”. Μετά την εφεύρεσή του ο Swainson συνέχισε το έργο του στο 3D printing, ιδρύοντας την Εταιρεία Μορφογραφικής Μηχανής στην Καλιφόρνια. Παρόλα αυτά, η δουλειά του, δεν κατέληξε ποτέ σε κάποιο εμπορικά βιώσιμο προϊόν. Αργότερα, στα τέλη της δεκαετίας του 1970, η εταιρεία Dynell Electronics, κατέκτησε μια σειρά από διπλώματα ευρεσιτεχνίας, εφευρίσκοντας την συμπαγή φωτογραφία (solid photography). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιούσε λέιζερ για το κόψιμο διατομών που ανήκουν σε ένα μοντέλο μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και έπειτα στοιβάζονται μαζί για να σχηματίσουν ένα αντικείμενο. [18]

Η πρώτη τεχνική ταχειών πρωτοτύπων χρησιμοποιώντας μόνο μια δέσμη λέιζερ, αναπτύχθηκε από το Δημοτικό Ινστιτούτο Βιομηχανικής Έρευνας της Ναγκόγια στην Ιαπωνία και πιο συγκεκριμένα από τον Hideo Kodama, το 1981.[19] Ωστόσο, η προσπάθειά του για την κατοχύρωση της ευρεσιτεχνίας δεν πέτυχε, καθώς σταμάτησε να την χρηματοδοτεί ένα χρόνο αφού την αιτήθηκε. Ο Kodama είχε δημοσιεύσει μελέτες που αφορούσαν τα πειράματά του, με σκοπό την ανάπτυξη μεθόδων και τεχνικών για αυτόματη κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων με τη χρήση UV ακτινών και της φωτοευαίσθητης ρητίνης, μέσω της χρήσης μάσκας για έλεγχο της έκθεσης στην UV πηγή. Στις δημοσιεύσεις του, περιγράφονταν τεχνικές στερεοποίησης λεπτών διαδοχικών στρωμάτων φωτοπολυμερούς [20], βασικά σημεία του τί θα μετατρέπονταν αργότερα στην σημερινή Στερεολιθογραφία (Stereolithography - SLA).



Εικόνα 2.1: Απεικόνιση των στοιχείων ενός συστήματος για Στερεολιθογραφία (Πηγή: CustomPartNet)

Η Στερεολιθογραφία εφευρέθηκε το 1984 από τον Charles Hull, έναν Αμερικάνο με πτυχίο στην Επιστήμη Μηχανικής Φυσικής. Ο Hull έλαβε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας δύο χρόνια αργότερα, το οποίο περιέγραφε μια διαδικασία κατά την οποία υγρής μορφής πολυμερή με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας πολυμερίζονται και στερεοποιούνται, για να σχηματίσουν ένα τρισδιάστατο μοντέλο.[21] Η τεχνική αυτή βασιζόταν σε ψηφιακά δεδομένα και με μια ψηφιακά ελεγχόμενη δέσμη φωτός, δημιουργούσε κάθε στρώμα διαδοχικά, το ένα πάνω στο άλλο. Το 1986 ιδρύθηκε η εταιρεία 3D Systems που εξειδικευόταν στην παραγωγή και διάθεση μηχανημάτων Στερεολιθογραφίας. Τον επόμενο χρόνο η 3D Systems θέτει σε κυκλοφορία και προωθεί μέσω διαφημιστικής καμπάνιας τον πρώτο 3D εκτυπωτή, τον εκτυπωτή «SLA-1 Stereolithography (SLA)».

Παράλληλα με το έργο του Hull, ένας φοιτητής του Πανεπιστημίου του Τέξας, ο Carl Deckard, κατάφερε να αναπτύξει μια διαδικασία, γνωστή σήμερα ως «επιλεκτική συσσωμάτωση με λέιζερ» ή αλλιώς Selective Laser Sintering (SLS). Η τεχνική αυτή βασίζεται στην επιλεκτική στερεοποίηση σκόνης με τη χρήση δέσμης λέιζερ.[22] Στη συνέχεια, ο Deckard ίδρυσε την DeskTop Manufacturing Corporation (DTM Corp), η οποία, το 1992, έθεσε σε παραγωγή τους πρώτους SLS εκτυπωτές. Αργότερα, όμως, η εταιρεία του εξαγοράστηκε από την 3D Systems και το 1993 ο Deckard δημιούργησε το Sinteration 2000, με το οποίο έκανε την εμφάνισή του στη βιομηχανία η τεχνολογία SLS.

Το 1989 οι Lisa Crumb και S. Scott ίδρυσαν την εταιρεία Stratasys, έχοντας στην κατοχή τους το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μιας μορφής ταχεία πρωτοτυποποίηση που λέγεται «Κατασκευή με εναπόθεση τηγμένου υλικού», ή αλλιώς Fused Deposition Modeling (FDM). Η εναπόθεση του τηγμένου υλικού ελέγχεται μέσω υπολογιστή, βάσει ενός προκαθορισμένου ψηφιακού μοντέλου. Κάθε στρώμα υλικού που θα εξωθηθεί διατηρείται σε θερμοκρασία τήξης, ακριβώς στο σημείο πριν στερεοποιηθεί, με σκοπό την καλύτερη πρόσφυση στο ενδιάμεσο στρώμα.[23] Η εταιρεία αργότερα ανέπτυξε εκτυπωτικά και θερμοπλαστικά συστήματα για την προσθετική κατασκευή.

Λίγο αργότερα, την ίδια χρονιά, στη Γερμανία, ο Hans Langer ίδρυσε την Electro Optical Systems (EOS), η οποία εξειδικευόταν στην άμεση τήξη και συσσωμάτωση μετάλλου με τη χρήση λέιζερ.[24] Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία αναφέρεται στην επιλεκτική έκθεση πούδρας μετάλλου σε ακτινοβολία λέιζερ με σκοπό να επιτευχθεί η τήξη της. Το 1994 η εταιρεία EOS διέθεσε το πρώτο της εμπορικό σύστημα, ενώ το 2004 κατοχύρωσε το δικαίωμα σε όλες τις πατέντες της DTM σχετικά με την SLS.[25]

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, άρχισαν να ερευνώνται διάφορες ακόμη τεχνικές 3D εκτύπωσης. Το 1995 ο Michael Feygin αιτήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στην τεχνολογία συγκόλλησης φύλλων που αφορούσε στον αυτοματοποιημένο σχηματισμό στρωμάτων από φύλλα που συγκολλούνται το ένα πάνω στο άλλο για να σχηματιστεί ένα στερεό αντικείμενο.[26] Ο William Masters ανέπτυξε την Βαλλιστική Κατασκευή Σωματιδίων, η οποία βασιζόταν στην εναπόθεση μικρών σταγόνων τηγμένου συνθετικού κεριού μέσω μιας κεφαλής που μετακινείται στους Χ-Υ άξονες, για να σχηματίσει λεπτές στρώσεις υλικού. Ταυτόχρονα, η πλατφόρμα όπου δημιουργείται, τελικά, το αντικείμενο κινείται μόνο στον Ζ άξονα, για να μπορεί κάθε στρώση του τρισδιάστατου αντικειμένου να προστίθεται στην κατασκευή.[27]

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι τομείς εστίασης της βιομηχανίας παραγωγής εξοπλισμού προσθετικής κατασκευής είχαν χωριστεί σε δύο: στα υψηλών επιδόσεων συστήματα για ειδικές εφαρμογές και πολύπλοκα εξαρτήματα και στους πιο οικονομικούς και προσιτούς προς τον καταναλωτή 3D εκτυπωτές, οι οποίοι συνήθως χρησίμευαν κατά τη διαδικασία ανάπτυξης μιας ιδέας ή προϊόντος για λειτουργικά πρωτότυπα. Παρόλες τις πρωτοπόρες εταιρείες που είχαν δημιουργηθεί ως τα τέλη του 20^{ου} αιώνα, μόνο τρεις από αυτές κατάφεραν να παραμείνουν: η 3D Systems, η Stratasys και η EOS.[18]

Στο τέλος του 20^{ου} αιώνα αναδύθηκαν πολλές εταιρείες στον τομέα της προσθετικής κατασκευής. Τα προγράμματα CAD (Computer Aided Design) έγιναν απαραίτητο

εργαλείο για τους χρήστες των 3D εκτυπωτών, καθώς τους διευκόλυναν στο σχεδιασμό τρισδιάστατων μοντέλων μέσα από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή τους. Τα εργαλεία αυτά είναι μείζονος σημασίας για τα πρώτα στάδια της 3D εκτύπωσης. Ο πρώτος SLS εκτυπωτής κυκλοφόρησε προς πώληση το 2006.

Εκείνη την περίοδο, τα διαθέσιμα μηχανήματα και λογισμικά ήταν αρκετά πιο δύσχρηστα, αλλά και ακριβά σε σχέση με τα σημερινά. Πολλές από τις τελικές εκτυπώσεις δεν προκύπταν τόσο εύκολα και χρειαζόταν αρκετή μετεπεξεργασία. Όμως, νέες μέθοδοι και τεχνολογίες αναπτύσσονταν καθημερινά. Το 2005 αναπτύχθηκε το σύστημα ανοιχτού κώδικα ή αλλιώς Open Source, το οποίο μετέτρεψε το πλαίσιο για της 3D εκτύπωσης, παρέχοντας στους χρήστες περισσότερη πρόσβαση σε αυτή την τεχνολογία. Ένα πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα, το RepRap Project δημιουργήθηκε από τον Adrian Bowyer το 2005 και αφορούσε σε έναν 3D εκτυπωτή ο οποίος θα μπορούσε να κατασκευάσει όλα τα μέρη που χρειάζονται για τη δημιουργία ενός δεύτερου 3D εκτυπωτή.[23]

Το 2008, δημιουργήθηκε το πρώτο τρισδιάστατα εκτυπωμένο προσθετικό πόδι, κατόρθωμα το οποίο συντέλεσε στη διεθνή διάδοση της έννοιας της 3D εκτύπωσης σε όλο τον κόσμο. Ένα χρόνο αργότερα, όλα τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας που αφορούσαν στην FDM (Fused Deposition Modelling) τεχνολογία και είχαν κατατεθεί στην δεκαετία του '80, έληξαν, αφήνοντας περιθώριο για νέες καινοτομίες. Ακόμη, το γεγονός ότι η τεχνολογία γινόταν όλο και περισσότερο διαθέσιμη σε καινούργιες εταιρίες και στον ανταγωνισμό, έφερε μείωση στις τιμές των τρισδιάστατων εκτυπωτών και έκανε την 3D εκτύπωση όλο και πιο προσιτή.

Παράλληλα με τη μείωση του κόστους των 3D εκτυπωτών, αυξήθηκε η ποιότητα και η ευκολία εκτύπωσης. Επιπλέον, έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό και τα υλικά που χρησιμοποιούν οι εκτυπωτές. Υπάρχουν 3D εκτυπωτές οι οποίοι, μπορούν ακόμα να χρησιμοποιήσουν υλικά όπως η σοκολάτα, το ζυμάρι ή λαχανικά και φρούτα! Τα πεδία που καλύπτει σήμερα η προσθετική κατασκευή είναι ποικίλα. Χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη διαφόρων εφαρμογών στον τομέα των επιστημών υγείας, της αυτοκινητοβιομηχανίας, της μηχανικής, του βιομηχανικού σχεδιασμού, της αεροδυναμικής, της εκπαίδευσης, της αρχιτεκτονικής, των υποδημάτων, των κοσμημάτων, καθώς και στον τομέα των καλλυντικών και της μόδας.[28]

2.3 Τομείς Εφαρμογής της Προσθετικής Κατασκευής στο Beauty Industry

Η προσθετική κατασκευή αποκτά ολοένα και περισσότερη δημοτικότητα στον τομέα του Beauty Industry προσφέροντας πολλά πλεονεκτήματα και οφέλη από την χρήση της έναντι των παραδοσιακών τεχνικών παραγωγής. Οι τομείς εφαρμογής της προσθετικής κατασκευής στη Βιομηχανία του Beauty Industry είναι οι εξής:

- Μόδα (ενδύματα, υποδήματα)
- Κοσμήματα και αξεσουάρ
- Καλλυντικά προϊόντα
- Συσκευασία καλλυντικών προϊόντων (Packaging Design)
- Προώθηση και παρουσίαση των παραπάνω προϊόντων



Εικόνα 2.2: Τρισδιάστατα εκτυπωμένο φόρεμα (Πηγή: Sculrteo)



Εικόνα 2.3: Τρισδιάστατα εκτυπωμένο αθλητικό παπούτσι (Πηγή: 3D Printing Industry)



Εικόνα 2.4: Τρισδιάστατα εκτυπωμένο δαχτυλίδι σε μορφή δράκου (Πηγή: 3DPrinting)



Εικόνα 2.5: Σκιά ματιών εκτυπωμένη με τη χρήση τρισδιάστατου εκτυπωτή (Πηγή: Allure)



Εικόνα 2.6: Τρισδιάστατα εκτυπωμένο μπουκάλι αρώματος (Πηγή: DesignBoom)

Εικόνα 2.7: Τρισδιάστατα εκτυπωμένη replica του παπουτσιού Adidas Superstar για σκοπούς προώθησης του προϊόντος (Πηγή: Adaequo)

Τα παραπάνω αποτελούν λίγα από τα παραδείγματα εφαρμογής της τεχνολογίας της προσθετικής κατασκευής στην βιομηχανία των καλλυντικών και της μόδας και θα αναλυθούν παρακάτω στο κεφάλαιο 4.

Κεφάλαιο 3: Τεχνικές και υλικά της Προσθετικής Κατασκευής

3.1 Ορισμός της τρισδιάστατης εκτύπωσης

Όπως προαναφέρθηκε, η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D Printing) είναι η μέθοδος η οποία μπορεί να δημιουργήσει φυσικά αντικείμενα από μια γεωμετρική αναπαράσταση με διαδοχική προσθήκη υλικού κατά ISO/DIS 17296-1.[29] Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται στην στρώμα προς στρώμα (layer by layer) τεχνολογία κατασκευής τρισδιάστατων μοντέλων που σχεδιάζονται μέσω CAD (Computer Aided Design) προγραμμάτων στον υπολογιστή και μεταφέρουν τα δεδομένα σχεδίασης απευθείας στον 3D εκτυπωτή. Η τεχνολογία του 3D printing έχει αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και αποτελεί μια αιχμή καινοτομιών για πολλούς τομείς.[30] Το 3D printing χρησιμοποιεί υλικά όπως, συμβατικά θερμοπλαστικά, κεραμικά, υλικά με βάση το γραφένιο κ.ά.[31] Συγκριτικά με άλλες μεθόδους και εξοπλισμό προσθετικής κατασκευής, οι 3D εκτυπωτές είναι πιο οικονομικοί, ενώ παράλληλα ταχύτεροι και πιο εύκολοι στη χρήση. Αυτό κάνει πολλούς να πιστεύουν πως η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για επανάσταση στις βιομηχανίες και να αλλάξει τη γραμμή παραγωγής, φέρνοντας αποκέντρωση των διαδικασιών παραγωγής, ανοίγοντας το δρόμο για τοπική παραγωγή μικρής κλίμακας και προσαρμοσμένης στις τρέχουσες ανάγκες της αγοράς.[32]

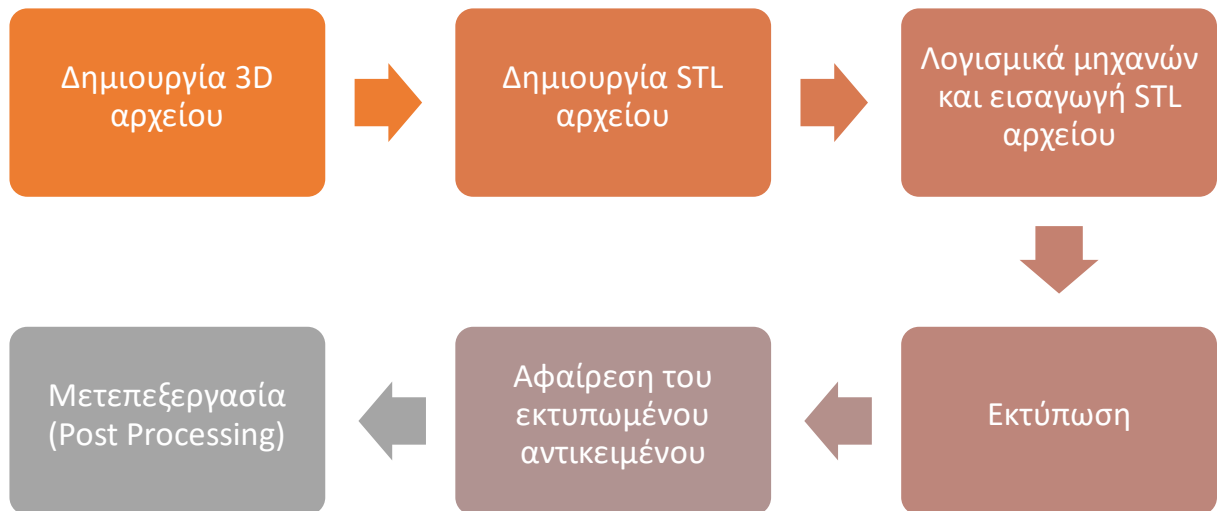
3.2 Ο 3D εκτυπωτής

Ο 3D εκτυπωτής είναι ένα μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου φυσικού αντικειμένου, βασισμένου σε ένα ψηφιακά σχεδιασμένο αρχείο. Χρησιμοποιείται κυρίως από σχεδιαστές και μηχανικούς, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να εκτυπώνουν μέρη και εξαρτήματα ή πρωτότυπα των κατασκευών τους, για να ελέγξουν παραμέτρους, τη λειτουργικότητα ή την πρακτικότητα μιας κατασκευής.[33]

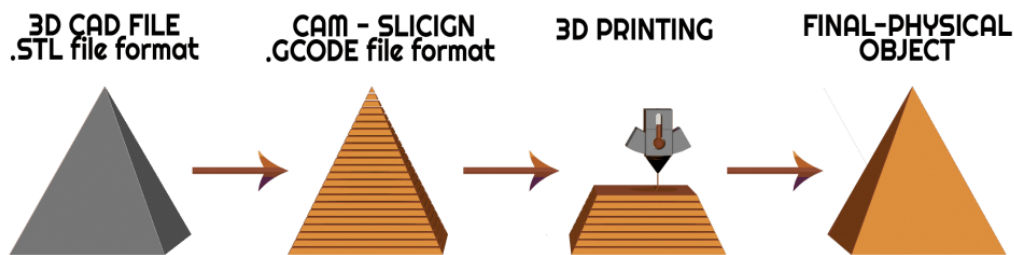
Παλαιότερα, η διαδικασία της πρωτοτυποποίησης και παραγωγής αντικειμένων πραγματοποιούνταν με πιο παραδοσιακές μεθόδους, όπως η ρίψη ρευστού υλικού υψηλής θερμοκρασίας μέσα σε ένα καλούπι, για να στερεοποιηθεί αργότερα και να λάβει μια επιθυμητή μορφή. Οι 3D εκτυπωτές δουλεύουν χτίζοντας ένα αντικείμενο από τα θεμέλια προς την κορυφή του.

Ο τρόπος λειτουργίας του 3D εκτυπωτή, πρακτικά, δε διαφέρει πολύ από τον τρόπο που λειτουργεί ένας απλός εκτυπωτής μελανιού, καθώς, όπως ο εκτυπωτής μελανιού εναποθέτει μεμονωμένες σταγόνες του μελανιού, για να σχηματιστεί τελικά μια εικόνα, έτσι και ο 3D εκτυπωτής προσθέτει υλικό μόνο όπου χρειάζεται, ακολουθώντας εντολές από ένα ψηφιακό αρχείο.

Παρόλο που υπάρχουν αρκετές διαφορετικές τεχνικές 3D εκτύπωσης υπάρχουν 5 βασικά βήματα για τη σχεδίαση, τα οποία είναι κοινά και απαραίτητα για κάθε τεχνολογία.[16]



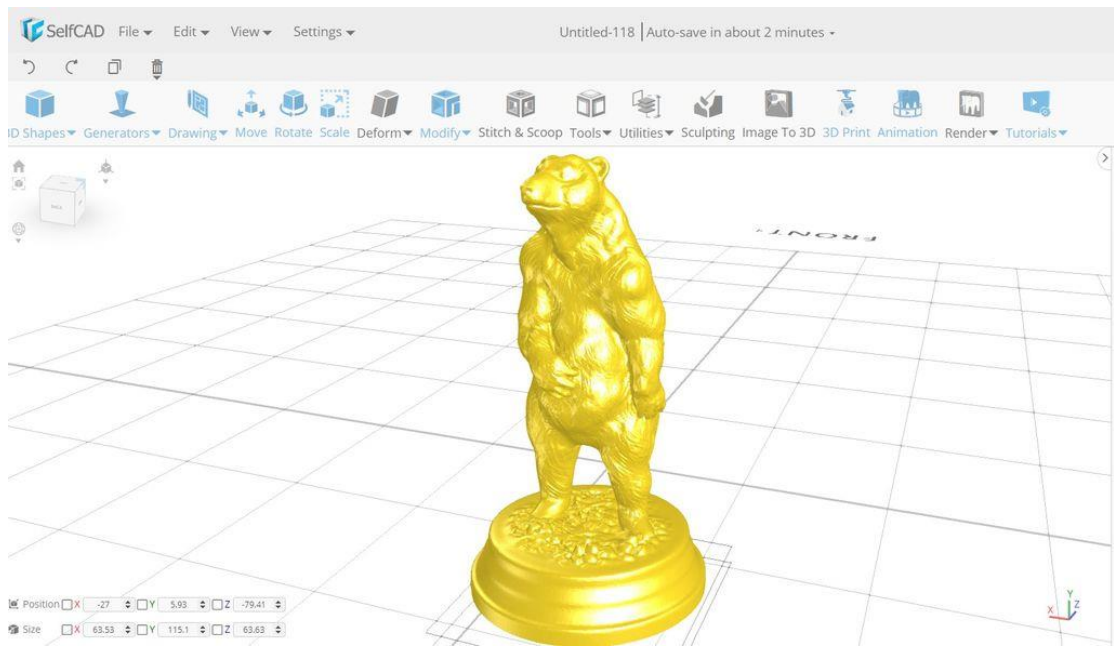
Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής που απεικονίζει τα βήματα της διαδικασίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης



Εικόνα 3.1: Απεικόνιση της διαδικασίας για 3D εκτύπωση (Πηγή: my3dconcepts)

Βήμα 1: Η δημιουργία ενός 3D αρχείου

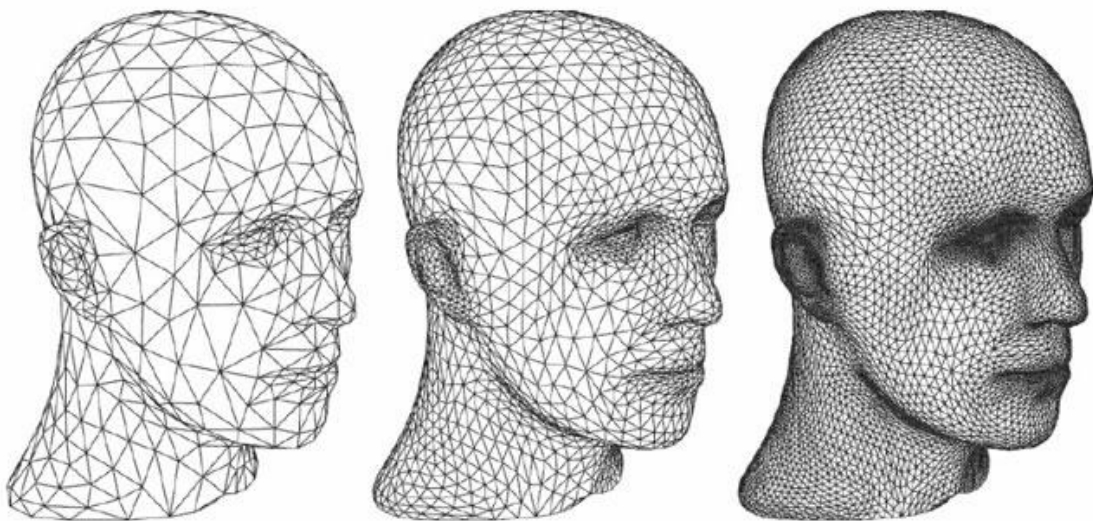
Το πρωταρχικό βήμα στη διαδικασία της 3D εκτύπωσης είναι η παραγωγή ενός ψηφιακού μοντέλου, από το οποίο και ο 3D εκτυπωτής θα λάβει τις πληροφορίες για τη σχεδίαση του τρισδιάστατου αντικειμένου. Συνήθως, η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου γίνεται μέσω των Computer Aided Design (CAD) προγραμμάτων, τα οποία είναι πολύ εύχρηστα και φιλικά προς τους χρήστες. Ένας άλλος τρόπος που μπορεί να παραχθεί ένα ψηφιακό μοντέλο είναι μέσω της χρήσης κάποιου τρισδιάστατου σαρωτή ή με το κατέβασμα ενός αρχείου από το διαδίκτυο.



