

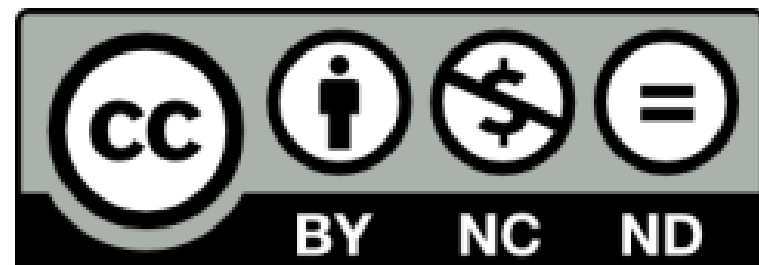


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Σχεδίαση με Η/Υ

Ενότητα 4: Ταχεία πρωτοτυποποίηση

Φίλιππος Αζαριάδης
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης
Προϊόντων και Συστημάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Rapid Prototyping (RP)



ΤΑΧΕΙΑ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Φ. Αζαριάδης

www.syros.aegean.gr/users/azar

Περιεχόμενα

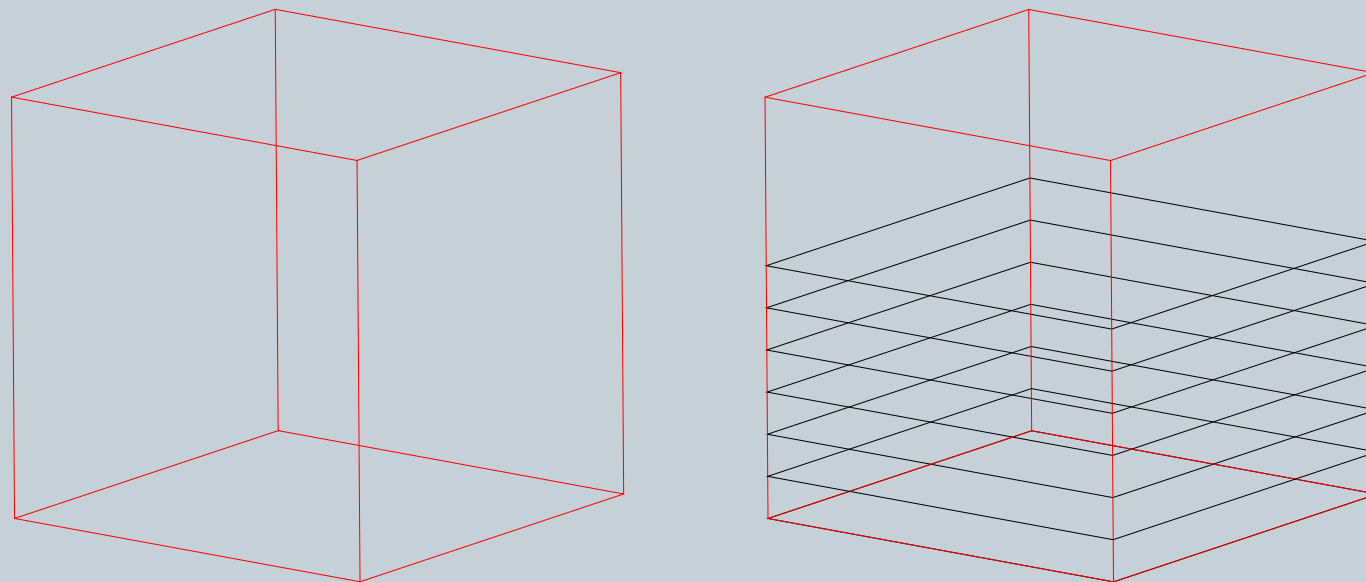
2

- Ορισμός
- Ιστορική Αναδρομή
- Μορφές των δεδομένων **τπ**
- Αρχεία STL
- Ροή πληροφοριών **τπ**
- Ακρίβεια Μεθόδων **τπ**
- Ταξινόμηση των μεθόδων **τπ**
- Τεχνολογίες **τπ**
- Εφαρμογές της τεχνολογίας **τπ**

Ταχεία Πρωτοτυποποίηση-Ορισμός

3

Ο όρος **ταχεία πρωτοτυποποίηση (τπ)** αναφέρεται στην τεχνολογία κατασκευής τρισδιάστατων φυσικών μοντέλων στρώση – στρώση (layer by layer) απευθείας από το πρωτότυπο σχέδιο του υπολογιστή (Computer Aided Design – CAD).



