



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε

Σχεδίαση ενός μεγάλου μεγέθους εξαρτήματος αεροσκάφους και  
δημιουργία με το INVENTOR του αντίστοιχου φασεολόγιου (process  
planning)



Φοιτήτριες: Τριάντη Αναστασία-Κομianού Παρασκευή

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Σκιττίδης Φιλίμων

2016-2017

## Title

*Design of a large aircraft component and creating the inventor of the corresponding process plan.*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέπων της πτυχιακής μας εργασίας κ. Φιλήμων Σκιπτιδίη, καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά , για την υπομονή ,την κατανόηση και την συνεχή παρακολούθηση της πορείας της πτυχιακής εργασίας ,καθώς και για την καθοδήγηση του όλο αυτό το διάστημα.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Βασίλειο Σαγιά για την πολύτιμη βοήθεια του και τις συμβουλές του κατά την διάρκεια της 3<sup>α</sup> εκτύπωσης.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αφορά το σχεδιασμό συγκεκριμένου εξαρτήματος αεροσκάφους, τη δημιουργία του φασεολογίου και την κατασκευή των αντίστοιχων φάσεων με 3D εκτύπωση.

Ο σχεδιασμός του εξαρτήματος έγινε με τη χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Inventor της Autodesk, το οποίο είναι ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα CAD ( Computer Aided Design ) για τον σχεδιασμό προϊόντων και τον έλεγχο διαφόρων παραμέτρων ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται.

Αρχικά γίνεται ο σχεδιασμός του τελικού εξαρτήματος και το κατασκευαστικό του σχέδιο. Η δημιουργία του φασεολογίου πραγματοποιείται ύστερα από την εύρεση του ταχύτερου τρόπου κατεργασίας της πρώτης ύλης για τη δημιουργία του τελικού κομματιού.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΟ
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟ ( PROCESS PLANNING )
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ  
«ΓΩΝΙΑΚΟΣ ΜΟΧΛΟΣ (BELLCRANK)» (ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟ – PROCESS  
PLANNING)
- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η μετατροπή μιας ιδέας σε σχέδιο και κατόπιν σε αντικείμενο, είναι μια σύνθετη διαδικασία με λιγότερα ή περισσότερα ενδιάμεσα στάδια που αποτελούσε και αποτελεί αυτό που ονομάζουμε γενικά «παραγωγή». Για τη μετάβαση από τον ιδεατό κόσμο του σχεδίου στον φυσικό κόσμο των αντικειμένων, απαιτείτο (παλαιότερα) η μεσολάβηση ενός αριθμού εργατών και τεχνιτών, οι οποίοι χρησιμοποιώντας τη δύναμη, τη πείρα, τις δεξιότητες και τα εργαλεία τους, έδιναν μορφή και υλική υπόσταση στο σχέδιο.

Εδώ και τρεις δεκαετίες περίπου τη μεσολάβηση αυτή σε πολλούς τομείς της παραγωγής, αναλαμβάνουν ολοένα και περισσότερο αυτοματοποιημένα συστήματα που βασίζονται στη ρομποτική. Σήμερα η ανάπτυξη νέων μηχανών και τεχνικών τρισδιάστατης εκτύπωσης ανοίγει το δρόμο στο επόμενο στάδιο της εξέλιξης της αυτοματοποίησης, το οποίο περιγράφεται ως «άμεση ταχεία παραγωγή» (direct/rapid manufacturing) και συνίσταται στην απευθείας μετάβαση από τον κόσμο του ψηφιακού πλέον σχεδίου ή μοντέλου στον κόσμο των φυσικών αντικειμένων.

Οι μηχανές τρισδιάστατης εκτύπωσης χρησιμοποιούν τα δεδομένα ψηφιακών αρχείων τα οποία έχουν σχεδιαστεί είτε από κάποιον μηχανικό είτε έχουν προκύψει από τη σάρωση ενός φυσικού αντικείμενου, για να κατασκευάσουν, “τυπώνοντας” σε τρεις διαστάσεις (X, Y, Z), το φυσικό αντικείμενο. Η χρήση του όρου τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) χρησιμοποιείται για την περιγραφή των εν λόγω μηχανών και κατασκευαστικών μεθόδων, αντανακλά τις ιδιαίτερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται, οι οποίες θυμίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο λειτουργίας των σημερινών εκτυπωτών laser ή ink-jet.

Όπως αναφέρεται, η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D printing ή “Additive manufacturing”) δεν είναι πρόσφατη ανακάλυψη. Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '70 έχουν εφευρεθεί διάφορες τεχνικές τρισδιάστατης ψηφιακής εκτύπωσης αντικειμένων, με την διαφορά ότι μέχρι σχετικά πρόσφατα οι μηχανές που απαιτούνταν ήταν ιδιαίτερα ογκώδης, πολυέξοδες και περιορισμένων δυνατοτήτων.

Βασική αρχή όλων των διαφορετικών αυτών μεθόδων είναι η «ανάγνωση» ενός ψηφιακού τρισδιάστατου μοντέλου σχεδιασμένο στον υπολογιστή και η ανάλυσή του σε χιλιάδες επιμέρους τμήματα από αυτόν ώστε ο ειδικός «τρειςδιάστατος εκτυπωτής» να μπορεί να το αναπαράγει πλήρως, εκχέοντας πολλές επάλληλες στρώσεις υλικού της επιλογής μας (από συνθετικά πολυμερή μέχρι μεταλλικά κράματα, κεραμικά κονιάματα και ρευστές ρητίνες).

Η κύρια διαφορά από τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής βρίσκεται στο ότι παραδοσιακά θα πρέπει κανείς να σμιλέψει, να τροχίσει, να λιμάρει την πρώτη ύλη ώστε να της δώσει μορφή, να αφαιρέσει δηλαδή από την διαθέσιμη μάζα.

Από τα τέλη της δεκαετίας του '80, η ψηφιακή εκτύπωση τρισδιάστατων μοντέλων έφερε την επανάσταση στην παραγωγή πολύπλοκων “πρωτότυπων” και μακετών μέσα σε λίγες ώρες, αντικαθιστώντας τις χρονοβόρες και πολυέξοδες συμβατικές μεθόδους, μια τεχνική που έγινε γνωστή με τον όρο “rapid prototyping”. Η τεχνική αυτή όμως κυρίως λόγω των προβλημάτων φινιρίσματος που αντιμετώπιζε περιοριζόταν συνήθως στο στάδιο της σχεδιαστικής διερεύνησης για ακαδημαϊκούς σκοπούς ή πριν το τελικό αποτέλεσμα οδηγηθεί στην παραγωγή.

Σήμερα, οι τεχνολογικές εξελίξεις στο πεδίο αυτό δίνουν την δυνατότητα της ταχείας παραγωγής (rapid manufacturing ), περνώντας έτσι από την ιδέα στο στάδιο της μαζικής παραγωγής, αλλά και ακόμη πιο πέρα μια που οι 3D printers οικιακής χρήσης είναι γεγονός, αφού η παραγωγή ενός αντικειμένου μία και μοναδική φορά είναι πλέον απολύτως δυνατή οικονομικά, καθώς και το κόστος κατασκευής είναι ακριβώς το ίδιο κάθε φορά που εκτυπώνεται κάτι, σε αντίθεση με τις μέχρι τώρα τεχνικές που απαιτούσαν την παραγωγή μεγάλου αριθμού τεμαχίων προκειμένου να πέφτει κατά μέσο όρο το κόστος παραγωγής.

Ο πρώτος 3D εκτυπωτής σχεδιάστηκε από τον Charles W. (Chuck) Hull το 1984, χρησιμοποιώντας τη τεχνική της στερεολιθογραφίας (stereolithography), της εταιρείας 3D Systems, την πρώτη εταιρεία που ασχολήθηκε με την τρισδιάστατη εκτύπωση, της οποίας και είναι ιδρυτής το 1986. (Παπαθανάσης, 2005) Ο όρος “3D printing” είναι ένας νεολογισμός που χρησιμοποίησε για πρώτη φορά ο καθηγητής του MIT Ely Sachs το 1995, ο οποίος με την βοήθεια των Jim Bredt και Tim Anderson τροποποίησε έναν εκτυπωτή ink-jet με τέτοιο τρόπο, ώστε να εκχέει ένα ειδικό συνθετικό υλικό σε ένα στρώμα κονιάματος αντί σε χαρτί. Η τεχνική αυτή διαμορφώθηκε και οδήγησε στην δημιουργία διαφόρων εταιρειών που ειδικεύονται στον τομέα του 3D printing όπως η 3D Systems, Z Corporation, Stratasys, καθώς και στην Ελλάδα όπως η Solid 3D και η Anima.

Η πρώτη μορφή τρισδιάστατης εκτύπωσης, γνωστή ως στερεολιθογραφία, εμφανίστηκε στην αγορά το 1994. Με την τεχνική αυτή κατασκευάζονται τρισδιάστατα αντικείμενα από υγρά φωτοευαίσθητα πολυμερή, τα οποία στερεοποιούνται όταν εκτεθούν σε υπεριώδη ακτινοβολία. Έκτοτε, όμως, χάρη στις νέες τεχνολογικές εξελίξεις, η τεχνολογία έχει απογειωθεί, αν και προς το παρόν δεν έχει γίνει γνωστή στο ευρύ κοινό. Αλλά είναι θέμα χρόνου αυτό να συμβεί.

Εάν η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης αφεθεί να αναπτυχθεί ελεύθερα, θα πρόκειται για μια πραγματική επανάσταση όσον αφορά οτιδήποτε έχει να κάνει με τα υλικά αγαθά. Φανταστείτε πως θα ήταν αν σε κάθε σπίτι βρισκόταν ένα τέτοιο μηχάνημα και μπορούσε κανείς να «αντιγράψει» ή να κατασκευάσει οτιδήποτε ήθελε με ελάχιστο κόστος, αρκεί να είχε το ψηφιακό μοντέλο του ή το ίδιο το αντικείμενο. Φυσικά μια τέτοια εξέλιξη θα άφηνε πίσω της πολλούς ανέργους και αρκετοί παραγωγοί αγαθών θα είχαν πρόβλημα, αν μπορούσαμε να φτιάξουμε μόνοι μας κάτι, αντί να το αγοράσουμε. Κοιτώντας πιθανές βιώσιμες προτάσεις, θα μπορούσαμε πλέον να «αγοράζουμε» online το CAD μοντέλο μιας συσκευής ή προϊόντος για να το εκτυπώνουμε μόνοι μας στο σπίτι, αντί να αγοράζουμε την ίδια τη συσκευή από το κατάστημα. Οι παράμετροι που θα πρέπει να εξεταστούν είναι πάρα πολλοί και οι κοινωνικο-οικονομικές επιδράσεις θα ήταν τεράστιες και φυσικά, εγείρονται ήδη πολλά προβλήματα ηθικής υπόστασης, αφού οι ελευθερίες που προσφέρει η τεχνολογία του 3D printing μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανάλογα με τη βούληση του κάθε ανθρώπου. Δεν απέχουμε όμως πολλά χρόνια από αυτές τις εξελίξεις, αν πιστέψουμε τους ειδικούς.

Είναι παρόλα αυτά σίγουρα πολύ νωρίς για να προβλέψει κανείς τις επιδράσεις που θα έχει μακροπρόθεσμα αυτή η καινοτομία στην ζωή μας. Ήδη μέσα στο 2012, το DIY (Do It Yourself) 3D printing, δηλαδή όταν η διαδικασία της εκτύπωσης πραγματοποιείται από εμάς τους ίδιους, κέρδισε χιλιάδες οπαδούς με εφαρμογές που περιορίζονται σε κυρίως διακοσμητικής φύσης αντικείμενα και έχει ακόμα αρκετό δρόμο μέχρι να φτάσει να χρησιμοποιείται ευρύτερα για χρηστικά, καθημερινά αντικείμενα όπως έπιπλα και αξεσουάρ αλλά και δομικά στοιχεία ή και ολόκληρα κτίρια. (Σκιάννης, 2013)





Charles W. (Chuck) Hull



Ο πρώτος 3D εκτυπωτής

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ

### Γενικές πληροφορίες

Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) είναι μια μέθοδος προσθετικής κατασκευής στην οποία κατασκευάζονται φυσικά τρισδιάστατα αντικείμενα μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού ή αλλιώς κατασκευή με εναπόθεση υλικού (Additive Manufacturing). Μετατρέπει τρισδιάστατα μοντέλα σε πραγματικά, απτά αντικείμενα . Ένα αντικείμενο χτίζεται στην κυριολεξία από το μηδέν, σε μικροσκοπικά επάλληλα στρώματα ακολουθώντας μια διαδικασία που θυμίζει τους εκτυπωτές γραφείου, γι' αυτό και έχει γίνει γνωστή ως τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing). Στη τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι υλικού, κυρίως κεραμικά , πολυμερή κ.α. Σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες και εξοπλισμό προσθετικής κατασκευής, οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι συνήθως ταχύτεροι, φθηνότεροι και ευκολότεροι στη χρήση και επιτρέπουν την δημιουργία υψηλής ακρίβειας τρισδιάστατων μοντέλων . Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή φυσικών μοντέλων και πρωτοτύπων από σχεδιαστές, μηχανικούς και ομάδες ανάπτυξης νέων προϊόντων, έχουν τη δυνατότητα να εκτυπώνουν μέρη και εξαρτήματα από διάφορα υλικά, με διαφορετικές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες και συχνά σε μια ενιαία διαδικασία κατασκευής. Σήμερα δεν νοείται σοβαρή έρευνα και ανάπτυξη R&D (Research & Development) ενός προϊόντος χωρίς την βοήθεια ενός 3D Printer είτε εντός της εταιρίας είτε ως παροχή υπηρεσίας από κάποιο εξωτερικό εργαστήριο.

Η λειτουργία τους στηρίζεται στη θερμότητα που αναπτύσσεται σε ένα ειδικό υλικό, το οποίο αφού πάρει τη μορφή που του δίνει ο χρήστης, στερεοποιείται και δημιουργείται η μακέτα του αντικειμένου. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές, λειτουργούν με την ίδια λογική που λειτουργούν οι σημερινοί συνηθισμένοι εκτυπωτές. Μόνο που στη θέση του μελανιού χρησιμοποιείται άλλο υλικό, όπως μέταλλο σε σκόνη ή πλαστική ίνα. Στην αρχή φτιάχνεται ένα λεπτό στρώμα, μετά άλλο ένα λεπτό στρώμα από πάνω του, μετά άλλο ένα, μέχρι που προκύπτει ένα πραγματικά τρισδιάστατο αντικείμενο.

Η 3D εκτύπωση θεωρείται διαφορετική από τις παραδοσιακές τεχνικές κατεργασίας, οι οποίες ως επί το πλείστον βασίζονται στην αφαίρεση ύλης, με μεθόδους όπως η κοπή ή η διάτρηση (αφαιρετικές διεργασίες). Ένας εκτυπωτής υλικών εκτελεί συνήθως διεργασίες 3D εκτύπωσης χρησιμοποιώντας την ψηφιακή τεχνολογία. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται τόσο για την προτυποποίηση όσο και για την κατανομή της παραγωγής σε κοσμήματα, υποδήματα, βιομηχανικό σχεδιασμό, αρχιτεκτονική, μηχανική και κατασκευή (AEC), αυτοκινητοβιομηχανία, αεροδιαστημική, οδοντιατρικές και ιατρικές βιομηχανίες, εκπαίδευση, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, έργα πολιτικών μηχανικών και σε πολλούς άλλους τομείς.

## Η τρισδιάστατη εκτύπωση στην μηχανολογία

Η χρήση της ταχείας πρωτοτυποποίησης (3D printing) στην μηχανολογία είναι μια καινοτόμος τεχνολογία που επιτρέπει την παραγωγή υψηλής ποιότητας τμημάτων προκειμένου να διαπιστωθεί η λειτουργικότητά τους. Η τρισδιάστατη εκτύπωση παρέχει συγκριτικά πλεονεκτήματα στους μηχανολόγους για την γρήγορη απεικόνιση αρχικών σχεδίων εξαλείφοντας την ανάγκη παραγωγής μικρών παρτίδων των πρωτοτύπων τμημάτων. Επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί μέταλλα όπως χαλκός, ρινίσματα από ασάλι, σίδηρο για την κατασκευή εργαλείων, εξαρτημάτων μηχανών, εργαλειομηχανών, αυτοκινήτων, αεροσκαφών ακόμα και πραγματικών όπλων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κατασκευή αυτοκινήτου από 3D εκτυπωτή. Με βάρος περίπου 680 κιλά, κατασκευάστηκε από ίνες άνθρακα, εμποτισμένες με πλαστικά σφαιρίδια μέσα σε μόλις 44 ώρες, «φόρεσε» ηλεκτρική μηχανή και ρόδες και ήταν έτοιμο προς χρήση.

Η αμερικανική εταιρεία Local Motors παρουσίασε το πρωτότυπο αυτοκίνητο που λέγεται Strati στη Διεθνή Έκθεση Τεχνολογιών στην «Πόλη των Ανέμων». Τα μόνα μέρη του αυτοκινήτου που δεν εκτυπώθηκαν είναι η μπαταρία, η μηχανή και τα λάστιχα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

#### 3.1.Πλεονεκτήματα

Αναφέρονται δέκα αρχές της 3D εκτύπωσης, που θεωρείται, ότι θα βοηθήσουν τους ανθρώπους και τις επιχειρήσεις να εκμεταλλευτούν όλα τα πλεονεκτήματα των τεχνολογιών της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

**1<sup>η</sup> αρχή:** Η πολυπλοκότητα της παραγωγής απλοποιείται και ο ρυθμός της αυξάνεται. Στην παραδοσιακή μέθοδο παραγωγής, όσο πιο πολύπλοκο ήταν ένα αντικείμενο, τόσο πιο πολύ κόστιζε και διαρκούσε π.χ. έως και δύο ή περισσότερες ημέρες έναντι των μερικών ωρών που απαιτεί η 3D εκτύπωση. Στην 3D εκτύπωση, εάν ένα αντικείμενο είναι πολύπλοκο ή πιο απλό, κοστίζει το ίδιο. Κατασκευάζοντας ένα σύνθετο σχήμα, δεν απαιτεί περισσότερο χρόνο, ικανότητες, κόστος από την εκτύπωση ενός απλού αντικειμένου. Η δυνατότητα ελευθερίας κατασκευής πολύπλοκων αντικειμένων θα διαταράξει τις τιμές των μοντέλων και θα αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο εμείς υπολογίζουμε το κόστος των πραγμάτων. Στο σημείο αυτό απλοποίησης της παραγωγής, οι εμπορευματικές σχέσεις γίνονται περιττό εμπόδιο, η ανταλλαγή προϊόντων με βάση την αξία τους παρωχημένη. Γίνεται πιο συμφέρον να διαθέτει κανείς δωρεάν στο διαδίκτυο το προϊόν της πνευματικής εργασίας του, της εταιρείας του, ένα ηλεκτρονικό αρχείο, δηλαδή, μερικά bytes, με αντάλλαγμα την ελεύθερη πρόσβαση στα ηλεκτρονικά αρχεία που παράγουν άλλες ομάδες, κοινότητες ή εταιρείες. Ηλεκτρονικά αρχεία τα οποία μπορεί να μετατραπούν σε υλικά αντικείμενα πολύ απλά και πολύ φθηνά, με το πάτημα ενός κουμπιού.