Εικόνα 3.2: Δημιουργία 3D αρχείου μέσω CAD προγράμματος (Πηγή: SelfCAD)

Βήμα 2: Δημιουργία αρχείου STL

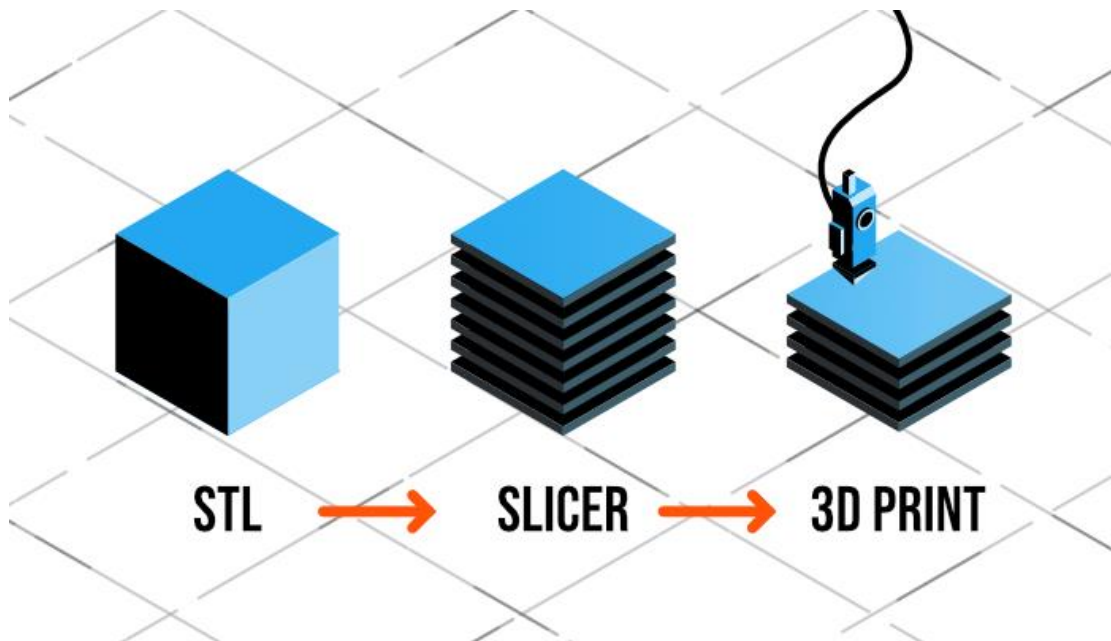
Μετά την παραγωγή του ψηφιακού αρχείου, απαιτείται η μετατροπή του σε έναν τύπο αρχείου που θα αναγνωρίζεται από τον τρισδιάστατο εκτυπωτή για να μπορέσει να το εκτελέσει. Αυτό σημαίνει, πως το CAD μοντέλο που σχεδιάστηκε θα πρέπει να μετατραπεί σε STereoLithography (STL) αρχείο. Τα αρχεία μορφής Wavefront 3D Object (.OBJ) και 3DMark2011 SE Project File (.3DP) είναι επίσης αποδεκτά αρχεία για την εκτύπωση αλλά λιγότερο κοινά. Το αρχείο STL χρησιμοποιεί τρίγωνα και πολυγωνικά σχήματα για να περιγράψει τις επιφάνειες ενός αντικειμένου, απλοποιώντας την πολυπλοκότητα του CAD μοντέλου.



Εικόνα 3.3: Το STL αρχείο χρησιμοποιεί τρίγωνα και πολυγωνικά σχήματα για να απλοποιήσει την πολυπλοκότητα του CAD μοντέλου (Πηγή: 3D Printerly)

Βήμα 3: Λογισμικά μηχανών και εισαγωγή STL αρχείου

Μόλις δημιουργηθεί το αρχείο STL, εισάγεται σε ένα πρόγραμμα slicer, το οποίο το διαχωρίζει στα διάφορα στρώματα (layers) που θα χρησιμοποιηθούν για να χτίσουν το τελικό αντικείμενο. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα slicer παίρνει το STL αρχείο και το μετατρέπει σε αρχείο G-code. Η διαδικασία αυτή, μετατροπής του STL σε G-code αρχείο γίνεται από τον ίδιο τον εκτυπωτή, ο designer, πρέπει απλώς να προμηθεύσει τον εκτυπωτή με ένα STL αρχείο.



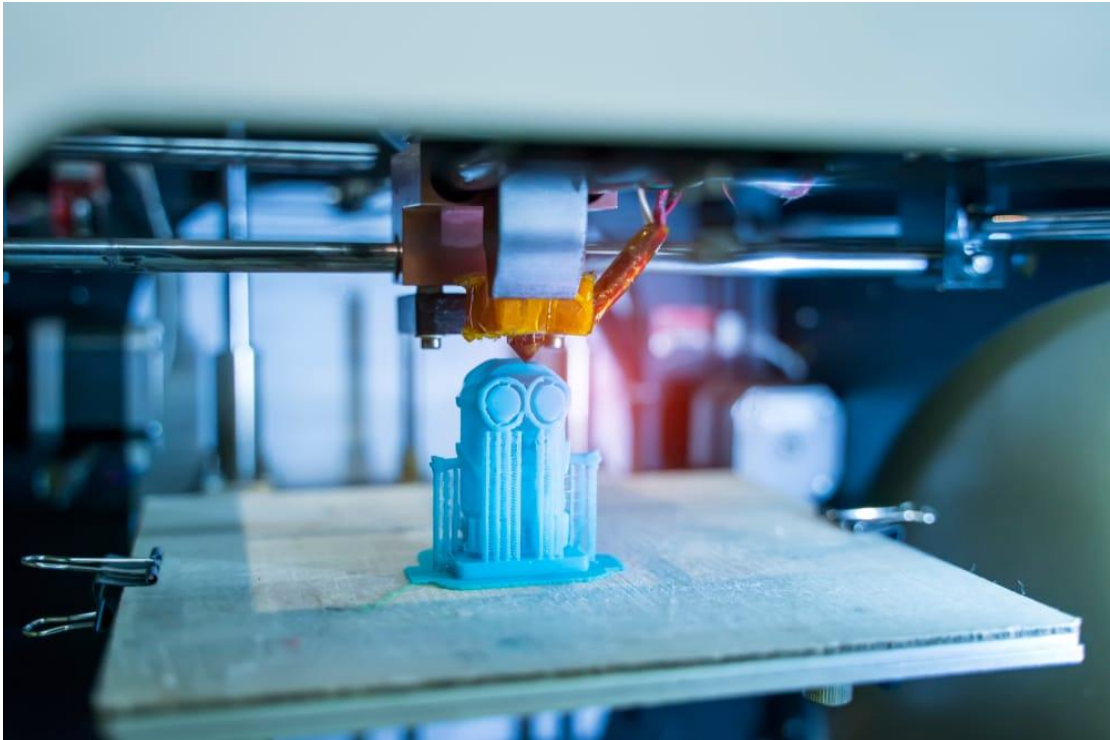
Εικόνα 3.3: Απεικόνιση της διαδικασίας του slicer και εισαγωγή του στον 3D Printer (Πηγή: Fabheads)

Βήμα 4: Εκτύπωση

Πριν την εκτύπωση του αντικειμένου θα πρέπει ο εκτυπωτής να έχει προετοιμαστεί κατάλληλα και να είναι γεμάτος με τις πρώτες ύλες για την εκτύπωση. Τα υλικά τα οποία θα επιλεγούν για την εκτύπωση παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία του τελικού τρισδιάστατου αντικειμένου, αφού ορισμένα μόνο υλικά θα πετύχουν καλύτερα τις συγκεκριμένες ιδιότητες που πρέπει να έχει το τελικό αντικείμενο. Η γκάμα των υλικών που χρησιμοποιούνται στους 3D εκτυπωτές είναι μεγάλη και περιλαμβάνει πλαστικά, ρητίνη, κεραμικά, άμμο, γυαλί, μέταλλα ή ακόμη και βρώσιμα υλικά.[34]

Μόλις φορτωθεί το ψηφιακό μοντέλο STL στον εκτυπωτή, εκείνος αναλαμβάνει τη δημιουργία του τρισδιάστατου αντικειμένου αυτόματα.

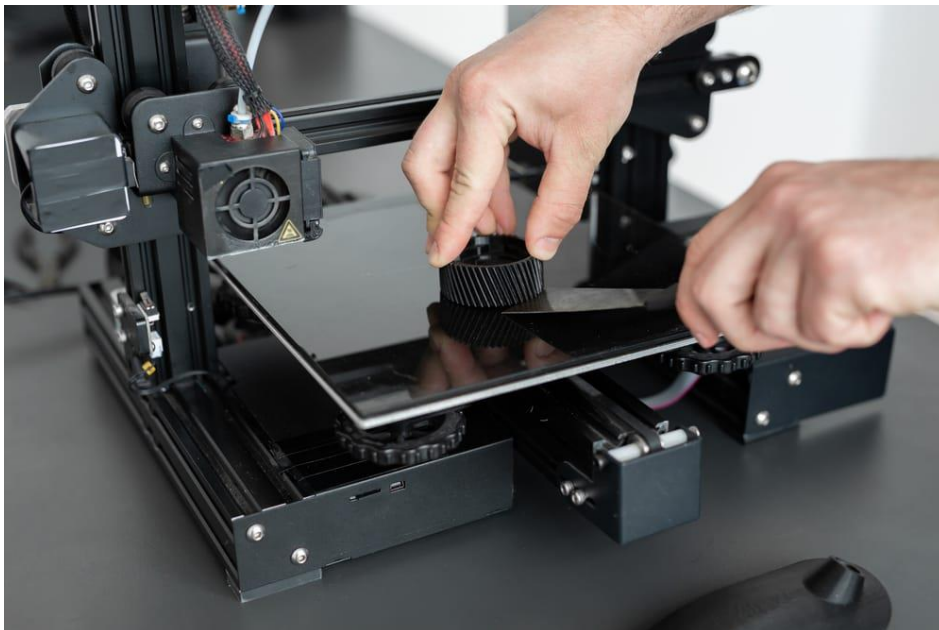
Η πιο κοινή μέθοδος 3D εκτύπωσης είναι η εξώθηση υλικού. Στην εξώθηση υλικού, το υλικό εκτύπωσης, συνήθως ένα πλαστικό νήμα, θερμαίνεται μέχρι το σημείο τήξης του και στη συνέχεια, εξωθείται μέσω του ακροφυσίου εκτύπωσης.[35] Το πολυμερές στερεοποιείται γρήγορα και συνδέεται με το αμέσως κατώτερο στρώμα του υλικού, ενώ η πλατφόρμα χαμηλώνει για να προστεθεί, έπειτα, το επόμενο στρώμα, κ.ο.κ.



Εικόνα 3.4: Απεικόνιση της διαδικασίας εκτύπωσης ενός αντικειμένου (Πηγή: Wevolver)

Βήμα 5: Αφαίρεση του εκτυπωμένου αντικειμένου

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία της εκτύπωσης το αντικείμενο πρέπει να αφαιρεθεί από την πλατφόρμα της εκτύπωσης. Η διαδικασία αυτή τις περισσότερες φορές δεν απαιτεί ιδιαίτερη προσπάθεια, ενώ άλλες φορές χρειάζονται λεπτοί χειρισμοί καθώς μπορεί το αντικείμενο να είναι εγκιβωτισμένο στο δομικό υλικό ή προσαρτημένο στην πλατφόρμα εκτύπωσης.



Εικόνα 3.5: Αφαιρώντας ένα 3D εκτυπωμένο αντικείμενο από την πλατφόρμα του 3D εκτυπωτή (Πηγή: Wevolver)

Βήμα 6: Μετεπεξεργασία (Post processing)

Έπειτα από την αφαίρεση του αντικειμένου από την πλατφόρμα εκτύπωσης, απαιτείται κάποια περαιτέρω μετεπεξεργασία. Αυτή η διαδικασία, αφορά στην αφαίρεση των στηριγμάτων του αντικειμένου, δηλαδή τις δομές προσωρινού υλικού που δημιουργούνται για την καλύτερη στήριξη προεξοχών επί του αντικειμένου. Ακόμη μπορεί να αφορά το βούρτσισμα, το φινίρισμα κτλ.[36] Το παραπάνω βήμα απαιτεί συνήθως εξειδικευμένες ιδιότητες και υλικά μετεπεξεργασίας. Οι πιο σύνηθεις μέθοδοι μετεπεξεργασίας είναι η νεροδιαλυτή αφαίρεση υλικού, η χειροκίνητη αφαίρεση υλικού και το βούρτσισμα και το βάψιμο.



Εικόνα 3.6: Μετεπεξεργασία μέσω της διαδικασίας νεροδιαλυτής αφαίρεσης υλικού (Πηγή: MakerBot Support)



Εικόνα 3.7: Χειροκίνητη αφαίρεση υλικού (Πηγή: Formlabs)



Εικόνα 3.8: Μετεπεξεργασία με τρίψιμο της επιφάνειας του εκτυπωμένου αντικειμένου (Πηγή: Formlabs)

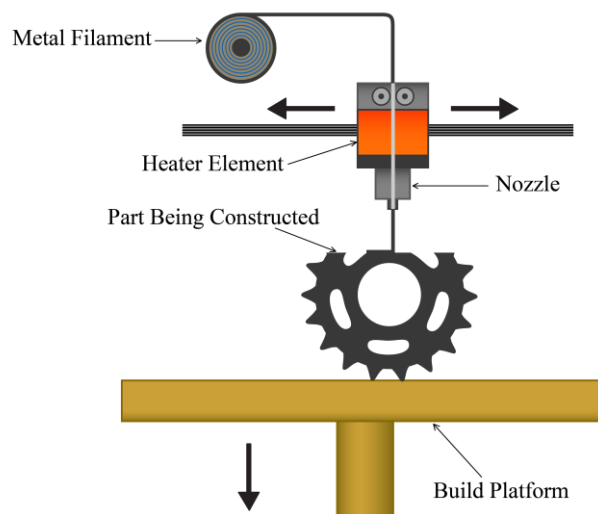


Εικόνα 3.9: Μετεπεξεργασία με βάψιμο του εκτυπωμένου αντικειμένου (Πηγή: Machine Design)

3.3 Τεχνικές 3D εκτύπωσης και αξιολόγησή τους στους τομείς της μόδας και των καλλυντικών

3.3.1 Προσθετική κατασκευή με εναπόθεση τηγμένου υλικού (FDM)

Η τρισδιάστατη εκτύπωση με τη μέθοδο της εναπόθεσης τηγμένου υλικού έχει γίνει μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους ταχείας πρωτοτυποποίησης για διάφορες εφαρμογές.[37] Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος περιλαμβάνει το λιώσιμο στο σημείο τήξης του εκτυπωτικού υλικού (συνήθως θερμοπλαστικό), το οποίο στη συνέχεια, εξωθείται από το ακροφύσιο του εκτυπωτή καθώς αυτό κινείται και εναποθέτει το υλικό σε λεπτές στρώσεις, επιτρέποντας την από κάτω προς τα πάνω δημιουργία ενός τρισδιάστατου αντικειμένου.[38] Η FDM είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος τρισδιάστατης εκτύπωσης καθώς παρέχει γρήγορους χρόνους εκτύπωσης, μια μεγάλη γκάμα στα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκτύπωση, ενώ ταυτόχρονα παρέχει ευελιξία σχεδίασης και προσαρμογής μεγέθους/κλίμακας.



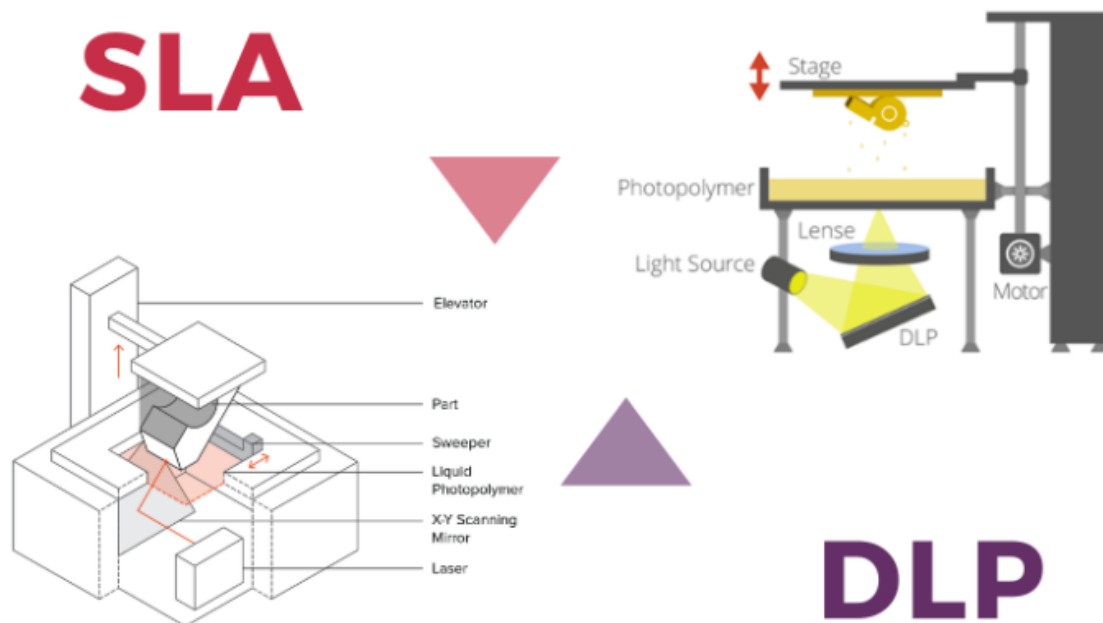
Εικόνα 3.10: FDM process in 3D printing (Πηγή: 3DEO)

3.3.2 Φωτοπολυμερισμός

Αυτή η διαδικασία προσθετικής κατασκευής αναφέρεται στην επιλεκτική στερεοποίηση υγροποιημένων φωτοπολυμερών με τη χρήση λέιζερ, φωτός ή υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας.[32] Κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης, η κεφαλή του λέιζερ σκανάρει την επιφάνεια του φωτοπολυμεριζόμενου υγρού και με το σκανάρισμα προκύπτει ο πολυμερισμός για να δημιουργηθεί ένα στερεό στρώμα, το οποίο στη συνέχεια θα μετατοπιστεί προς τα κάτω σε βάθος ίσο με το πάχος του προηγούμενου σχεδιασμένου στρώματος. Το γεγονός ότι η UV ακτινοβολία εισέρχεται ακόμη βαθύτερα από το πάχος του προηγούμενου στρώματος, έχει σαν αποτέλεσμα τα κατώτερα στρώματα να υπερστερεοποιούνται και να συνδέονται καλύτερα με κάθε επόμενη στρώση υλικού, το οποίο οδηγεί σε υψηλό επίπεδο ακρίβειας και ανάλυσης του παραγόμενου αντικειμένου. Η Στερεολιθογραφία (SLA) και η Ψηφιακή Επεξεργασία Φωτός (DLP), είναι τα πιο γνωστά παραδείγματα προσθετικής κατασκευής με φωτοπολυμερισμό.

Η Στερεολιθογραφία είναι η πιο μελετημένη τεχνολογία φωτοπολυμερισμού και αποτέλεσε βάση για το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο σύστημα τρισδιάστατης εκτύπωσης στον κόσμο. Η μέθοδος, όπως προαναφέρθηκε, εφευρέθηκε το 1986 από τον Chuck Hull, στον οποίο και απονεμήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και αργότερα εμπορευματοποίησε την τεχνολογία αυτή εφευρίσκοντας τους 3D εκτυπωτές. Η διαδικασία χρησιμοποιεί καθρέφτες γνωστούς και ως γαλβανόμετρα, για να στοχεύει γρήγορα μια δέσμη λέιζερ κατά μήκος της δεξαμενής στην περιοχή εκτύπωσης, σκληραίνοντας και στερεοποιώντας τη ρητίνη. Καθώς προχωρά αυτή η διαδικασία, το σχέδιο διασπάται στρώμα προς στρώμα σε μια σειρά σημείων και γραμμών που δίνονται στα γαλβανόμετρα ως ένα σύνολο συντεταγμένων [16]. Τα περισσότερα SLA μηχανήματα χρησιμοποιούν ένα λέιζερ στερεάς κατάστασης για να σκληρύνουν τα εξαρτήματα.