Πλεονεκτήματα του ΤΠ

4

- Δημιουργία πολύπλοκων αντικειμένων.
- Απλοποιεί την δημιουργία σχημάτων 3Δ, ανάγοντας την σε επιστοίβαση λεπτών τομών 2Δ.
- Μειώνει το χρόνο που καταναλώνεται από τον ανθρώπινο παράγοντα για την κατασκευή.

Ιστορική Αναδρομή

5

- Οι ρίζες της **τπ** μπορούν να εντοπισθούν σε 2 περιοχές:
 - Την Τοπογραφία: Το 1890 ο Blantner πρότεινε μια μέθοδο δημιουργίας καλουπιών κατά στρώμα για τοπογραφικούς ανάγλυφους χάρτες.
 - Την Φωτογλυπτική: Τον 19^ο αιώνα ο Bogart πρότεινε μια τεχνική για την δημιουργία 3Δ αντικειμένων που αφορούσε τη φωτογράφιση ενός αντικειμένου συγχρόνως από 24 κάμερες σε ίση απόσταση μεταξύ τους μέσα σε ένα κυκλικό δωμάτιο και την χρησιμοποίηση της κάθε φωτογραφίας για την χάραξη του 1/24 του αντικειμένου.

Ιστορική Αναδρομή

6

- Οι τεχνολογίες αυτές αναπτύχθηκαν και βελτιώθηκαν από τότε. Ωστόσο καινοτομικές επεξεργασίες όπως η **τπ** δεν θα μπορούσαν να δημιουργηθούν πριν την εισαγωγή της μοντελοποίησης στερεών στα τέλη του '80.
- Η **τπ** προέρχεται από την βιομηχανία CAD και συγκεκριμένα από την μοντελοποίηση στερεών (solid modelling), δηλαδή τον κλάδο που αναπαριστά αληθινά 3Δ αντικείμενα σε ηλεκτρονική μορφή.

Μορφές των δεδομένων τπ

7

- Το λογισμικά πακέτα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης αποθηκεύουν γεωμετρικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές αναπαράστασης και μορφές δεδομένων.
- Εξαιτίας της ασυμβατότητας αυτών των μορφών η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των προγραμμάτων δημιουργίας του μοντέλου και των εφαρμογών κατασκευής τους είναι προβληματική.
- Δύο μέθοδοι αναπτύχθηκαν για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα:
 - Η πρώτη λύση απαιτεί την ανάπτυξη ενός περιβάλλοντος διασύνδεσης μεταξύ των δύο συστημάτων που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ανέφικτο.
 - Η δεύτερη λύση εμπεριέχει πρωτοτυποποίηση των δομών δεδομένων ώστε να ανταλλάσσονται πληροφορίες μεταξύ διαφορετικών συστημάτων , πχ. IGES (initial graphics exchange specification) και STEP (ISO 10303-21).

Μορφές των δεδομένων τπ

8

- Στην τπ έχει υιοθετηθεί η 2^η προσέγγιση.
- Ουδέτερες μορφές: STL, SLC, CLI, RPI, LEAF, LMI
- Η πιο διαδεδομένη:
 - STL : STereoLithography. (*.stl) Είναι η τυπική μορφή διασύνδεσης μεταξύ CAD και RP συστημάτων.