**2<sup>η</sup> αρχή:** Η ποικιλία κατασκευής σχημάτων. Ένας 3D εκτυπωτής μπορεί να φτιάξει πολλά σχήματα κάθε φορά που εκτυπώνει. Οι παραδοσιακές μηχανές είναι λιγότερο ευέλικτες και έχουν περιορισμένο φάσμα σχηματισμών. Η 3D εκτύπωση αφαιρεί το κόστος που συνδέεται με την επανεκπαίδευση των μηχανικών που χειρίζονται τα μηχανήματα ή την παροχή επιπρόσθετου εξοπλισμού στις μηχανές. Απλά χρειάζεται μόνο ένα διαφορετικό ψηφιακό προσχέδιο και μια φρέσκια παρτίδα ακατέργαστων υλικών.

**3<sup>η</sup> αρχή:** Δεν απαιτείται συναρμολόγηση. Η μαζική παραγωγή στηρίζεται στην συναρμολόγηση. Όσο περισσότερα τμήματα περιέχει ένα προϊόν, τόσο πιο πολύ χρόνο θα διαρκέσει η διαδικασία του και θα είναι πολύ ακριβή η ολοκλήρωση του.

Εκτυπώνοντας μοντέλα επίπεδο με επίπεδο, ένας 3D εκτυπωτής μπορεί να κατασκευάσει ένα αντικείμενο και να συνδέσει τα συμπλεκόμενα τμήματα του στον ίδιο χρόνο χωρίς περαιτέρω συναρμολόγηση. Έτσι μειώνεται το κόστος της εργασίας και της μεταφοράς και οι αλυσίδες εφοδιασμού θα συμπληρωθούν θα επιβαρύνουν λιγότερο το περιβάλλον.

**4<sup>η</sup> αρχή :** Μηδενικός χρόνος οδηγίων. Ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής μπορεί να εκτυπώσει απευθείας όταν χρειάζεται. Η χωρητικότητα της επιτόπου παραγωγής μειώνει την ανάγκη των εταιρειών να αποθηκεύουν την καταγραφή των εμπορευμάτων. Οι 3D εκτυπωτές προσφέρουν στις εταιρείες την ειδικότητα να ανταποκρίνονται άμεσα στις ανάγκες των πελατών. Μειώνεται λοιπόν το κόστος της φόρτωσης των αντικειμένων για μεγάλες αποστάσεις όταν τα τρισδιάστατα αγαθά εκτυπώνονται όταν και όπου χρειάζονται. Επίσης με τις φθηνότερες πρώτες ύλες και το λιγότερο εργατικό δυναμικό που χρειάζεται, η 3D εκτύπωση βοηθά τις εταιρείες να αποταμιεύσουν έως και το 70 % του κόστους παραγωγής τους. Έτσι οι επιχειρήσεις γίνονται πιο προοδευτικές και κερδοφόρες.

**5<sup>η</sup> αρχή :** Ικανότητα σχεδιασμού χωρίς όρια. Μέχρι πρότινος μπορούσαν να σχεδιαστούν πεπερασμένα σχήματα. Οι μηχανές κατεργασίας δημιουργούσαν συγκεκριμένα σχέδια και πολύ περιορισμένων δυνατοτήτων. Το 3D printing καταρρίπτει αυτά τα όρια, ανοίγει νέους δρόμους και κατασκευάζει πράγματα τα οποία δεν υπήρχε πιθανότητα να γίνουν μέχρι σήμερα με τα υπάρχοντα μέσα. Οι σχεδιαστές μπορούν να βελτιώσουν άμεσα τα πρωτότυπά τους, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα ενός οργανισμού. **6<sup>η</sup> αρχή :** Μηδενική ικανότητα παραγωγής. Ένας 3D printer χρειάζεται ένα αρχείο σχεδίου για να ξεκινήσει την διαδικασία. Απαιτεί λοιπόν λιγότερες χειριστικές ικανότητες από τις κοινές μεθόδους παραγωγής. Έτσι η παραγωγή χωρίς ιδιαίτερες δεξιότητες μπορεί να προσφέρει νέα μοντέλα και τρόπους παραγωγής για ανθρώπους σε απομακρυσμένα περιβάλλοντα και σε κρίσιμες συνθήκες.

**7<sup>η</sup> αρχή:** Συμπαγής, φορητή παραγωγή και εύκολη προσβασιμότητα. Οι 3D εκτυπωτές έχουν περισσότερη χωρητικότητα παραγωγής από τις παραδοσιακές μηχανές. Μπορούν να κατασκευάσουν αντικείμενα σε τόσο μέγεθος όσο είναι η επιφάνεια εκτύπωσης τους (print bed). Αυτό καθιστά αυτούς τους εκτυπωτές προσβάσιμους σχεδόν οπουδήποτε, όπως στο σπίτι, σε γραφείο, τις επιχειρήσεις, τα νοσοκομεία και τα σχολεία.

**8<sup>η</sup> αρχή:** Λιγότερα απόβλητα ανά προϊόν. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές αποβάλλουν πολύ λιγότερα απόβλητα και σε ελεγχόμενο περιβάλλον σε σχέση με τις υπόλοιπες μηχανές, όπου ένα μεγάλο ποσοστό ιδιαίτερα των μεταλλικών υλικών μολύνει το έδαφος και τον χώρο εργασίας π.χ. για ορισμένους κατασκευαστές αεροσκαφών το 90% του υλικού αποτελεί σπατάλη. Μερικές φορές το τελικό προϊόν της 3D εκτύπωσης μπορεί να είναι μέχρι 60% ελαφρύτερο από το προϊόν μια εργαλειομηχανής. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να επιτευχθούν μεγάλες εξοικονομήσεις κόστους και μικρότερες επιβαρύνσεις στο περιβάλλον. Έτσι η 3D εκτύπωση αποτελεί την πιο φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο παραγωγής.

**9<sup>η</sup> αρχή:** Μεγάλος αριθμός υλικών. Η μίξη διαφορετικών υλικών για τη κατασκευή ενός προϊόντος αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία. Με την τρισδιάστατη εκτύπωση, μπορεί κανείς να μίξει δύο ή περισσότερα υλικά και να προσδώσει στο αντικείμενο νέες ιδιότητες και ποικίλες συμπεριφορές. Επίσης μπορεί να εξαλείψει τους περιορισμούς των υλικών λόγω του υψηλού κόστους που απαιτείται για τον συνδυασμό τους ως προς τις χημικές και φυσικές τους ιδιότητες στις μαζικές μεθόδους παραγωγής. Έτσι πολλές εταιρείες παρέχουν τώρα δεκάδες διαφορετικά υλικά με μοναδικά φινιρίσματα που δημιουργούν την αίσθηση και την εμφάνιση του γυαλιού, κεραμικών ή μεταλλικών υλικών με μια πληθώρα ιδιοτήτων.

**10<sup>η</sup> αρχή:** Ακριβής αντιγραφή μοντέλων. Η δυνατότητα σάρωσης(scanning) μαζί με την 3D εκτύπωση θα μπορεί να σημάνει την σύνδεση ανάμεσα στο φυσικό κόσμο γύρω μας με το ψηφιακό και ιδεατό περιβάλλον. Θα δημιουργούμε ακριβή αντίγραφα φυσικών μοντέλων και σχημάτων και θα μπορούμε να βελτιώσουμε τα πρωτότυπα με την εκτύπωση των εκλιπόντων τμημάτων τους. (Lipson και Kurman, 2013)

### 3.2.Μειονεκτήματα

Παρόλο τη θετική πλευρά των 3D εκτυπωτών υπάρχει και η αρνητική όψη η οποία τους χαρακτηρίζει δυνητικά επικίνδυνους με κοινωνικές, πολιτικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δεν έχουν ακόμη μελετηθεί εκτενώς. Παρακάτω αναφέρονται βασικά μειονεκτήματα του 3D printing.

1. Ισχυροί καταναλωτές ενέργειας. Κατά την τήξη του πλαστικού με θερμότητα ή λέιζερ, οι 3D εκτυπωτές καταναλώνουν περίπου 50 έως 100 φορές περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από την χύτευση με έγχυση για να κάνει ένα στοιχείο του ίδιου βάρους, σύμφωνα με έρευνα από το Πανεπιστήμιο του Loughborough. Το 2009, η έρευνα, σε ευνοϊκές συνθήκες προς το περιβάλλον, στο βιομηχανικό πρόγραμμα του MIT έδειξε ότι η τεχνολογία σύντηξης μεταλλικής σκόνης χρησιμοποιεί εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη ηλεκτρική ενέργεια από την παραδοσιακή χύτευση ή

μεταλλοτεχνία. Εξαιτίας αυτού, οι 3D εκτυπωτές είναι καλύτεροι για μικρές σειρές παρτίδων. Οι βιομηχανικού μεγέθους 3D εκτυπωτές δεν μπορούν να είναι η απάντηση στην μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με αυτή των μηχανών που λειτουργούν με καύση άνθρακα.

2. Κίνδυνοι και ανθυγιεινές εκπομπές αερίων. Οι 3D εκτυπωτές μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία όταν χρησιμοποιούνται στο σπίτι, σύμφωνα με τους ερευνητές στο Illinois Institute of Technology.
3. Οι εκπομπές από τους επιτραπέζιους 3D εκτυπωτές είναι παρόμοιες με το κάψιμο ενός τσιγάρου ή το μαγείρεμα με γκάζι ή ηλεκτρική κουζίνα. Η μελέτη του 2013 ήταν η πρώτη για να μετρήσει αυτές τις αέριες εκπομπές σωματιδίων από τους επιτραπέζιους εκτυπωτές 3D. Ενώ θερμαίνοντας το πλαστικό και εκτυπώνοντας μικρά μοντέλα, τα μηχανήματα που χρησιμοποιούν PLA νήμα εκπέμπουν 20 δισεκατομμύρια λεπτά σωματίδια ανά λεπτό, και το ABS εξέπεμψε έως 200 δισεκατομμύρια σωματίδια ανά λεπτό. Η πραγματική επίδραση στην υγεία σύμφωνα με την μελέτη έχει ως αποτέλεσμα τα λεπτά σωματίδια UFP να τοποθετούνται πολύ εύκολα στους πνεύμονες ενώ μπορούν να καταλήξουν και στον εγκέφαλο μέσω του οσφρητικού νεύρου. Λόγω της μεγάλης επιφάνειας την οποία καταλαμβάνουν τα UFP, μπορούν να απορροφήσουν και άλλες βλαβερές ουσίες με αποτέλεσμα με τη μακροχρόνια χρήση 3D εκτυπωτών, να υπάρχει πιθανότητα παρουσίασης άσθματος, καρδιακής ανακοπής, εγκεφαλικού επεισοδίου η ακόμα και το ενδεχόμενο θανάτου. Οι εκτυπωτές FDM τρέχουν κινδύνους ασφάλειας διότι μπορούν να φτάσουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες αλλά και οι εκτυπωτές που βασίζονται σε σκόνη είναι βρώμικοι και παράγουν πολλά απόβλητα. Η μελέτη καταλήγει ότι όποιος χρησιμοποιεί συνεχώς έναν 3D εκτυπωτή, θα πρέπει να φοράει την κατάλληλη ενδυμασία και να είναι σίγουρος ότι ο χώρος που βρίσκεται εξερίζεται αρκετά καλά.
4. Η εξάρτηση από πλαστικές ύλες. Ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά κινήματα στην πρόσφατη ιστορία ήταν να μειωθεί η εξάρτηση από τις πλαστικές ύλες δηλαδή από τις σακούλες των παντοπωλείων, τα μπουκάλια νερού, τα αντικείμενα του σπιτιού που μπορούν να γίνουν από ανακυκλώσιμα υλικά αντ' αυτού. Οι πιο δημοφιλείς και φθηνότεροι 3D εκτυπωτές χρησιμοποιούν πλαστικό νήμα. Αν και η χρήση πρώτων υλών μειώνει την ποσότητα των αποβλήτων εν γένει, οι μηχανές εξακολουθούν να αφήνουν αχρησιμοποίητα ή υπερβολικό πλαστικό στις επιφάνειες εκτύπωσης. Το PLA είναι βιοαποικοδομήσιμο, αλλά το ABS εξακολουθεί να είναι το πιο συχνό χρησιμοποιούμενο είδος πλαστικού. Εάν η 3D εκτύπωση πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανίες, αυτό το προϊόν ή άλλο ανακυκλώσιμο πλαστικό πρέπει να ξαναχρησιμοποιηθεί.
5. Παραβίαση των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας και κίνδυνοι εθνικής ασφάλειας. Με αυτή τη τεχνολογία μπορεί να γίνει κατάχρηση με αποτέλεσμα την άνοδο πολλών ηθικών ανησυχιών. Όπως κάθε επιθυμητό αντικείμενο μπορεί να εκτυπωθεί, ένας ιδιοκτήτης ενός 3D εκτυπωτή μπορεί να εκτυπώσει τα αντικείμενα που προστατεύονται από πνευματικά δικαιώματα.

Κόβοντας τη διαθεσιμότητα του 3D σχεδίου του προστατευόμενου έργου μπορεί να βοηθήσει στην προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων. Ωστόσο, είναι σχεδόν αδύνατο να αφαιρεθεί η διαθεσιμότητα όλων των υπαρχόντων αρχείων σχεδιασμού στο διαδίκτυο. Επίσης με την αύξηση της ποσότητας των προϊόντων απομίμησης με την 3D εκτύπωση μπορεί να προκληθεί προσβολή της αυθεντικότητας των προϊόντων και της ζήτησης για πολλές μάρκες. Με τη σάρωση και την εκτύπωση π.χ. πιστωτικών καρτών, κλειδιών αυτοκινήτου, καθώς και ένα πλήθος άλλων ιδιωτικών αντικειμένων μπορεί να δημιουργηθεί παραβίαση της ιδιωτικής ιδιοκτησίας. Δεδομένου ότι θα υπάρξουν σημαντικές νομικές και οικονομικές επιπτώσεις στον επιχειρηματικό τομέα και ότι οι 3D εκτυπωτές προσφέρουν τη δυνατότητα να παράγουν ένα ευρύ φάσμα αντικειμένων που δεν μπορούν να ελεγχθούν ακόμη, η νομοθεσία αναφέρει ότι υπάρχουν σίγουρα κίνδυνοι εθνικής ασφάλειας που πρέπει να αναλυθούν στο άμεσο μέλλον. Αυτή η δυνατότητα ψηφιακής πειρατείας μπορεί να συγκριθεί με τον τρόπο που το διαδίκτυο αμφισβήτησε τις βιομηχανίες ταινιών και μουσικής για τα πνευματικά δικαιώματα, εμπορικά σήματα, καθώς και παράνομες λήψεις.

6. Εκτυπωμένα όπλα. Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι η δυνατότητα εκτύπωσης επικίνδυνων αντικειμένων, όπως πλαστικά ή μεταλλικά πιστόλια, μαχαίρια, ή οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως όπλο. Αυτή η τεχνολογία μετασχηματισμού μπορεί να καταστήσει ευκολότερο για τους εγκληματίες και τους τρομοκράτες να φέρουν όπλα σε δημόσιους χώρους, όπως ένα αεροδρόμιο με ευκολία και χωρίς τη δυνατότητα ανίχνευσης. Έχουν αναπτυχθεί πολλές εταιρείες που προσπαθούν να πουλήσουν αυτά τα όπλα ή τα σχέδια CAD αυτών.
7. Δυνατότητα εκτύπωσης ναρκωτικών. Η σύνθεση χημικών ενώσεων σε μοριακό επίπεδο, χρησιμοποιώντας ένα 3D εκτυπωτή είναι δυνατή. Ένας ερευνητής στο Πανεπιστήμιο της Γλασκώβης δημιούργησε τον εκτυπωτή 3D "Chemputer" που εκτυπώνει φάρμακα. Θέλει να φέρει την επανάσταση στην φαρμακοβιομηχανία, επιτρέποντας στους ασθενείς να εκτυπώνουν το δικό τους φάρμακο με χημικό σχέδιο που θα παίρνουν από το φαρμακείο. Φυσικά, αυτό είναι ένα πάρα πολύ μακρινό σχέδιο, αλλά μπορεί να επιτρέψει στους χημικούς που χρησιμοποιούν DIY εκτυπωτές να δημιουργήσουν από κοινά απλά φάρμακα έως και ναρκωτικά και άλλες επικίνδυνες ουσίες.
8. Ασφάλεια των αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα. Μπορούμε να εκτυπώσουμε ένα πιρούνι, ένα κουτάλι ή άλλα μαγειρικά σκεύη, αλλά αν χρησιμοποιήσουμε πλαστικό ABS, δεν είναι αρκετά ασφαλές για επαφή με το στόμα μας. Πολλοί 3D εκτυπωτές, έχουν χώρους όπου τα βακτήρια μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν αν δεν καθαρίζονται σωστά. Ευτυχώς, έχουν δημιουργηθεί νέες ίνες υλικά (όπως κεραμικά) που είναι ασφαλέστερα, αλλά δεν είναι ευρέως διαθέσιμα ακόμα. Για την μεγαλύτερη ασφάλεια των 3D τυπωμένων τροφίμων και μαγειρικών σκευών, πρέπει να υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος εκτυπωτής για αυτή τη διαδικασία.



