WORKING PACKAGE 3

MOOC ON "FOOTWEAR DESIGN FOR THE CIRCULAR ECONOMY"

TASK R3.3. CONTENTS FOR THE MOOC

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

UNIT OF LEARNING OUTCOME 4

SUSTAINABLE PRACTICES IN FOOTWEAR MANUFACTURING

Διάλεξη 4.2

Νέες τεχνολογίες και διαδικασίες παραγωγής

DEVELOPER PARTNER: CTCP
AUTHORS: RUI MOREIRA, RITA SOUTO

Disclaimer

This project has been co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union.

The information and views set out in this publication are those of the author(s) and do not necessarily reflect the official opinion of the European Union. Neither the European Union institutions and bodies nor any person acting on their behalf may be held responsible for the use which may be made of the information contained therein.

Copyright © SHOEDES Consortium, 2022-2025

You are free to share, copy and redistribute the material in any medium or format, as well as adapt, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially, provided that you give appropriate credit to the project and the partnership, and indicate if any changes were made. You may do so in any reasonable manner but not in any way that suggests the partnership or the European Commission endorses you or your use. You may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from using the material in the same manner that you did.

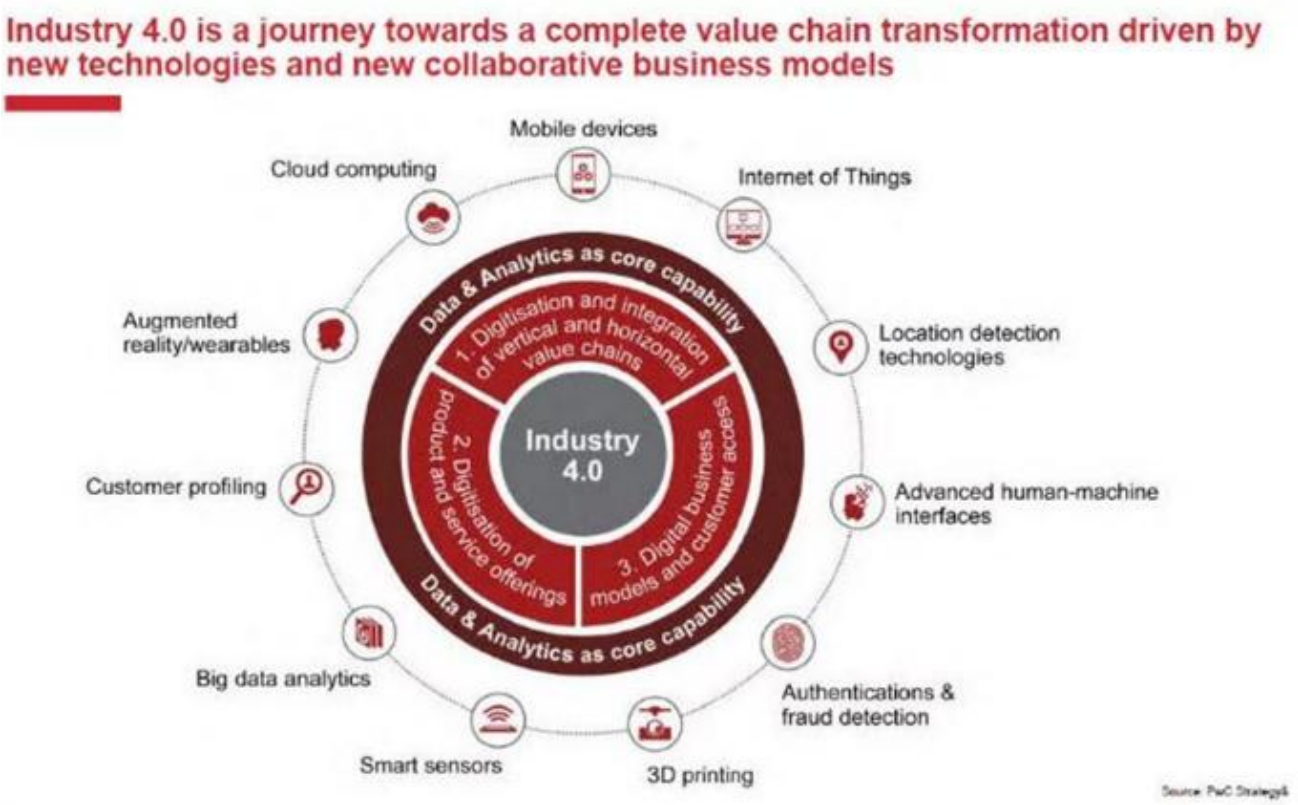
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. 3**2.** 4**3.**
73.1. 7
3.2. 8
3.3. 8 8
3.4. Αυτόματες μηχανές κοπής - Ημιαυτόματη διαδικασία9
3.5. Αυτόματες μηχανές κοπής - Αυτόματη διαδικασία10
3.6. Αυτόματες ραπτομηχανές10
3.7. Νέες διαδικασίες φοντιού - Πλεκτά φόντια11
3.8. Τεχνολογίες μονταρίσματος12
3.9. Τεχνολογίες συναρμολόγησης13
ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ 15