STL αρχεία

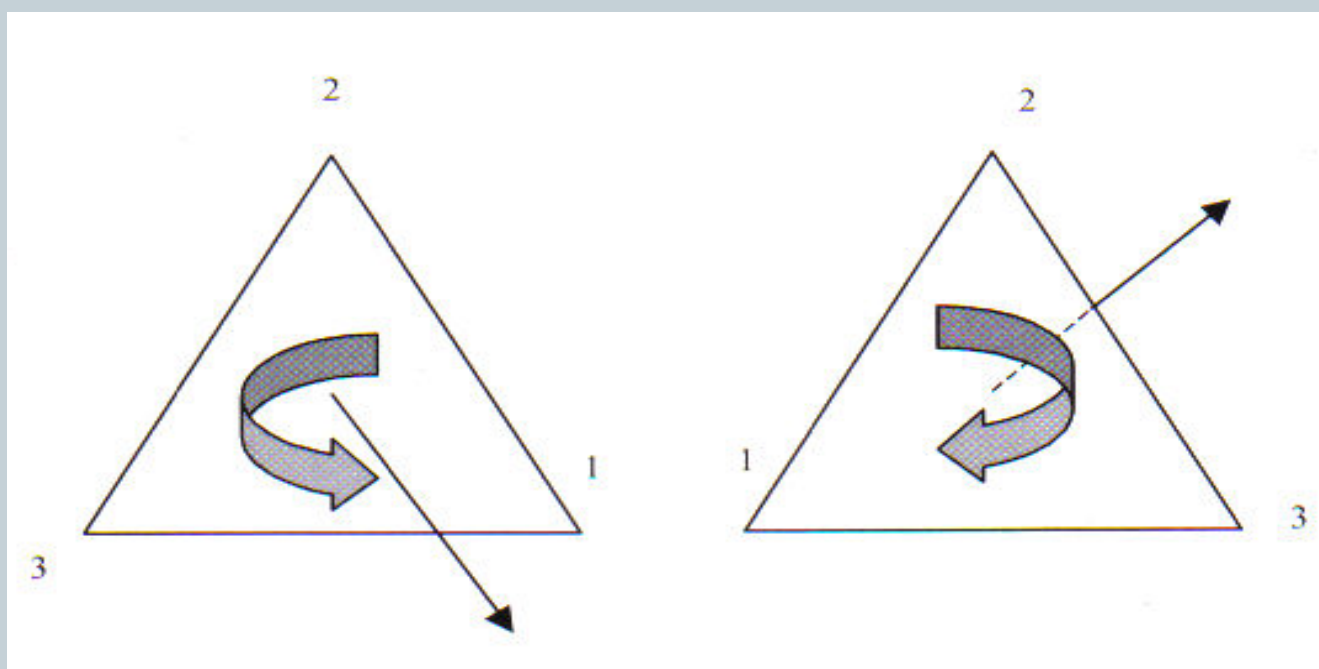
9

- Τα STL αρχεία εξάγονται από τις εφαρμογές CAD και περιέχουν τις πληροφορίες για τα μοντέλα.
- Οι επιφάνειες των τρισδιάστατων μοντέλων προσεγγίζονται από τριγωνικές αναπαραστάσεις.
- Κάθε τρίγωνο ορίζεται ανεξάρτητα από τις τρεις πλευρές του και το προς τα έξω διάνυσμα της επιφάνειάς του.