9. Η χειρωνακτική εργασία μειώνεται-κίνδυνος αύξησης της ανεργίας. Κατά την εκτίμησή μας, η νέα τεχνολογία θα εκτοπίσει σε μεγάλο βαθμό την παλιά, καθώς είναι οικονομικότερη και πιο αποτελεσματική, κυρίως όμως διότι ανταποκρίνεται στην τάση της εποχής για γενίκευση της χρήσης της πληροφορικής, και για αλλαγή του συσχετισμού μεταξύ επιστήμης και χειρωνακτικής εργασίας στη διαδικασία παραγωγής. Και πράγματι, το πρώτο και πιο χτυπητό αποτέλεσμα της τρισδιάστατης εκτύπωσης, στο βαθμό που θα γενικευθεί και θα τελειοποιηθεί, είναι ο ακόμη μεγαλύτερος εκτοπισμός της χειρωνακτικής εργασίας από την παραγωγή. Μάλιστα, κάμποιοι εκτιμούν ότι οι χώρες με πολύ φθηνή εργατική δύναμη, όπως η Κίνα, θα χάσουν το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα. Η ιδέα περί προϊόντος, εργασίας, παραγωγής ενδέχεται να αλλάξει. Συντελείται μια καθοριστική μετατόπιση προς το στάδιο της πνευματικής εργασίας για τη σύλληψη και το σχεδιασμό αγαθών και χάνει τη σημασία του επειδή απλοποιείται, «εκφυλίζεται» στο επίπεδο ενός «κλικ», το στάδιο κατασκευής των αγαθών, της υλοποίησης της ιδέας. Η απλοποίηση αυτή της υλικής παραγωγής σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση στις πρώτες ύλες σημαίνει και μια άνευ προηγουμένου δυνατότητα αφθονίας των αγαθών, με λιγότερη εργασία, με τις ίδιες ή λιγότερες πρώτες ύλες. Η αγορά χειρωνακτικής εργατικής δύναμης τείνει να εκτοπίζεται από την αγορά ιδεών, δηλαδή της πνευματικής εργατικής δύναμης. Χάνουν τη σημασία τους οι μεταφορές αγαθών εφόσον το αγαθό βρίσκεται εκεί που βρίσκεται ο εκτυπωτής του, ενώ κερδίζουν σε σημασία τα δίκτυα και κυρίως το διαδίκτυο, στους τομείς αντίθετα της πρωτογενούς παραγωγής, στη γεωργία και στην εξόρυξη πρώτων υλών, εξακολουθεί με τα μέχρι τώρα δεδομένα να κυριαρχεί η εκμηχανισμένη μεν παραγωγή, αλλά με καθοριστικό ακόμη το ρόλο της χειρωνακτικής εργασίας. Με όρους πολιτικής οικονομίας, ο βαθμός αυτοματοποίησης της παραγωγής που συνεπάγεται η τρισδιάστατη εκτύπωση πληγώνει ανεπανόρθωτα το νόμο της αξίας και τη δυνατότητα άντλησης υπεραξίας. Η συμμετοχή ανθρώπινης εργασίας στην παραγωγή αγαθών γίνεται τόσο μικρή, ώστε τα περιθώρια κέρδους συρρικνώνονται. Η νέα τεχνολογία μπορεί να μην αξιοποιηθεί ή να αξιοποιηθεί μόνο περιθωριακά.

Επειδή υπεραξία παράγει μόνο η ανθρώπινη εργασία, δεν αποκλείεται πολυεθνικοί κολοσσοί να κρίνουν ότι τους συμφέρει περισσότερο να παράγουν με απαρχαιωμένες μεθόδους που στηρίζονται στην εκμετάλλευση ανθρώπινης εργασίας, σε εργοστάσια, κάτεργα σε χώρες με φθηνά εργατικά χέρια. Μάλιστα, επειδή θα πρέπει να συναγωνιστούν τις νέες αυτόματες μηχανές, η εκμετάλλευση των εργατών μπορεί να είναι ακόμη πιο έντονη και σε επίπεδο πνευματικής εργασίας. Στην εξόρυξη πρώτων υλών και στη γεωργία η εργασία πιθανόν να υποτιμηθεί ακόμη περισσότερο από ό,τι σήμερα. Ως αποτέλεσμα η ανεργία θα είναι ίσως μία δυσάρεστη συνέπεια της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης. (Lyndsey, 2014 και Μοσχήδης, 2013)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟ ( PROCESSPLANNING )

### ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο σχεδιασμός του φασεολογίου μπορεί να οριστεί ως ο συστηματικός καθορισμός των λεπτομερών μεθόδων, από τις οποίες τα κομμάτια ή τα μέρη ( λαμβάνοντας υπόψη ένα συναρμολόγημα) μπορούν να κατασκευαστούν οικονομικά και ανταγωνιστικά από αρχικά στάδια ( ακατέργαστο υλικό ) στο τελικό στάδιο/ αποτέλεσμα. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τα διαστασιολογημένα μεγέθη, οι ανοχές, τα υλικά και το φινίρισμα αναλύονται και αξιολογούνται για να καθορίσουν την κατάλληλη συχνότητα χειρισμού της κατεργασίας, οι οποίες βασίζονται σε συγκεκριμένα διαθέσιμα μηχανήματα ή χώρους εργασίας.

Γενικά η εισαγωγή στη μέθοδο σχεδίασης είναι τα δεδομένα ενός σχεδίου, τα δεδομένα ακατέργαστων υλικών, τα δεδομένα λειτουργίας ( μηχανικά δεδομένα, δεδομένα εργαλείων, κλπ.)δεδομένα ποιοτικών προδιαγραφών και δεδομένα παραγωγικού τύπου. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι το φασεολόγιο. Το φασεολόγιο συχνά καταγράφεται σε συγκεκριμένη μορφή και ονομάζεται φύλλο φάσεων. Τα φύλλα των φάσεων μπορεί να αναφέρονται με διαφορετικές ονομασίες, όπως φύλλα διαδικασίας, φύλλα λειτουργίας, φύλλα σχεδιασμού, φύλλα πορείας, σχέδια διαδρομών ή μέρη προγράμματος. Το φασεολόγιο μπορεί να είναι ένα σημαντικό αρχείο για την παραγωγική διοίκηση. Το φασεολόγιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση της παραγωγής, την διασφάλιση της ποιότητας του προϊόντος και την βελτιστοποίηση της παραγωγικής αλληλουχίας. Μπορεί επίσης, να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει τη διάταξη του εξοπλισμού στο μηχανουργείο, καθώς επίσης πρόσφατα ερευνητικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι το φασεολόγιο παίζει σημαντικό ρόλο στα ευέλικτα συστήματα παραγωγής (FMS) και σε ολοκληρωμένες τεχνικές επιχειρήσεις παραγωγής. Το φασεολόγιο είναι το κλειδί για την ενσωμάτωση σχεδίου και κατασκευής. Επειδή είναι ένα τόσο σημαντικό αρχείο, όλοι πρέπει να το εκτιμούν και να το εκτελούν σοβαρά. Για την ανάπτυξη ενός καινούργιου προϊόντος, το φασεολόγιο παρέχει απαραίτητες πληροφορίες για την τεχνική προετοιμασία και του εξοπλισμού, όπως εργαλεία, ιδιοσυσκευές αυτοσυγκράτησης και εγκατάστασης, μηχανές, συσκευές ελέγχου, αποθέματα ακατέργαστου υλικού, πρόγραμμα αποθεμάτων, πρόγραμμα αγοράς, ανάγκες προσωπικού, κλπ. Για να σχεδιαστεί ένα καινούργιο εργοστάσιο ή να επεκταθεί ή να τροποποιηθεί ένα παλιό, το φασεολόγιο είναι απαραίτητη πληροφορία που θα καθορίσει τις προϋποθέσεις του εξοπλισμού, την περιοχή της αίθουσας απασχόλησης και επένδυσης.

Οι ακόλουθες βασικές πληροφορίες είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό του φασεολογίου.

**Δεδομένα σχεδίασης:** όπου περιλαμβάνει όλα τα συναρμολογημένα και ξεχωριστά μέρη των σχεδίων. Συνήθως, τα δεδομένα σχεδίασης παρουσιάζονται σε μορφή σχεδίου. Ωστόσο, αν το έργο του σχεδιασμού γίνει σε υπολογιστή, τότε τα δεδομένα σχεδιασμού παρουσιάζονται στη μορφή των μοντέλων CAD.

**Δεδομένα απαραίτητης προϋπόθεσης της ποιότητας:** όπου θα επηρεάσει τα εργαλεία, τις εγκαταστάσεις και την επιλογή εξοπλισμού του φασεολογίου.

**Δεδομένα τύπου παραγωγής:** που μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά φασεολόγια του ίδιου προϊόντος με διαφορετικούς τύπους παραγωγής. Ενώ η μαζική παραγωγή απαιτεί μια στρατηγική μέθοδο κατανομής, ο τομέας εργασίας και το μέγεθος της παρτίδας παραγωγής προτιμούν μια στρατηγική μέθοδο συγκέντρωσης.

**Δεδομένα ακατέργαστου υλικού:** συμπεριλαμβανομένου πληροφορίες από εναπομείναντα ακατέργαστα υλικά.

**Ικανότητα της εταιρείας και δεδομένα δυνατοτήτων:** όπως εξοπλισμός, εργαλεία, εγκαταστάσεις, αποκλειστικές μηχανές, μηχανήματα γενικής χρήσης, μηχανήματα αναφοράς, σταθμοί, κέντρα κατεργασίας, καθώς επίσης και FMS.

## Προσεγγίσεις φασεολογίου

Γενικά, οι προσεγγίσεις του φασεολογίου μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο κύριες κατηγορίες: χειροκίνητη διαδικασία σχεδιασμού και μηχανογραφικό φασεολόγιο. Οι προσεγγίσεις του χειρωνακτικού φασεολογίου περιλαμβάνει δυο χαρακτηριστικές κατηγορίες.

### Παραδοσιακή προσέγγιση

Η παραδοσιακή προσέγγιση του φασεολογίου περιλαμβάνει την εξέταση της πληροφορίας ενός κομματιού/δοκιμίου περιγράφοντάς το σε μορφή σχεδίου, ταυτοποιώντας παρόμοια δοκίμια ( από μνήμης ή από βιβλίο κώδικα) και χειρωνακτική ανάκτηση φασεολογίου για τα παρόμοια κομμάτια. Ένα καινούργιο φασεολόγιο τότε δημιουργείται, τροποποιώντας και προσαρμόζοντας το παλιό για να συναντήσει τις ειδικές προϋποθέσεις της καινούργιας εκτύπωσης. Συνήθως ο αρμόδιος για τον σχεδιασμό θα συμβουλευτεί τον επικεφαλλή του τομέα παραγωγής για να μάθει πως το δοκίμιο θα επεξεργαστεί ακριβώς.

### Προσέγγιση βάση εγχειριδίου

Μια εναλλακτική και πιο αποτελεσματική προσέγγιση του φασεολογίου είναι η κατασκευή ενός εγχειριδίου που περιέχει ένα μενού από προ- αποθηκευμένες αλληλουχίες για λειτουργίες συγκεκριμένων τύπων τεμαχίων. Αυτές οι αποθηκευμένες ομάδες διαδικασίας μπορούν να επιλεγούν και να επεξεργαστούν γρήγορα από τον αρμόδιο σχεδιασμού. Οι επιλογές του μενού τότε δακτυλογραφούνται σε κανονικό φύλλο διαδικασίας και αναπαράγονται όπως απαιτείται. Τα κύρια πλεονεκτήματα της χειρωνακτικής προσέγγισης είναι η χαμηλή επένδυση και ευελιξία. Για την προσέγγιση βάση εγχειριδίου, ένας καλά εκπαιδευμένος σχεδιαστής μπορεί να παράγει ένα μεγάλο αριθμό φασεολογίων για απλά κομμάτια. Και για τις δυο περιπτώσεις, η εμπειρία είναι σημαντική για να βγει εις πέρας ένα καλό φασεολόγιο. Επομένως, η χειρωνακτική προσέγγιση του φασεολογίου έχει κάποια εμφανή μειονεκτήματα. Αυτά τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν την έλλειψη συνοχής στην αναγνώριση και σχεδίαση παρόμοιων τεμαχίων, δυσκολία προσδιορισμού κοινών εργαλείων και η δυσκολία ενημέρωσης ενός εγχειριδίου αρχείου για να εκφράζει τις καινούργιες διαδικασίες και εργαλεία.

## Σκοπός του φασεολόγιου

Συνήθως, το πρόσωπο που παράγει την διαδικασία του φασεολογίου αναφέρεται ως ο αρμόδιος για τον σχεδιασμό της διαδικασίας ή απλά σχεδιαστής . Το έργο του σχεδιαστή διαδικασίας περιλαμβάνει μια σειρά από βήματα (AltingandZhang,1989).

Το πρώτο μέλημα είναι η ερμηνεία των δεδομένων σχεδιασμού, τα οποία συνήθως εμφανίζονται είτε με παραδοσιακά σχέδια ή πιο πρόσφατα με μοντέλα CAD (Computer Aided Design Systems).

Σε αυτό το στάδιο δύο μεγάλα καθήκοντα πρέπει να επιτευχθούν :

1)Η κατανόηση των λειτουργιών, των συνθηκών και οι προδιαγραφές του προϊόντος, να διευκρινιστούν οι σχετικές θέσεις τις συναρμολόγησης και οι αμοιβαίες λειτουργίες, καθώς και η εκτίμηση της καταλληλότητας των απαιτήσεων σχεδιασμού

2)Εξέταση και ανάλυση των δεδομένων σχεδιασμού, με την προσεκτική ανάγνωση μέσα από τη συναρμολόγηση και των επιμέρους σχεδίων .

Σε αυτό το βήμα, απαιτούνται πληροφορίες, όπως οι τύποι παραγωγής, η γεωμετρική διαμόρφωση, οι ιδιότητες των πρώτων υλών, οι ανοχές, η επιφανειακή τραχύτητα, η θερμική επεξεργασία και η σκληρότητα, καθώς και κάποιες ειδικές απαιτήσεις που θα πρέπει να μελετηθούν και να ερμηνευτούν .Είναι σημαντικό να ελέγξουμε εάν ο σχεδιασμός έχει ολοκληρωθεί και οι απαιτήσεις σχεδιασμού είναι λογικές, η διαμόρφωση είναι κατασκευάσιμη, όλες οι διαστάσεις και οι ανοχές είναι διαθέσιμες, η τραχύτητα επιφάνειας και ανοχές είναι κατάλληλες. Είναι επίσης σημαντικό, εάν ο σχεδιασμός είναι ο βέλτιστος από κατασκευαστική άποψη. Εάν ανιχνευτούν προβλήματα σε αυτό το στάδιο, ο αρμόδιος για τον σχεδιασμό της διαδικασίας πρέπει να συζητήσει τα προβλήματα με τους σχεδιαστές, έτσι ώστε και οι δύο πλευρές να είναι σε συμφωνία για το πώς να τροποποιήσουν ή να διορθώσουν το σχεδιασμό. Στις παραδοσιακές κατασκευαστικές εταιρείες, το έργο αυτό μπορεί μερικές φορές να προκαλέσει διαφωνία μεταξύ αρμόδιων για τον σχεδιασμό και των σχεδιαστών, λόγω των αντικρουόμενων στρατηγικών και πολιτικών για το σχεδιασμό και την παραγωγή. Προκειμένου να αποφευχθούν οι παρεξηγήσεις , πολλές βιομηχανίες έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στην άρση του εμποδίου μεταξύ του σχεδιασμού και της κατασκευής (Tuttle,1983).

Το δεύτερο βήμα του φασεολογίου είναι ο σχεδιασμός του ακατέργαστου υλικού, συνήθως οι ιδιότητες των πρώτων υλών προσδιορίζονται από το μηχανικό σχεδιασμό , οι ιδιότητες αυτές εξαρτώνται από τις απαιτήσεις του σχεδιασμού του προϊόντος.

Ωστόσο, τα γεωμετρικά σχήματα των πρώτων υλών, δηλαδή των αποθεμάτων ή, με άλλα λόγια, του ακατέργαστου τεμαχίου, έχουν σχεδιαστεί από τον αρμόδιο για τον σχεδιασμό της διαδικασίας. Ο σχεδιασμός του ακατέργαστου τεμαχίου βασίζεται συνήθως στο τελικό γεωμετρικό σχήμα του τεμαχίου και τα είδη παραγωγής.

Μερικές επιλογές των ιδιοτήτων των υλικών μπορεί να επηρεάσουν το σχεδιασμό του ακατέργαστου τεμαχίου ή ακόμα και την επιλογή των μεθόδων. Για παράδειγμα, εάν η πρώτη ύλη του χυτοσιδήρου επιλέγεται από τον σχεδιαστή για ένα συγκεκριμένο τμήμα γραναζιού, στη συνέχεια, μια διαδικασία χύτευσης πρέπει να επιλεγεί για το σχεδιασμό του ακατέργαστου υλικού.

Σε αυτή την κατάσταση ο σχεδιαστής πρέπει να συζητήσει τον σχεδιασμό του ακατέργαστου υλικού με χυτήριο. Ωστόσο, αν έχει επιλεγεί medium carbon steel για το ίδιο μέρος γραναζιού,

ο σχεδιασμός του ακατέργαστου υλικού μπορεί να είναι αρκετά διαφορετικός από το πρώτο σχέδιο.

Τα κριτήρια του σχεδιασμού του ακατέργαστου υλικού είναι:

- 1) διασφάλιση της ποιότητας των αποθεμάτων
- 2) ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων μηχανικής κατεργασίας,
- 3) αύξησης της αξιοποίησης του υλικού
- 4) και η μείωση του κόστους και του χρόνου παραγωγής.

Σύμφωνα με το σχεδιασμό του προϊόντος και το σχεδιασμό του ακατέργαστου υλικού, τα δεδομένα των διεργασιών της μηχανικής κατεργασίας, όπως τόννευση, φρεζάρισμα, διάτρηση, λείανση κ.λ.π.

πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να μετατραπούν την πρώτη ύλη στο επιθυμητό δοκίμιο.

Εν τω μεταξύ, οι επιφάνειες αναφοράς για την στερέωση πρέπει να καθορίζονται, αυτό αποτελεί το βασικό βήμα στην υλοποίηση πολλών διαφορετικών σχεδίων για τα ίδια δοκίμια.

Η σύγκριση πρέπει να γίνει σύμφωνα με τη συγκεκριμένη κατάσταση και την ικανότητα του περιβάλλοντος παραγωγής.