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται και, πολλές από αυτές, χρησιμοποιούνται ήδη στις διαδικασίες κατασκευής υποδημάτων. Κύριοι στόχοι είναι η ευελιξία και η παραγωγικότητα, καθώς και η βιωσιμότητα και η συντόμευση όλης της διαδικασίας κατασκευής υποδημάτων από την κατασκευή των πρωτοτύπων έως την αποστολή. Οι αρχές i4.0 είναι απαραίτητες για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής ενσωμάτωσης των πληροφοριών με τις τεχνολογίες και τις διαδικασίες παραγωγής.

Αν και εξακολουθεί να είναι μια βιομηχανία εντατικής εργασίας, η βελτίωση των τεχνολογιών της παραγωγικής διαδικασίας αυξάνεται. Νέες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται από το σχεδιασμό, την κατασκευή πρωτοτύπων έως την κοπή, τη ραφή, τη συναρμολόγηση και το φινίρισμα. Αναμένεται να μειώθει η εξάρτηση από το εργατικό δυναμικό και τις επιχειρησιακές δεξιότητες και μαζί με αυτό να έρθει ο καταναλωτής πιο κοντά στην παραγωγή. Οι νέες τεχνολογίες παραγωγής επιδιώκουν την ευελιξία και την παραγωγικότητα, δηλαδή την παραγωγή μιας ποικιλίας προϊόντων με σύντομο χρόνο παράδοσης και υψηλή παραγωγικότητα.



Σχήμα 1. Σύστημα i4.0. Πηγή: PwC

Οι βασικοί πυλώνες που υποστηρίζουν το I4.0 είναι:

- Τα Κυβερνο-φυσικά συστήματα (ΚΦΣ) που συνδέουν τον φυσικό και τον εικονικό κόσμο, όπως το φυσικό εργοστάσιο και τον υπολογιστικό εικονικό χώρο αντίστοιχα, επιτρέποντας τη διαχείριση αυτόνομων διαδικασιών παραγωγής σε πραγματικό χρόνο.
- Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT-Internet of Things): διασύνδεση μηχανημάτων με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά, αισθητήρες, ενεργοποιητές και συνδεσιμότητα δικτύου που επιτρέπει στις συσκευές αυτές να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα.
- Το Διαδίκτυο των υπηρεσιών (IoS-Internet of Services) επιτρέπει στις εταιρείες να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους στο διαδίκτυο, όπως, μεταξύ άλλων, εικονικές εκθέσεις και σχεδιασμός με βάση την επαυξημένη πραγματικότητα.

Σήμερα, η υποδηματοποιία μπορεί να θεωρηθεί ως μία από τις πιο ανεπτυγμένες βιομηχανίες σχεδόν σε όλο τον κόσμο, όσον αφορά το τεχνολογικό περιεχόμενο. Νέες τεχνολογίες και διαδικασίες αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς, όπως την κατασκευή των πρωτοτύπων, την κοπή, τη ραφή και τη συναρμολόγηση.

Αυτόματη κοπή

Αυτόματο ράψιμο

Συναρμολόγηση άμεσης

Σχήμα 2. Αυτόματη κοπή, αυτόματο ράψιμο, συναρμολόγηση άμεσης έγχυσης

2. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΝΕΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΠΟΔΗΜΑΤΟΠΟΙΙΑΣ

Σήμερα, θεωρούμενη ως η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, η βιομηχανία υποδηματοποιίας ενσωματώνει την οργάνωση και τις διαδικασίες παραγωγής που υποστηρίζουν την πλήρη ψηφιοποίηση των μεταποιητικών βιομηχανιών. Η επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των συσκευών διαφορετικών εργοστασίων, καθώς και μεταξύ εταιρειών και πελατών, είναι καθοριστική.