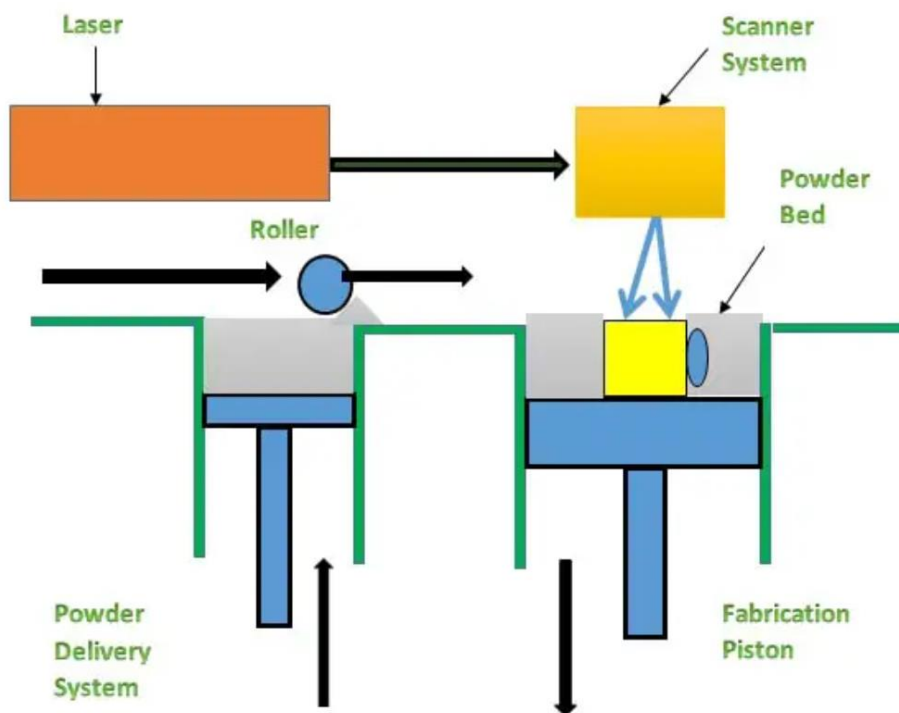
Η Ψηφιακή Επεξεργασία Φωτός ή Digital Light Processing (DLP) σαν μέθοδος προσθετικής κατασκευής δεν διαφέρει πολύ σε σχέση με την Στερεολιθογραφία. Η DLP μπορεί να επιτύχει ταχύτερα αποτελέσματα εκτύπωσης από την SLA, αφού ένα ολόκληρο στρώμα εκτίθεται με μιας στην πηγή ακτινοβολίας, αντί να ιχνογραφείται η περιοχή κάθε στρώματος με ένα σημειακό λέιζερ.



Εικόνα 3.11: SLA vs DLP (Πηγές: 3D Hubs / bitfab)

3.3.3 Σύντηξη υποστρώματος σκόνης (Powder Bed Fusion)

Η διαδικασία σύντηξης υποστρώματος σκόνης (PBF), χρησιμοποιεί ένα λεπτό στρώμα σκόνης για να δημιουργήσει μια επιφάνεια, μέσω της χρήσης λέιζερ ή σύντηξης δέσμης ηλεκτρονίων, σύμφωνα με τη γεωμετρία του κατασκευαστικού εξαρτήματος. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στο λέιζερ να διασυνδέει επιλεκτικά τη σκόνη στρώμα προς στρώμα, με αποτέλεσμα τρισδιάστατες τομές. Οι εκτυπωτές PBF απλώνουν το κονιοποιημένο υλικό πάνω από το προηγούμενα ενωμένο στρώμα, προετοιμάζοντάς το για διαδικασία του επόμενου στρώματος, με αποτέλεσμα μια διακριτή και όχι συνεχή έξοδο (παρόλα αυτά κάθε στρώμα συνδέεται με γειτονικά στρώματα). Μια χοάνη παρέχει την κονιοποιημένη σκόνη, η οποία στη συνέχεια απλώνεται ομοιόμορφα πάνω στην κλίση ώστε το λέιζερ να δημιουργήσει τους απαραίτητους χώρους του αντικείμενου. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες PBF στην αγορά σήμερα, και διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο που προκαλούν σύντηξη και το υλικό στο οποίο εφαρμόζονται. Η πιο διαδεδομένη είναι η Επιλεκτική Πυροσυσσωμάτωση (Selective Laser Sintering). Είναι μια μέθοδος ταχείας πρωτοτυποποίησης που επιτρέπει τη δημιουργία λεπτομερούς γεωμετρίας, ενοποιώντας διαδοχικά στρώματα κονιοποιημένου υλικού, το ένα πάνω στο άλλο. Η στερεοποίηση των στρωμάτων γίνεται με τη βοήθεια λέιζερ CO₂/N [39]. Είναι μια διαδικασία που μπορεί να αξιοποιήσει ένα ευρύ φάσμα υλικών (πολυμερή σώματα, μέταλλα, κεραμικά) για τη διαμόρφωση ενός αντικείμενου. Στην αρχή μία δέσμη λέιζερ σαρώνει το περίγραμμα του αντικείμενου και συσσωρεύει τα σωματίδια της σκόνης. Μετά την εκτύπωση, τα εξαρτήματα πρέπει να κρυώσουν προτού αποκολληθούν από τον εκτυπωτή. Στη συνέχεια το αντικείμενο καθαρίζεται με πεπιεσμένο αέρα ή άλλα μέσα εκτόξευσης και είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί ή να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία. Η σκόνη που έχει περισσέψει μετά τον καθαρισμό, συλλέγεται και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Εάν η σκόνη που χρησιμοποιείται είναι μεταλλική, τότε η μέθοδος ονομάζεται Direct Metal Laser Sintering (DMLS). Οι εκτυπωτές SLS αποτελούνται από δύο θαλάμους.[40]

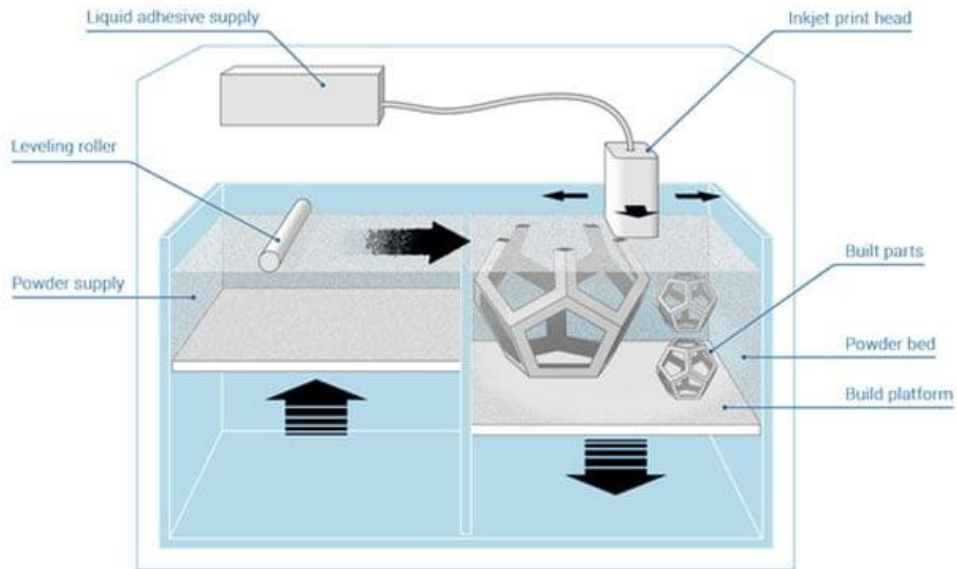


Εικόνα 3.11: Διαδικασία εκτύπωσης SLS (Πηγή: Manufactur3d)

Άλλες μέθοδοι PBF, είναι η Selective Laser Melting (SLM), η Electron Beam Melting (EBM) και η Multi-Jet Fusion (MJF).

3.3.4 Εκτόξευση Δέσμης Μελανιού (Binder Jetting)

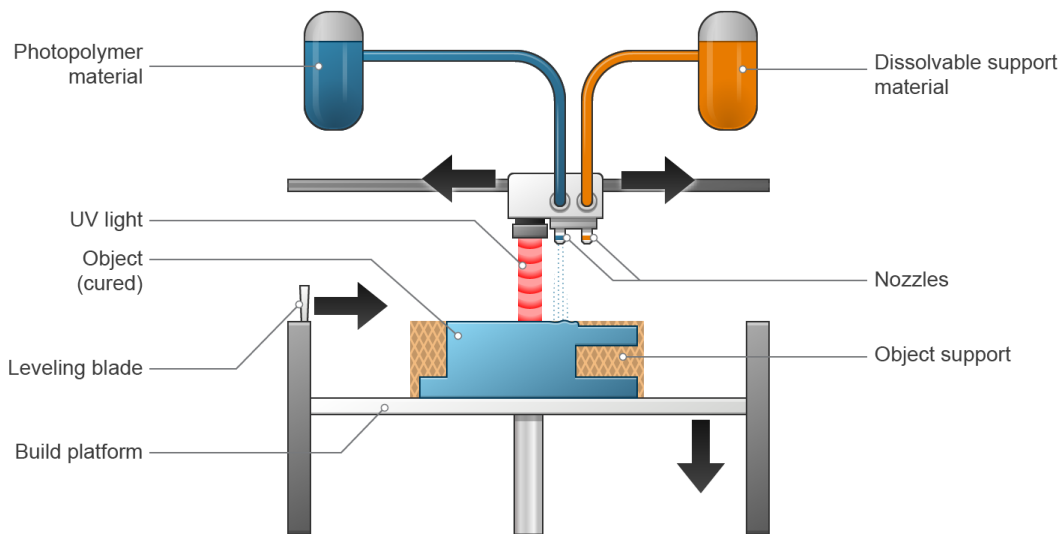
Η τρισδιάστατη εκτύπωση με δέσμη μελανιού (BJ) είναι μια διεργασία που πραγματοποιείται στην επίπεδη κλίση εκτύπωσης, όπου το υλικό βρίσκεται σε μορφή σκόνης το οποίο δεν λιώνει κατά τη διαδικασία εκτύπωσης. Στη διαδικασία αυτή, χρησιμοποιείται ως βασικό υλικό κατασκευής πολυμερές με τη μορφή σκόνης που εναποτίθεται από ένα κύλινδρο στην επιφάνεια εκτύπωσης καθώς επίσης και ένα συνδετικό υλικό σε μορφή μελανιού που ψεκάζεται από την κεφαλή εκτύπωσης, η οποία προκαλεί την ένωση των κόκκων του υλικού. Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι πως δεν χρειάζεται υποστηρίγματα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά υλικά (πολυμερή, κεραμικά, τρόφιμα κ.ά.), αλλά και να έχουμε την προσθήκη χρώματος. Το τελικό εξάρτημα χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία.[41]



Εικόνα 3.12: Απεικόνιση διαδικασίας Binder Jetting (Πηγή: Additively)

3.3.5 Εκτόξευση Δέσμης Υλικού (Material Jetting)

Είναι η διαδικασία κατά την οποία τα υλικά κατασκευής βρίσκονται σε υγρή μορφή και εκτοξεύονται επιλεκτικά μέσω πολλαπλών κεφαλών εκτόξευσης. Τα υλικά είναι υγρά φωτοπολυμερή, τα οποία σκληραίνονται με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς εναποτίθενται σε κάθε στρώμα. Η διεργασία αυτή επιτρέπει την ταυτόχρονη εναπόθεση μιας σειράς υλικών, πράγμα που σημαίνει ότι ένα ενιαίο τεμάχιο μπορεί να παραχθεί από πολλαπλά υλικά με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Η εκτόξευση υλικού είναι μια πολύ ακριβής μέθοδος τρισδιάστατης εκτύπωσης, η οποία παράγει ακριβή εξαρτήματα με ομαλό φινίρισμα, τη δυνατότητα πολλαπλών χρωμάτων καθώς και την δυνατότητα διαφορετικών μηχανικών ή οπτικών ιδιοτήτων στο ίδιο εξάρτημα.[42]



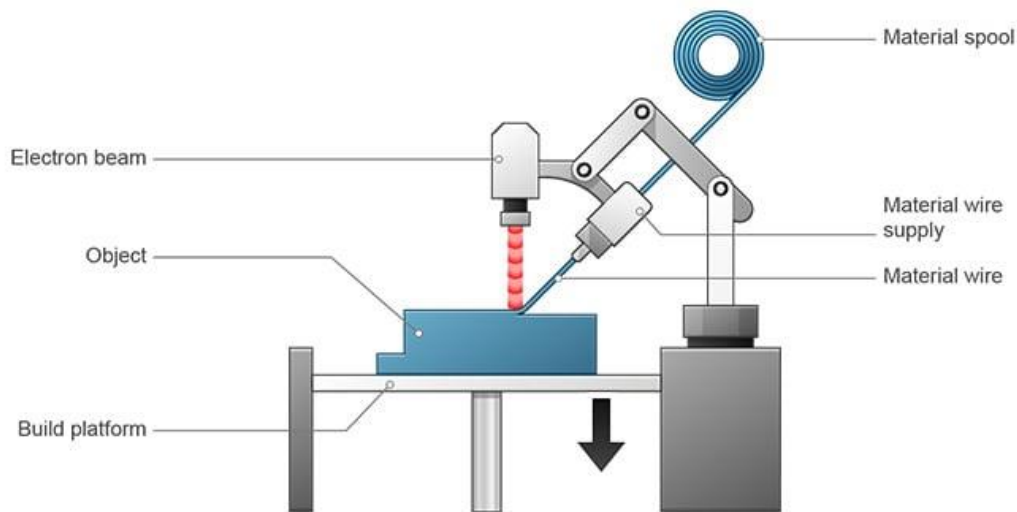
2018 © Dassault Systèmes

Εικόνα 3.13: Απεικόνιση διαδικασίας MJ (Πηγή: Dassault Systemes)

3.3.6 Κατευθυνόμενη Εναπόθεση Ενέργειας (Directed Energy Deposition - DED)

Η Κατευθυνόμενη Εναπόθεση Ενέργειας (DED) είναι μια πιο περίπλοκη διαδικασία τρισδιάστατης εκτύπωσης που χρησιμοποιείται συνήθως για την επιδιόρθωση ή την εκ νέου προσθήκη έξτρα υλικού σε ήδη υπάρχοντα εξαρτήματα.

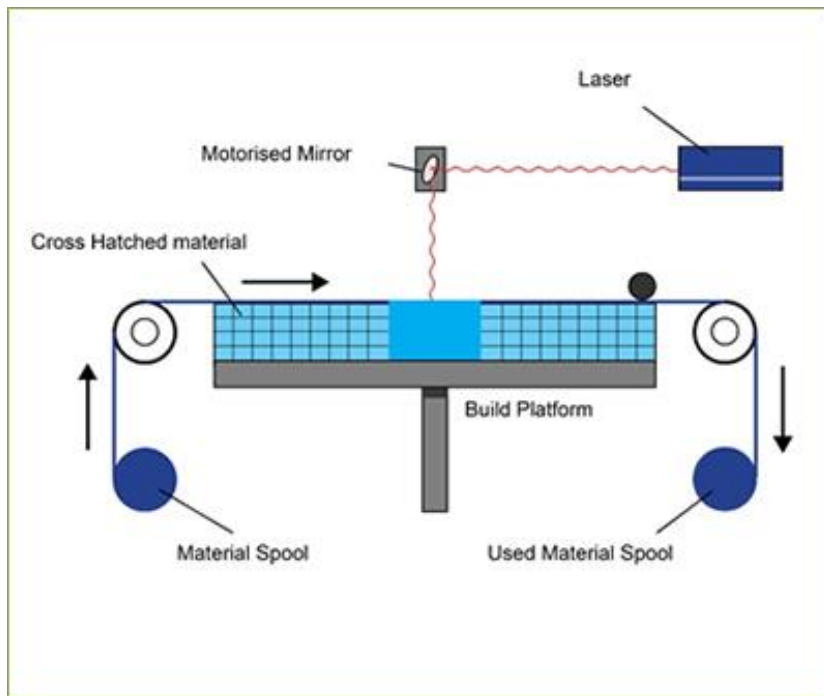
Ένα τυπικό μηχάνημα DED αποτελείται από ένα ακροφύσιο το οποίο είναι τοποθετημένο σε έναν βραχίονα πολλαπλών αξόνων, ο οποίος εναποθέτει λιωμένο υλικό στην καθορισμένη επιφάνεια το οποίο στη συνέχεια στερεοποιείται. Η διαδικασία είναι κατ' αρχήν παρόμοια με αυτή της εξώθησης τηγμένου υλικού, αλλά σε αυτήν την περίπτωση το ακροφύσιο είναι ελεύθερο να κινείται προς όλες τις κατευθύνσεις και τα επίπεδα. Το υλικό, το οποίο μπορεί να εναποτεθεί από οποιαδήποτε γωνία και τήκεται κατά την απόθεση με δέσμη λέιζερ ή ηλεκτρονίων. Στην Κατευθυνόμενη Εναπόθεση Ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολυμερή και κεραμικά υλικά, αλλά πιο συχνά χρησιμοποιούνται μέταλλα, σε μορφή σκόνης ή σύρματος. Οι συνήθεις εφαρμογές της τεχνολογίας περιλαμβάνουν την επισκευή και τη συντήρηση δομικών μερών.[43]



Εικόνα 3.14: Απεικόνιση της διαδικασίας Κατευθυνόμενης Εναπόθεσης Ενέργειας (Πηγή: Loughborough University)

3.3.7 Πλαστικοποίηση φύλλων (Sheet Lamination)

Οι διαδικασίες πλαστικοποίησης φύλλων περιλαμβάνουν την προσθετική κατασκευή υπερήχων (Ultrasonic Additive Manufacturing - UAM) και την κατασκευή πλαστικοποιημένων αντικειμένων (Laminated Object Manufacturing - LOM). Η πρώτη, χρησιμοποιεί φύλλα ή ταινίες από μέταλλο, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας συγκόλληση με υπερήχους. Η διαδικασία είναι χαμηλής θερμοκρασίας και επιτρέπει τη δημιουργία εσωτερικών γεωμετριών. Η διαδικασία μπορεί να κολλήσει διαφορετικά υλικά και απαιτεί σχετικά λίγη ενέργεια, καθώς το μέταλλο δεν λιώνει. Η LOM χρησιμοποιεί, επίσης, μια προσέγγιση στρώμα προς στρώμα, αλλά χρησιμοποιεί χαρτί ως υλικό και συγκόλληση. Η LOM χρησιμοποιεί μια τεχνική διασταυρούμενης εκκόλαψης κατά την διαδικασία εκτύπωσης για να επιτρέψει την εύκολη αφαίρεση της κατασκευής. Τα πλαστικοποιημένα αντικείμενα χρησιμοποιούνται συχνά για αισθητικά και οπτικά μοντέλα, αλλά δεν είναι κατάλληλα για δομική χρήση.[44]



Εικόνα 3.15: Η διαδικασία του Sheet Lamination (Πηγή: Loughborough University)

Η κάθε μία από τις προαναφερόμενες τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής, έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες, τα οποία λειτουργούν ως καθοριστικός παράγοντας επιλογής, ανάλογα με τον βιομηχανικό τομέα εφαρμογής τους.

Καθώς η παρούσα εργασία, πραγματεύεται εφαρμογές της τρισδιάστατης εκτύπωσης στον τομέα της μόδας (ενδύματα, υποδήματα, καλλυντικά, κλπ.), στον παρακάτω πίνακα θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πιο διαδεδομένων τεχνολογιών.[40],[45].

Πίνακας 3.1: Συγκριτική παράθεση των πιο διαδεδομένων τεχνολογιών 3D printing στον τομέα της μόδας και των καλλυντικών [40], [45]

A/A	Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Σπουδαιότητα τεχνολογίας στο Beauty Industry*
1	Fused Deposition Modelling (FDM)	<ul style="list-style-type: none"> - Υψηλής ποιότητας φινίρισμα - Χαμηλό κόστος αρχικής επένδυσης - Ευελιξία στην παραγωγή πολύπλοκων σχεδιαστικά τελικών προϊόντων - Μηδενικά υπολείμματα εκτύπωσης - Δημιουργία ολοκληρωμένων προϊόντων - Ποικιλία υλικών εκτύπωσης (νάυλον, ABS, TPU, πολυκαρβονικό, κλπ.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Χαμηλή ταχύτητα εκτύπωσης, η οποία όμως καθορίζεται και από το μέγεθος του προς παραγωγή προϊόντος - Πιο αδρά τελειώματα (σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους, δηλ. SLA και SLS), που απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία του παραγόμενου προϊόντος 	☆☆☆
2	Stereolithography (SLA)	<ul style="list-style-type: none"> - Υψηλής ποιότητας φινίρισμα - Υψηλή σχεδιαστική ακρίβεια - Υψηλή θερμική αντοχή - Παραγόμενα προϊόντα μέσω αυτής της μεθόδου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καλούπια για χύτευση 	<ul style="list-style-type: none"> - Υψηλό κόστος αρχικής επένδυσης - Η μικρή διατομή της δέσμης λέιζερ (0,15 mm), επιβραδύνει τη διαδικασία εκτύπωσης - Τα προεξέχοντα μέρη του προϊόντος, κατασκευάζονται με δυσκολία - Η φωτοευαίσθητη ρητίνη είναι δύσκολα διαχειρίσιμη 	☆☆
3	Selective Laser Sintering (SLS)	<ul style="list-style-type: none"> - Παραγωγή μεγάλης ποικιλίας υφών στα προϊόντα - Δημιουργία περίπλοκων 	<ul style="list-style-type: none"> - Υψηλό κόστος αρχικής επένδυσης - Απαιτείται μετεπεξεργασία (post processing) 	☆☆

		σχημάτων χωρίς στήριξη - Δημιουργία ολοκληρωμένων προϊόντων - Υψηλή ακρίβεια και πιστότητα - Κατάλληλο για μαζική παραγωγή	- Μεγάλες επιφάνειες και μικρές οπές, είναι δύσκολο να κατασκευαστούν με ακρίβεια - Λόγω του μεγάλου μεγέθους και κόστους, χρησιμοποιείται κυρίως για βιομηχανικούς σκοπούς	
--	--	---	--	--

** Η τελευταία στήλη απεικονίζει την σπουδαιότητα της κάθε μιας από τις τρεις παραπάνω τεχνικές προσθετικής κατασκευής στη βιομηχανία της μόδας και των καλλυντικών. Ανάλογα με το βαθμό συμβολής της χαρακτηρίζεται με περισσότερα «αστέρια».*

Η FDM είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος τρισδιάστατης εκτύπωσης στους περισσότερους τομείς εφαρμογής, κι έτσι έχει συμβάλλει περισσότερο ως σήμερα και στο Beauty Industry. Το χαμηλό κόστος αρχικής επένδυσης που πρέπει να καταβάλει μια εταιρεία για έναν FDM εκτυπωτή αποτελεί τον πρώτο λόγο στην υπεροχή της τεχνικής. Παράλληλα, η ικανότητα να εκτυπωθούν σχεδιαστικά πολύπλοκα αντικείμενα μέσω της FDM βοηθά στην δημιουργία πολύπλοκων «κομματιών» ενδυμάτων, υποδημάτων αλλά και των περίτεχνων συσκευασιών που θέλουν να περιέχουν πολυτελή καλλυντικά προϊόντα. Τέλος, τα μηδενικά υπολείμματα αλλά και η πληθώρα επιλογών σε υλικά που μπορούν να εκτυπωθούν μέσω της FDM είναι σημαντικός παράγοντας στην επιλογή της τεχνικής αυτής για την εκτύπωση προϊόντων μόδας και καλλυντικών, αφού μπορούν να εκτυπωθούν υλικά όπως νάυλον, TPU, ABS κ.λπ.