Αφού επιλεγούν οι μέθοδοι, στην συνέχεια πρέπει να επιλεγεί ο μηχανικός εξοπλισμός (εργαλειομηχανές, χώρος εργασίας, machining centers κλπ.) ο οποίος μπορεί να εκτελέσει μια ή περισσότερες μηχανικές διαδικασίες .

Η επιλογή θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη διαθεσιμότητα, την δυνατότητες της διεργασίας(μέγεθος ακρίβειας κλπ), το φάσμα των μηχανικών λειτουργιών και το ρυθμό παραγωγής.

Προκειμένου να ολοκληρωθεί η βέλτιστη παραγωγή, ο αρμόδιος για τον σχεδιασμό της διαδικασίας πρέπει να εξετάσει τις πληροφορίες από τον προγραμματισμό της παραγωγής και της αλληλουχίας για την επιλογή των εργαλειομηχανών.

Στα σύγχρονα ευέλικτα συστήματα παραγωγής και στα ολοκληρωμένα περιβάλλοντα παραγωγής, η επιλογή των εργαλειομηχανών έχει καταστεί ακόμη πιο σημαντική.

Μερικές πρόσφατες ερευνητικές δραστηριότητες για ενσωματωμένο φασεολόγιο μαζί με τη δυνατότητα προγραμματισμού της παραγωγής διεξάγονται για το σκοπό αυτό.

Μετά την επιλογή των εργαλειομηχανών πρέπει να επιλεγούν τα εργαλεία κοπής, σύσφιξης συσκευές μέτρησης καθώς και βοηθητικά εργαλεία.

Εάν μερικά ειδικά εργαλεία, εξαρτήματα ή βοηθητικές συσκευές πρέπει να σχεδιαστούν, τότε το έργο πρέπει να προταθεί από τον αρμόδιο για τον σχεδιασμό της διαδικασίας .

Αφού έχουν επιλεγεί όλα τα εργαλεία, τότε η ακολουθία διεργασίας πρέπει να προσδιοριστεί.

Ο προσδιορισμός μιας λειτουργικής αλληλουχίας συνήθως βασίζεται σε μια στρατηγική συγκεκριμένης εταιρεία, η οποία αποτελείται από ολοκληρωμένες ενέργειες για καθορισμένα τμήματα της ομάδας.

Κάθε λειτουργία περιγράφεται με κριτήρια επιλογής που εξαρτώνται από το σχήμα και τις διαστάσεις του δοκιμίου.

Στο στάδιο αλληλουχίας των λειτουργιών, η ποσότητα του υλικού που πρέπει να αφαιρεθεί από κάθε διεργασία λειτουργίας πρέπει να ελεγχθεί. Στο τέλος της κατεργασίας το φινίρισμα απαιτεί ελάχιστη απομάκρυνση υλικού σε αντίθεση με το ξεχόνδρισμα.

Συνήθως είναι απαραίτητο να υπολογιστεί το συνολικό ποσό του υλικού που αφαιρέθηκε από τις διεργασίες. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για να προσδιοριστεί η ποσότητα του υλικού για αφαίρεση είναι διαστασιολόγηση και η ανάλυση του συστήματος ανοχών, αυτο θα παρέχει τις ακριβείς διαστάσεις και ανοχές του προς αφαίρεση υλικού.

Οι κατάλληλες συνθήκες κοπής, όπως το βάθος της κοπής, η ταχύτητα πρόωσης, και τα ποσοστά της ταχύτητας, τότε θα πρέπει να καθοριστούν και οι συνολικές μεταλλοτεχνίας και μη μεταλλοτεχνίας φορές πρέπει να υπολογίζεται, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου εγκατάστασης παρτίδα, φόρτωση και εκφόρτωση, το εργαλείο αλλάζει και ο χρόνος ελέγχου το κόστος της μεθόδου μπορεί να περιλαμβάνονται επίσης, εάν είναι επιθυμητό. Τέλος, τα φρασεολόγια δημιουργούνται και συντάσσονται. Ο έλεγχος για τη σύνταξη και τα περιθώρια λάθους πρέπει να γίνονται σε αυτό το στάδιο. Σημαντικά οικονομικά οφέλη μπορεί να επιτευχθούν εάν οι βέλτιστες λειτουργίες παραγωγής υιοθετηθούν καθ 'όλη τη διαδικασία σχεδιασμού.

Συνοπτικά οι εργασίες του φασεολογίου μπορούν να αριθμηθούν ως εξής :

- 1)ερμηνεία των δεδομένων σχεδιασμού των προϊόντων
- 2)σχεδιασμός του ακατέργαστου υλικού
- 3)την επιλογή των διαδικασιών μηχανικής κατεργασίας
- 4)επιλογή των εργαλειομηχανών
- 5)προσδιορισμός των εγκαταστάσεων, των εργαλείων και των σημείων αναφοράς
- 6)αλληλουχία λειτουργιών
- 7)προσδιορισμός των λειτουργικών διαστάσεων και ανοχών
- 8)προσδιορισμός των κατάλληλων συνθηκών κοπής
- 9)υπολογισμός των συνολικών χρόνων
- 10)δημιουργία των φύλλων διαδικασίας, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων NC



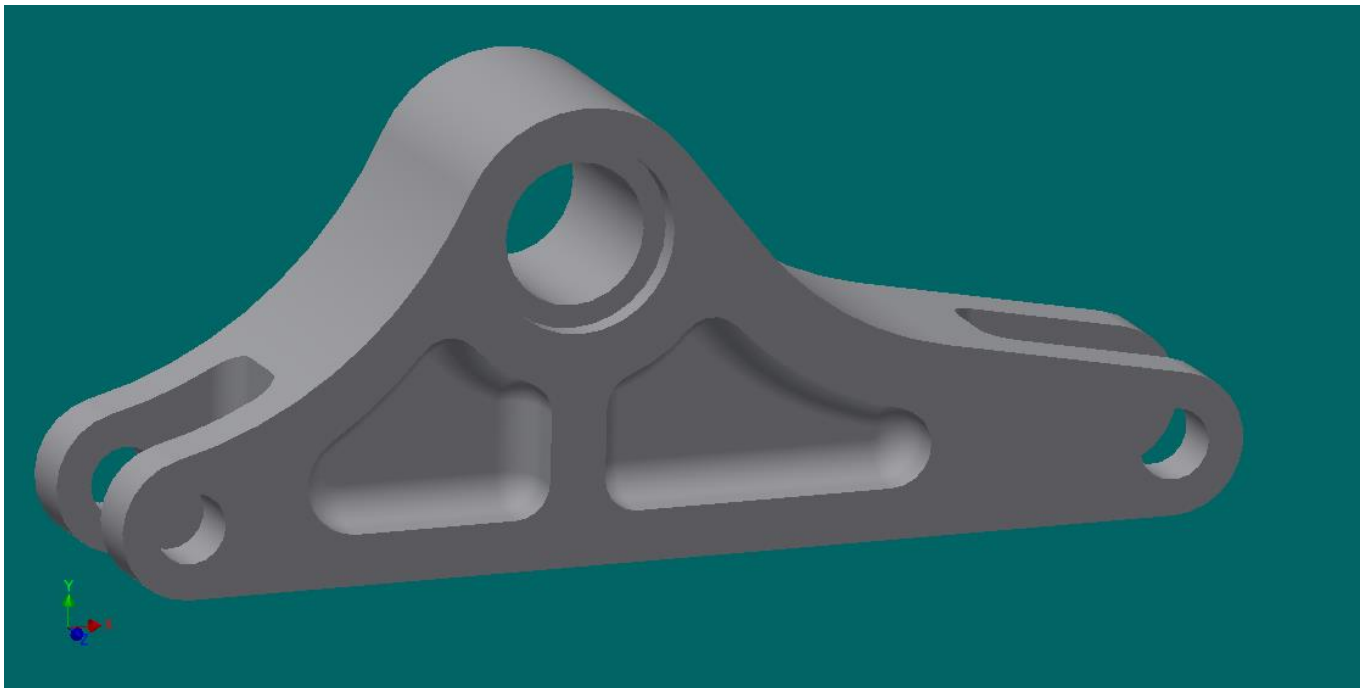
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ «ΓΩΝΙΑΚΟΣ ΜΟΧΛΟΣ (BELLCRANK)» (ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟ – PROCESS PLANNING)

Όνομα δοκιμίου:	Γωνιακός μοχλός (bellcrank)
Τύπος υλικού:	AL 2024-T3
Διαστάσεις πρώτης ύλης:	230mmX91mmX50mm
Βάρος υλικού πριν από την κατεργασία:	2.830Kgs
Βάρος δοκιμίου:	0.990grams
Αριθμός φάσεων κατεργασίας:	4 (1 σε συμβατική φρέζα και 3 σε CNC κέντρο κατεργασίας)
Εργαλειομηχανή:	Οποιοδήποτε τριαξονικό CNC κέντρο κατεργασίας

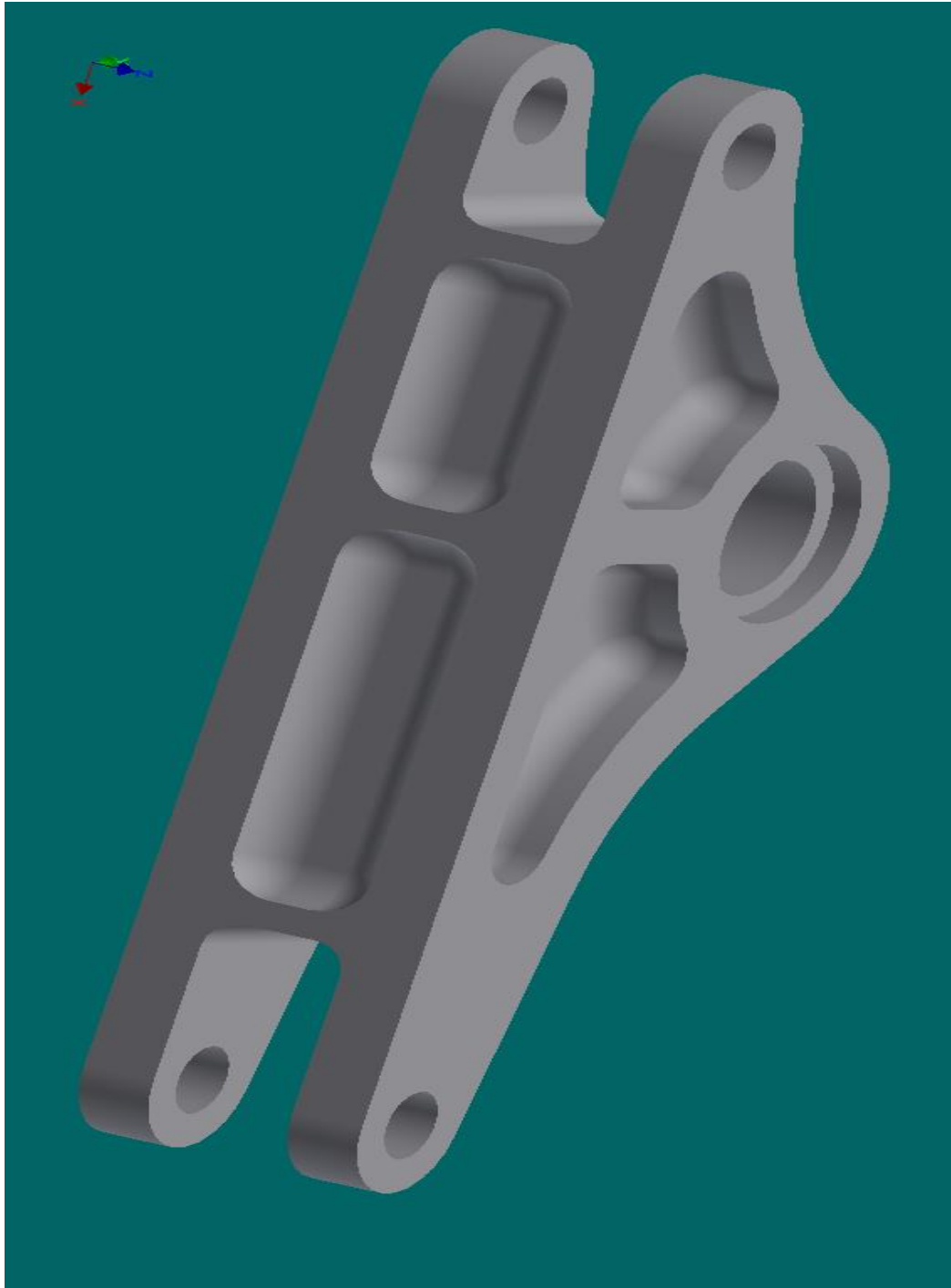
### Απαιτούμενα εργαλεία συγκράτησης:

- 1 CNC μέγγενη με κοινά μάγουλα (χωρίς πατούρα) για τη ΦΑΣΗ 2
- Ίδια μέγγενη με κοινά μάγουλα (με πατούρα) για τη ΦΑΣΗ 3
- Ίδια μέγγενη με ένα κοινό μάγουλο (με πατούρα) και ένα ειδικό μάγουλο σε μορφή ραδίου για τη ΦΑΣΗ 4 : 1 τάκος υποστήριξης για την κατασκευή του ειδικού μάγουλου

Οδηγός χρωμάτων: Γκρι = Υλικό μετά από την κατεργασία της ΦΑΣΗΣ-1 σε συμβατική φρέζα  
Γκρι = Κατεργασμένες επιφάνειες από προηγούμενες φάσεις  
Κίτρινο = Επιφάνειες ΜΟΝΟ κατά τη διάρκεια μιας κατεργασίας



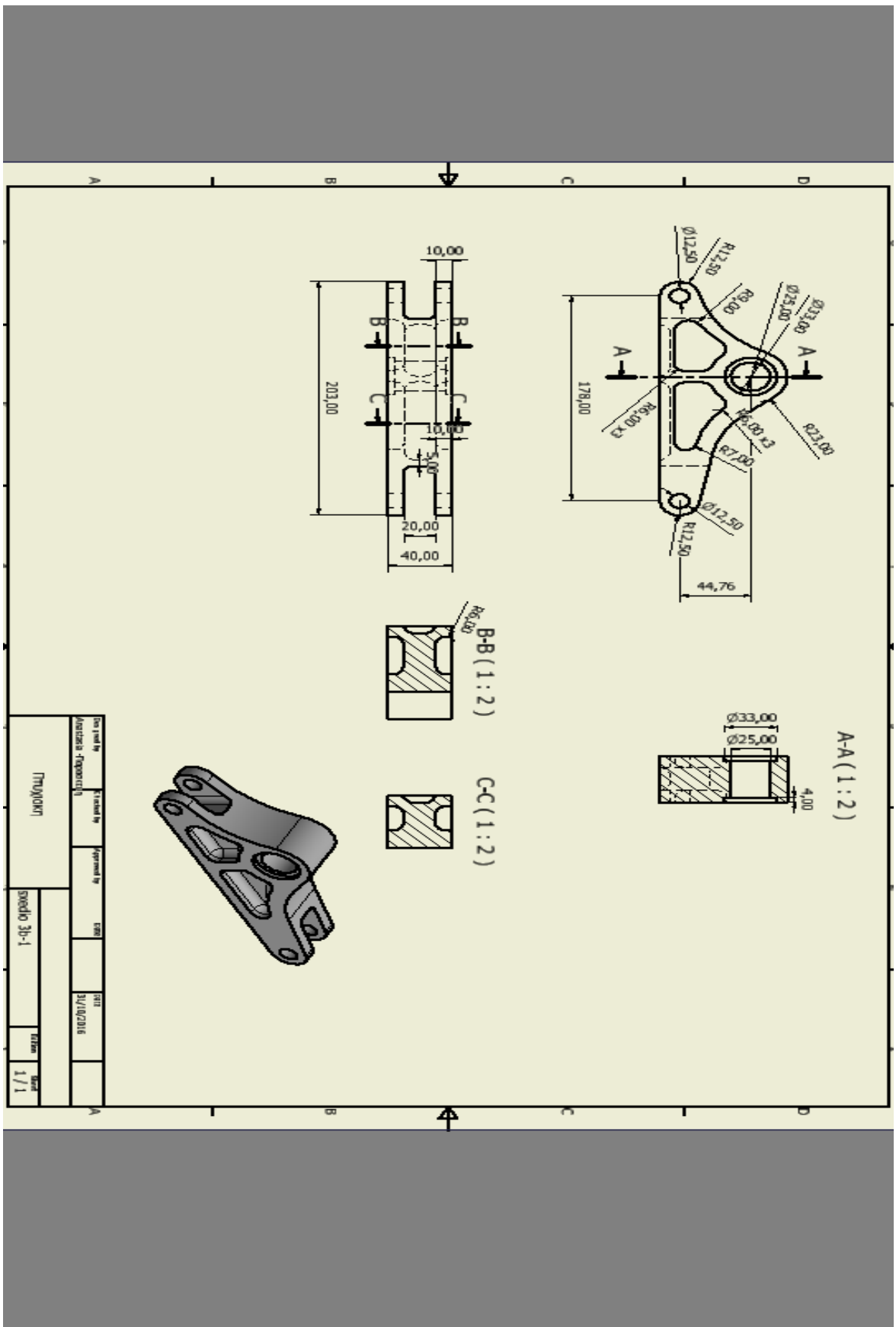
3Dσχέδιο δοκιμίου



3d σχεδιο Δοκιμιου



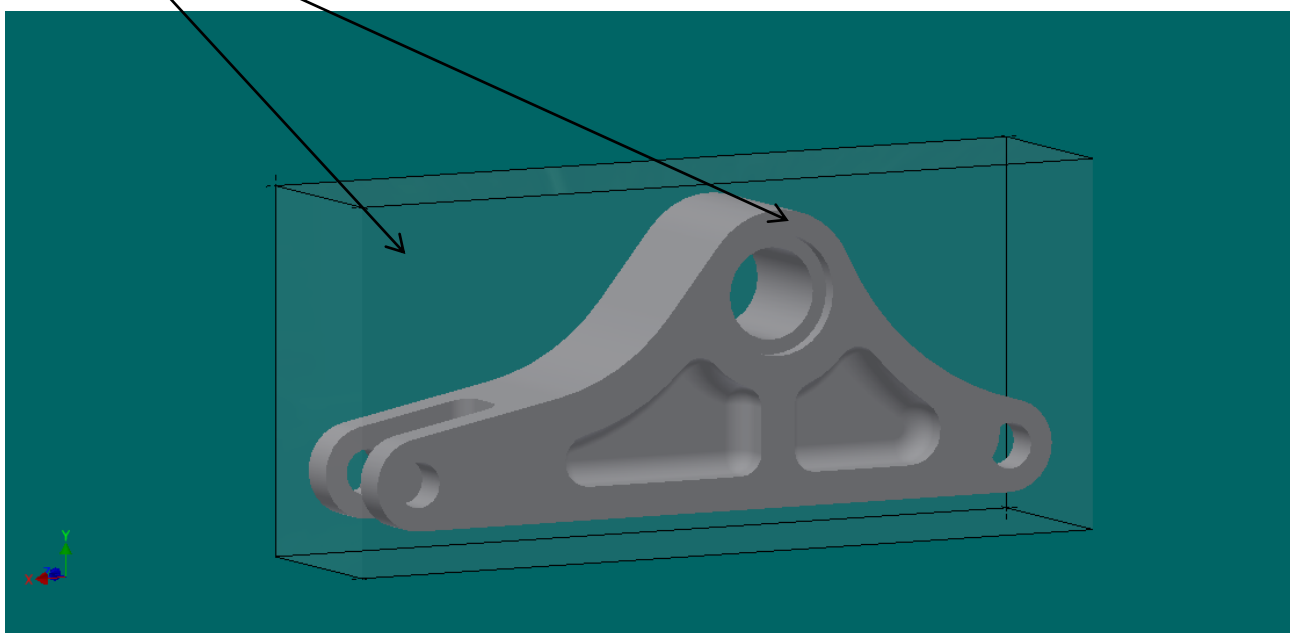
Κατασκευαστικό σχέδιο δοκιμίου (σχέδιο 1)



### ΦΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ-1 - Περιγραφή:

- 1) Σεσυμβατικήφρέζαναγίνεικατεργασία μόνο της μιας πλευράς της διάστασης 50mm με σκοπό να «καθαρίσει» η επιφάνεια και να «καθίσει» καλύτερα το υλικό επάνω στα μάγουλα της μέγγενης
- 2) Διαστάσεις πρώτης ύλης πριν από την κατεργασία: 230 mm X 91 mm X **50mm**
- 3) Διαστάσεις πρώτης ύλης μετά από την κατεργασία: 230 mm X 91 mm X**48mm**
- 4) Σημαντικό: Η κατεργασία θα πρέπει να γίνει μόνο στη μια πλευρά του υλικού. Οι υπόλοιπες πλευρές δεν κατεργάζονται σε αυτή τη φάση

Πλευρά που θα κατεργαστούμε. Αφαίρεση 2mm από αυτή τη πλευρά

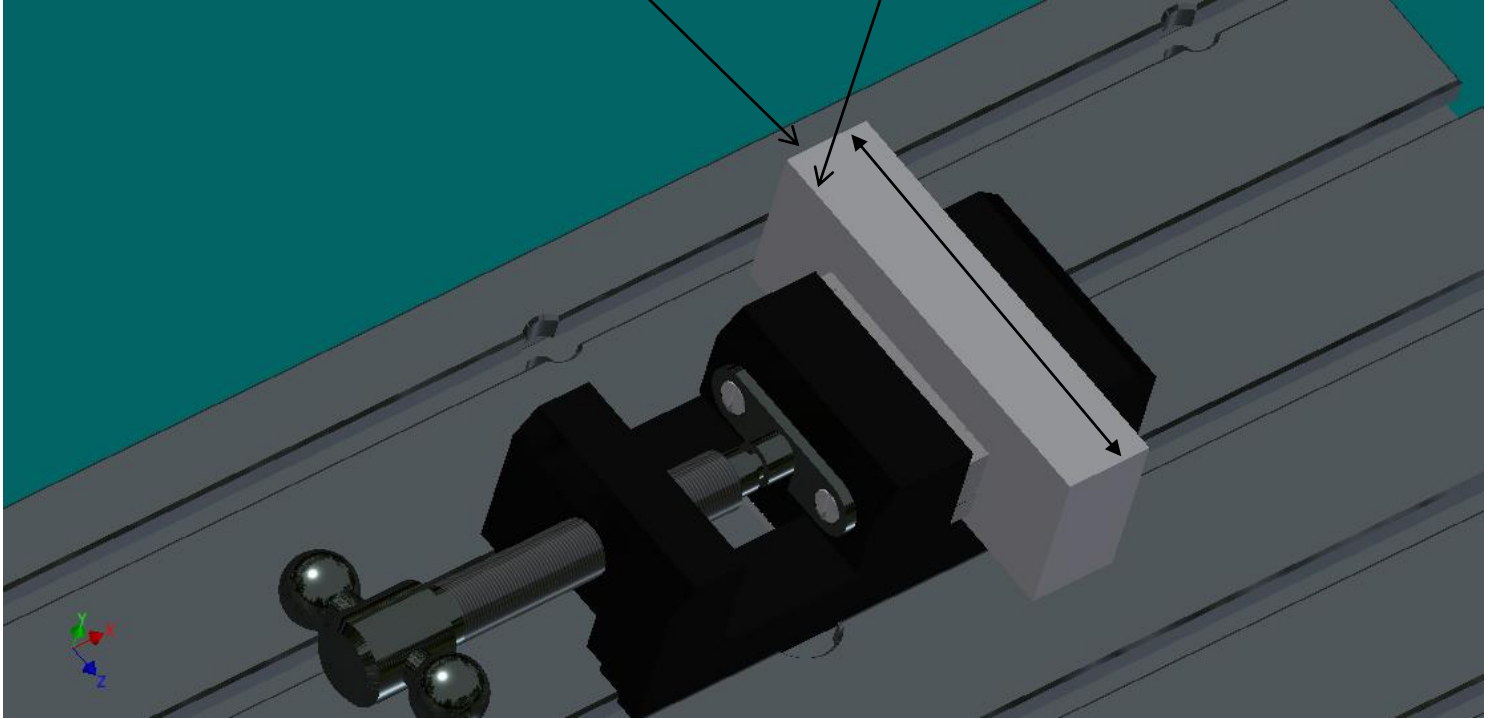


Το δοκίμιο μέσα στο υλικό ως «υάλινο κουτί» μετά από τη ΦΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ-1 (σχέδιο 2)

## ΦΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ-2

$X = 0$  και  $Y=0$  (στην αριστερή πίσω γωνία του υλικού)

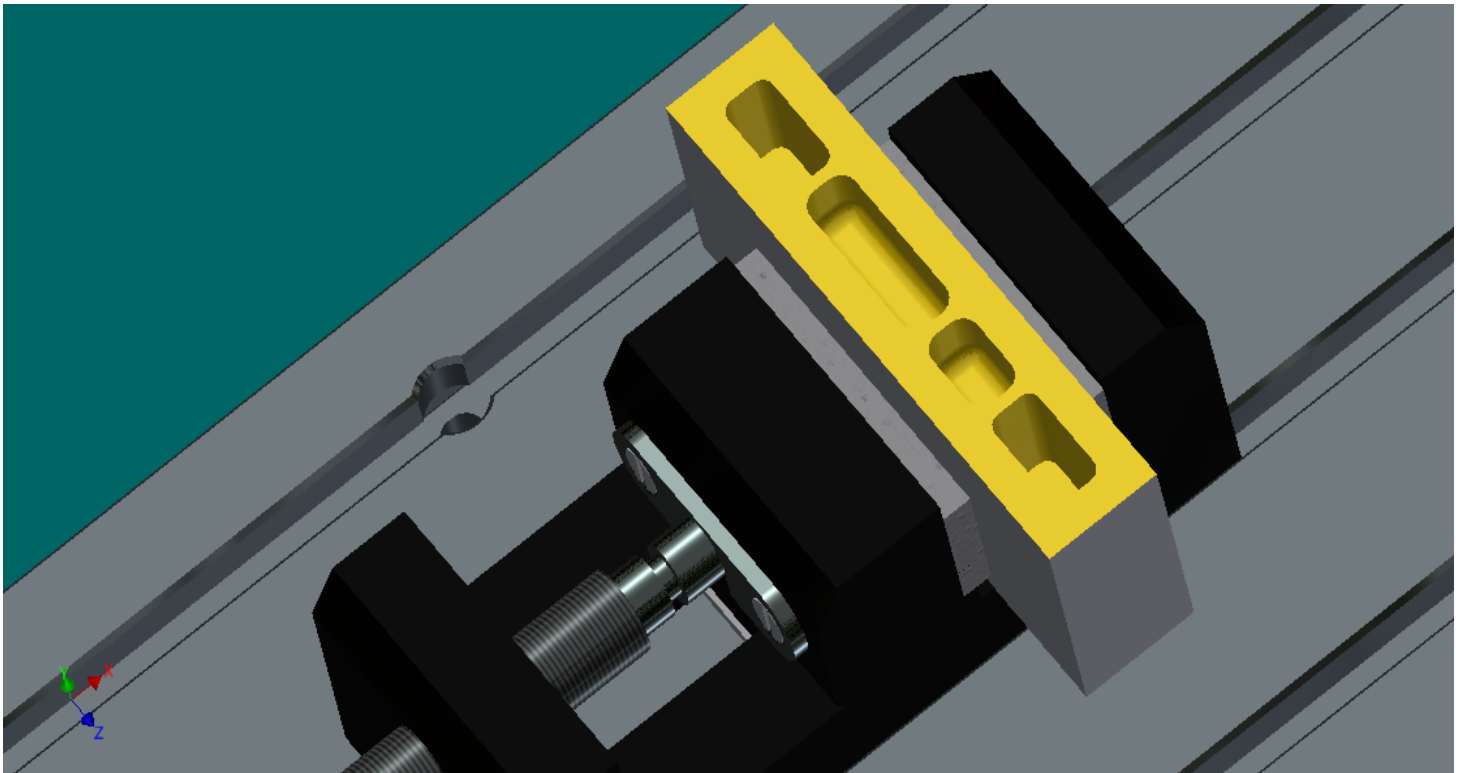
$Z = 0$  (στο πάνω μέρος του υλικού)



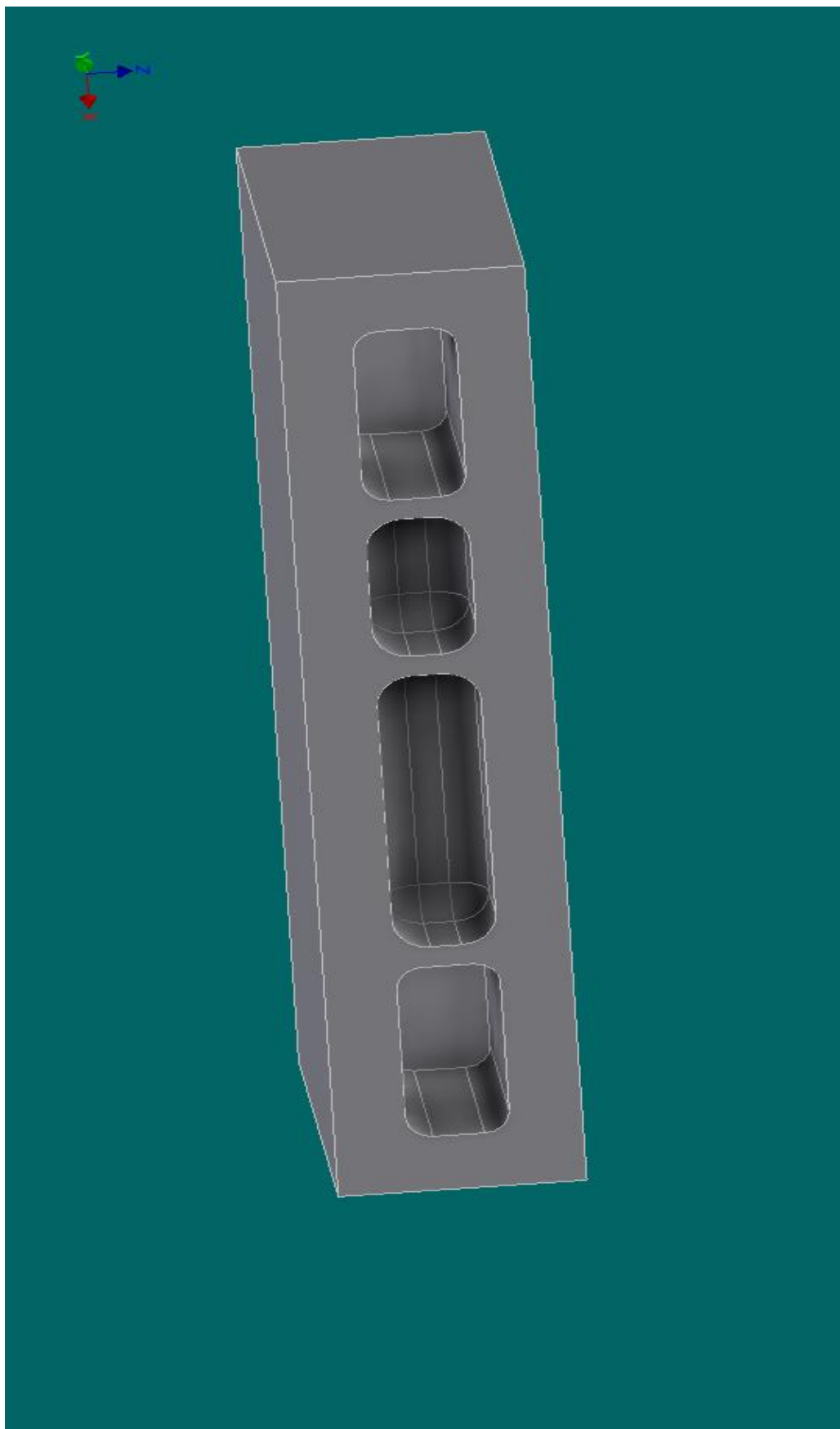
Το υλικό επάνω στη μέγγενη πριν από την έναρξη της κατεργασίας (σχέδιο 3)

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΑΣΗΣ:

- 1) Κατεργασία προσώπου στο πάνω μέρος, (facing), αφαιρώντας 5mm υλικού (Α)
- 2) Κατεργασία δυο κοιλοτήτων σε βάθος 42mm με κοπτικό εργαλείο χωρίς ράδιο (R0) (Β)
- 3) Κατεργασία δυο κοιλοτήτων σε βάθος 22mm με κοπτικό με ράδιο R6 (Γ)



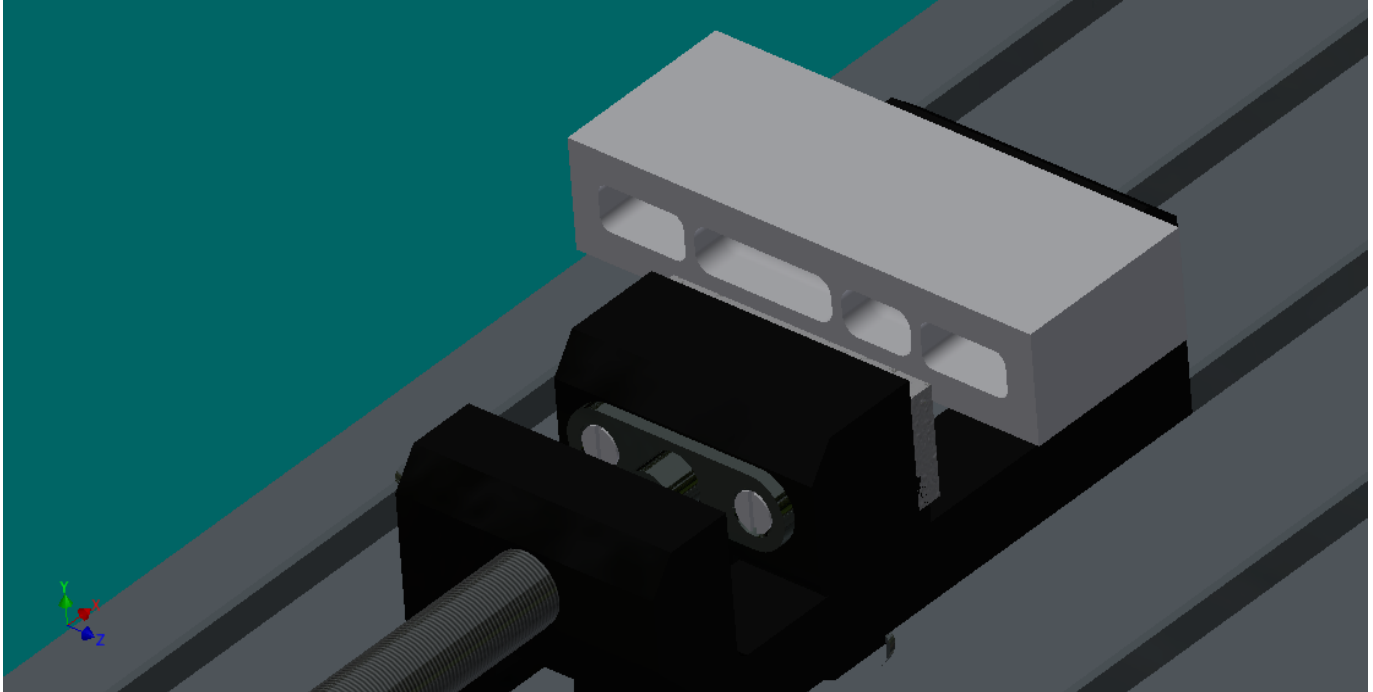
Το υλικό επάνω στη μέγγενη μετά από την κατεργασία στη ΦΑΣΗ 2(σχέδιο 4)



Το υλικό εκτός μέγγενης μετά από την ολοκλήρωση της κατεργασίας στη ΦΑΣΗ-2 (σχέδιο 5)