Η υλοποίηση των εννοιών του i4.0 θα οδηγήσει σε "έξυπνα εργοστάσια".

Η χρήση νέων τεχνολογιών κατασκευής υποδημάτων και η ενσωμάτωσή τους με άλλα ψηφιακά συστήματα θα έχει ως αποτέλεσμα την υλοποίηση "έξυπνων εργοστασίων".

Οι περισσότερες διαθέσιμες τεχνολογίες για τη υποδηματοποιία μπορούν να ενταχθούν στις ακόλουθες ομάδες: Κυβερνο-φυσικά συστήματα, αυτοματοποίηση και ρομποτική, ευέλικτη κατασκευή και προσαρμογή, αισθητοποίηση υποδημάτων, εικονική πραγματικότητα, τρισδιάστατη εκτύπωση και ψηφιακή πρωτοτυποποίηση, συν-σχεδιασμός, IoT, υπολογιστικό νέφος.

Διαδίκτυο των πραγμάτων

Εικονική πραγματικότητα

Συν-σχεδιασμός

Τρισδιάστατη εκτύπωση / ψηφιακή πρωτοτυποποίηση

Κυβερνο-φυσικά συστήματα, Αυτοματοποίηση και Ρομποτική

Ευέλικτη Κατασκευή και Προσαρμογή

Αισθητοποίηση Υποδημάτων

Εικονική Πραγματικότητα

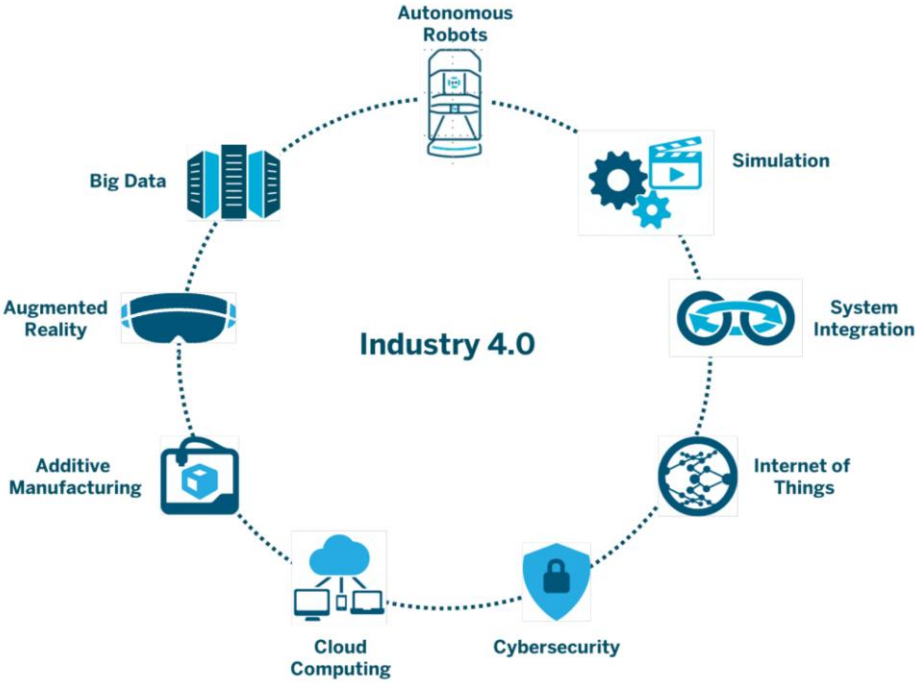
Σχήμα 3. Cobot. Πηγή: CTCP

Οι νέες τεχνολογίες κατασκευής υποδημάτων είναι πλέον έτοιμες να αλληλεπιδρούν με άλλα συστήματα. Η έξυπνη κατασκευή — ή η χρήση αναδυόμενων, προηγμένων τεχνολογιών για την αύξηση της αποδοτικότητας των παραδοσιακών διαδικασιών παραγωγής— δημιουργεί μια πιο ευέλικτη και πιο παραγωγική βιομηχανική βάση.