STL αρχεία

10

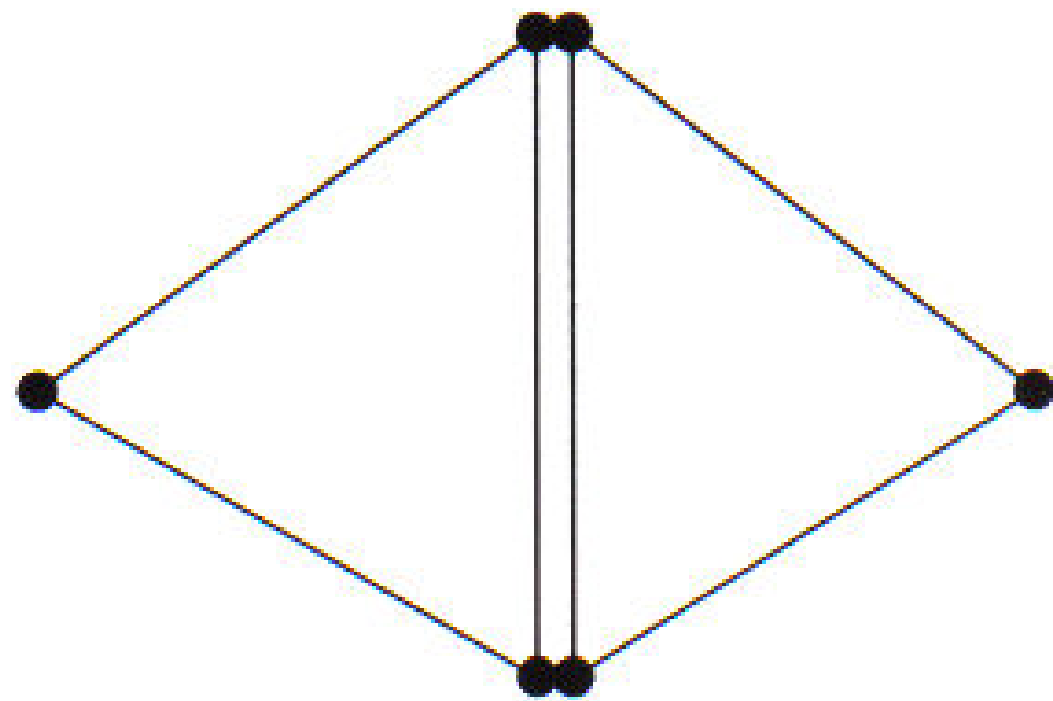
- Δύο σημαντικές απαιτήσεις πρέπει να ακολουθούνται για τη δημιουργία των STL αρχείων:
 - Τα δεδομένα που αφορούν στις πλευρές των τριγώνων αποθηκεύονται στο αρχείο με τέτοιο τρόπο ώστε να αναγνωρίζονται οι εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες.
 - Αν η αρίθμηση των κορυφών είναι κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού (δεξιόστροφα) δείχνει μια εσωτερική επιφάνεια και μια αριστερόστροφη φορά δείχνει μια εξωτερική επιφάνεια (right – hand rule).