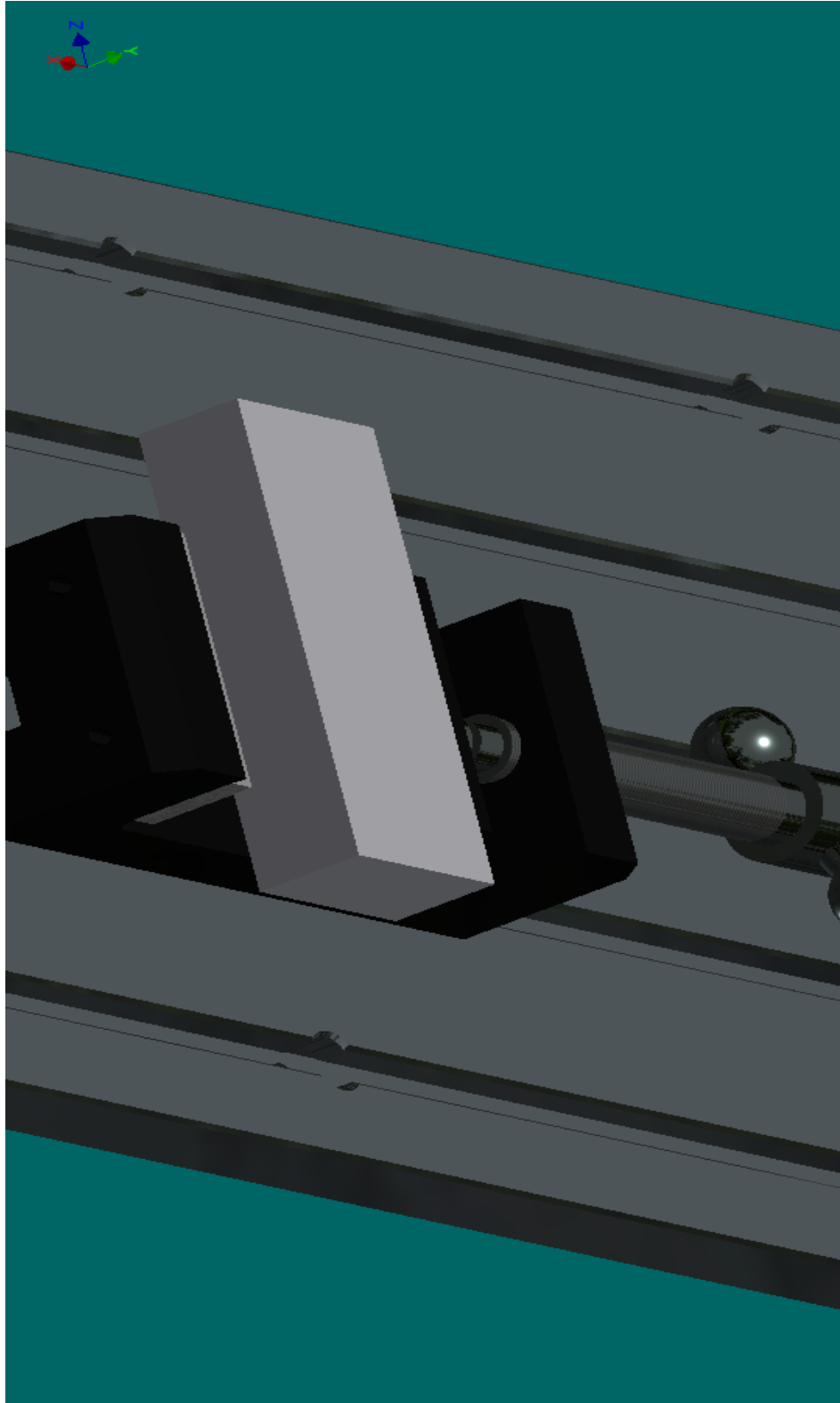


### ΦΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ-3



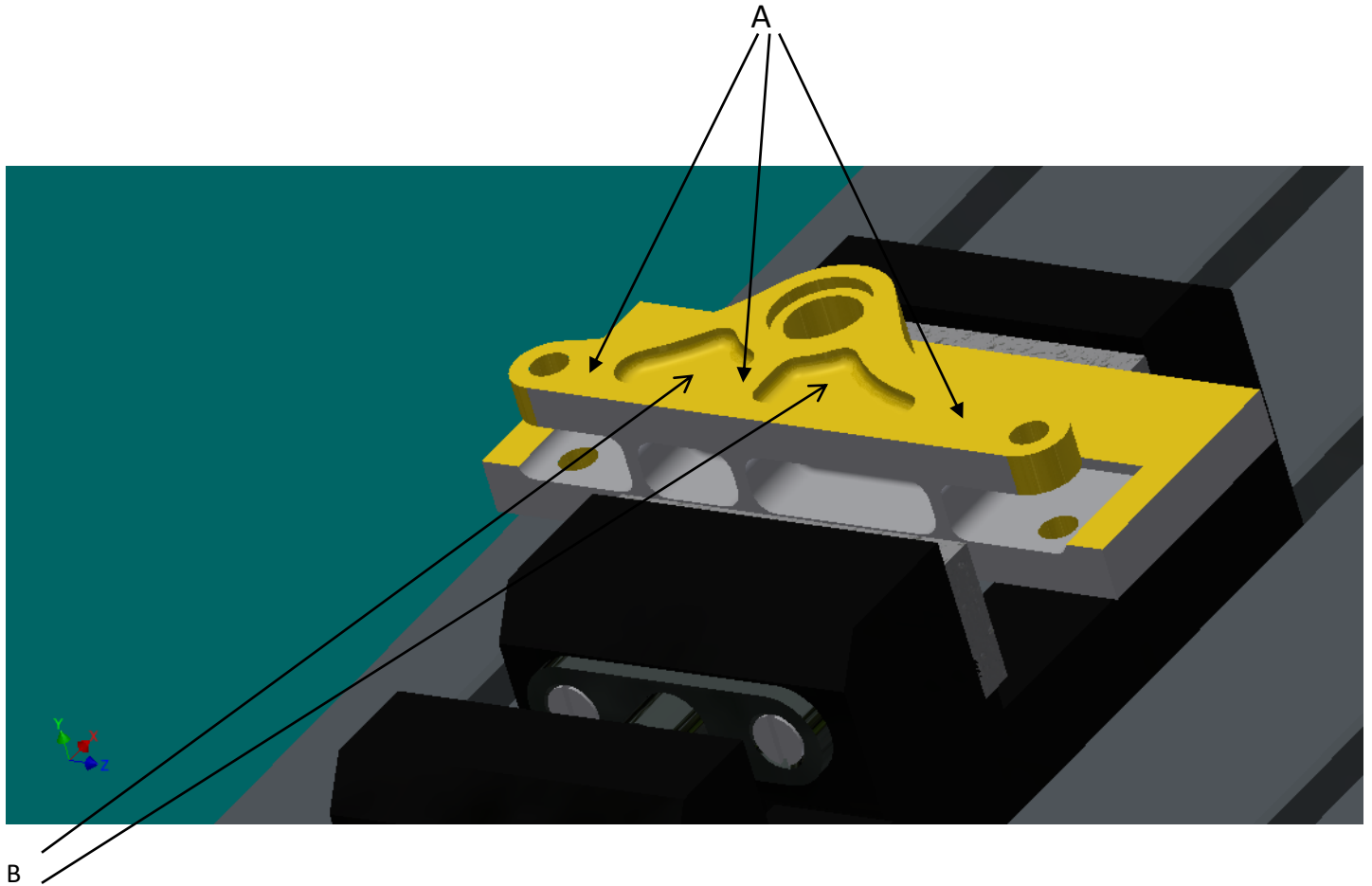
Το υλικό επάνω στη μέγγενη πριν από την έναρξη της κατεργασίας – μπροστινή πλευρά μέγγενης (σχέδιο 6)

Το υλικό επάνω στη μέγγενη πριν από την έναρξη της κατεργασίας – πίσω πλευρά μέγγενης (σχέδιο 7)

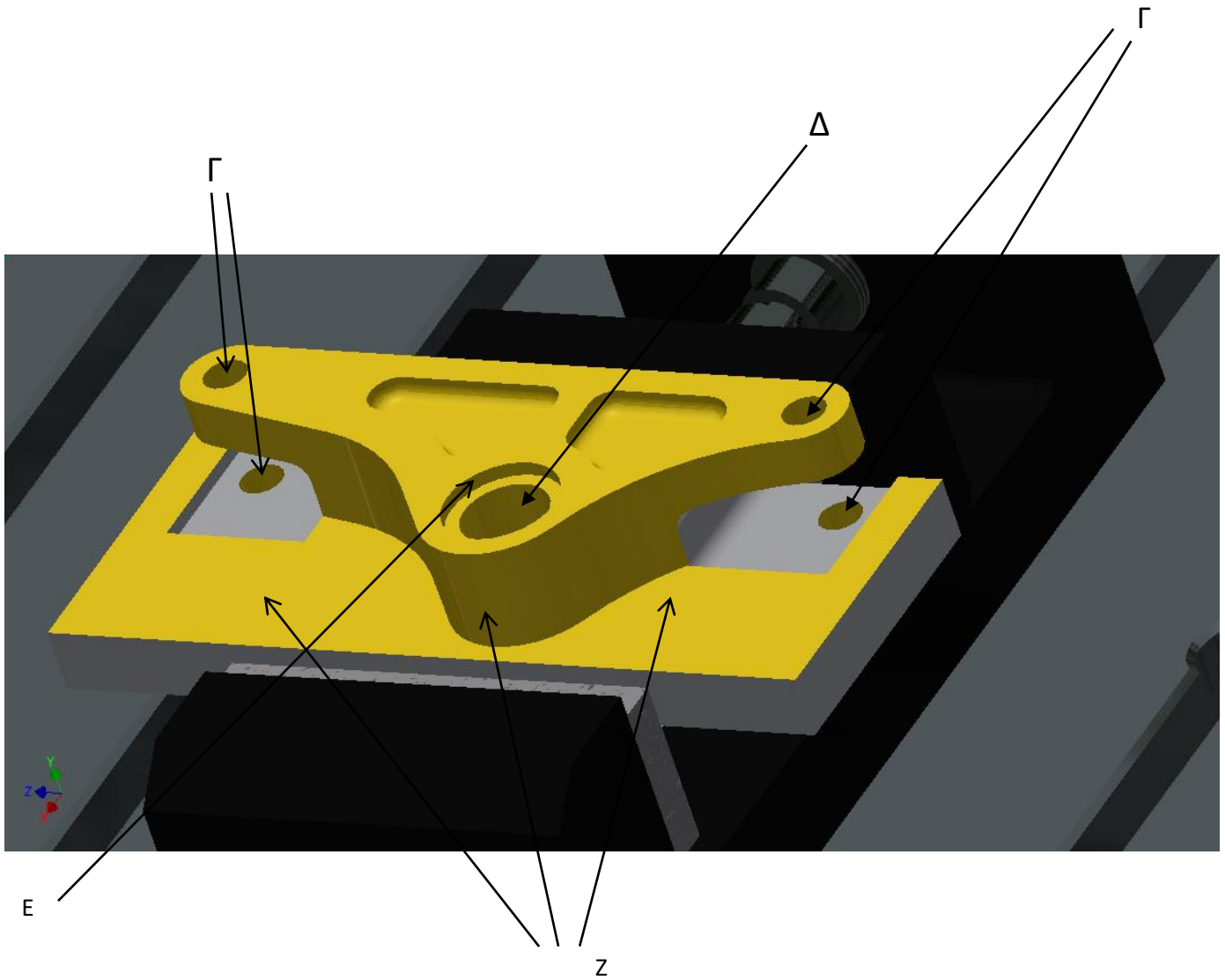


### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΑΣΗΣ:

- 1) Κατεργασία προσώπου (facing) (A)
- 2) Κατεργασία δυο κοιλοτήτων σε βάθος 6mm (B)
- 3) Διάτρηση 2 οπών  $\Phi 13$  σε ολόκληρο το βάθος του υλικού. Στην ουσία κατασκευάζουμε τέσσερις τρύπες (δυο πάνω και δυο κάτω ταυτόχρονα) (Γ)
- 4) Διάτρηση διαμπερούς οπής  $\Phi 25$  (Δ)
- 5) Κατεργασία πατούρας στο πάνω μέρος της οπής  $\Phi 33 \times 4\text{mm}$  βάθος (E)
- 6) Κατεργασία περιφέρειας του κομματιού έως 22mm βάθος (Z)



Το υλικό επάνω στη μέγγενη μετά από την κατεργασία στη ΦΑΣΗ 3 (σχέδιο 8)



Το υλικό επάνω στη μέγγενη μετά από την κατεργασία στη ΦΑΣΗ 3 (σχέδιο9)



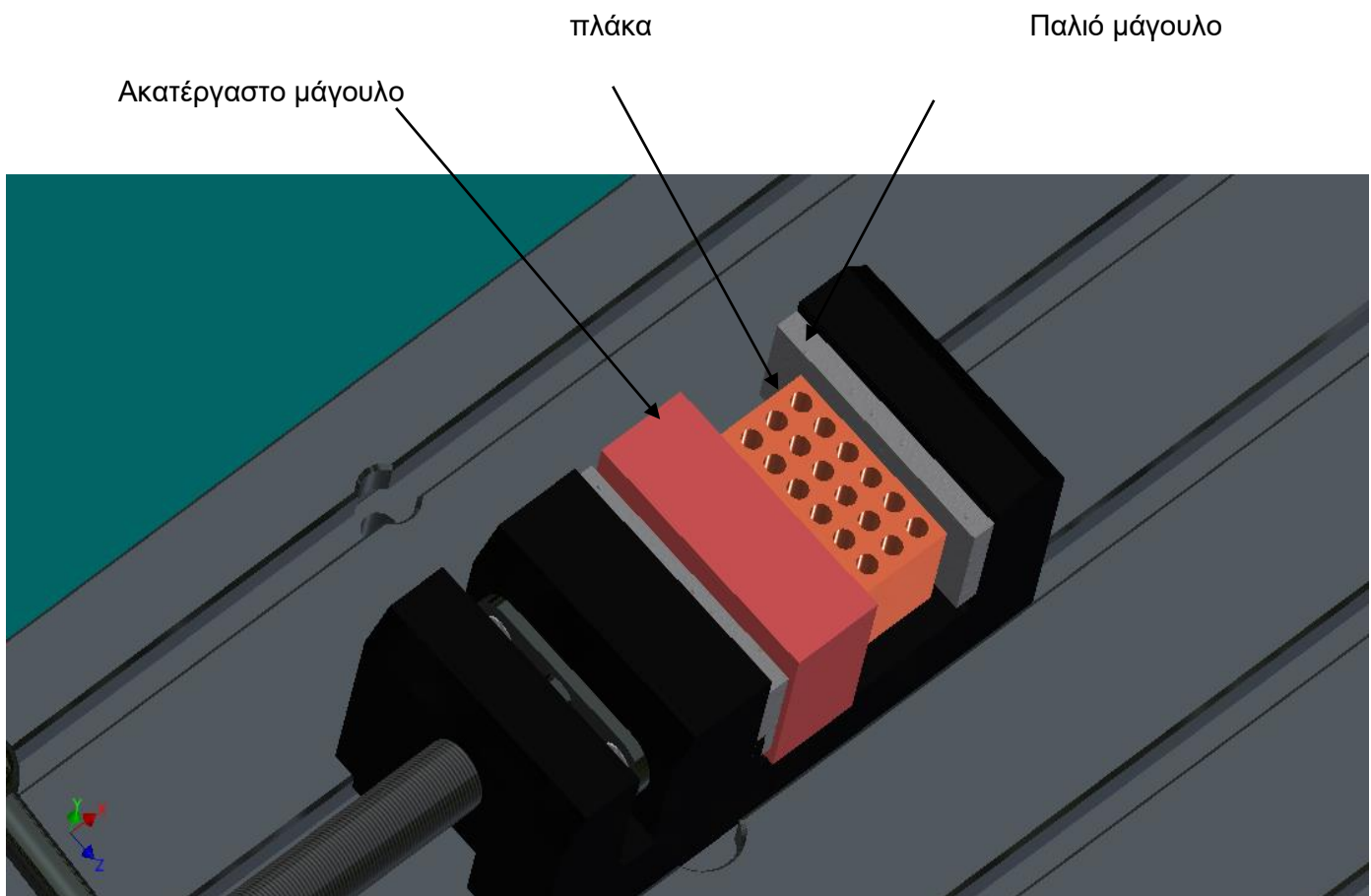
Το υλικό εκτός μέγγενης μετά από την ολοκλήρωση της κατεργασίας στη ΦΑΣΗ 3 (σχέδιο 10)

#### ΦΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ-4

Πριν από την έναρξη της ΦΑΣΗΣ 4, θα πρέπει να κατασκευάσουμε ειδικό μάγουλο που να έχει τη μορφή του εξωτερικού ραδίου του κομματιού.

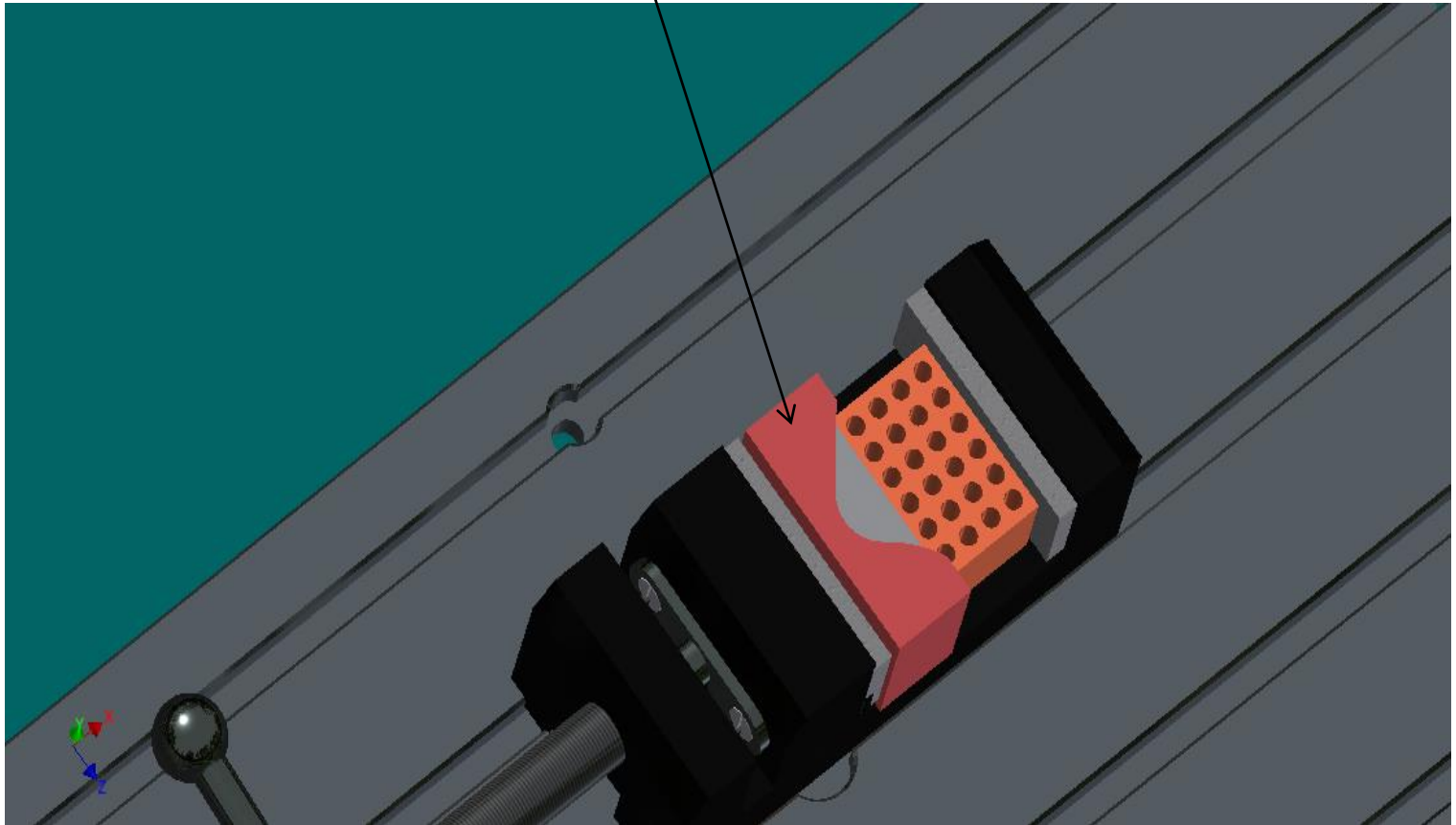
Βήματα για την κατασκευή του μάγουλου:

Βήμα 1: Τοποθετούμε στη μέγγενη ένα ακατέργαστο μάγουλο. Από την άλλη πλευρά αφήνουμε το παλιό μάγουλο με τη πατούρα. Στη μέση τοποθετούμε μια πλάκα έτσι ώστε να έχουμε τη δυνατότητα να κλείσουμε τα μάγουλα για να είναι σταθερά κατά τη διάρκεια της κατεργασίας του μάγουλου.