Η SLA μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εκτυπώσεις συσκευασιών καλλυντικών προϊόντων αλλά και των replicas τους, δηλαδή πιστών αντιγράφων τους σε πολλαπλάσιο μέγεθος, για σκοπούς διαφήμισης, είναι η SLA. Η υψηλή ακρίβεια και η ποιότητα του φινιρίσματος που προσφέρει είναι ένας από τους λόγους που χρησιμοποιείται και στην παραγωγή κοσμημάτων.

Η SLS μέθοδος λόγω της υψηλής ακρίβειας που προσφέρει προτιμάται συνήθως για εκτύπωση αξεσουάρ, κοσμημάτων και ορισμένων ενδυμάτων. Όμως, το υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης αλλά και η δυσκολία διαχείρισης της φωτοευαίσθητης ρητίνης, που καθιστούν την ύπαρξη εξειδικευμένου χειριστή απαραίτητη, είναι λόγοι που έχει εμποδίσει τη διαδεδομένη χρήση της, τόσο για οικιακή χρήση, όσο και για παραγωγή μικρής κλίμακας.

3.4 Υλικά στην Προσθετική Κατασκευή

Στην προσθετική κατασκευή τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην κάθε εκτύπωση παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην επίτευξη του σχεδιαστικού στόχου, καθώς κάθε υλικό έχει διαφορετικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Το γεγονός αυτό, συνεπάγεται

ότι μόνο ορισμένα υλικά μπορούν να πετύχουν τη λειτουργικότητα του επιθυμητού αντικειμένου προς παραγωγή.

Οι κύριες κατηγορίες των υλικών που χρησιμοποιούνται ευρέως για τρισδιάστατη εκτύπωση είναι οι εξής:

➤ Πολυμερή

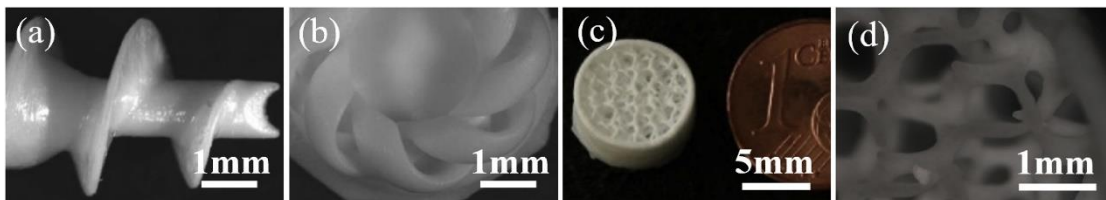
Τα πολυμερή καλύπτουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς, λόγω του χαμηλού κόστους και βάρους τους, που τα καθιστά εύκολα επεξεργάσιμα και οικονομικά συμφέροντα.[46] Τα αντικείμενα που παράγονται με χρήση πολυμερών, μπορούν να κατασκευαστούν εύκολα μέσω της τεχνικής της εναπόθεσης τηγμένου υλικού (FDM). Τα πιο συνήθη πολυμερή που χρησιμοποιούνται για την τρισδιάστατη εκτύπωση, είναι θερμοπλαστικά και πιο συγκεκριμένα, το πολυαιθυλένιο (PE), το ακρυλονιτρίλιο βουαδιένιο στυρόλιο (ABS), το πολυπροπυλένιο (PP) και το πολυγαλακτικό οξύ (PLA).[47] Τα υλικά αυτά, είναι ανθεκτικά στην UV ακτινοβολία, έχουν μεγάλη αντοχή στην κόπωση, είναι συνήθως ημιδιαφανή και βιοσυμβατά, δίνοντάς τους τη δυνατότητα πολλών εφαρμογών [40]. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται και θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή, σε μορφή σκόνης, όπως πολυστυρένιο (PS), πολυαμίδια και ρητίνες φωτοπολυμερούς, τα οποία αξιοποιούνται με τις μεθόδους SLA και SLS.[48] Στις μέρες μας, έχουν αναπτυχθεί υλικά όπως τα PEEK (πολυαιθερικός αιθέρας κετόνη) και PMMA (πολυμεθακρυλικό μεθύλιο), θερμοπλαστικά νήματα με υψηλότερες θερμοκρασίες τήξης, που προσφέρουν μεγάλη ανθεκτικότητα, ενώ υλικά με χαμηλές θερμοκρασίες τήξης ή σε υγρή μορφή χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε βιοιατρικές και ορθοπεδικές εφαρμογές, καθώς διαθέτουν υψηλή βιοσυμβατότητα, παράλληλα με μηχανική αντοχή.[49]



Εικόνα 3.14: Πολυμερή Υλικά (Πηγή: 3dworx)

➤ Κεραμικά

Τα κεραμικά είναι υλικά που χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική και μηχανική αντοχή. Είναι εύκολα διαμορφώσιμα κατά την εκτύπωση, λόγω της τηγμένης τους κατάστασης. Τα υλικά αυτά βρίσκουν εκτεταμένες εφαρμογές στην αεροδιαστημική, τη βιοϊατρική μηχανική και τη χημική βιομηχανία. Τα εξαρτήματα που βασίζονται σε κεραμικά μπορούν να κατασκευαστούν μέσω τεχνικών μοντελοποίησης επιλεκτικής τήξης λέιζερ και εναπόθεσης τηγμένου υλικού.[50] Κεραμικά όπως το οξείδιο του αργιλίου ή αλουμίνια (Al_2O_3), διοξείδιο του ζirkονίου (ZrO_2), υπεροξείδιο του λιθίου (Li_2O), διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), καρβίδιο του πυριτίου (SiC), νιτρίδιο του πυριτίου (Si_3N_4) και ο τιτανικός μόλυβδος ζirkονίου (PZT) χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παραγωγή καινοτόμων ελαφρών εξαρτημάτων όπως ρότορες στροβίλου, τροχοί γραναζιών, εξαρτήματα σύνθετου σχήματος.[51]

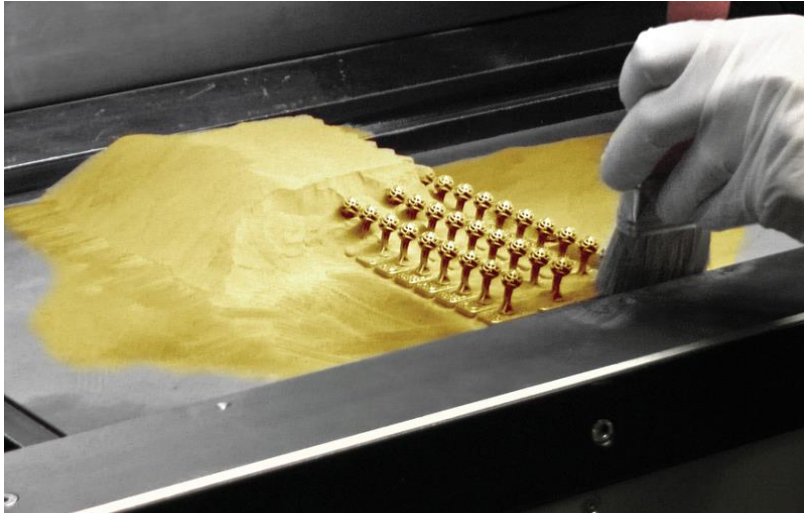


Εικόνα 3.15: Αντικείμενα φτιαγμένα από αλουμίνια (a-b) και βιοδραστικά γυαλιά (c-d). (Πηγή: Chen Z. et al. 2019)

➤ Μέταλλα

Τα μέταλλα είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη για την προσθετική κατασκευή, χάρη στις εξαιρετικές φυσικές τους ιδιότητες, τη μεγάλη αντοχή και σκληρότητά τους. Βάση για μεταλλικά υλικά τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να αποτελούν κράματα αλουμινίου, κράματα με βάση το κοβάλτιο [49], κράματα νικελίου, ανοξείδωτοι χάλυβες και κράματα τιτανίου. Τα κράματα τιτανίου, χαρακτηρίζονται από σχετικά χαμηλή πυκνότητα, υψηλή ολκιμότητα, ενώ είναι ανθεκτικά στη διάβρωση και την οξείδωση.[47]

Πολύτιμα μέταλλα όπως ο χρυσός, το ασήμι, το παλλάδιο και η πλατίνα, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη στην επιλεκτική τήξη με λέιζερ (SLS). Ο κύριος λόγος για την επιλογή του χρυσού ως πρώτη ύλη, κυρίως για την κατασκευή κοσμημάτων και διακοσμητικών ειδών, είναι η εξαιρετική του θερμική αγωγιμότητα. Η τρισδιάστατη εκτύπωση με χρήση μετάλλων, όπως ο άργυρος, βοηθά στη μείωση του κόστους δημιουργίας, χωρίς τη χρήση δαπανηρών στην κατασκευή του καλουπιών χύτευσης και μειώνει δραστικά τα κατάλοιπα, καθώς η εναπομένουσα από τη διαδικασία εκτύπωσης σκόνη μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.



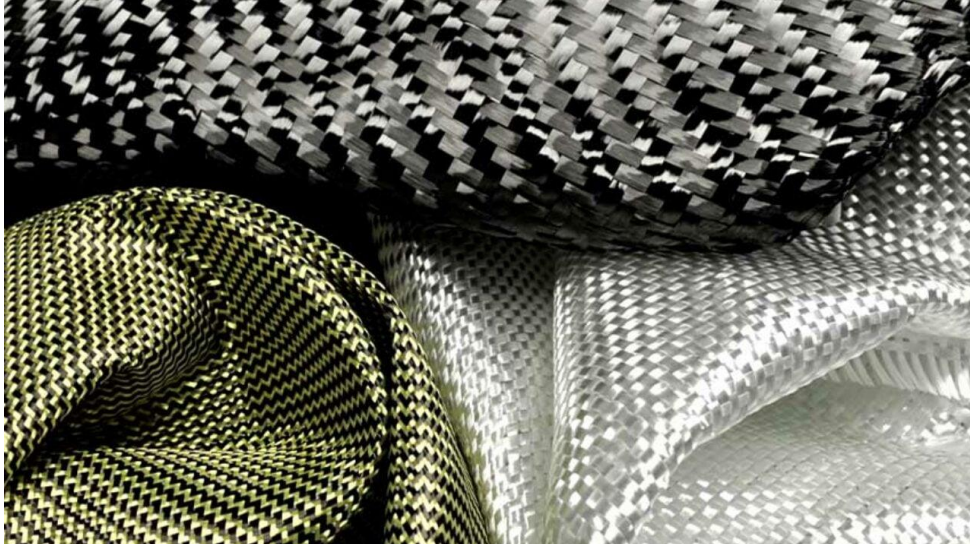
Εικόνα 3.16: SLS με χρυσό ως πρώτη ύλη (Πηγή: professionaljeweller)

➤ Σύνθετα Υλικά

Η ενίσχυση των πολυμερών με ίνες και νανοϋλικά, επιτυγχάνει τη δημιουργία σύνθετων πολυμερών, με ελεγχόμενο και επιθυμητό μοριακό βάρος και δομή, υπό χημικού χειρισμού.[48]

Τα σύνθετα υλικά διαθέτουν αυξημένη ευελιξία, χαμηλό βάρος και με τις εύκολα προσαρμόσιμες ιδιότητές τους, έχουν φέρει επανάσταση σε βιομηχανικές εφαρμογές υψηλών επιδόσεων. Παραδείγματα σύνθετων υλικών είναι ενισχυμένα με ίνες άνθρακα σύνθετα πολυμερή και σύνθετα πολυμερή ενισχυμένα με ίνες γυαλιού. Άλλο παράδειγμα είναι τα πολυμερή ενισχυμένα με ανθρακονήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στην αεροδιαστημική βιομηχανία λόγω της υψηλής ειδικής ακαμψίας και της μεγάλης αντοχής τους στη διάβρωση και την κόπωση.

Τα σύνθετα υλικά είναι οικονομικά αποδοτικά και έχουν υψηλά επίπεδα απόδοσης. Άλλα σύνθετο υλικό είναι το fibreglass (υαλοβάμβακας) που έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα και σχετικά χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής, είναι άκαυστο και δεν επηρεάζεται από θερμοκρασίες σκλήρυνσης που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες παραγωγής, επομένως, είναι πολύ κατάλληλο για χρήση στην τρισδιάστατη εκτύπωση.[32]



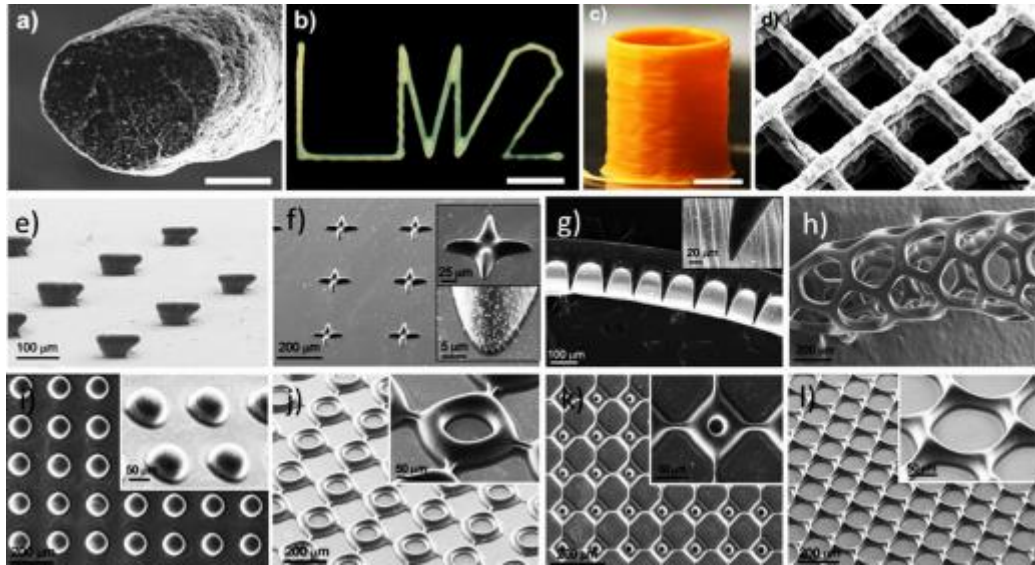
Εικόνα 3.17: Σύνθετα Υλικά (Πηγή:3dnatives)

➤ Έξυπνα Υλικά

Έξυπνα υλικά ονομάζονται τα υλικά που έχουν την ικανότητα να αλλάζουν το σχήμα ή τις ιδιότητές τους υπό την επίδραση εξωτερικών ερεθισμάτων, όπως διαλύτες, τροποποίηση pH, αλλαγή θερμοκρασίας, ηλεκτρισμός, φως κ.λπ. Με την χρήση έξυπνων υλικών, τα εξαρτήματα κατασκευασμένα με τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούν, με το πέρασμα του χρόνου, να αλλάξουν τη μορφή ή τις ιδιότητές τους (την ονομαζόμενη ως 4η διάσταση) ως απόκριση σε εφαρμοζόμενα εξωτερικά ερεθίσματα. Ως εκ τούτου, αυτό δημιουργεί έναν νέο όρο που ονομάζεται «4D Printing», για να περιλαμβάνει τη δομική αναδιαμόρφωση με την πάροδο του χρόνου.[52]

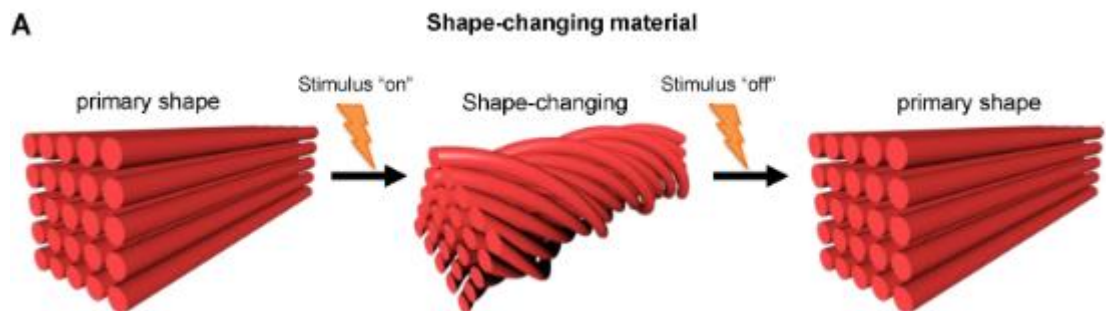
Τα έξυπνα υλικά για προσθετική κατασκευή διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα πιεζοηλεκτρικά υλικά και τα υλικά που αλλάζουν σχήμα.[53]

Πιεζοηλεκτρικά ονομάζονται τα υλικά που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια (όπως η πίεση) σε ηλεκτρική ενέργεια και αντίστροφα. Έχουν ένα ευρύ φάσμα χρήσεων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καταλύτες, αισθητήρες και συλλέκτες ενέργειας, καθώς το φορτίο που δημιουργείται από την κίνηση μπορεί να συλλεχθεί και αποθηκευτεί. Συχνές εφαρμογές για πιεζοηλεκτρικά υλικά είναι σε αναφλεκτήρες BBQ και ενεργοποιητές για κεφαλές εκτυπωτών inkjet.



Εικόνα 3.18: Κατασκευές που κατασκευάζονται μέσω φωτοπολυμερισμού με χρήση πιεζοηλεκτρικού νανοσύνθετου διαλύματος (Πηγή: American Chemical Society)

Τα υλικά που αλλάζουν σχήμα διαμορφώνονται σε νέα σχήματα υπό τη δράση κάποιου ερεθίσματος και επανατούν το αρχικό τους σχήμα μετά την αφαίρεσή του. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται Shape Memory Effect (SME). [54]



Εικόνα 3.19: Απεικόνιση συμπεριφοράς ενός υλικού που αλλάζει το σχήμα του. (Πηγή: Raffaele Pugliese)

Καθώς η επιστήμη των υλικών αναπτύσσεται ραγδαία, είναι φανερό ότι όλο και περισσότερα σύνθετα και έξυπνα υλικά θα χρησιμοποιούνται για την τρισδιάστατη εκτύπωση, με διαρκώς μειούμενο κόστος, καθιστώντας την τρισδιάστατη εκτύπωση διαθέσιμη στο ευρύ κοινό, στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, αλλά και στις βιομηχανίες και τελικά, ευρέως διαδεδομένη στην αγορά.

Κεφάλαιο 4 – Εφαρμογές Προσθετικής Κατασκευής στη μόδα και στα καλλυντικά

Το γεγονός ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση εντάσσεται ολοένα και περισσότερο στη ζωή των καταναλωτών, έχει συντελέσει στην ικανότητα δημιουργίας εξατομικευμένων προϊόντων, ανάλογα με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του κάθε χρήστη.

Παλαιότερα, η «μαζική εξατομίκευση» αποτελούσε μια ιδιαίτερα κοστοβόρα και πολύπλοκη ιδέα. Πλέον, η χρήση των 3d εκτυπωτών είναι μια σχετικά απλή διαδικασία, που δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις χειρισμού ή ιδιαίτερη τεχνική κατάρτιση και μπορεί να γίνει από τον καθένα, εισάγοντας το «εικονικό σχέδιο» στην πραγματική ζωή.

Όμως και στη βιομηχανική παραγωγή, η προσθετική κατασκευή καταλαμβάνει όλο και περισσότερο χώρο, μειώνοντας δραστικά τα αρχικά κόστη επένδυσης των επιχειρήσεων (καλούπια, γραμμή παραγωγής, κλπ.) και δίνοντάς τους ώθηση στην εφαρμογή καινοτομιών και στη δημιουργία οικονομικών κλίμακας.

Από το ευρύ φάσμα των εφαρμογών της τρισδιάστατης εκτύπωσης, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, θα εστιάσουμε στις εφαρμογές στον τομέα της μόδας και των καλλυντικών (beauty industry).

4.1 Μόδα

Η προσθετική κατασκευή έχει εισέλθει και στον τομέα της μόδας, με την παραγωγή ενδυμάτων, υποδημάτων και αξεσουάρ με βάση καινοτόμα υλικά και μεθόδους παραγωγής. Η Ολλανδή σχεδιάστρια Iris van Herpen ήταν η πρώτη που εισήγαγε την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης στη βιομηχανία της μόδας, με την παρουσίαση σειράς συλλογών τρισδιάστατα εκτυπωμένων state-of-the-art κομματιών, σπάζοντας τους κανόνες και εισάγοντας εντελώς πρωτότυπα αποτελέσματα στις πασαρέλες.



Εικόνα 4.1: Παρουσίαση κομματιών φτιαγμένων με 3d εκτύπωση από την Iris van Herpen (Πηγή: .irisvanherpen)

Η εμπορευματοποίηση της μόδας είναι ένα φαινόμενο που έχει αναπτυχθεί από τον 20^ο αιώνα. Νωρίτερα, τα ενδύματα και τα υποδήματα ήταν μοναδικά, καθώς σχεδιάζονταν κυρίως από ράφτες, αποκλειστικά με σκοπό να ταιριάξουν στα άτομα τα οποία θα τα φορούσαν. Πλέον, η τάση της «μαζικής εξατομίκευσης», καθίσταται εφικτή με τη χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών[34].

Επιπλέον, στον χώρο των κοσμημάτων και των αξεσουάρ μόδας (τσάντες, γυαλιά, κλπ.), η προσθετική κατασκευή έρχεται να εμπλουτίσει τις υφιστάμενες τεχνικές, δίνοντας περιθώριο στη φαντασία των σχεδιαστών να εκφραστεί με ποικίλα και ευφάνταστα υλικά.



Εικόνα 4.2: Το δαχτυλίδι που έσπασε το παγκόσμιο ρεκόρ με τα 7.801 διαμάντια, σχεδιάστηκε με τη χρήση 3D printer (Πηγή: Imaginarium)

4.2 Καλλυντικά προϊόντα

Στον τομέα του «Beauty Industry» συμπεριλαμβάνονται τα καλλυντικά, τα αρώματα, τα προϊόντα περιποίησης προσώπου, σώματος και μαλλιών. Σύμφωνα με το Statista, η παγκόσμια βιομηχανία καλλυντικών είχε κύκλο εργασιών 93,05 δισ. δολάρια ΗΠΑ το 2022, ενώ αναμένεται να φτάσει στα 131 δισ. δολάρια ΗΠΑ έως το 2026.[55] Αντιλαμβάνεται κανείς το τεράστιο μέγεθος της παγκόσμιας αυτής αγοράς.

Χάρη στην έλευση της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης, το Beauty Industry βιώνει μια «επανάσταση», τόσο στον τρόπο παραγωγής και διανομής, όσο και αυτής καθ' αυτής της χρήσης των καλλυντικών.

Οι εφαρμογές της προσθετικής κατασκευής στο Beauty Industry έχουν καλύψει ένα ευρύ πεδίο και όσο η τεχνολογίες και τα υλικά εξελίσσονται, οι χρήσεις της στον τομέα των καλλυντικών και του καλλωπισμού θα αυξάνονται.