Σχήμα 4. Το περιβάλλον του εργοστασίου ραφής υποδημάτων. Πηγή: CTCP

Οι σύγχρονες τεχνολογίες κατασκευής υποδημάτων είναι πλέον διαθέσιμες και μπορούν να υποστηρίξουν την σταδιακή εφαρμογή των εννοιών της I4.0 όπως:

- Επικοινωνία μεταξύ των μηχανών για αυτόνομη παραγωγή, που επιτρέπει τη χρήση προηγμένης ρομποτικής,
- Προηγμένη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής για τη συνεργασία μεταξύ ανθρώπου και μηχανών σε ένα ασφαλές και παραγωγικό περιβάλλον,
- Εξόρυξη δεδομένων για την ανάλυση του μεγάλου όγκου δεδομένων που συλλέγονται για προηγμένη λήψη αποφάσεων με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και ανάλυση πρόβλεψης,
- Επιχειρησιακός προγραμματισμός πόρων (ERP) και επιχειρηματική ευφυΐα με βάση διασυνδεδεμένες και ελεγχόμενες παραγωγικές διαδικασίες,
- Έξυπνα εργοστάσια όπου τα πάντα είναι συνδεδεμένα και υποστηρίζονται από το ΚΦΣ, το IoT και το υπολογιστικό νέφος.



Εικόνα 5. Ολοκληρωμένα συστήματα i4.0. Πηγή: https://medium.com/@billsoftnet/industry-4-0-and-manufacturing-processes-856567fcb59

3. ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ, ΤΗΝ ΚΟΠΗ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ

3.1. Πρωτοτυποποίηση

Η ψηφιακή πρωτοτυποποίηση είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την ανάπτυξη των πρώτων πρωτοτύπων με γρήγορο και εφικτό τρόπο, αποφεύγοντας, σε πολλές περιπτώσεις, την ανάγκη κατασκευής φυσικού πρωτοτύπου. Υπάρχουν αρκετές λύσεις στην αγορά που επιτρέπουν στη συνέχεια τη σύνδεση μέσω του CAD 3D με τη βιομηχανική ανάπτυξη του προϊόντος.

Σχήμα 6. Πηγή: https://www.mindtech.pt/images/solutions/viewer/mindCAD-viewer.jpg

3.2. Δημιουργία πρωτοτύπων - Προσθετική κατασκευή

Η προσθετική κατασκευή ή τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια νέα τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη των εξαρτημάτων για την πρωτοτυποποίηση. Η παραγωγή πρωτοτύπων προ-καλουπομένων σολών με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, επιταχύνει αυτή τη διαδικασία και αποφεύγει το κόστος ανάπτυξης και παραγωγής ενός πρώτου πρωτοτύπου καλουπιού. Στην πραγματικότητα, είναι δυνατόν να παραχθούν σόλες από υλικά που χρησιμοποιούνται στην τρέχουσα παραγωγή, όπως η πολυουρεθάνη (TPU). Η προσθετική κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους τομείς, όπως, για παράδειγμα, στην παραγωγή καλαποδιού για ορθοπεδικά παπούτσια.

Σχήμα 7. Εκτύπωση σόλας υποδήματος. Πηγή: CTCP

3.3. Προσθετική κατασκευή

Σχήμα 8. Ζευγάρι παπουτσιών τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Είναι ήδη εφικτό να αποκτήσετε ένα ζευγάρι τρισδιάστατα εκτυπωμένα παπούτσια που κατασκευάζονται με τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης. Υπάρχουν αρκετές μάρκες που επικεντρώνονται ουσιαστικά στην παραγωγή τρισδιάστατα εκτυπωμένων υποδημάτων. Η τεχνολογία αυτή έχει περιορισμούς στη χρήση των πιο παραδοσιακών υλικών υποδημάτων, αλλά η χρήση διαφορετικών υλικών επιτρέπει την ανάπτυξη και την παραγωγή προσαρμοσμένων υποδημάτων, εκτός από τα πιθανά πλεονεκτήματα στη χρήση των αρχών της κυκλικής οικονομίας.