Σχέδιο 11

Βήμα 2: Με ένα ISOπρόγραμμα κατεργαζόμαστε το μάγουλο δημιουργώντας μια πατούρα στη μορφή που έχει το κομμάτι εξωτερικά



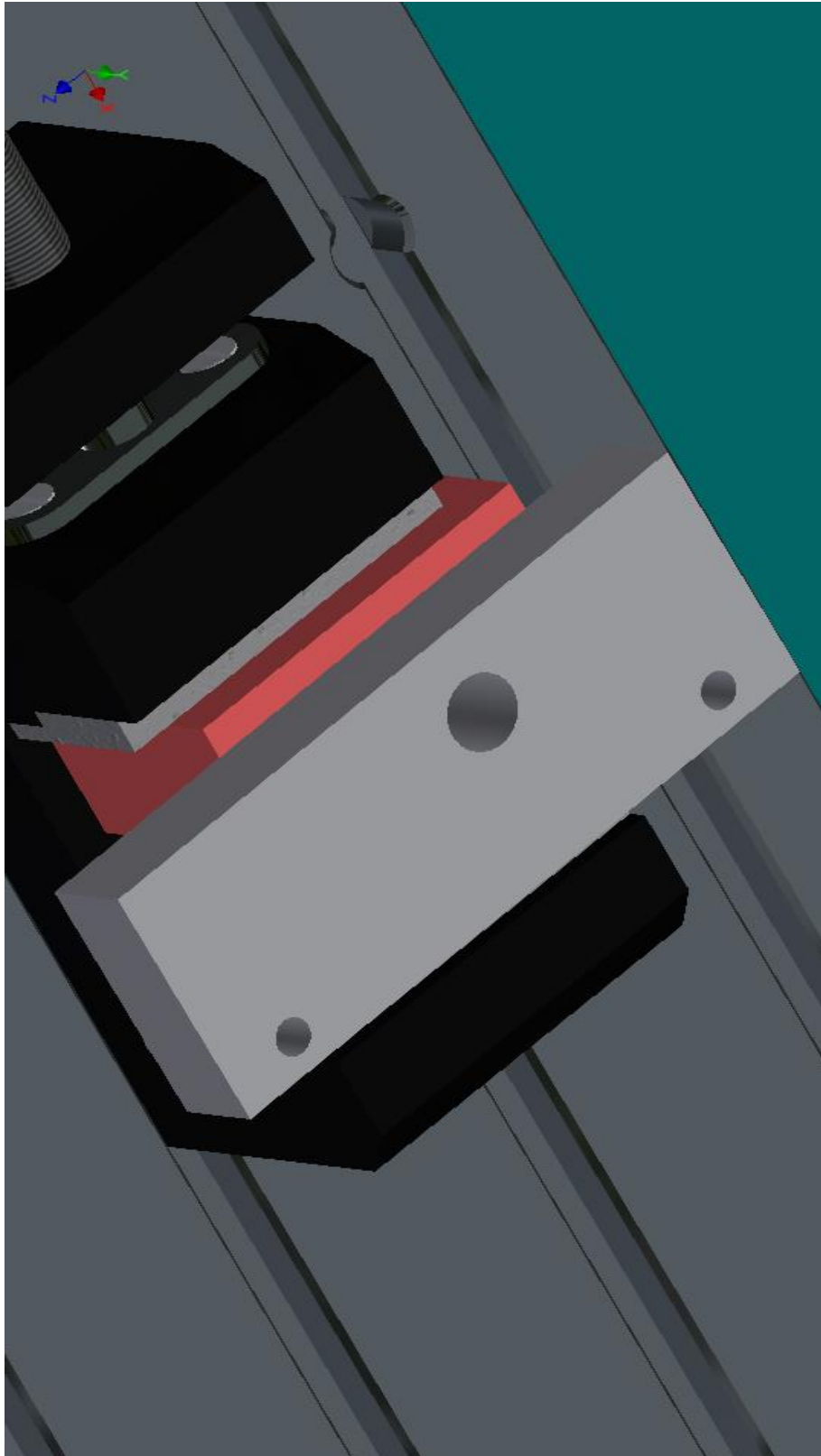
Σχέδιο 12

Αφού αφαιρέσουμε την πλάκα με τις τρύπες από τη μέγγενη και καθαρίσουμε τη μέγγενη, είμαστε έτοιμοι να τοποθετήσουμε το υλικό που έχουμε τελειώσει από τη τρίτη φάση

Η μέγγενη έτοιμη για την ΦΑΣΗ 4 ( σχέδιο 13 )



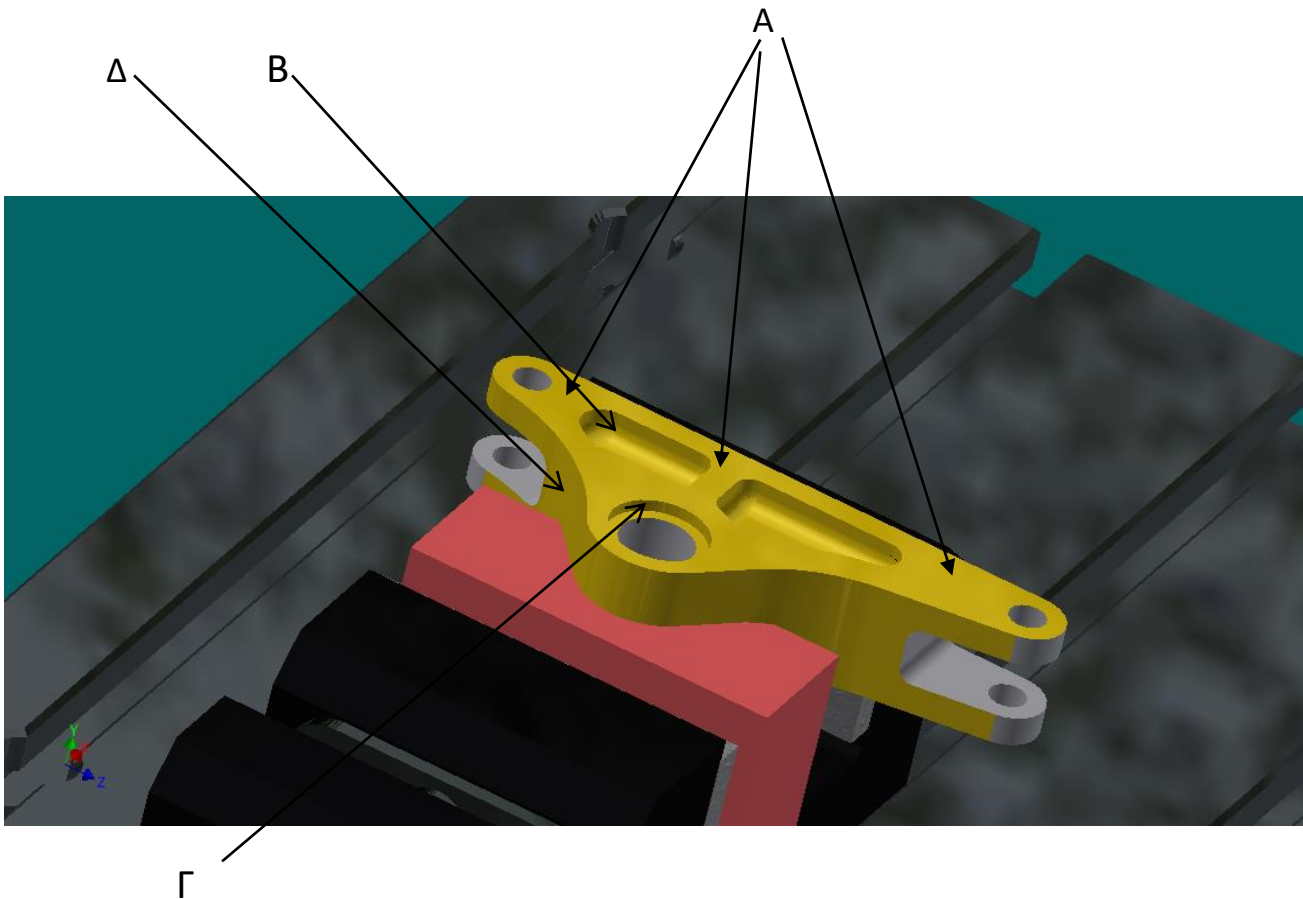




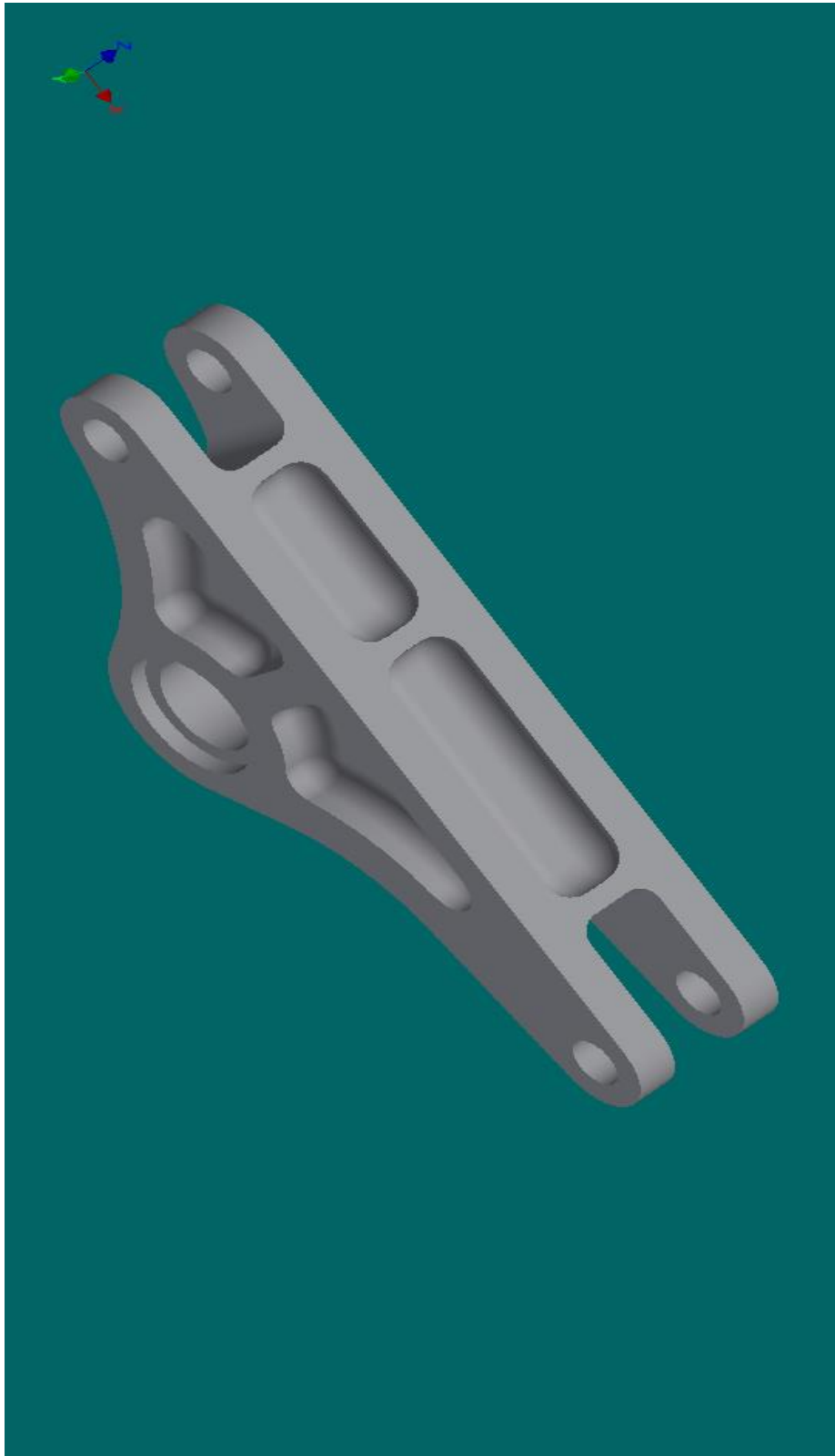
Το υλικό επάνω στη μέγγενη πριν από την έναρξη της κατεργασίας (σχέδιο 14)

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΑΣΗΣ:

- 1) Κατεργασία προσώπου (facing) (Α)
- 2) Κατεργασία δυο κοιλοτήτων σε βάθος 6mm (Β)
- 3) Κατεργασία πατούρας στο πάνω μέρος της οπής  $\Phi 33 \times 4\text{mm}$  βάθος (Γ)  
Κατεργασία περιφέρειας του κομματιού έως 22mm βάθος (Δ)

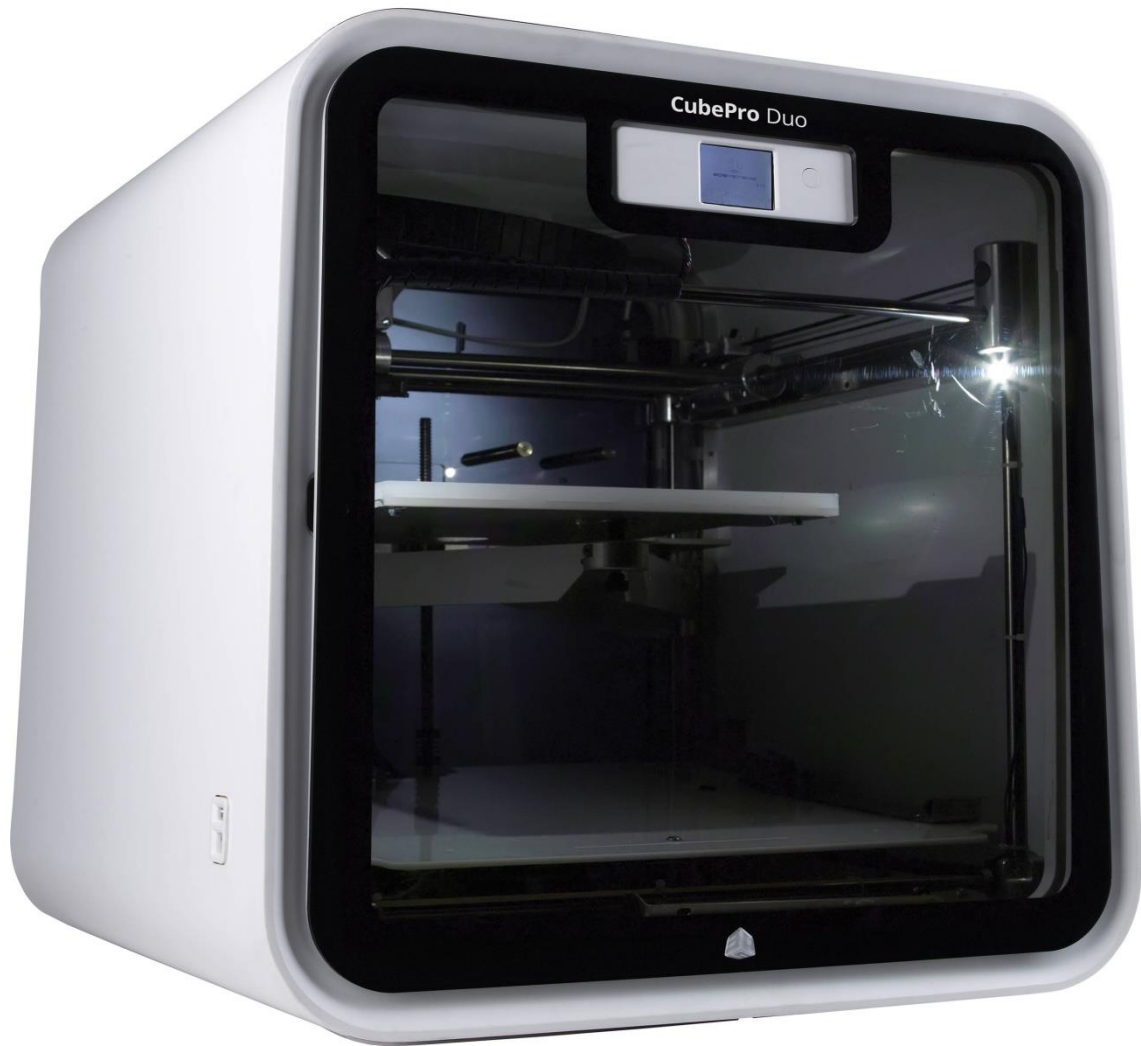


(Σχέδιο 15)