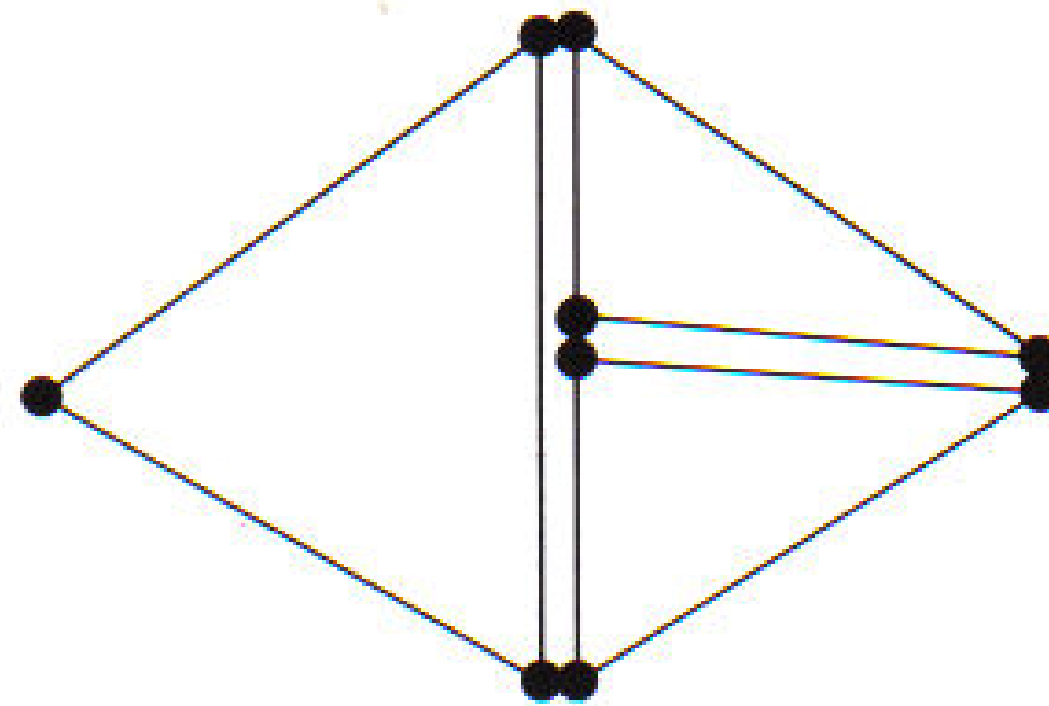
STL αρχεία

11

- Κάθε τρίγωνο έχει δύο κοινές κορυφές με κάθε γειτονικό του.



Correct



Incorrect

STL αρχεία

12

- Τα αρχεία STL μπορούν να αποθηκευτούν σε δύο μορφές: δυαδική (BINARY) και κειμένου (ASCII).
- Προτιμώνται τα δυαδικά αρχεία γιατί έχουν μικρότερο μέγεθος και αποφεύγονται προβλήματα αλλαγής τοπικών συμβόλων (πχ. «,» ή «.»).

```
facet normal  $n_i$   $n_j$   $n_k$ 
  outer loop
    vertex  $v1_x$   $v1_y$   $v1_z$ 
    vertex  $v2_x$   $v2_y$   $v2_z$ 
    vertex  $v3_x$   $v3_y$   $v3_z$ 
  endloop
endfacet
```

```
facet normal 0,000000e+000 0,000000e+000 -1,000000e+000
  outer loop
    vertex 3,658295e+000 -3,480815e+001 0,000000e+000
    vertex 1,785827e-004 -3,499985e+001 0,000000e+000
    vertex -3,657940e+000 -3,480819e+001 0,000000e+000
  endloop
endfacet

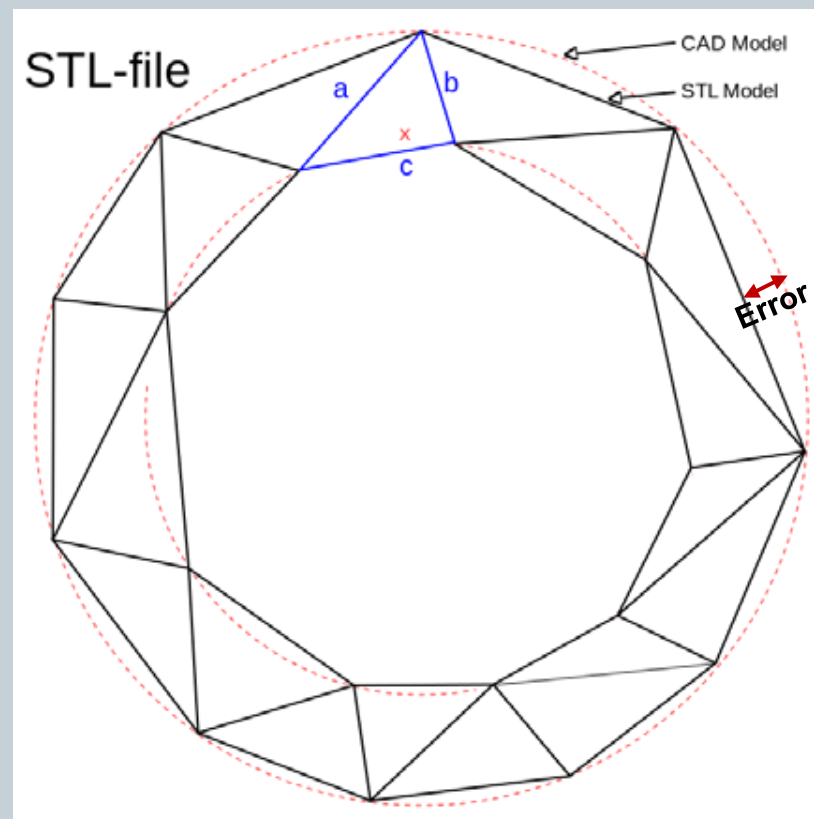
facet normal 0,000000e+000 0,000000e+000 -1,000000e+000
  outer loop
    vertex -3,657940e+000 -3,480819e+001 0,000000e+000
    vertex -7,276086e+000 -3,423523e+001 0,000000e+000
    vertex 3,658295e+000 -3,480815e+001 0,000000e+000
  endloop
endfacet
```