3.4. Αυτόματες μηχανές κοπής - Ημιαυτόματη διαδικασία

Στην ημιαυτόματη διαδικασία, η τοποθέτηση των μοντέλων γίνεται εικονικά πάνω στο δέρμα, αφού αυτό τοποθετηθεί στη μηχανή κοπής, και δεν είναι απαραίτητο να ψηφιοποιηθεί προηγουμένως. Στη συνέχεια, η μηχανή κοπής επιτρέπει στον χειριστή να προβάλλει τα εξαρτήματα πάνω στο δέρμα και να τα τοποθετεί στις θέσεις που θεωρεί πιο βολικές. Στο τέλος, αρκεί να ζητήσετε από τη μηχανή να κόψει. Σε αυτή την περίπτωση η εμπειρία του χειριστή είναι καθοριστική για την καλύτερη δυνατή χρήση του δέρματος. Επί του παρόντος, οι πλέον χρησιμοποιούμενες αυτόματες μηχανές κοπής έχουν διαφορετικές διαδικασίες για την κοπή των υλικών: με μαχαίρι ή με εκτοξευτήρα νερού.

Εικόνα 9. Αυτόματες μηχανές κοπής - Ημιαυτόματη διαδικασία

3.5. Αυτόματες μηχανές κοπής - Αυτόματη διαδικασία

Στην πλήρως αυτόματη διαδικασία, όλα τα δέρματα που πρόκειται να κοπούν σαρώνονται, δηλαδή το ανάγλυφο και το είδος των ατελειών τους αναπαράγονται στον υπολογιστή, τα μέρη του μοντέλου τοποθετούνται αυτόματα και στη συνέχεια αρκεί να τοποθετηθεί το δέρμα στη μηχανή κοπής και να ξεκινήσει η διαδικασία. Η διαδικασία αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί με άλλα υλικά που απλοποιούνται, εάν το υλικό είναι κανονικό χωρίς ελαττώματα.

Εικόνα 10. Αυτόματες μηχανές κοπής - πλήρως αυτόματη διαδικασία

3.6. Αυτόματες ραπτομηχανές

Οι σύγχρονες ραπτομηχανές κάνουν αυτόματα διαδικασίες που κανονικά είναι επαναλαμβανόμενες και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου που απαιτείται για το ράψιμο του φοντιού. Ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτόματων ραπτομηχανών:

- Για παράδειγμα, ένας εργαζόμενος μπορεί να χειρίζεται δύο ραπτομηχανές ταυτόχρονα, γεγονός που σημαίνει μεγάλη εξοικονόμηση εργασίας,
- Η συνεχής αναπαραγωγή της διαδικασίας έχει ομοιόμορφο αποτέλεσμα,
- Όταν χρησιμοποιείται σε εργασίες ραφής, παραδοσιακά μακροχρόνιες, μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση του χρόνου και του κόστους,
- Ο σχηματισμός σφιχτών βελονιών με σταθερό και ομοιόμορφο τρόπο. Έχουμε πάντα την ίδια αντοχή και ίδια εμφάνιση στη ραφή.

Εικόνα 11. Ραπτομηχανές

3.7. Νέες διαδικασίες φοντιού - Πλεκτά φόντια

Τα τελευταία χρόνια η χρήση νέων υλικών και διαδικασιών επέτρεψε την ανάπτυξη και παραγωγή νέων προϊόντων. Τα πλεκτά υποδήματα άρχισαν να χρησιμοποιούνται στα αθλητικά παπούτσια και σταδιακά μεταφέρθηκαν στα παπούτσια μόδας. Η τεχνολογία βασίζεται σε αργαλειούς προσαρμοσμένους για την παραγωγή φοντιών. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να μειωθεί ή και να εξαλειφθεί η παραδοσιακή διαδικασία της ραφής των φοντιών.