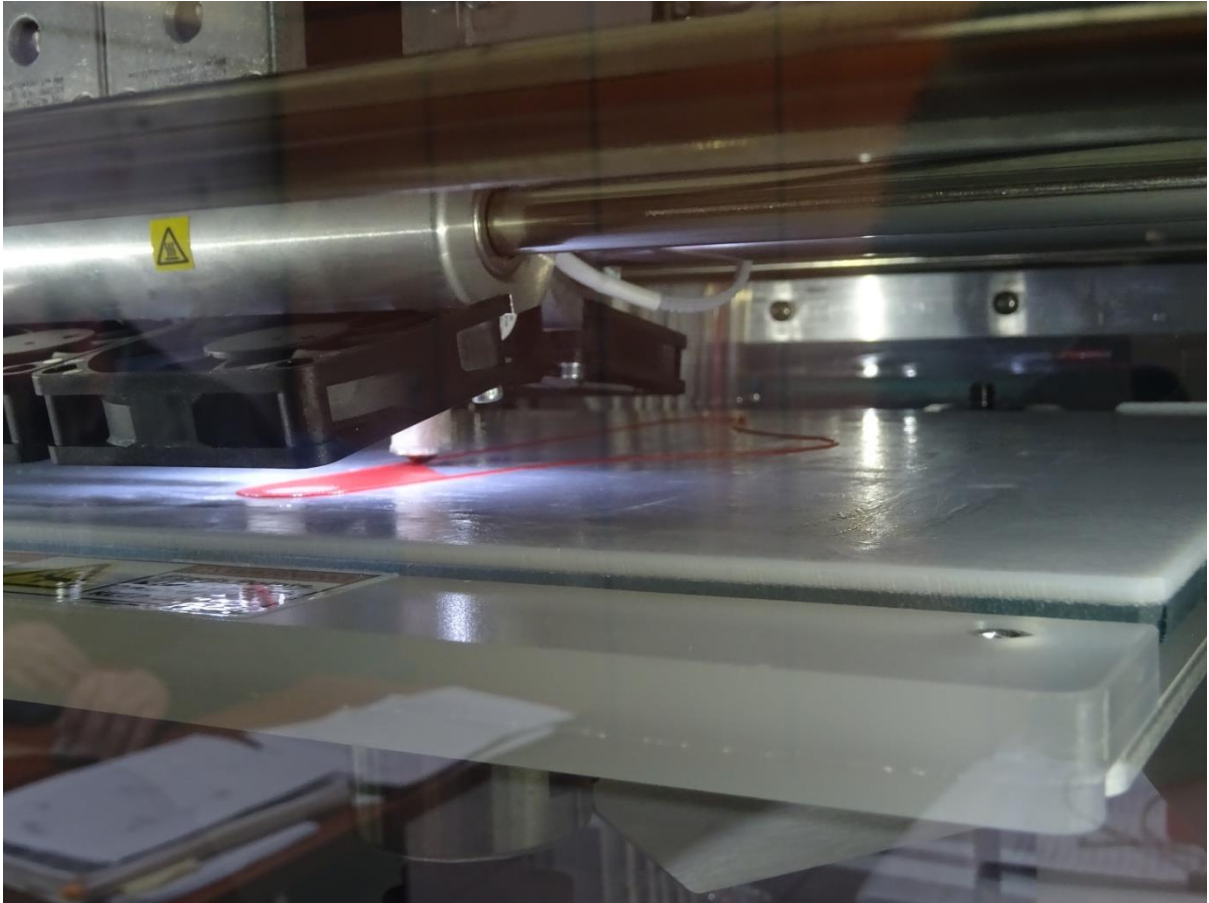


Το τελειωμένο κομμάτι εκτός μέγγενης μετά από την ολοκλήρωση της κατεργασίας στη  
ΦΑΣΗ 4 (σχέδιο 16)

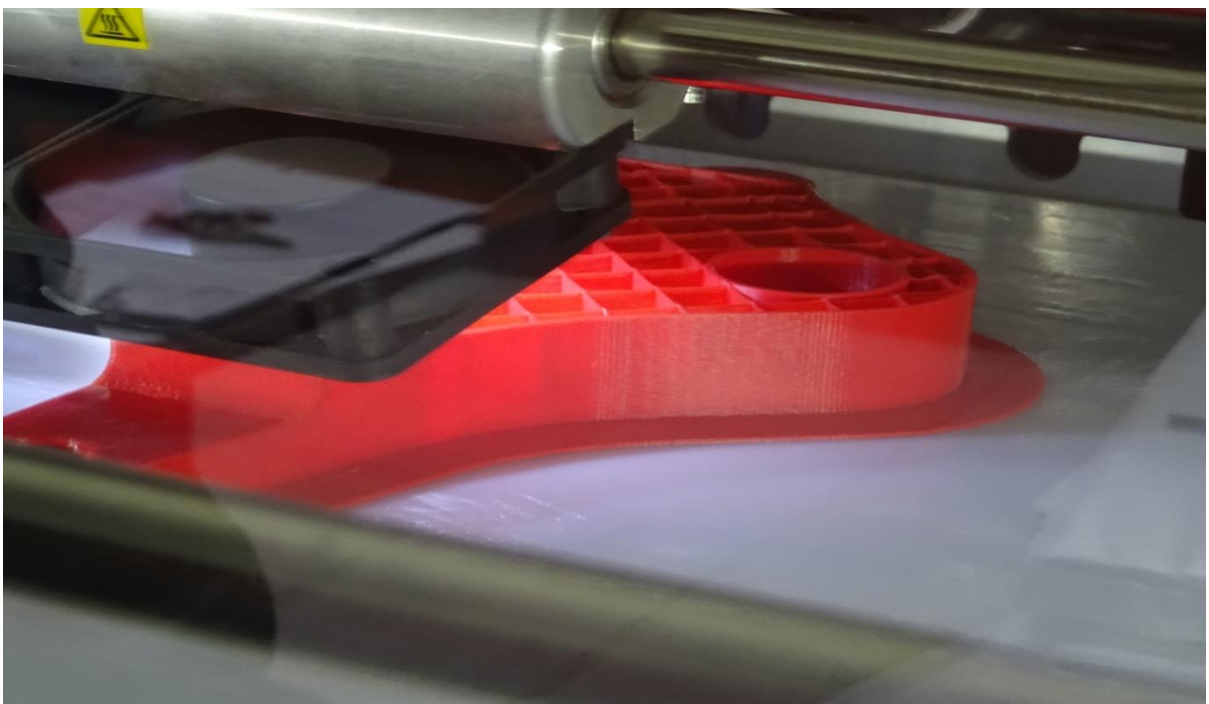
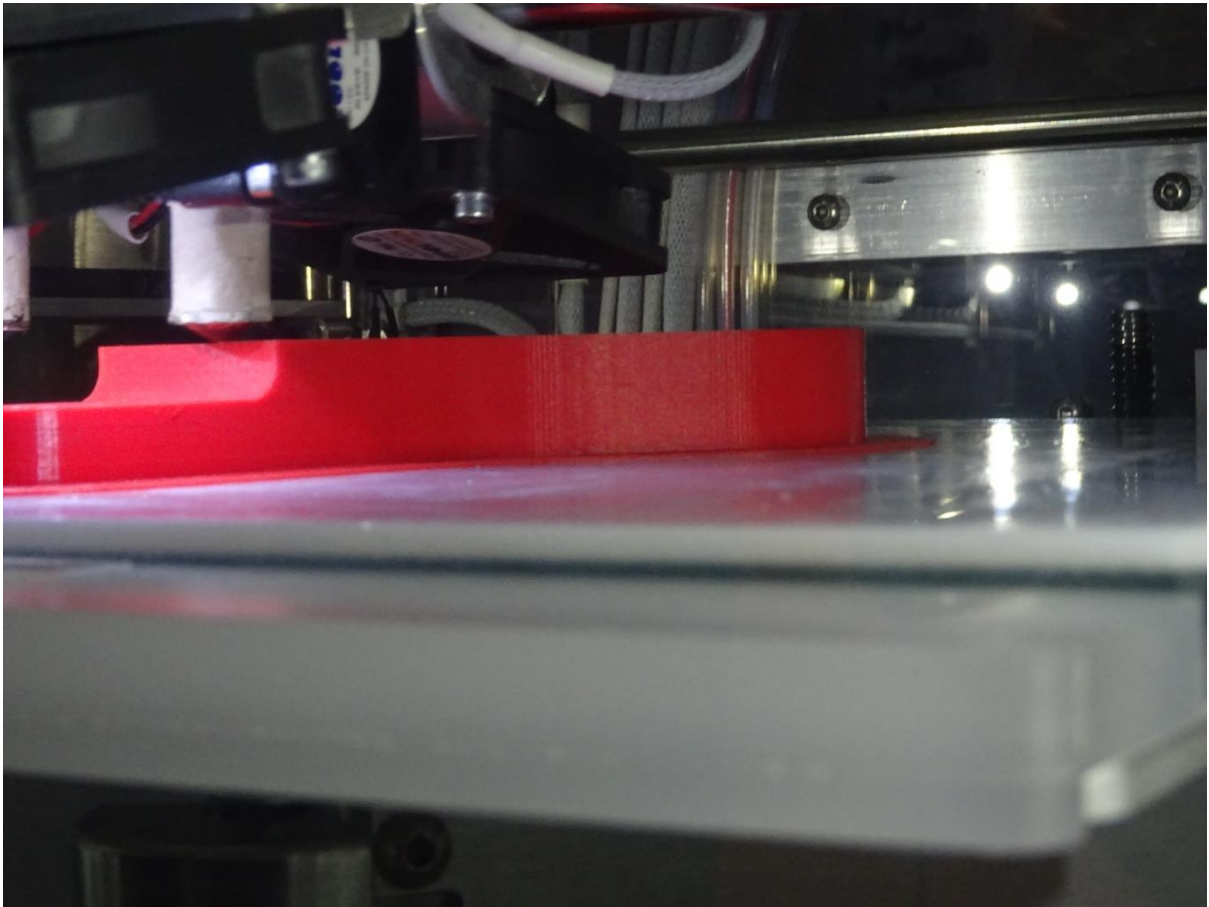
## 3D Εκτύπωση



Αρχική φάση 3D εκτύπωσης



Ενδιάμεσες φάσης εκτύπωσης



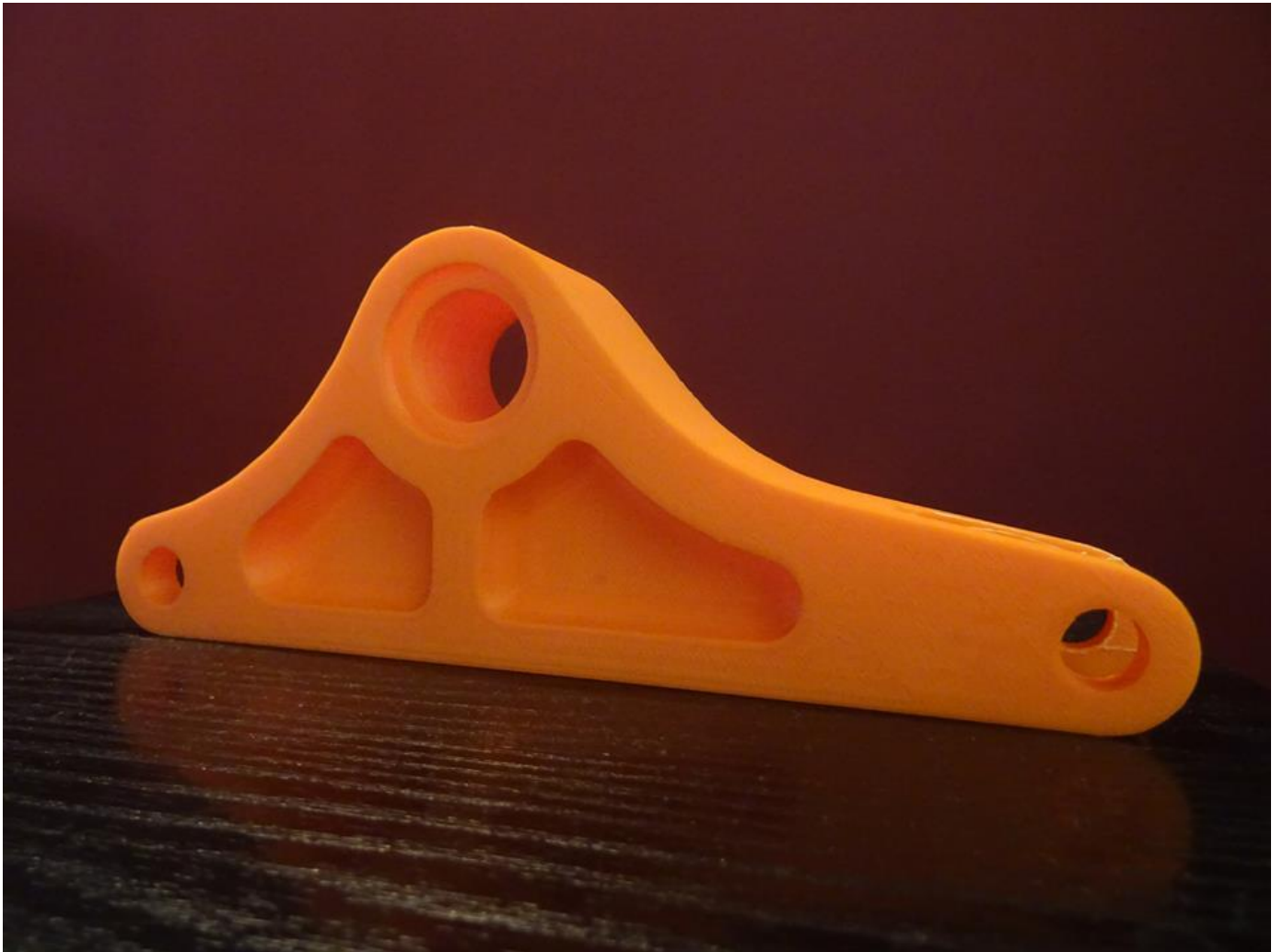


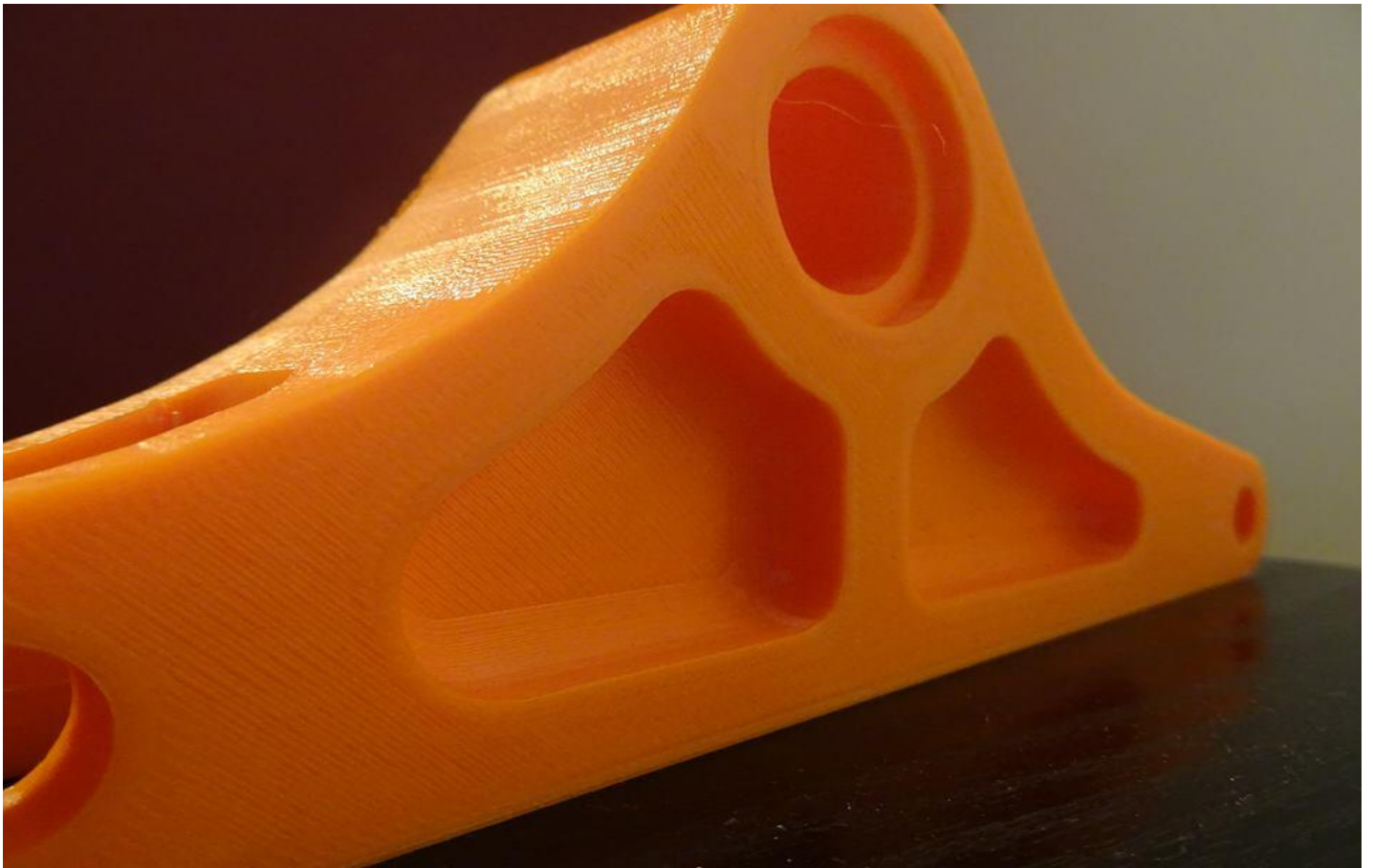
Τελικό εκτυπωμένο δοκίμιο











## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένηβιβλιογραφία

3D modeling and animation software 2014

- <<http://www.autodesk.com/products/3ds-max/features/all/gallery-view>>

3D Systems 2014, Process Comparison Table

- <<http://www.3dsystems.com/quickparts/prototyping-pre-production/process-comparison>>

Advantages and Disadvantages 2013

- <http://3ddesktopprinting.blogspot.gr/p/what-are-some-advantages-of-3d-printing.html>

Strati: Αυτό είναι το πρώτο αυτοκίνητο από 3D εκτυπωτή

- <<http://www.koolnews.gr/tech/484834-strati-afto-einai-to-protokinito-apo-3d-ektypoti-video/>>