Οι εταιρείες καλλυντικών προϊόντων και προϊόντων καλλωπισμού, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους τρισδιάστατους εκτυπωτές, από το πρώτο στάδιο ανάπτυξης των προϊόντων τους μέχρι και την υλοποίηση και την διάθεση τους στην αγορά.[56]

Κατά τη διάρκεια του «ιδεασμού» για την ανάπτυξη ενός προϊόντος, οι σχεδιαστές συνήθως τοποθετούν τις ιδέες τους στο χαρτί, με τη μορφή σκαριφημάτων και σχεδίων, για να μπορέσουν να εκφράσουν και να απεικονίσουν καλύτερα τη σκέψη, όπως την έχουν στο μυαλό τους. Όμως με τα πλέον διαθέσιμα και διαδεδομένα CAD προγράμματα, η ιδέα εισέρχεται σε μια άλλη διάσταση, καθώς το 2D σχέδιο μετατρέπεται σε μια τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση, με αληθοφανείς υφές και φωτοσκιάσεις. Σε συνδυασμό με το παραπάνω, έχοντας ολοκληρώσει το επιθυμητό σχέδιο στο πρόγραμμα παραμετρικής σχεδίασης, με το πάτημα ενός κουμπιού, δίνεται η δυνατότητα αυτό να εισαχθεί απευθείας στον 3D εκτυπωτή και σε μερικά λεπτά να έχουμε στα χέρια μας ένα πρωτότυπο αντίγραφο του υπό σχεδίαση προϊόντος. Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται ευκολότερη αλλά και πιο προσιτή η δοκιμή των πρωτοτύπων των προϊόντων ως προς την χρηστικότητα και τη λειτουργικότητά τους.

Ακόμη μια εφαρμογή της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι στη δημιουργία των αξεσουάρ μακιγιάζ, όπως πινέλα, βουρτσάκια μάσκαρας και άλλα εργαλεία εφαρμογής του μακιγιάζ. Η μεγάλη ακρίβεια και η ικανότητά των τρισδιάστατων εκτυπωτών να δημιουργήσουν την πολυπλοκότητα κάθε σχεδιαστικού αντικειμένου, τους προσδίδει μεγάλη προστιθέμενη αξία.

Επιπλέον, εταιρείες καλλυντικών χρησιμοποιούν την τεχνολογία της 3D εκτύπωσης, για την εκτύπωση του ίδιου του τελικού προϊόντος τους. Με τη χρήση των κατάλληλων υλικών εκτύπωσης, ένα σύστημα τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί το ίδιο να καθίσταται ως το καλλυντικό προϊόν, έχοντας τη δυνατότητα να εκτυπώσει την επιθυμητή, από τον χρήστη, απόχρωση μιας σκιάς για τα μάτια ή ενός κραγιόν για τα χείλη. Παράλληλα κατά την παραγωγή του καλλυντικού προϊόντος αυτού καθ' αυτού, δίνεται η δυνατότητα προσαρμογής και εξατομίκευσης των προϊόντων στις ανάγκες και τις προτιμήσεις του κάθε χρήστη (μέγεθος, υφή, κλπ.). Η εξατομίκευση μπορεί να αφορά είτε το ίδιο το καλλυντικό προϊόν, είτε τη συσκευασία του, προσδίδοντας στο προϊόν μια υπεροχή έναντι στα άλλα προϊόντα, που προσφέρουν περιορισμένες επιλογές και είναι «το ίδιο 'ένα' για όλους». Το εξατομικευμένο προϊόν, του προσδίδει επιπλέον και ιδιαίτερη συναισθηματική αξία, αφού συνδέεται με μία ανάμνηση ή με ένα πρόσωπο, και δεν είναι απλά ένα προϊόν από το ράφι.

Εν συνεχεία, μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης καθίσταται πιο εύκολη η δημιουργία της συσκευασίας του προϊόντος. Χωρίς την ανάγκη χρήσης δαπανηρών καλουπιών για την παραγωγή του εξωτερικού περιβλήματος του προϊόντος, η σχεδίαση αναβαθμίζεται, ενώ παράλληλα μειώνεται το κόστος παραγωγής και διευρύνονται τα σχεδιαστικά περιθώρια.

Τέλος, οι εφαρμογές της τρισδιάστατης εκτύπωσης εκτείνονται, όπως έχει προαναφερθεί και παραπάνω, και στον τομέα της ιατρικής και κοσμητολογίας, το οποίο έχει δώσει τη δυνατότητα στις εταιρείες καλλυντικών να εκτυπώνουν συνθετικό ανθρώπινο δέρμα, το οποίο και χρησιμοποιούν για τις κλινικές δοκιμές των προϊόντων τους, αντί να τα τεστάρουν, όπως παλιότερα συνέβαινε, σε ζώα.

4.3 Παραδείγματα υιοθέτησης της τεχνολογίας προσθετικής κατασκευής από επώνυμα brands

4.3.1 Βιομηχανία της μόδας

Galerie Dior

Η προσθετική κατασκευή βρήκε το δρόμο της στον τομέα της υψηλής ραπτικής, όπως φαίνεται από το παράδειγμα των κομματιών μόδας που σχεδιάστηκαν στη Galerie Dior για την ανάγκη εκθέσεων μόδας στο Παρίσι. Στην έκθεση στην Boutique Dior, οι ενδιαφερόμενοι επισκέπτες μπορούν να βρουν, ακόμη και σήμερα, εκατοντάδες τρισδιάστατα εκτυπωμένα πιστά αντίγραφα πρώην ενδυμάτων, τσαντών ή ακόμα και παπουτσιών του οίκου Dior. Τα κομμάτια δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια του πρακτορείου ALIGHIERI και της LA FERME 3D. Χρειάστηκαν πάνω από 100.000 ώρες εκτύπωσης και 10.000 ώρες μετεπεξεργασίας των κομματιών. Η εκτύπωση ολοκληρώθηκε από περισσότερους από 30 τρισδιάστατους εκτυπωτές, οι οποίοι τέθηκαν σε λειτουργία για συνολικά έξι μήνες, μέρα και νύχτα, για να ολοκληρωθεί το εμβληματικό έργο του Dior. Το υλικό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή είναι εξ ολοκλήρου βιολογικής βάσης.[57]



Εικόνα 4.3: Φωτογραφία από το εσωτερικό της Galerie Dior (Πηγή: tours-in-paris)

Balenciaga

Η Balenciaga παρουσίασε την υψηλής ραπτικής κολεξιόν του 2023 στο Παρίσι. Στην παρουσίαση αυτή υπήρξε ένα τελικό φόρεμα που έκανε όλους τους παρευρισκόμενους να στρέψουν το βλέμμα τους προς αυτό. Το τελευταίο κομμάτι της κολεξιόν ήταν μια CAD-designed, τρισδιάστατα εκτυπωμένη πανοπλία – φόρεμα, φτιαγμένο από γαλβανισμένη ρητίνη, φινιρισμένη με γυαλισμένο χρώμιο, που κινούνταν άκαμπτα στην πασαρέλα.

Το κομμάτι αυτό ερμηνεύτηκε ως ένα «χρονικό σταυροδρόμι, που συνδυάζει κλασικές τεχνολογίες αιχμής», ενώ επισημάνθηκε, επίσης, η αυξανόμενη προβολή της τεχνολογίας του σήμερα.[58]



Εικόνα 4.4: Το 3d printed φόρεμα-πανοπλία της Balenciaga (Πηγές: dezeen, elle.au)

Nike

Η ευρέως γνωστή μάρκα αθλητικών ειδών Nike από το 2013 είχε αρχίσει να πειραματίζεται με την τρισδιάστατη εκτύπωση στα υποδήματά της. Αρχικά, χρησιμοποίησε την τεχνολογία για να δοκιμάσει διάφορες εφαρμογές παπουτσιών και να βρει την καλύτερη εφαρμογή για τους χρήστες της. Σύντομα όμως, ανέπτυξε το Nike Vapor Laser Talon – το «πρώτο ποδοσφαιρικό υπόδημα που κατασκευάστηκε με τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης». Με τη χρήση της τεχνολογίας Selective Laser Sintering (SLS), δημιούργησε την πλάκα του πλέγματος χρησιμοποιώντας ένα πατενταρισμένο υλικό.

Το 2016 συνεργάστηκε με την HP και δημιούργησε το Nike Zoom Superfly Flyknit, παπούτσι στοίβου, με τη χρήση της MultiJet Fusion τεχνολογίας της HP. Δύο χρόνια μετά, το 2018, κατασκεύασε το Nike Flyprint. Για την κατασκευή του επάνω μέρους του Flyprint, η Nike χρησιμοποίησε τη μέθοδο Solid Deposition Modeling (SDM), που μοιάζει με την τεχνολογία FDM. Με τη χρήση της παραλλαγή της FDM που αποκάλεσαν Solid Deposition Modeling (SDM), η Nike εντάσσει την τρισδιάστατη εκτύπωση στη βιομηχανία υποδημάτων. Εστιάζει την τεχνογνωσία της στην κατασκευή ελαφρών παπουτσιών με τη χρήση εύκαμπτου νήματος (TPU) για την εκτύπωση του επάνω υφάσματος.[59]



Εικόνα 4.5: Nike Vapor Laser Talon (Πηγή: dezeen)



Εικόνα 4.6: Nike Zoom Superfly Flyknit (Πηγή: 3dprint)



Εικόνα 4.7: VaporFly Elite Flyprint 3D (Πηγή: hypebeast)

Adidas

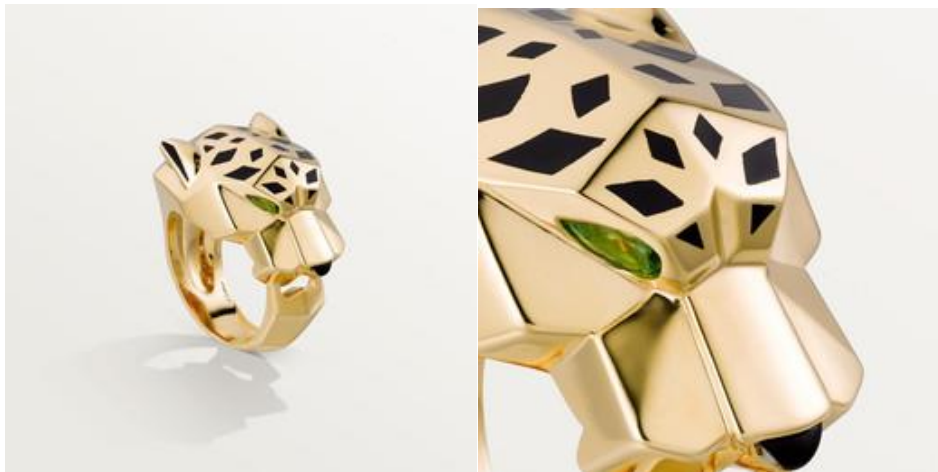
Παράλληλα με την Nike, η εταιρεία αθλητικών ειδών Adidas από το 2017 έχει εφαρμόσει την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης και έχει δημιουργήσει μια σειρά παπουτσιών, ονομαζόμενη 4D. Η τεχνολογία με τη 4D δικτυωτή ενδιάμεση σόλα έχει δημιουργηθεί σε συνεργασία με την εταιρεία Carbon. Συνδυάζοντας δεδομένα αθλητών και την τεχνολογία Ψηφιακής Επεξεργασίας Φωτός (Digital Light Synthesis) της Carbon για την παραγωγή 3D εκτυπωμένων σολών με ακρίβεια. Τα υποδήματα Adidas 4D είναι από τα πρώτα στον κόσμο που χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία αιχμής, η οποία προσδίδει τη δυνατότητα προσαρμογής άλλες ενδιάμεσης σόλας σε συγκεκριμένα μοτίβα κίνησης, έτσι ώστε οι αθλητές να επιτυγχάνουν αυξημένη απόδοση σε κάθε βήμα.[60]



Εικόνα 4.8: Απεικόνιση άλλες Adidas 4D παπουτσιού (Πηγή: news.adidas)

Cartier

Στον τομέα των κοσμημάτων, η εταιρεία Cartier, θέλοντας να δημιουργεί πρωτότυπα σχέδια μοναδικά στο είδος άλλες και όχι όμοια με άλλες εταιρείες κοσμημάτων, ξεκίνησε να παράγει κοσμήματα μέσω της 3D εκτύπωσης. Πειραματίστηκε και με καινούργια υλικά εκτύπωσης όπως η πλατίνα.[61]



Εικόνα 4.9: PANTHÈRE DE CARTIER RING (Πηγή: cartier)

4.3.2 Βιομηχανία των καλλυντικών και περιποίησης προσώπου

Mink

Το 2014, η γιαπωνέζα επιχειρηματίας Grace Choi δημιούργησε τον πρώτο τρισδιάστατο makeur εκτυπωτή. Η εφεύρεσή της άλλαξε μια και καλή την γενικότερη ιδέα του των πιθανών δυνατοτήτων στον τομέα των καλλυντικών.

Μετά την πρώτη εφεύρεσή της, σκοπός της εταιρείας της έγινε η δημιουργία ενός τρισδιάστατου makeur εκτυπωτή, ο οποίος θα απευθύνονταν στο ευρύ καταναλωτικό κοινό. Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε το 2019 με τη δημιουργία του πρώτου φορητού makeur εκτυπωτή. Ο εκτυπωτής αυτός λειτουργεί μέσω της συμβατής του εφαρμογής και μέσω Wi-Fi και δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να εκτυπώνει, έτοιμα προς χρήση, «φύλλα» makeur, από έτοιμες εικόνες στο διαδίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει την επιθυμητή του απόχρωση για το καλλυντικό προϊόν από την άνεση του σπιτιού του, αντί να περιπλανιέται για ώρες σε κάποιο κατάστημα καλλυντικών, προσπαθώντας να ταιριάξει την απόχρωση των επί τόπου προϊόντων, με αυτό που είχε βρει σε μια εικόνα στο διαδίκτυο.

Η δημιουργός του εκτυπωτή, Grace Choi, αναφέρει πως η εκτύπωση τώρα είναι για σκιά ματιών, αλλά το κραγιόν, τα lip gloss και τα βερνίκια νυχιών θα είναι πολύ σύντομα διαθέσιμα.[62]

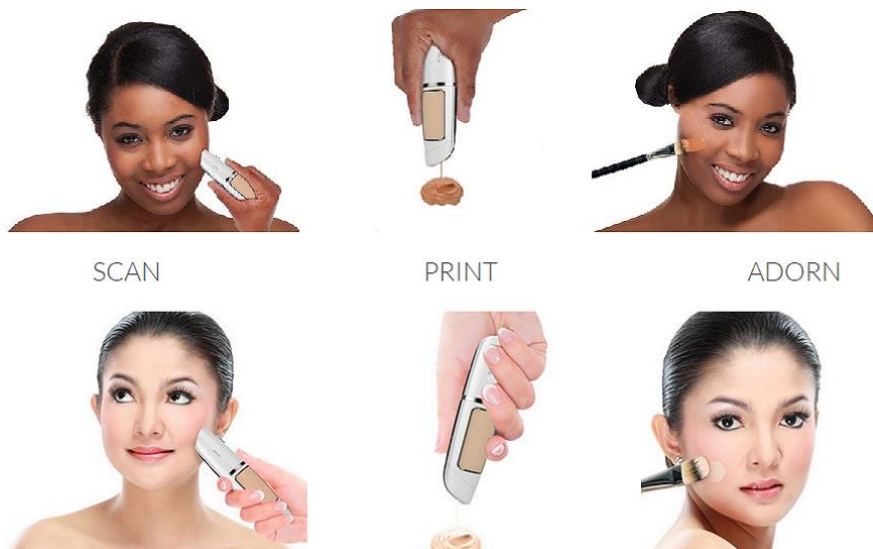


Εικόνα 4.10: Mink 3D Printer (Πηγή: Allure)

Adorn

Το 2015, η βρετανική εταιρεία καλλυντικών Adorn, δημιούργησε τον δικό της τρισδιάστατο σκάνερ-εκτυπωτή, ο οποίος είχε τη μορφή μικρού στυλό. Το 3D makeur pen, περιείχε μαύρα, άσπρα και μπλε pigments και απώτερος σκοπός του ήταν η εξατομίκευση. Οι χρήστες σκανάρουν το πρόσωπό τους, χρησιμοποιώντας τη συσκευή και εκείνη, στη συνέχεια, εντοπίζει τον ακριβή χρωματικό τόνο της επιδερμίδας τους, παράγοντας μια προσωποποιημένη, έτοιμη για χρήση απόχρωση foundation. Η συσκευή της Adorn είναι συμβατή για κάθε τύπο δέρματος και μπορεί να ταιριάξει έως και 75.000 αποχρώσεις.[62]

Λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι η επιλογή της κατάλληλης απόχρωσης foundation είναι μια από τις μεγαλύτερες δυσκολίες στην επιλογή του κατάλληλου καλλυντικού προϊόντος, η συσκευή της Adorn θεωρήθηκε πρωτοποριακή.



Εικόνα 4.11: Adorn 3D makeur pen και χρήση του (Πηγή: 3Dprint)

Smashbox

Το 2016, η εταιρεία Smashbox δημιούργησε το πρώτο 3D κραγιόν. Πιο συγκεκριμένα, διατέθηκε στην αγορά η σειρά #BeLegendary, με μια γκάμα 120 αποχρώσεων κραγιόν, η οποία συνδυάστηκε με μια online καμπάνια, η οποία προσέφερε στους χρήστες την δυνατότητα να δημιουργήσουν την τρισδιάστατα εκτυπωμένη «ιδανική» για εκείνους απόχρωση κραγιόν, αφήνοντας στην ευχέρεια του χρήστη την επιλογή του σχεδίου ή του σχήματος του κραγιόν.[62]



Εικόνα 4.12: Smashbox #BeLegendary lipstick swatches (Πηγή: smashbox)

Chanel

Το 2019, η ευρέως γνωστή εταιρεία προϊόντων πολυτελείας, Chanel, δημιούργησε το πρώτο τρισδιάστατα εκτυπωμένο βουρτσάκι μάσκαρας, το οποίο χρησιμοποιεί μια δέσμη λέιζερ για να εκτυπώσει στρώματα πούδρας από πολυαμίδιο στο βουρτσάκι της μάσκαρας. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα μια πιο ομαλή και ομοιόμορφη εφαρμογή χωρίς συσσώρευση προϊόντος στις βλεφαρίδες. Το προϊόν κυκλοφορεί στην αγορά και πωλείται παγκοσμίως.[62],[63]

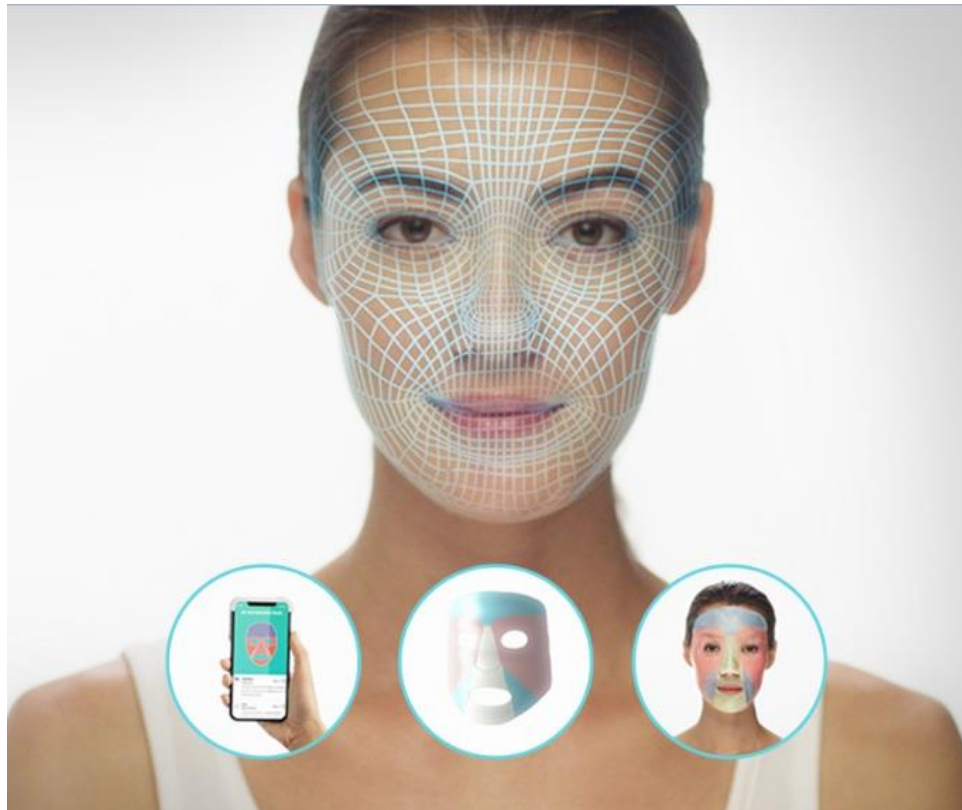


Εικόνα 4.13: Chanel 3D printed mascara brush (Πηγές: electricrunway.com, britishvogue.com)

Neutrogena

Η γνωστή εταιρεία προϊόντων περιποίησης προσώπου, Neutrogena, το 2019, εκμεταλλεύτηκε την ικανότητα δημιουργίας εξατομικευμένων προϊόντων με τη βοήθεια της τρισδιάστατης εκτύπωσης, δημιουργώντας μια εφαρμογή για τη δημιουργία εξατομικευμένων beauty masks. Η τεχνολογία λειτουργεί μέσω ενός smartphone και της εφαρμογής MaskiD. Οι χρήστες με την Skin360 συσκευή ενσωματωμένη, σκανάρουν το πρόσωπο τους και τους δίνονται κάποιες επιλογές για μάσκες που ταιριάζουν στις ανάγκες του δέρματός τους και αφού γίνει η επιλογή εκτυπώνεται μια μάσκα που πληροί τα κριτήρια τους. Σε περίπτωση που δεν έχουν οι χρήστες στην κατοχή τους το Skin360, θα χρειαστεί να απαντήσουν ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τον τύπο της επιδερμίδας του και τις ανάγκες που θέλει να καλύψει το προϊόν.[62],[64]

Το project ονομάστηκε MaskiD και το πλάνο τους είναι να λανσάρουν αυτή η την τεχνολογία στο κοινό εντός του έτους.



Εικόνα 4.14: Neutrogena personalized 3D printed mask (Πηγή: neutrogena.com)



Εικόνα 4.15: Neutrogena personalized 3D printed mask (Πηγή: Allure.com)

JALA

Η JALA Group, εταιρεία στη Σανγκάη, χρησιμοποίησε τεχνολογία βιομελάνης (bioink) για τη δημιουργία τρισδιάστατα εκτυπωμένου ανθρώπινου δέρματος και με τις τρεις στοιβάδες από τις οποίες αυτό πραγματικά αποτελείται. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να συμβάλει και στον τομέα της κοσμητολογίας, αναδομώντας δέρμα που έχει υποστεί καταστροφή ή έγκαυμα. Ακόμη, εκμηδενίζει την ανάγκη για δοκιμές των φαρμακευτικών και καλλυντικών προϊόντων στα ζώα.[62]

4.4 Η συμβολή της Προσθετικής Κατασκευής στα καλλυντικά προϊόντα

4.4.1 Παραγωγή καλλυντικών προϊόντων μέσω Προσθετικής Κατασκευής

Αντιλαμβανόμαστε από τον ολοένα ανερχόμενο βαθμό διεξόδου της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης στη βιομηχανία καλλυντικών, ότι υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για αυτόν το νέο τρόπο παραγωγής προϊόντων μακιγιάζ. Η τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέρει έναν βαθμό προσαρμογής και ευκολίας που δεν μπορούν να δώσουν στους κατασκευαστές οι παραδοσιακές μέθοδοι κατασκευής. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία προϊόντων μακιγιάζ που είναι προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τις προτιμήσεις των μεμονωμένων πελατών, καθώς και για την παροχή μιας μεγάλης γκάμα μοναδικών σχεδίων.