Εικόνα 12. Τεχνολογία πλεξίματος

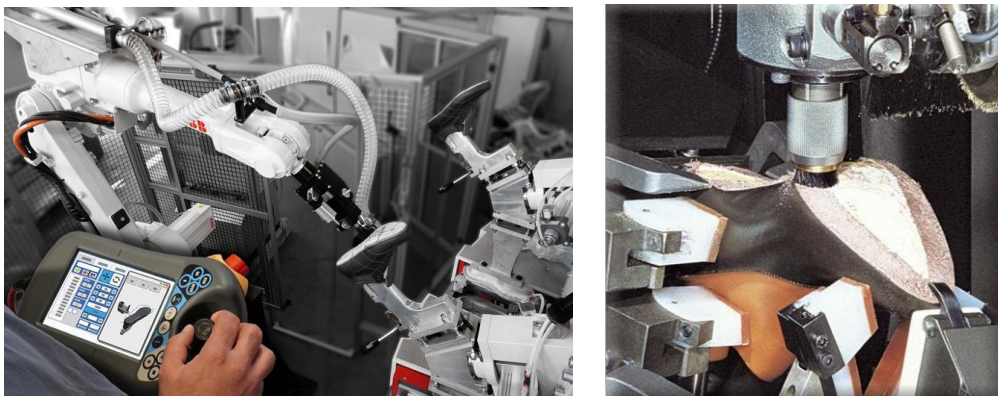
3.8. Τεχνολογίες μονταρίσματος

Η τεχνική του διπλού μονταρίσματος χρησιμοποιείται στο σύστημα κολλητού μονταρίσματος. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνολογίες με πιο ευέλικτες και παραγωγικές διαδικασίες στις μηχανές. Οι εξελίξεις αφορούν κυρίως το σύστημα κολλητού μονταρίσματος. Η διαδικασία μονταρίσματος γίνεται σε δύο στάδια, είναι προγραμματιζόμενη για διαφορετικά είδη μονταρίσματος, εξασφαλίζοντας ταχύτερο σετάρισμα όταν αλλάζουν τα καλαπόδια, και μια διαδικασία μονταρίσματος που είναι λιγότερο εξαρτώμενη από τις δεξιότητες των εργαζομένων.

Εικόνα 10. Μονταριστικές μηχανές

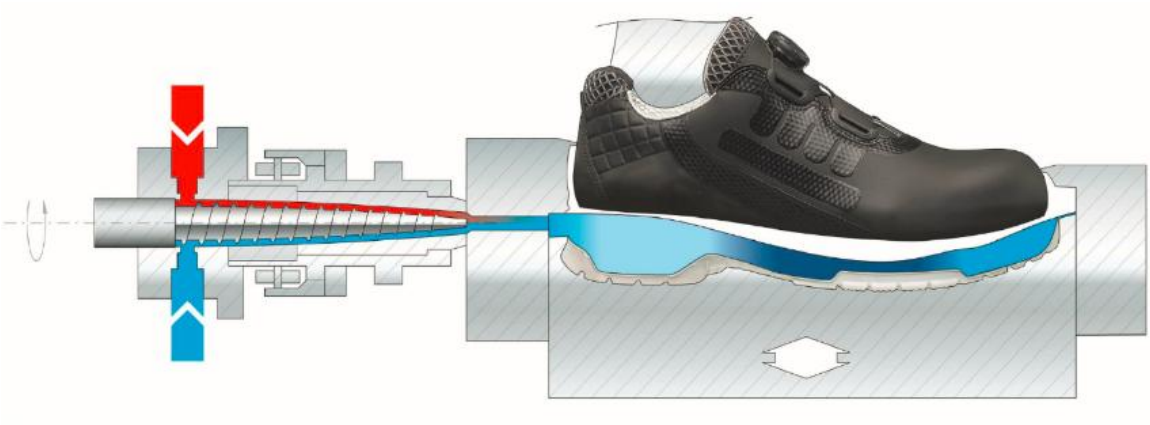
3.9. Τεχνολογίες συναρμολόγησης

Η εκχόνδριση και η εφαρμογή της κόλλας επηρεάζει σημαντικά την αντοχή της συγκολλητικής σύνδεσης. Οι νέες τεχνολογίες περιλαμβάνουν τη χρήση μηχανών CNC και ρομπότ για την εκτέλεση των δύο αυτών εργασιών. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι η οικονομικά αποδοτική και η ομοιόμορφη εκχόνδριση, η εφαρμογή της κόλλας και η καλή αγκύστρωση στην επιφάνεια των προς συγκόλληση υλικών. Όταν συμπεριλαμβάνονται σε μεταφορικές ταινιες, η χρήση ρομπότ μπορεί να μετατρέψει τη διαδικασία αυτή σε πλήρως αυτόματη, χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένων εργαζομένων. Μια πιο ευέλικτη, αναπαραγώγιμη και παραγωγική διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί με την κατάλληλη διαδικασία παραγωγής και το κατάλληλο προϊόν.