Προτερήματα των STL αρχείων

13

- **Απλή μετατροπή:**

- Το STL αρχείο αποτελείται από μία λίστα επίπεδων τριγώνων.
- Η μετατροπή ενός τρισδιάστατου στερεού μοντέλου σε STL γίνεται με την χρήση αλγορίθμων τριγωνοποίησης επιφανειών.
- Ελέγχεται εύκολα η ακρίβεια στα δεδομένα και οι αλλοιώσεις είναι ελάχιστες.



Προτερήματα των STL αρχείων

14

- Μεγάλη ποικιλία δεδομένων εισαγωγής – κάθε τύπος τρισδιάστατης γεωμετρίας μπορεί να μετατραπεί σε STL μορφή.
- Οι αλγόριθμοι τομής σε λεπτές διατομές του μοντέλου, που χρειάζονται για την RP μηχανή είναι απλοί.
- Εύκολη διαίρεση του μοντέλου σε τμήματα (όταν αυτή χρειάζεται σε περίπτωση που το μοντέλο είναι μεγάλο)

Μειονεκτήματα των STL αρχείων

15

- Πληθώρα και περίσσεια δεδομένων (αποθηκεύεται πολλές φορές η ίδια κορυφή).
- Σφάλμα προσέγγισης καμπυλών με την αναπαράστασή τους από τρίγωνα.
- Έλλειψη πληροφόρησης – στο STL αρχείο αποθηκεύονται μόνο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μοντέλου και χάνονται οι πληροφορίες για την τοπολογία του και τα υλικά του.

Ροή πληροφοριών τπ

16

Στάδια προετοιμασίας και προ – επεξεργασίας των δεδομένων για την αυτόματη κατασκευή αντικειμένων.

- 1. Δημιουργία των δεδομένων:** Από ένα πακέτο σχεδίασης με υπολογιστή (CAD) ή μια συσκευή scanning.
- 2. Εξαγωγή Δεδομένων:** Το μοντέλο εξάγεται από το CAD πακέτο σε μία ουδέτερη μορφή (STL αρχείο).

Ροή πληροφοριών τπ

17

3. Έλεγχος δεδομένων και διόρθωση:

- Τα δεδομένα που έχουν εξαχθεί είναι μια προσέγγιση του ακριβούς μοντέλου, γιατί οι επιφάνειες του μοντέλου προσεγγίζονται από τρίγωνα.
- Έτσι υπάρχουν ανεπιθύμητα σφάλματα στην γεωμετρία (οπές ή αλληλοκάλυψη επιφανειών).
- Τα αρχεία πρέπει να ελέγχονται ώστε να μην συμβαίνει αυτό από κατάλληλο λογισμικό.