Η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στη βιομηχανία καλλυντικών βρίσκεται ακόμη στα σπάργανα, αλλά κερδίζει ραγδαία δυναμική. Υπάρχει πλέον μια σειρά από εταιρείες που ειδικεύονται σε προϊόντα μακιγιάζ με 3D εκτύπωση, όπως η LipLab και η 3D-Printed Cosmetics. Αυτές οι εταιρείες παράγουν καινοτόμα και δημιουργικά προϊόντα που κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος μεταξύ των καταναλωτών. Ο καταναλωτής, κατόπιν ραντεβού, έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει τη δική του μοναδική απόχρωση κραγιόν, να επιλέξει την υφή του, το άρωμα του προϊόντος, καθώς και να το ονομάσει και να επιλέξει τη συσκευασία του, δημιουργώντας έτσι ένα πραγματικά μοναδικό προϊόν.[65]

Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, οι δυνατότητες για προϊόντα μακιγιάζ με τρισδιάστατη εκτύπωση πρόκειται μόνο να αυξάνονται. Αυτή είναι μια συναρπαστική στιγμή για τη βιομηχανία καλλυντικών και είναι σαφές ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση πρόκειται να φέρει επανάσταση στον τρόπο παραγωγής των προϊόντων μακιγιάζ, δημιουργώντας παράλληλα νέες θέσεις εργασίας σε αυτόν τον τομέα για προγραμματιστές λογισμικού, επιστήμονες και ακόμη για έμπειρους κοσμητολόγους, για εξειδικευμένες συμβουλές ομορφιάς.

4.4.2 Σχεδιασμός συσκευασιών καλλυντικών προϊόντων μέσω της Προσθετικής Κατασκευής(Packaging Design)

Η τρισδιάστατη εκτύπωση εκτός από τη δημιουργία του προϊόντος αυτού καθ' αυτού προσφέρει νέες δυνατότητες και σε ότι αφορά τη σχεδίαση της συσκευασίας του καλλυντικού προϊόντος.

Όταν μια συσκευασία παράγεται μέσω της προσθετικής κατασκευής, κάθε στρώμα εκτυπώνεται με ακρίβεια λέιζερ και αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια αψεγάδιαστη και με ακρίβεια σχεδιασμένη συσκευασία.

Η 3D εκτύπωση παρέχει περισσότερα από μια αισθητικά τέλεια συσκευασία. Μέσω της τεχνολογίας αυτής, οι εταιρείες έχουν περισσότερη ευχέρεια στον σχεδιασμό και στη δοκιμή των διαφορετικών εκδοχών για τις συσκευασίες τους πριν τις στείλουν στον εκτυπωτή. Με τον τρόπο αυτό, μειώνεται ο χρόνος που καταναλώνεται για ένα project, καθώς και το κόστος για την παραγωγή των διαφορετικών εκδοχών των συσκευασιών, ενώ παράλληλα εκμηδενίζεται το απορριπτόμενο προϊόν.

Η Anita's Balm, μια μικρή διαδικτυακή εταιρεία περιποίησης προσώπου έχει ήδη ξεκινήσει να χρησιμοποιεί την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης προς όφελός της. Αρχικά, παρήγαγαν μέσω 3D εκτύπωσης τις συσκευασίες των δικών τους καλλυντικών προϊόντων αλλά, όχι πολύ αργότερα, άρχισαν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους και σε άλλες μικρές εταιρείες εκτυπώνοντας και τις συσκευασίες των δικών τους προϊόντων.[62]

Η L'oreal θέλησε να δημιουργήσει μια υπερπολυτελή, limited edition εκδοχή του αρώματός τους Flowerbomb. Η τρισδιάστατη εκτύπωση ήταν «το έναυσμα» για να δημιουργηθεί αυτό το design του αρώματος, το οποίο χρειαζόταν να έχει μεγάλη ακρίβεια στο σχεδιασμό του. Έγιναν πολλές δοκιμές για να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος προσθετικής κατασκευής, καθώς έπρεπε να επιλεγεί εκείνη που θα κατορθώσει το καλύτερο φινίρισμα της επιφάνειας του τελικού προϊόντος, σε συνδυασμό με το χαμηλότερο κόστος παραγωγής.[66]



Εικόνα 4.16: Το κλασικό μπουκάλι αρώματος Flowerbomb (Πηγή: Sephora)



Εικόνα 4.17: Το 3D περίτεχνα εκτυπωμένο μπουκάλι αρώματος Flowerbomb (Πηγή: neimanmarkous)

Κεφάλαιο 5

5.1 Πλεονεκτήματα της Προσθετικής Κατασκευής έναντι των άλλων τεχνολογιών στην μόδα και στα καλλυντικά

5.1.1 Μόδα και Προσθετική Κατασκευή

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ζήτηση στην αγορά πολυτελών προϊόντων αυξάνεται συνεχώς και αντιπροσωπεύει μια υψηλή αξία. Το γεγονός αυτό, την καθιστά βασική αγορά-στόχο για τρισδιάστατα εκτυπωμένα ρούχα, υποδήματα, αξεσουάρ, κ.λπ. Οι πελάτες των ειδών πολυτελείας και ειδικότερα οι millennials, αναζητούν όλο και περισσότερο τρόπους να εκφράσουν τη δική τους μοναδικότητα μέσω υλικών αγαθών, όπως ρούχα ή αυτοκίνητα. Εκεί ακριβώς έγκειται η αξία των τρισδιάστατα εκτυπωμένων προϊόντων. Η εξατομίκευση και η μοναδικότητα που προσφέρουν, είναι τα στοιχεία που τα κάνουν να ξεχωρίζουν έναντι των μαζικά παραγόμενων βιομηχανοποιημένων ενδυμάτων. Έτσι σχεδιαστές, όπως η Iris van Herpen, που χρησιμοποιούν την τρισδιάστατη εκτύπωση, έχουν την ευκαιρία να διαθέσουν τα προϊόντα τους σε μια ολοένα και πιο διευρυμένη αγορά.

Σε συνδυασμό με αυτό, υπάρχουν πελάτες, όπως οι προαναφερθέντες millennials ή ακόμη και ορισμένες αγορές, όπως η κινεζική αγορά που είναι πάντα ανοιχτοί σε τεχνολογικές εξελίξεις και βιώσιμα ρούχα. Ως εκ τούτου, οι πιθανότητες για αγορά 3D εκτυπωμένων ειδών πολυτελείας είναι πολύ αυξημένες.

Στη βιομηχανία παραγωγής κοσμημάτων, η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και την παραγωγικότητά, επειδή ενώ ο εκτυπωτής εκτελεί τη λειτουργία του, οι τεχνίτες μπορούν να επικεντρωθούν σε άλλες εργασίες. Επιπλέον, χάρη σε αυτή την τεχνολογία, είναι δυνατή η απόκτηση πολλών κομματιών με υψηλή ποιότητα και ακριβείς λεπτομέρειες, ειδικά στην περίπτωση περίπλοκων και εξεζητημένων σχεδίων.

Τα προϊόντα της μόδας, όμως, δεν είναι τα μόνα που μπορούν να παραχθούν με τρισδιάστατη εκτύπωση. Η 3D εκτύπωση μπορεί ακόμη να συμβάλλει στον τρόπο που τα luxury προϊόντα λανσάρονται στο κοινό και να βοηθήσει στη διαφήμισή τους μέσω του Visual Merchandising. Το Visual Merchandising είναι η πρακτική της παρουσίασης προϊόντων σε ένα σημείο πώλησης προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η προσοχή και η έλξη των πελατών. Αυτή η διαδικασία είναι μείζονος σημασίας, για να γίνουν ορατά τα προϊόντα στο λιανικό εμπόριο και πραγματοποιείται σύμφωνα με τη στρατηγική και τη φιλοσοφία της ίδιας της μάρκας. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται διαφορετικά εργαλεία και μεθοδολογίες σε αυτόν τον κλάδο μάρκετινγκ, όπως χώροι, χρώμα, φωτισμός, οθόνες, σήμανση κ.λπ.[67]



Εικόνα 5.1: Replicas των αρωμάτων «Good Girl» της Carolina Herrera και του «J'adore» του οίκου Dior σε πολύ μεγάλο μέγεθος για σκοπούς προώθησης των νέων προϊόντων στα καταστήματα καλλυντικών (Πηγή: Adaeqmo)

Ιδιαίτερο παράδειγμα που η 3D εκτύπωση έχει βοηθήσει στην παρουσίαση πολυτελών προϊόντων ήταν το τρισδιάστατα εκτυπωμένο pop-up κατάστημα της Louis Vuitton μέσα στο εμπορικό κέντρο Westfield του Σίδνεϊ της Αυστραλίας, το 2016. Η Omus, η εταιρεία που ήταν υπεύθυνη για το έργο, χρειάστηκε 18 ημέρες για να εκτυπώσει όλα τα διακοσμητικά στοιχεία για το κατάστημα των 90 τετραγωνικών μέτρων. Η Louis Vuitton μοιράστηκε με τους αγοραστές το αποτέλεσμα της τρισδιάστατης αυτής εκτύπωσης, το οποίο περιείχε όλα τα στοιχεία καινοτομίας, καθώς και τη «φρέσκια» σκέψη της μάρκας. Από την πλευρά του, ο Robert Grosso, Chief Innovation Officer στο Omus, σχολίασε: «Η τρισδιάστατη εκτύπωση μεγάλης κλίμακας μπορεί να ερμηνεύσει και να ζωντανέψει τα οράματα ενός σχεδιαστή με τρόπο που καμία άλλη μέθοδος κατασκευής δεν μπορεί. Το θράσος και η πίστη του Louis Vuitton συνέβαλαν επίσης πολύ στο να γίνει αυτό πραγματικότητα».



Εικόνα 5.2: Το 3D εκτυπωμένο κατάστημα της Louis Vuitton στο Σίδνεϊ της Αυστραλίας (Πηγή: 3Dnatives)

Είναι σαφές ότι η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης προσφέρει σχεδιαστική ελευθερία, ταχύτητα και οικονομία, δίνοντας στα brands που την υιοθετούν ξεκάθαρο πλεονέκτημα έναντι των παραδοσιακών/συμβατικών μεθόδων παραγωγής και διαφήμισης. Τίποτα πλέον δεν είναι «ακατόρθωτο» ή εξαιρετικά ακριβό και οι πιο ευφάνταστες ιδέες των δημιουργών μπορούν να γίνουν πραγματικότητα!

5.1.2 Καλλυντικά προϊόντα και Προσθετική Κατασκευή

Η βιομηχανία περιποίησης δέρματος εξελίσσεται ταχέως και η τρισδιάστατη εκτύπωση ανοίγει το δρόμο για μια νέα εποχή εξατομικευμένων προϊόντων. Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι καταναλωτές προσεγγίζουν την περιποίηση της επιδερμίδας τους, επιτρέποντάς τους να δημιουργούν προϊόντα προσαρμοσμένα στον μοναδικό τύπο και τις ανάγκες του δέρματός τους.

Η εξατομίκευση και η αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης την καθιστά ελκυστική επιλογή τόσο για καταναλωτές όσο και για κατασκευαστές. Για τους κατασκευαστές, προσφέρει την ευκαιρία να δημιουργήσουν προϊόντα που είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες ανάγκες των πελατών τους. Για τους καταναλωτές, τους επιτρέπει να δημιουργούν προϊόντα που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τον τύπο και τις ανάγκες του δέρματός τους, με τη διαβεβαίωση ότι θα μπορούν να βρουν το ιδανικό προϊόν για τις ανάγκες τους. Η τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει επίσης πιο αποτελεσματική παραγωγή, με μικρότερους χρόνους παράδοσης και χαμηλότερο κόστος παραγωγής.[68]

Τα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης για προϊόντα περιποίησης δέρματος ξεπερνούν την απλή «εξατομίκευση». Τα τρισδιάστατα εκτυπωμένα προϊόντα περιποίησης δέρματος μπορούν να κατασκευαστούν για να ταιριάζουν απολύτως στις αναλογίες του προσώπου και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του

χρήστη, επιτρέποντας μια πιο άνετη και αποτελεσματική εφαρμογή καθώς και μια πολύ πιο οικεία και προσωπική εμπειρία αγοράς. Επιπλέον, η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας μοναδικών σχημάτων και σχεδίων που δεν ήταν προηγουμένως οικονομικά βιώσιμο να παραχθούν με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής.

Καθώς η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης συνεχίζει να προοδεύει, ο αντίκτυπός της στη βιομηχανία ομορφιάς γίνεται όλο και πιο ξεκάθαρος. Η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται και παράγονται τα προϊόντα ομορφιάς, καθώς και πώς αλληλεπιδρούν οι καταναλωτές μαζί τους. Για παράδειγμα, η τρισδιάστατη εκτύπωση διευκολύνει τους πελάτες να δοκιμάσουν προϊόντα πριν τα αγοράσουν. Αυτό τους βοηθά να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με το ποια προϊόντα θα αγοράσουν και μειώνει τον κίνδυνο να αγοράσουν ένα προϊόν που δεν ταιριάζει στις ανάγκες τους.[68]

Οι δυνατότητες για προϊόντα μακιγιάζ με τρισδιάστατη εκτύπωση είναι τεράστιες. Για παράδειγμα, η προσθετική κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία περίπλοκων, προσαρμοσμένων σχεδίων και μοναδικών αποχρώσεων για κραγιόν, σκιές ματιών και άλλα προϊόντα. Μπορεί επίσης να δημιουργήσει πολύπλοκες υφές και εφέ, όπως glitter και shimmer, τα οποία είναι δύσκολο να επιτευχθούν με παραδοσιακές μεθόδους. Επιπλέον, η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή προϊόντων μακιγιάζ σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, επιτρέποντας στους πελάτες να βρουν την τέλεια εφαρμογή για τις ανάγκες τους. [65]

Η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στη βιομηχανία καλλυντικών βρίσκεται ακόμη στα σπάργανα, αλλά κερδίζει ραγδαία δυναμική. Υπάρχει πλέον μια σειρά από εταιρείες που ειδικεύονται σε προϊόντα μακιγιάζ με 3D printed, όπως το LipLab και το 3D-Printed Cosmetics. Αυτές οι εταιρείες παράγουν καινοτόμα και δημιουργικά προϊόντα που κερδίζουν δημοτικότητα μεταξύ των καταναλωτών.



Εικόνα 5.3: Βήμα – βήμα η παραγωγή της επιλεγμένης απόχρωσης κραγιόν (Πηγή: LipLab)

Τα προϊόντα μακιγιάζ με τρισδιάστατη εκτύπωση δεν είναι μόνο ελκυστικά για τους πελάτες, αλλά προσφέρουν επίσης μια σειρά από οφέλη για τις εταιρείες. Μπορούν να παραχθούν γρήγορα και με χαμηλότερο κόστος από τις παραδοσιακές μεθόδους, γεγονός που τις καθιστά μια οικονομικά αποδοτική επιλογή για τις επιχειρήσεις. Η τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέρει επίσης ένα επίπεδο προσαρμογής που δεν είναι δυνατό με τις παραδοσιακές διαδικασίες παραγωγής, επιτρέποντας στις εταιρείες να προσφέρουν μοναδικά και εξατομικευμένα προϊόντα.

Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, οι δυνατότητες για προϊόντα μακιγιάζ με τρισδιάστατη εκτύπωση πρόκειται μόνο να αυξηθούν. Αυτή είναι μια συναρπαστική στιγμή για τη βιομηχανία καλλυντικών και είναι σαφές ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση πρόκειται να φέρει επανάσταση στον τρόπο παραγωγής των προϊόντων μακιγιάζ.

5.1.3 Packaging Design καλλυντικών προϊόντων και Προσθετική Κατασκευή

Η συσκευασία των προϊόντων ομορφιάς, είναι ο κλάδος της βιομηχανίας καλλυντικών όπου η τεχνολογία 3D θα έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο της, σύμφωνα με την Antoinette van den Berg. Πιστεύει ακράδαντα ότι η 3D εκτύπωση θα έχει ευρύτατη εφαρμογή στη σχεδιαστική διαδικασία της συσκευασίας των καλλυντικών προϊόντων. Οι δυνατότητες σχεδίασης περιεκτών καλλυντικών προϊόντων αλλά και των εξωτερικών συσκευασιών τους επεκτείνονται σε νέα όρια. Τα μοντέλα μπορούν να σχεδιαστούν και στη συνέχεια να παραχθούν γρήγορα κι εύκολα. Επειδή η προηγμένη τεχνολογία συμβαδίζει με την τρισδιάστατη εκτύπωση, οι δυνατότητες σχεδίασης και προεπισκόπησης του τελικού προϊόντος είναι αμέτρητες. Οι κατασκευαστές συσκευασιών έχουν τη δυνατότητα να σχεδιάσουν ψηφιακά και να δοκιμάσουν διαφορετικά μοντέλα συσκευασίας πριν στείλουν το τελικό σχέδιο στον εκτυπωτή. [69]

Η τεχνολογία δίνει στους κατασκευαστές αυτόν τον έλεγχο της διαδικασίας. Άρα όλα τα στοιχεία τελειοποιούνται μέχρι να γίνει η συσκευασία, και παράλληλα εξαλείφονται τα δαπανηρά ελαττώματα σχεδιασμού και τα κατασκευαστικά σφάλματα.

Δεδομένου ότι η διαδικασία της εκτύπωσης γίνεται με εξαιρετική ακρίβεια, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ιδανική για τη δημιουργία πολυτελών συσκευασιών. Κατά την κατασκευή, κάθε στρώμα του επιλεγμένου υλικού συσκευασίας «τυπώνεται» προσεκτικά ή απλώνεται σε ένα πολύ λεπτό φύλλο. Αυτή η στρώση συνεχίζεται μέχρι να δημιουργηθεί το επιθυμητό σχήμα με βάση τα ψηφιακά μοντέλα που εισήχθησαν στον εκτυπωτή. Κάθε φύλλο τοποθετείται με ακρίβεια λείζερ, έτσι η τελική συσκευασία είναι απίστευτα λεία με αιχμηρές, καθαρές λεπτομέρειες. Με βάση αυτό, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι εταιρείες τρισδιάστατης εκτύπωσης, όπως η Toly Group με έδρα τη Μάλτα, έχουν καταλόγους πελατών γεμάτους επιτυχημένες και πολυτελείς μάρκες ομορφιάς.

Εκτός από τη συσκευασία των καλλυντικών προϊόντων αυτών καθ' αυτών, η 3d εκτύπωση μπορεί να συμβάλει και στην εμπορική προώθηση των προϊόντων, δηλαδή στο μάρκετινγκ. Το μάρκετινγκ της συσκευασίας, αναφέρεται σε αυτό που περιβάλλει το ίδιο το προϊόν, από την ετικέτα έως τα δεδομένα του προϊόντος. Η συσκευασία μπορεί να έχει επικοινωνιακό ή λειτουργικό σκοπό. Στην περίπτωση της διαφήμισης, η τρισδιάστατη εκτύπωση των συσκευασιών έχει αυστηρά αισθητικό και επικοινωνιακό σκοπό. Αυτός ο στόχος επιτυγχάνεται χάρη στη σχεδιαστική ελευθερία που προσφέρει η προσθετική κατασκευή, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία σύνθετων γεωμετριών, κάνοντας πολύ πιο εύκολο για τους σχεδιαστές και τους διαφημιστές να μεταφέρουν το μήνυμά τους με τον βέλτιστο τρόπο στο καταναλωτικό κοινό. [68]

Ένα από αυτά τα παραδείγματα συσκευασίας μπορεί να βρεθεί στα αρώματα που κυκλοφόρησε η Formula 1, η F1 Fragrances Engineered Collection. Η εξωτερική τους δομή κατασκευάστηκε από τεχνοπολυμερή ρητίνη τρισδιάστατης εκτύπωσης χρησιμοποιώντας μόνο το απαραίτητο υλικό. Ο Ross Levogrove, σχεδιαστής και οραματιστής αρωμάτων, εξηγεί, «Η σκέψη μου πίσω από τον εξωσκελετό ήταν, από τη μία πλευρά, η βιωσιμότητα. Ήθελα να δημιουργήσω κάτι που να «φιλοξενεί» το μπουκάλι του αρώματος, το οποίο θα μπορεί να αντικατασταθεί μόλις τελειώσει και να επαναποδοποιηθεί ένα νέο ανταλλακτικό άρωμα στον εξωσκελετό. Η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης λειτούργησε προς αυτή την κατεύθυνση εξαιρετικά αποτελεσματικά, χωρίς σπατάλη. Παράγονται μόνο τα απαραίτητα σχήματα, όπως ακριβώς ένα μονοθέσιο της F1».[70]



Εικόνα 5.4: Ο 3D εκτυπωμένος εξωσκελετός για το άρωμα της Formula 1 (Πηγή: Formula 1)

5.2 Οφέλη της Προσθετικής Κατασκευής στην βιομηχανία της μόδας και των καλλυντικών

5.2.1 Οφέλη στην μόδα

Στο χώρο της μόδας, η χρήση τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση ή/και στην εξάλειψη πολλών αρνητικών περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων, αρκεί να παραθέσουμε τα παρακάτω γεγονότα:

- 11,1 εκ. τόνοι υφασμάτων απορρίφθηκαν στην ύπαιθρο το 2017
- Κατά μέσο όρο, η αποσύνθεση των απορριπτόμενων υφασμάτων διαρκεί περίπου 200 χρόνια
- Κατά την αποσύνθεσή τους, τα υφάσματα εκλύουν μεθάνιο στο περιβάλλον (ένα βλαπτικό αέριο του θερμοκηπίου)

- Στις παραδοσιακές τεχνικές ραψίματος ρούχων, ένα ποσοστό της τάξεως του 15%-30% απορρίπτεται ως «ρετάλι»
- Κατά μέσο όρο, απαιτούνται περίπου 2.700 λίτρα νερού για να παραχθεί ένα βαμβακερό T-shirt
- Εκτιμάται ότι περίπου το 20% της ρύπανσης των υδάτων, προέρχεται από τη βιομηχανία επεξεργασίας υφασμάτων
- Τα εργοστάσια μόδας προκαλούν ζημίες στις κοντινές τους κοινότητες (μόλυνση υδάτων, καταστροφή περιβάλλοντος)

Η χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης βοηθά στην εξάλειψη των απορριμμάτων και δύναται να χρησιμοποιεί υλικά που δεν απαιτούν μεγάλη επεξεργασία μέσω ύδατος (όπως το βαμβάκι ή και άλλα φυσικά ή συνθετικά υλικά). Τα χρησιμοποιούμενα στην τρισδιάστατη εκτύπωση υλικά, κατά κανόνα είναι ανακυκλώσιμα και εύκολα επαναχρησιμοποιούμενα, βοηθώντας στη δραστική μείωση των απορριπτόμενων στη φύση υφασμάτων. Επιπλέον, η χρήση αυτών των εκτυπωτών, μπορεί να συμβάλλει στη μείωση του αρνητικού «περιβαλλοντικού αποτυπώματος» των μεγάλων εργοστασίων παραγωγής.[71]



Εικόνα 5.5: Danit Peleg (σχεδιάστρια μόδας από το Τέλ Αβίβ) – Συλλογή τρισδιάστατων ενδυμάτων από οικιακούς 3D εκτυπωτές (Πηγή: Danit Peleg)

5.2.2 Οφέλη στα καλλυντικά προϊόντα

Το πιο προφανές όφελος της προσθετικής κατασκευής για τη βιομηχανία καλλυντικών είναι η ικανότητά της να παράγει προσαρμοσμένα προϊόντα. Οι καταναλωτές μπορούν πλέον να έχουν το δικό τους εξατομικευμένο μακιγιάζ που είναι προσαρμοσμένο στις ακριβείς προδιαγραφές τους. Αυτό δημιουργεί μια πολύ πιο οικεία και προσωπική εμπειρία αγοράς, καθώς τα προϊόντα μπορούν να προσαρμοστούν στις συγκεκριμένες ανάγκες ενός ατόμου. Επιπλέον, η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μοναδικών σχημάτων και σχεδίων που δεν ήταν προηγουμένως δυνατά με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής.[62]

Τα προϊόντα μακιγιάζ με τρισδιάστατη εκτύπωση δεν είναι μόνο ελκυστικά για τους πελάτες, αλλά προσφέρουν επίσης μια σειρά από οφέλη για τις εταιρείες.