Εικόνα 11. Εκχόνδριση και συγκόλληση

Η καινοτομία και η ευελιξία εισάγονται στην άμεση έγχυση. Κατά τη διαδικασία αυτή, το φόντι διαμορφώνεται στο αλουμίνιο της μηχανής έγχυσης και στη συνέχεια υποβάλλεται στην άμεση έγχυση TPR, PVC ή PU. Οι πρόσφατες νέες εξελίξεις έφεραν πρόσθετη ευελιξία σε αυτή τη διαδικασία με τη δυνατότητα χρήσης διαφορετικών χρωμάτων και πυκνότητας και την ικανότητα να ταιριάζει καλά με πλεκτά φόντια. Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει την παραγωγή υποδημάτων με πιο εντατικό τρόπο.



Εικόνα 12. Έγχυση πολλαπλών τμημάτων. Το ανοιχτό μπλε είναι πιο ανθεκτικό, το σκούρο μπλε είναι πιο εύκαμπτο

Ένα λιωμένο υλικό, συνήθως ένα πολυμερές, πιέζεται μέσα στην κοιλότητα ενός καλουπιού. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της υψηλής ταχύτητας και της πίεσης που κάνει το υλικό να αντιδράσει και να σταθεροποιηθεί απευθείας στο καλούπι. Συνήθως, αλλά ανάλογα με το υλικό, η υψηλή ταχύτητα ανάμιξης του υλικού έγχυσης οδηγεί σε καλύτερη δομή των κόκκων και σε καλύτερες φυσικές ιδιότητες. Κανονικά ο κοχλίας, που ελέγχει την ταχύτητα ανάμιξης, κατά τη διαδικασία έγχυσης περιστρέφεται με περίπου 18000

στροφές ανά λεπτό. Όταν το υλικό στερεοποιηθεί μέσα στο καλούπι, παίρνει το επιθυμητό σχήμα και αφαιρείται από το καλούπι.

Στη βιομηχανία υποδημάτων, που εστιάζει στα συναρμολογούμενα παπούτσια, χρησιμοποιείται συνήθως μια διαδικασία "άμεσου καλουπιάσματος". Με αυτόν τον τρόπο, το τελικό φόντι του παπουτσιού προετοιμάζεται πρώτα με την κατασκευή ενός καλουπιού. Γύρω από αυτό το τελευταίο καλούπι ένα άλλο καλούπι δύο τεμαχίων με κοιλότητα για την σόλα περικλείει το πλήρες φόντι. Αυτό το καλούπι δύο τεμαχίων περιλαμβάνει ένα σημείο έγχυσης από όπου θα περάσει το λιωμένο υλικό που θα δημιουργήσει την σόλα. Όταν το υλικό κρυώσει, προσκολλάται στο φόντι δημιουργώντας έναν ισχυρό δεσμό. Τα ρομπότ μπορούν να ενσωματωθούν στη διαδικασία καθιστώντας την εξαιρετικά παραγωγική και λιγότερο εξαρτώμενη από τις δεξιότητες των εργαζομένων. Η χρήση του είναι ευρέως διαδεδομένη στα αθλητικά υποδήματα, στα υποδήματα ασφαλείας, αλλά όλο και περισσότερο, στα καθημερινά υποδήματα.

Εικόνα 12. Γραμμή παραγωγής άμεσης έγχυσης

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

Skills4Smart TCLF project. (2021). Skills for Smart Textile, Clothing, Leather and Footwear Industries, 591986-EPP-1-2017-1-BE-EPPKA2-SSA-B. Retrieved from http://www.s4tclfblueprint.eu/

SciLED project. (2021). Footwear in the 21st century. New skills for the scientifically-led design of comfortable, sustainable and fashion-oriented footwear products, 601137-EPP-1-2018-1-RO-EPPKA2-KA. Retrieved from https://sciled.eu/

Chen, X., & Crawford, R. H. (2017). A Review of the Design Process: How Methods Impact Design Creativity. In Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences (pp. V003T04A009). American Society of Mechanical Engineers.

SHOE DES

www.shoedes.eu

TASEV
TÜRKİYE AYAKKABI SEKTÖRÜ ARAŞTIRMA GELİŞTİRME VE EĞİTİM VAKFI

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ctcp centro tecnológico do calçado de portugal

Cedecs TCBL

cre thi dev
creative thinking development

ciape

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union