Σημαντική είναι η συμβολή της τρισδιάστατης εκτύπωσης στη μείωση του κόστους παραγωγής καλλυντικών. Εξαλείφοντας την ανάγκη για ακριβά καλούπια και άλλα κατασκευαστικά εξαρτήματα, το κόστος παραγωγής ενός προϊόντος μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες τιμές για τον καταναλωτή, καθώς και αυξημένα κέρδη για τον κατασκευαστή.[72]

Τέλος, η τεχνολογία της προσθετικής κατασκευής μπορεί επίσης να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων στη βιομηχανία καλλυντικών. Καθώς τα τρισδιάστατα εκτυπωμένα προϊόντα δεν απαιτούν καλούπια ή άλλα παραδοσιακά κατασκευαστικά εξαρτήματα, παράγονται λιγότερα απόβλητα. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της βιομηχανίας καλλυντικών.

Σε συνδυασμό με αυτό, ενώ στο παρελθόν η χρήση πλαστικών νημάτων ως υλικό των τρισδιάστατων εκτυπωτών αποτελούσε μειονέκτημα για την τεχνολογία αυτή, σήμερα οι εταιρείες έχουν αναπτύξει βιοδιασπώμενα υλικά τα οποία είναι και φιλικότερα προς το περιβάλλον αλλά και πιο οικονομικά από τα πλαστικά υλικά.

Το Beauty Industry έχει έρθει αντιμέτωπο, στο παρελθόν, με δηκτικές κριτικές που αφορούσαν οικολογικά θέματα. Η τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέρει μια ευκαιρία για τη βιομηχανία αυτή να πάρει κατευθύνει τους καταναλωτές σε περιβαλλοντικά ωφέλιμες και μη βλαπτικές πρακτικές και να συμμετάσχει σε φιλικές προς το περιβάλλον τάσεις.[62]

Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία οικολογική τεχνολογία, καθώς κάνει χρήση από μια σειρά ανακυκλωμένων και φιλικών προς το περιβάλλον υλικών, όπως τα βιοπλαστικά. Τα πλαστικά φυτικής προέλευσης για τρισδιάστατη εκτύπωση, κατασκευασμένα από φυσικούς και ανανεώσιμους πόρους, είναι ευκολότερα στην επεξεργασία σε σχέση με τα συμβατικά πλαστικά που παράγονται με βάση το πετρέλαιο. Είναι επίσης δερματολογικά ασφαλή και χωρίς οσμή. Αρκετά πρωτότυπα μηχανών έχουν ήδη κατασκευαστεί και μετατρέπουν το ανακυκλωμένο πλαστικό σε νήματα έτοιμα για χρήση σε τρισδιάστατους εκτυπωτές. Το καλύτερο μέρος είναι ότι αυτά τα μηχανήματα είναι σχετικά απλά στη χρήση. Πολλά μπορούν να λειτουργήσουν από τους καταναλωτές στα σπίτια τους. Αποδεικνύεται ότι τα παραδοσιακά πλαστικά νήματα εκτύπωσης είναι πιο δαπανηρά από τα βιοδιασπώμενα νήματα. Στην κατεύθυνση αυτή, καινοτόμες εταιρείες αναπτύσσουν νέα βιοδιασπώμενα υλικά ώστε να είναι περιβαλλοντικά ασφαλή και να εξοικονομούν πόρους για τις επιχειρήσεις.[73]

Όσον αφορά τη συσκευασία, η τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέρει στις εταιρείες ομορφιάς τη δυνατότητα να δημιουργούν μοναδικά και εντυπωσιακά σχέδια που μπορούν να τις βοηθήσουν να διαφοροποιήσουν τα προϊόντα τους από τους ανταγωνιστές τους, βοηθώντας τις να αυξήσουν το μερίδιο αγοράς τους. Η τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει επίσης την παραγωγή προσαρμοσμένων σχημάτων και μεγεθών που μπορούν να βοηθήσουν ένα προϊόν να ξεχωρίσει σε ένα ράφι καταστήματος. Επιπλέον, η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης επιτρέπει τη δημιουργία συσκευασίας που είναι ταυτόχρονα ελαφριά και ανθεκτική, καθιστώντας

ευκολότερη τη μεταφορά και την αποθήκευση. Επιπλέον, η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης επιτρέπει τη δημιουργία προϊόντων με περίπλοκες εσωτερικές δομές που ενισχύουν την απόδοσή τους, όπως πινέλα μακιγιάζ με κούφια χερούλια που τα κάνουν πιο ελαφριά και ευκολότερα στη χρήση.

Από την πλευρά του λιανοπωλητή, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια ευκαιρία για παλαιότερες επωνυμίες ομορφιάς να καινοτομήσουν και να εξατομικεύσουν για να τραβήξουν την προσοχή των νεότερων καταναλωτών που αναζητούν κάτι μοναδικό. Επιτρέπει επίσης στις νεότερες εταιρείες καλλυντικών προϊόντων να κρατούν τους καταναλωτές αφοσιωμένους μένοντας στην κορυφή των τάσεων.

Και τέλος, ο καταναλωτής νιώθει ο μεγαλύτερος νικητής όλων, καθώς έχει πλέον απεριόριστη πρόσβαση στην εξατομίκευση. Μπορούν να επιλέξουν να δημιουργήσουν εξατομικευμένα προϊόντα μέσω μιας μεγαλύτερης επωνυμίας καλλυντικών όπως το Smashbox. Μπορούν επίσης να επιλέξουν να επενδύσουν σε προσωπική τεχνολογία όπως το στυλό 3D εκτύπωσης Adorn. Η δύναμη του χρώματος είναι στα χέρια τους.

Όσον αφορά στα οφέλη από τις 3D εκτυπωμένες συσκευασίες εκτείνονται πολύ πέρα από την απλή αισθητική. Πολλές εταιρείες το ανακάλυψαν μόνες τους μετά την προσαρμογή τους στη νέα διαδικασία παραγωγής.

Εάν έχετε εμπειρία στη βιομηχανία συσκευασίας, πιθανότατα γνωρίζετε ότι η διαδικασία κατασκευής δεν είναι χωρίς επιπλοκές. Ζητήματα σπατάλης, κόστους και επικαιρότητας μπορεί να είναι απογοητευτικά. Όπως και η έλλειψη βιώσιμων επιλογών όσον αφορά την παραγωγή. Οι εταιρείες που έχουν στραφεί στην τρισδιάστατη εκτύπωση έχουν βρει πολλά από αυτά τα επιβαρυντικά ζητήματα λυμένα.

Λόγω της ακριβούς διαδικασίας ψηφιακού σχεδιασμού που αναφέρθηκε προηγουμένως, τα προβλήματα μπορούν να επιλυθούν πριν καν εκτυπωθεί οποιαδήποτε συσκευασία. Αυτό εξοικονομεί χρόνο, χρήμα και υλικό. Καμία ελαττωματική συσκευασία δεν πρέπει να πεταχτεί και να ξανατυπωθεί.

Δεδομένου ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση δημιουργεί προϊόντα με προσθετική κατασκευή - εργασία στρώμα προς στρώμα μόνο με απαραίτητο υλικό - αντί με αφαιρετική κατασκευή - ξεκινώντας από μια μάζα υλικού και διαμορφώνοντας το προϊόν από αυτό το σύνολο - τα δαπανηρά υλικά δεν καταλήγουν να πάνε χαμένα.

Η όλη διαδικασία εκτύπωσης γίνεται τόσο γρήγορα. Οι χρόνοι ανάπτυξης είναι ένα κλάσμα αυτού που θα ήταν με την παραδοσιακή κατασκευή. Η αποτελεσματικότητα και η παραγωγικότητα από την 3D εκτύπωση δημιουργεί κέρδη που αθροίζονται πολύ γρήγορα και αποσβένεται η αρχική επένδυση για τον εξοπλισμό πολλές φορές.

5.3 Μειονεκτήματα – Προβλήματα – Περιορισμοί της Προσθετικής Κατασκευής στο Beauty Industry

Παρόλο που η προσθετική κατασκευή αποτελεί προφανέστατα μια επαναστατική τεχνολογία με προοπτικές να αλλάξει το μέλλον της βιομηχανίας της μόδας και των

καλλυντικών, υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτής από αρκετές εταιρείες.[72]

Αυτές αφορούν σε οικονομικούς αλλά και επιστημονικούς παράγοντες. Πιο αναλυτικά:

- **Μαζική Παραγωγή**

Παρά το γεγονός ότι η χρήση της τεχνολογίας της προσθετικής κατασκευής δεν απαιτεί να υπάρχουν εκτενείς βιομηχανικές εγκαταστάσεις με πληθώρα εξειδικευμένων μηχανημάτων, παρά μόνο προϋποθέτει την ύπαρξη ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή, η μαζική παραγωγή προς το παρόν είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

Ο κυριότερος λόγος είναι ο χρόνος που απαιτεί για να κατασκευαστεί κάθε τρισδιάστατα εκτυπωμένο αντικείμενο και σε συνδυασμό με αυτό, ο μικρός αριθμός κομματιών που μπορούν να παραχθούν σε μία μόνο εκτύπωση.

- **Κόστος Κατασκευής**

Το κόστος της αρχικής επένδυσης για την αγορά ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή υψηλών απαιτήσεων για εμπορική χρήση, είναι ακόμη αρκετά μεγάλο, καθώς οι εκτυπωτές είναι ακριβά μηχανήματα. Αυτό, ίσως αποτελέσει πρόβλημα για τις μικρότερες επιχειρήσεις που θα αποφασίσουν να υιοθετήσουν την τεχνολογία αυτή στο κομμάτι της παραγωγής τους.

- **Εξειδικευμένο Προσωπικό**

Παράλληλα, προϋπόθεση για την χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών αποτελεί η ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού με ικανότητες στη χρήση προγραμμάτων CAD, CAM και CAE. Αυτός ο παράγοντας βέβαια, όπως προαναφέραμε, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, τείνει να εξαλειφθεί, καθώς απλοποιείται η χρήση των εκτυπωτών, και –όπως και σε όλα τα προϊόντα τεχνολογίας- μειώνεται σταδιακά η τιμή πώλησής τους.

- **Υλικά Κατασκευής**

Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προσθετική κατασκευή συνεχώς εξελίσσονται και αναπτύσσονται καινοτόμα, πιο εύχρηστα και φιλικά προς το περιβάλλον υλικά. Όμως, υπάρχουν ακόμα κάποιοι περιορισμοί σε υλικά που δεν μπορούν να εκτυπωθούν εύκολα, όπως για παράδειγμα το γυαλί, το ύφασμα κ.α.

5.4 Προκλήσεις

Παρόλη τη δημοτικότητα που έχει κατορθώσει να κερδίσει τα τελευταία χρόνια η τρισδιάστατη εκτύπωση στο χώρο της μόδας και της ομορφιάς, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Ποιοτικός έλεγχος

Τόσο τα ενδύματα, όσο και τα καλλυντικά προϊόντα, αλλά και οι συσκευασίες στις οποίες αυτά περιέχονται και διακινούνται, είναι απαραίτητο να πληρούν συγκεκριμένα πρότυπα ασφάλειας και ποιοτικού ελέγχου. Η τυποποίηση και η πιστοποίηση των χρησιμοποιούμενων υλικών, αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για την εκτεταμένη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο beauty industry.

Η έλλειψη προτύπων καθιστά εξαιρετικά επίφοβη την υιοθέτηση της τρισδιάστατης εκτύπωσης ως ευρείας κλίμακας μέσο παραγωγής προϊόντων ομορφιάς. Το γεγονός ότι τα καλλυντικά είναι προϊόντα που έρχονται σε άμεση επαφή και πολλές φορές απορροφώνται από το ανθρώπινο δέρμα, θέτει ζήτημα επιστημονικής πιστοποίησης της καταλληλότητας των πρώτων υλών που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή τους.[36]

Προς το σκοπό αυτό, είναι εξαιρετικά σημαντικό να καθιερωθεί ένα ολοκληρωμένο σύνολο προτύπων ποιότητας και καταλληλότητας, τόσο των πρώτων υλών, όσο και των τρισδιάστατων εκτυπωτών που θα πιστοποιούνται ως κατάλληλοι για χρήση σε προϊόντα ομορφιάς, στα οποία θα συμμορφώνονται όλοι, είτε η εκτύπωση αφορά βιομηχανική, είτε οικιακή παραγωγή.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας οφείλει να δώσει τις απαραίτητες κατευθύνσεις, σε συνεργασία με καταξιωμένους φορείς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των Η.Π.Α. και λοιπών κρατών, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι από χρήση «ακατάλληλων» πρώτων υλών.

Κατοχύρωση πνευματικών δικαιωμάτων

Η τρισδιάστατη εκτύπωση, όπως ήδη αναφέραμε, αφήνει ευρύτατο πεδίο έκφρασης για την καλλιτεχνική δημιουργία. Οτιδήποτε μπορεί να φανταστεί ο δημιουργός, όσο σύνθετο, ευφάνταστο και περίπλοκο, μπορεί να εκτυπωθεί. Οι τομείς της μόδας και των καλλυντικών, αποτελούν χώρους δημιουργικότητας και καλλιτεχνικής έκφρασης όπου τα καινοτόμα σχέδια και προϊόντα είναι εκείνα που πρωταγωνιστούν, έτσι ώστε ο δημιουργός να επιδιώκει να αναδειχθεί μέσω πρωτότυπων σχεδίων και προτάσεων.

Η ευκολία στην «αντιγραφή» πρωτότυπων δημιουργιών, θέτει θέμα προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας των δημιουργών. Σε νομοθετικό επίπεδο (Ν. 2121/1993), προβλέπεται πως οι εταιρείες και οι δημιουργοί έχουν το δικαίωμα να κατέχουν την αποκλειστικότητα στην εκμετάλλευση των έργων τους, καθώς και το δικαίωμα στην απόλυτη προστασία του βαθμού συμβολής τους στο έργο τους. Για να τηρούνται εξίσου αυτά τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, είναι απαραίτητο να είναι σε ισχύ ορισμένες προϋποθέσεις που θα εντάσσουν τα έργα τους στο θεσμικό αυτό πλαίσιο και να βεβαιώνουν πως οι δημιουργοί μπορούν να ασκήσουν απρόσκοπτα τα δικαιώματά τους αυτά. Πιο συγκεκριμένα, τα έργα που συμπεριλαμβάνονται στο παραπάνω νομικό πλαίσιο αφορούν σε ό,τι είναι ικανό να αποτελέσει ανθρώπινο πνευματικό έργο, πλαισιώνοντας μια ιδέα και διεπόμενο από πρωτοτυπία. Ο νόμος της πνευματικής ιδιοκτησίας προφυλάσσει το δημιούργημα όχι ως υλικό αντικείμενο, αλλά ως άυλο αγαθό, αφού το νόημα και ο σκοπός της νομοθεσίας είναι η προστασία

της δημιουργικής σκέψης του δημιουργού στην οποία έχει καταφέρει να δώσει μορφή.[74]

Σε επίπεδο βιομηχανικής παραγωγής, η πνευματική ιδιοκτησία σε βιομηχανικό επίπεδο διέπεται από το νόμο προστασίας όσον αφορά στα εμπορικά σημάτα, σχέδια και ευρεσιτεχνίες, το οποίο ορίζει σαφέστατα ότι τα προϊόντα/δημιουργίες αντιμετωπίζονται περισσότερο ως εμπορικά αγαθά παρά ως πνευματικές δημιουργίες. Η προστασία της εμπορικότητας του αγαθού οφείλει να προστατεύεται εξίσου, ώστε να διασφαλίζεται οικονομικά ο δημιουργός, αλλά και ο έμπορος που θα διαθέσει το αγαθό του στο αγοραστικό κοινό.

Το γεγονός όμως ότι πλέον και οι ιδιώτες θα κάνουν εκτεταμένη χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών στο σπίτι τους, με δυνατότητα «αναπαραγωγής» σχεδίων και δημιουργιών, προκαλεί ανησυχία, για το κατά πόσο θα γίνει ορθολογική χρήση αυτών και θα διασφαλίζεται η άδεια του δημιουργού, πριν την αναπαραγωγή ενός αγαθού, είτε για εμπορικό σκοπό, είτε για προσωπική χρήση. Η βιομηχανία της μόδας και της ομορφιάς, χρόνια τώρα, αντιμετωπίζει τη μάστιγα των «απομιμήσεων», όπου η ανεξέλεγκτη παραγωγή τρισδιάστατα εκτυπωμένων αγαθών θα αποτελούσε να διακινδυνεύσει κατά πολύ την τήρηση των πνευματικών δικαιωμάτων των δημιουργών τους. Ο νόμος 4961/2022 ήρθε να αντιμετωπίσει το ζήτημα, καθώς στο άρθρο 53 προβλέπεται η υποχρέωση καταβολής εκ μέρους των ιδιωτών ενός ποσοστού τέσσερα τοις εκατό από την πραγματική αξία των έργων στους δημιουργούς αυτών ή σε αυτούς που έχουν τα αντίστοιχα δικαιώματα στις περιπτώσεις που εκείνοι εκτυπώνουν ένα έργο τους. Παράλληλα, το 54^ο άρθρο του ορίζει την συμφωνία για χρήση και διακίνηση των ψηφιακών CAD αρχείων, στις online πλατφόρμες, υπό την αυστηρή προϋπόθεση προηγούμενος ύπαρξης άδειας από τον δημιουργό ή τον νόμιμο δικαιούχο.

Χάσμα Δεξιοτήτων ΤΠΕ

Όπως για όλα τα σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία, για τη χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών, απαιτούνται βασικές ή/και εξειδικευμένες ψηφιακές δεξιότητες, ανάλογα την οικιακή ή επαγγελματική χρήση τους.

Είναι γνωστό ότι οι εργαζόμενοι με δεξιότητες αποτελούν τα θεμέλια των επιτυχημένων επιχειρήσεων. Μια πρόσφατη έρευνα σε 1700 Διευθύνοντες Συμβούλους παγκοσμίως έδειξε ότι το ανθρώπινο κεφάλαιο αξιολογείται, πέρα από όλους τους υπόλοιπους παράγοντες ως η πηγή της βιώσιμης οικονομικής αξίας. Στο σύγχρονο ιδιαίτερα ανταγωνιστικό επιχειρησιακό περιβάλλον, η τεχνολογία είναι ένας βασικός παράγοντας που επιτρέπει την επικοινωνία, την καινοτομία και την αποδοτικότητα. Ωστόσο, σε πολλές παγκόσμιες οικονομίες, η ζήτηση εργαζομένων με σχετικές ψηφιακές δεξιότητες εντείνεται, ενώ η προσφορά δεν καταφέρνει να ικανοποιήσει την εν λόγω ζήτηση.[75]

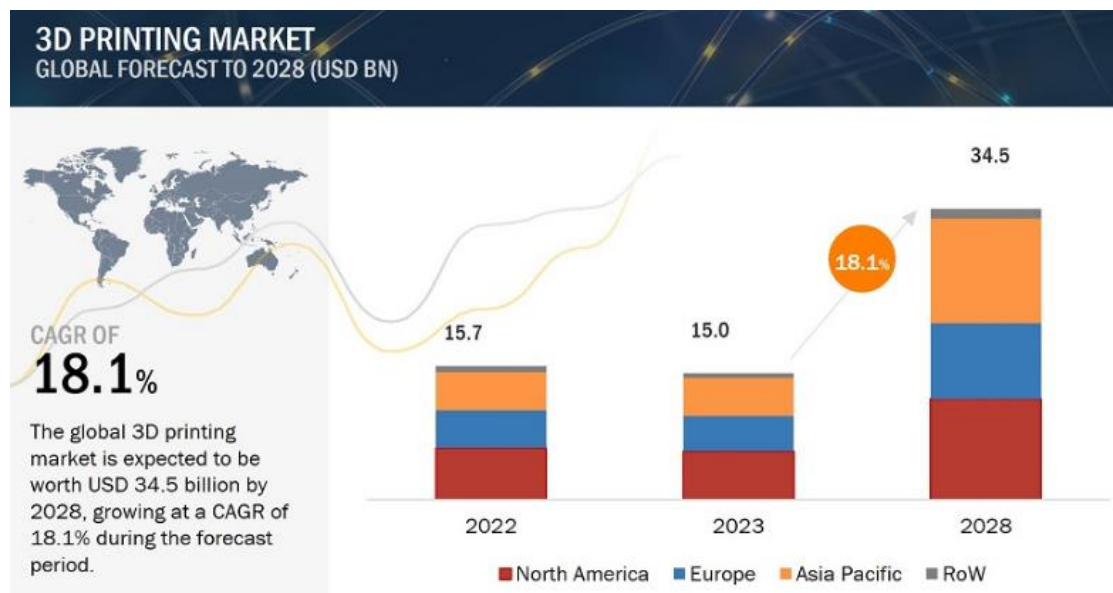


Εικόνα 5.6: Πηγές της βιώσιμης οικονομικής αξίας, όπως καθορίστηκαν από τους Διευθύνοντες Συμβούλους (IBM, 2012)

Βέβαια, η εν λόγω πρόκληση, αναμένεται να αντιμετωπιστεί σε μεγάλο βαθμό, με την αυξανόμενη εξοικείωση των σύγχρονων ανθρώπων στην τεχνολογία, αλλά και την απλοποίηση των τεχνολογικών συσκευών, οι οποίες τείνουν να γίνονται ολοένα και πιο εύχρηστες και «φιλικές προς το χρήστη».

5.5 Μελλοντικές προοπτικές

Η παγκόσμια αξία τους στην αγορά της τρισδιάστατης εκτύπωσης βρίσκεται αυτή τη στιγμή στα 15 δισ. δολάρια Αμερικής ενώ αναμένεται ως το 2028 να φτάσει στα 34.5 δισ. δολάρια.[76]



Εικόνα 5.7: Πρόβλεψη παγκόσμιας ανάπτυξης της αγοράς της τρισδιάστατης εκτύπωσης (Πηγή: marketsandmarkets)

Σε συνδυασμό με αυτό, το μέγεθος της αγοράς των υπηρεσιών και των προϊόντων τρισδιάστατης εκτύπωσης, παγκοσμίως, βρίσκονταν το 2020 στα 12.6 δισ. δολάρια ενώ τα στατιστικά αναφέρουν πως το 2026 θα αγγίξει τα 37.2 δισ. Δολάρια, δηλαδή θα τριπλασιαστεί μέσα σε 6 μόλις χρόνια! [77]

Οι κυριότερες εταιρείες που παράγουν σήμερα 3D εκτυπωτές είναι: Stratasys (US), 3D Systems (US), EOS GmbH (Germany), Materialise (Belgium), GE (US), Voxeljet (Germany), HP (US), SLM Solutions (Germany), CleanGreen3D Limited (Ireland), Protolabs (US), Optomec (US), Groupe Gorge (France), Ultimaker (The Netherlands), Renishaw (UK), Beijing Tiertime Technology (China) and XYZprinting (Taiwan).

Είναι χαρακτηριστικές οι δηλώσεις διαφόρων σημειώντων προσώπων στον κλάδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης, που δείχνουν ξεκάθαρα τις μελλοντικές προοπτικές εξάπλωσης της χρήσης των τρισδιάστατων εκτυπωτών σε όλους τους τομείς της οικονομίας.

Ο συνιδρυτής της εταιρείας Isis 3D Marc Auger, απεύθυνε το εξής ερώτημα: “Ένα δύσκολο πράγμα να ερωτηθεί κανείς είναι σε ποιο σημείο θα βρίσκεται η προσθετική κατασκευή σε 50 χρόνια από τώρα; Τότε, τρισδιάστατοι εκτυπωτές θα βρίσκονται παντού, σε σπίτια, σε εργοστάσια, και θα μπορούν να εκτυπωθούν τα πάντα σε μεγάλες ταχύτητες. Οι ως τώρα συμβατικές μέθοδοι κατασκευής δεν θα υφίστανται πια. Ακόμα πιο δύσκολο ερώτημα να θέσουμε είναι σε ποιο σημείο θα βρίσκεται σε 10 χρόνια, και αυτό είναι κάτι που δεν μπορώ να απαντήσω. Νομίζω σύντομα, θα δούμε τρισδιάστατους εκτυπωτές μεγάλης αξίας να δημιουργούν τρελά αντικείμενα. Θα εκτυπώνουν ταχέως, θα δημιουργούν από ποικίλα υλικά και θα είναι ικανά να εκτυπώνουν αντικείμενα μεγάλης ακρίβειας. Θεωρώ πως πιθανότατα θα ακολουθήσει ένα καινούργιο CAD πρόγραμμα, το οποίο θα είναι στην ευχέρεια όλων, σε αντίθεση με τώρα που τα λογισμικά CAD αποτελούν αποκλειστικά σχεδόν δικαιοδοσία των μηχανικών. Θα μοιάζει κάπως σαν το λογισμικό Word, δηλαδή ένα πρόγραμμα το οποίο ο μέσος άνθρωπος θα μπορεί να χρησιμοποιεί χωρίς να επαγγέλεται την ιδιότητα του μηχανικού.” [78]

Ο διευθυντής της iMakr, Sylvain Preumont, είπε: “Στο κατάστημα μας υπάρχουν πολλά μικροπράγματα, τα οποία απλώς φτιάξαμε την στιγμή που τα χρειαστήκαμε. Αυτό δεν είναι κάτι πλέον εντυπωσιακό, ούτε και εξωπραγματικό, αλλά είναι η πραγματικότητα και σύντομα θα υφίσταται στα πάντα. Σκεφτείτε τη μουσική. Με ποιόν τρόπο επιλέγετε να ακούτε μουσική; Υπάρχουν διάφοροι τρόποι. Μπορείτε να ακούσετε σε ένα στερεοφωνικό, με τη χρήση ενός cd, μίας κασέτας, ή ακόμα πιο εύκολα μέσω του κινητού σας τηλεφώνου. Ποιο από αυτά θα χρησιμοποιήσετε, τελικά; Δεν θεωρείται το ιδανικότερο για την χρήση αυτή, αλλά το κινητό σας μπορεί να κάνει τόσα πολλά, όπως το να στέλνει email, να παίξετε παιχνίδια με αυτό και να το χρησιμοποιείτε για να ακούσετε μουσική. Το ίδιο θα ισχύει και για τους τρισδιάστατους εκτυπωτές. Αν αγοράσετε ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή και τον χρησιμοποιήσετε για ορισμένους σκοπούς, όταν προκύψει κάτι ακόμη για το οποίο θα φανεί χρήσιμος, θα τον χρησιμοποιήσετε. Το να χρησιμοποιείτε τον εκτυπωτή σας θα είναι τόσο απλό και θα αποτελεί κομμάτι της καθημερινότητας ακόμα και για τα παιδιά σας. Είναι μία από αυτές τις τεχνολογίες που τα παιδιά σας μία μέρα θα ρωτούν «Εσύ όταν ήσουν παιδί δεν είχες 3D εκτυπωτή; Πώς γίνεται αυτό;»”

Ο γενικός διευθυντής της εταιρίας Stratasys, Andy Middleton, επισημαίνει: “ Όσον αφορά στην εξέλιξη της προσθετικής κατασκευής και της κατεύθυνσης στην οποία οδεύει, πιστεύω πως η εξέλιξη των υλικών θα είναι ένας πολύ καθοριστικός παράγοντας. Η δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων από ποικίλα υλικά σε ένα μονάχα μηχάνημα, είναι μια αυξανόμενη επιθυμητή απαίτηση από τους product designers. Με αυτόν τον τρόπο, ένας σχεδιαστής προϊόντων μπορεί να εκτυπώνει περίπλοκες δομές και ολοκληρωμένα προϊόντα, από πολλούς συνδυασμούς υλικών με ποικίλες και διαφορετικές ιδιότητες. Παράλληλα, με την υψηλή ακρίβεια που παρέχει ο 3D printer μας, θα υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής μοντέλων τα οποία θα ανταποκρίνονται περισσότερο στις απαιτήσεις του τελικού προϊόντος. Όσο εξελίσσονται τα υλικά εκτύπωσης, η προσθετική κατασκευή θα αναπτύσσεται όλο και περισσότερο. Η Ε.Ε. και οι ΗΠΑ έχουν θέσει ως προτεραιότητα την τρισδιάστατη εκτύπωση και σε συνδυασμό με άλλες καινοτόμες τεχνολογίες, θέλουν να επιτύχουν την ανοικοδόμηση της καινοτομίας και της αποδοτικότητας στις δυτικές οικονομίες, που ακόμη υποφέρουν από την οικονομική κρίση.”[78]

Όπως είναι προφανές, το μέλλον της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να είναι και καινοτόμο και βιώσιμο. Μόλις πριν από μερικές δεκαετίες, μπορεί να φαινόταν αδύνατο για τις επιχειρήσεις να εκτυπώσουν εξατομικευμένα καλλυντικά για τους καταναλωτές τους. Τώρα είναι πραγματικότητα. Το ίδιο ισχύει και για την κατασκευή ρούχων και αξεσουάρ. Καθώς οι εταιρείες συνεχίζουν να επενδύουν στην τρισδιάστατη εκτύπωση, οι δυνατότητες είναι πολύ πιθανόν να αυξηθούν εκθετικά.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, οι τομείς της μόδας και των καλλυντικών είναι άμεσα συνυφασμένοι με τον άνθρωπο και εξελίσσεται ταυτόχρονα με αυτόν. Τα καλλυντικά και η μόδα καλύπτουν τη βαθύτερη ανάγκη των ανθρώπων για κοινωνική «αποδοχή» και έκφραση της μοναδικότητάς τους.

Με την 4^η βιομηχανική επανάσταση να εισάγει την επιλογή της προσθετικής κατασκευής, ως μέσο παραγωγής ενός πρωτοτύπου ή ακόμη κι ενός ολοκληρωμένου προϊόντος, βιώνουμε καθημερινά άλματα προόδου σε διάφορους τομείς, και ειδικά στο δημιουργικό τομέα της μόδας και της ομορφιάς. Μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης, δίνονται αστείρευτες δυνατότητες στη δημιουργία νέων και καινοτόμων προϊόντων μόδας και ομορφιάς, προσαρμοσμένων στις ανάγκες και τις επιθυμίες του καθενός προσωπικά.

Το κύριο πλεονέκτημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης έναντι των παραδοσιακών μεθόδων παραγωγής, βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο κατασκευάζονται τα αντικείμενα. Αναλυτικότερα, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, η προσθετική κατασκευή έγκειται στο χτίσιμο ενός σώματος από τη βάση προς την κορυφή, στρώμα-στρώμα και όχι στην αφαιρετική μέθοδο επεξεργασίας ενός σώματος μέχρι αυτό να φτάσει στην επιθυμητή μορφή. Η προσθετική φύση της τεχνολογίας αυτής, ανοίγει περιθώρια για την δημιουργία οποιασδήποτε γεωμετρικής μορφής, χωρίς την ανάγκη για χρήση ακριβών καλουπιών.

Παράλληλα, ως αποτέλεσμα της διαδικασίας έρευνας και ανάπτυξης, εισάγονται στην αγορά νέα, καινοτόμα, ή βελτιωμένα ήδη υπάρχοντα υλικά, τα οποία δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον, δουλεύονται εύκολα, είναι οικονομικά και έχουν αντοχή στο χρόνο και στη φθορά.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση αναγνωρίζεται από όλους ως μια τεχνολογία κατασκευής με σαφή περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη και μεγάλη συμβολή στη βιώσιμη ανάπτυξη. Αυτό θα επιτρέψει σε περισσότερους ανθρώπους, εταιρείες και οργανισμούς να επανεξετάσουν την υιοθέτηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας και θα έχει ένα σημαντικό αντίκτυπο τόσο στις επιχειρήσεις όσο και στην κοινωνία.

Η υιοθέτηση της προσθετικής κατασκευής σε βιομηχανικό επίπεδο σύντομα θα αποτελεί κοινό τόπο για τις επιχειρήσεις, προσφέροντας ευκολία και ταχύτητα στις διαδικασίες παραγωγής, ενισχύοντας ταυτόχρονα την αμεσότητα και ευελιξία στις απαιτούμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Αποδεικνύεται, επίσης, ότι η προσθετική κατασκευή μπορεί να συνεισφέρει στην προώθηση των προϊόντων μόδας και των καλλυντικών προϊόντων αλλά και στην παρουσίαση αυτών γενικότερα.

Ωστόσο, στην προοπτική της εξάπλωσης της εξεταζόμενης τεχνολογίας, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι όποιες επιπτώσεις μπορεί να προκαλούνται από κακόβουλη χρήση της, από χρήση ακατάλληλων πρώτων υλών και η έλλειψη εξειδίκευσης.

Το βέβαιο είναι ότι σήμερα, περισσότερο από ποτέ, έχουμε μια πολύ πιο ρεαλιστική προοπτική διάδοσης της εφαρμογής της τεχνολογίας 3D εκτύπωσης, και ολοένα και περισσότερο στους τομείς ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας.

Βιβλιογραφία

- [1] «How will technology change our relationship with beauty after COVID-19», Daniel Rodgers, 26 May 2020, , Vogue India, www.vogue.in
- [2] “Fashion ology”, Roberta Bianchi, Yuniya Kawamura, www.academia.edu
- [3] “The History of Fashion: Evolution”, Patricia Reese, 04/16/2022, Timeline & Trends
- [4] “History of fashion – A brief story of the evolution of fashion”, Sarina Tariq, June 10, 2023, www.sewguide.com
- [5] “Fashion designing - the then and now”, www.fibre2fashion.com
- [6] “Couture, the great designers” (1st ed.), Rennolds., Milbank, Caroline (1985), New York: Stewart, Tabori & Chang
- [7] “Cosmetics in Roman Antiquity: Substance, Remedy, Poison”, Olson (2009), *Classical World*, pp. 291–310
- [8] “Kohl”, Gina DeLuca, 5 Jun 2019, www.fashionhistory.fitnyc.edu
- [9] “The History of Make-up”, Angeloglou (1970)
- [10] “How Do I Look?”, *Beauty Imagined*, Jones, Geoffrey (2010), Oxford University Press, pp. 44–63
- [11] “Inventing Beauty”, Riordan T. (2004)
- [12] “Cosmetics and your health”, Nov 2004, *Women's Health*
- [13] “The beauty trends customers are buying during Covid-19”, *Vogue Business*, (2020)
- [14] Σοφία Εμμανουήλ, Ναυτεμπορική, 2021, www.naftemporiki.gr
- [15] “the fourth industrial revolution”, Schwab, k. (2016), world economic forum
- [16] “The 3D printing handbook”, Redwood, B., Schöffner, F., and Garret, B. (2017), 3D Hubs B.V., Amsterdam
- [17] “Producing 3Dimensional Figure Program”, Swainson W.K. and Box P.O. (1977)
- [18] “History of additive manufacturing”, Wohlers T. and Gornet T. (2014)
- [19] “3D Printing Materials Guide for Classrooms”, *Solid Freeform Fabrication: A New Direction in Manufacturing*, Autodesk, Tinkercad, Beaman et al. (1997)
- [20] “Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer”, Kodama, H. (1981), *Review of Scientific Instruments*, 52(11), pp. 1770–1773.
- [21] “Apparatus for production of Three-dimensional Object by Stereolithography”, Hull, C.W. and Gabriel, S. (1986)

- [22] "Apparatus for producing parts by selective sintering", Mori K. (1997)
- [23] "3D printing: On its historical evolution and the implications for business", Matias, E. and Rao, B. (2015), Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, pp. 551-558
- [24] "Direct Metal Laser Sintering (DMLS): Technology for Design and Construction of microcreators", Bineli et al. (2001)
- [25] "Rapid manufacturing of metal components by laser forming", Santos, E.C. et al. (2006), International Journal of Machine Tools and Manufacture, 46, pp. 1459–1468
- [26] "Rapid prototyping: principles and applications", Chua C.K., Leong K.F. and Lim C.S. (2003), at New Jersey: World Scientific
- [27] "Rapid prototyping technology: selection and application", Cooper, K. (2001), Marcel Dekker (Mechanical Engineering).
- [28] "3D printing and its applications", Gebhardt, A. (2013), Lizenznehmer journal, p. 12
- [29] ISO/DIS 17296-1,"Additive manufacturing -- General principles -- Part 1: Terminology", 2015.
- [30] "Adding Value in Additive Manufacturing",Banks J., IEEE Pulse (2013) 4(6):22-26
- [31] "Perspective on 3D printing of separation membranes and comparison to related unconventional fabrication techniques," Ze-Xian L., Yen T.C., Ray M.R., Mattia D., Metcalfe I.S., Patterson D.A., (2016) "Journal of Membrane Science, Vol 523, No.1, pp. 596-613,
- [32] "An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications, Procedia Manufacturing", Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R., Volume 35, 2019, Pages 1286-1296
- [33] "3D Printing and Additive Manufacturing Technologies", Kumar L.J., Pandey P.M. and Wimpenny D.I., (2019), Springer Singapore
- [34] "3D Printing Materials Guide for Classrooms", Bell D. (2019), Autodesk Tinkercad
- [35] «Τεχνολογίες Τρισδιάστατης Εκτύπωσης», Ζάβρα Μενελάου-Παύλου, Ζαχαράκη Ιωάννη, 2017
- [36] «Εφαρμογές της προσθετικής κατασκευής και της 3D εκτύπωσης στην αμυντική βιομηχανία», Καραμούζας Αναστάσιος, 2021
- [37] "FDM 3D PRINTING TECHNOLOGY IN ANUFACTURING COSMPOSITE ELEMENTS", Dudek P., Volume 58, Issue 4, 2013
- [38] "Current and Prospective Applications of 3D Printing in Cosmetics", Jiao Y., Stevic M., Buazn A., Uddin M.J., Tamburic S., 2022
- [39] "Lasers and materials in selective laser sintering", Kruth J., Wang X., Laoui T., Froyen L., Assembly Automat, (2003) 23 (4) 357-371

- [40] “3D printing-review of processes, material and application in industry 4.0, Sustainable Operations and Computers 3”, Jandyal A., Chaturvedi I., Wazir I., Raina A., Irfan Ul Haq M., (2022) 33-42
- [41] Gibson I., Rosen D., Stucker B. , Khorasani M., Binder Jetting, Add. Manuf. Technol. (2020) 237-252
- [42] “3D printed architected lattice structure by Material Jetting”, Mora S., Pugno N., Misseroni D., Materials Today, 59 (2022) 107-132
- [43] Loughborough University, Research and Innovation, The 7 Categories of Additive Manufacturing, Directed Energy Deposition
- [44] Loughborough University, Research and Innovation, The 7 Categories of Additive Manufacturing, Sheet Lamination
- [45] “A study of the development and improvement of fashion products using a FDM type 3D printer, Fashion and Textiles”, Kim S., Seong H., Her Y., Chun J., (2019)
- [46] “3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective”, Xin Wang, Man Jiang, Zuowan Zhou, Jihua Gou, David Hui, Composites Part B: Engineering, Volume 110, 2017, Pages 442-458
- [47] “Impact damage resistance of 3D printed continuous fibre reinforced thermoplastic composites using fused deposition modelling, Composites Part B: Engineering”, Caminero M.A., Chacón J.M., García-Moreno I., Rodríguez G.P., 148 (2018) 93-103
- [48] «Πολυμερή και κράματα πολυμερών για συστήματα εκτύπωσης 3D (3D printing). Εφαρμογή τους σε διάφορα επιστημονικά πεδία.», Μπούτσικας Βασίλειος, Διπλωματική Εργασία, (2019), ΜΠΣ Σχολής εφαρμοσμένων τεχνών, ΕΑΠ
- [49] “A Review of Metal Fabricated with Laser- and Powder-Bed Based Additive Manufacturing Techniques: Process, Nomenclature, Materials, Achievable Properties, and its Utilization in the Medical Sector.”, Hitzler, L., Merkel, M., Hall, W. and Öchsner, A. (2018), Adv. Eng. Mater
- [50] “3D Printing Manufacturing Techniques, Materials, and Applications: An Overview, Special Issue, Microstructure, Properties and Tribological Behaviour of Advanced Functional Materials”, D. Srinivasan, M. Meignanamoorthy,1M. Ravichandran,1V. Mohanavel,2S. V. Alagarsamy,3C. Chanakyan,4S. Sakthivelu,5Alagar Karthick,6T. Ram Prabhu,7and S. Rajkumar, 2021, 5756563
- [51] “3D printing of ceramics: A review, Journal of the European Ceramic Society”, Zhangwei Chen, Ziyong Li, Junjie Li, Chengbo Liu, Changshi Lao, Yuelong Fu, Changyong Liu, Yang Li, Pei Wang, Yi He, Volume 39, Issue 4, 2019, Pages 661-687,
- [52] “3D printing of smart materials: A review on recent progresses in 4D printing”, Zhong Xun Khoo, Joanne Ee Mei Teoh,Yong Liu,Chee Kai Chua,Shoufeng Yang,Jia An,Kah Fai Leong &Wai Yee Yeong, Pages 103-122 | Received 18 Sep 2015, Accepted 18 Sep 2015, Published online: 26 Oct 2015

- [53] "Preparation of Smart Materials by Additive Manufacturing Technologies: A Review", Mondal, K.; Tripathy, P.K., *Materials* 2021, 14, 6442
- [54] "Additive manufacturing with shape changing/memory materials: A review on 4D printing technology *Materials Today: Proceedings, Volume*", Amol N. Patil, S.H. Sarje, 44, Part 1, 2021, Pages 1744-1749,
- [55] Statista Research Department, June 28 2023
- [56] Eric Fisher Academy, 2022, How 3D Printing is Changing the Face of Cosmetology in 2021
- [57] Alexandra P., 2022, 3D Printed Fashion: The Top Designs, www.3dnatives.com
- [58] Kirsty Thatcher, Jul 7 2023, Is Balenciaga's Armour Dress A Response To Their 2022 Scandal?, www.elle.au
- [59] How Nike is leveraging 3D Printing in the Footwear Industry, Oct 15 2020, www.manufactur3dmag.com
- [60] 4DFWD: DATA-DRIVEN 3D PRINTED PERFORMANCE TECHNOLOGY DESIGNED TO MOVE YOU FORWARD, May 5 2021, www.news.adidas.com
- [61] Charles Goulding, Jan 2 2020, Cartier, Tiffany, and 3D Printed Jewelry, www.fabbaloo.com
- [62] How 3D Printing is Disrupting the Beauty Industry (And What it Means for the Future), Jan 20 2022, www.launchmybeautyproduct.com
- [63] Lauren Murdoch-Smith, Jun 8 2018, Chanel Launches First Ever 3D-Printed Mascara, *British Vogue*
- [64] Rebecca Dancer, Jan 3 2019, Exclusive: Neutrogena Is Launching Personalized, 3-D Printed Face Masks, www.allure.com
- [65] Marcin Frąckiewicz, Mar 26 2023, The Potential of 3D Printing for Cosmetics and Beauty products, in *TS2 Space 2023*
- [66] Stephen Holmes, Nov 15 2021, L'Oreal – Beauty in a bottle, www.develop3d.com
- [67] Madeleine P., Jul 10 2023, Is 3D Printing in Marketing a new Advertising Tool?, www.3dnatives.com
- [68] 3D Printing: the Future of Beauty, Feb 12 2019, *Beauty & Cosmetics Industry*, www.cremedemint.com
- [69] Ilaria Borgna, 2014, A Cosmetic Future in 3D: make-up and packaging to start, www.kosmeticaworld.com
- [70] Carlota V., Dec 4 2020, Formula 1 releases new range of 3D printed perfumes, www.3dnatives.com
- [71] "What are the benefits of using 3D Printing in Fashion?", Laurice Wardini, (Jun 13 2020), www.thesustainablefashioncollective.com

- [72] «Διερεύνηση της στάσης των καταναλωτών αναφορικά μ την προσθετική κατασκευή (3d printing)», Καδρέφη Αθανασία, 2018
- [73] “3D Printing Bioplastics, Choosing the right 3D Printing material”, Sculpteo
- [74] “Τρισδιάστατη Εκτύπωση στη Βιομηχανία της Μόδας και Ζητήματα Διανοητικής Ιδιοκτησίας”, Γκάτα Χρυσούλα, 2022
- [75] «Ψηφιακές δεξιότητες: Η διεθνής διάσταση και η επίδραση της παγκοσμιοποίησης», European Commission
- [76] Market Research Report, 3D Printing Market, Apr 2023
- [77] Statista Research Department, Sep 29 2022, 3D printing industry - worldwide market size 2020-2026
- [78] Luis Felipe Birman, Aug 02, 2017, The Ultimate Guide to 3D Printing