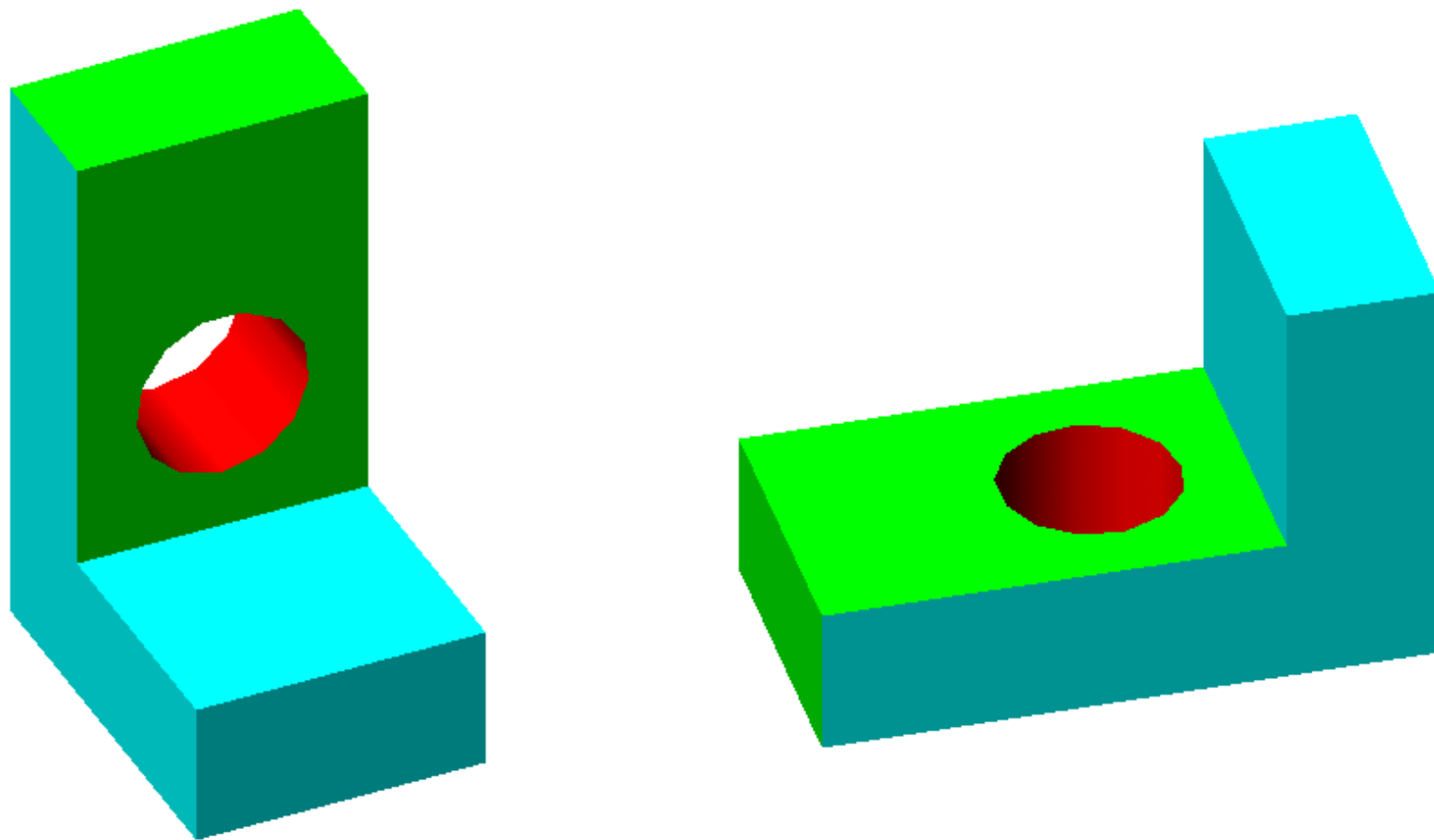
Ροή πληροφοριών τπ

18

- 4. Προσανατολισμός και κλίμακα:** Δυνατότητα αλλαγής του Σ.Σ. για βελτιστοποίηση ακρίβειας και χρόνου.
- 5. Δημιουργία υποστηρικτικών δομών:** Πολλές μέθοδοι τπ απαιτούν την δημιουργία υποστηριγμάτων για κάποια τμήματα. Οι περιοχές που χρειάζονται υποστηρικτική δομή μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την κατάλληλη τοποθέτηση του αντικειμένου.

Ροή πληροφοριών τπ

19



Ροή πληροφοριών τπ

20

6. Εισαγωγή των παραμέτρων της διαδικασίας:

Παράμετροι για τις κατασκευαστικές ανάγκες και το υλικό.

7. Δημιουργία δεδομένων για τις λεπτές τομές: Εικονικός τεμαχισμός για να δημιουργηθούν οι διαδοχικές στρώσεις.

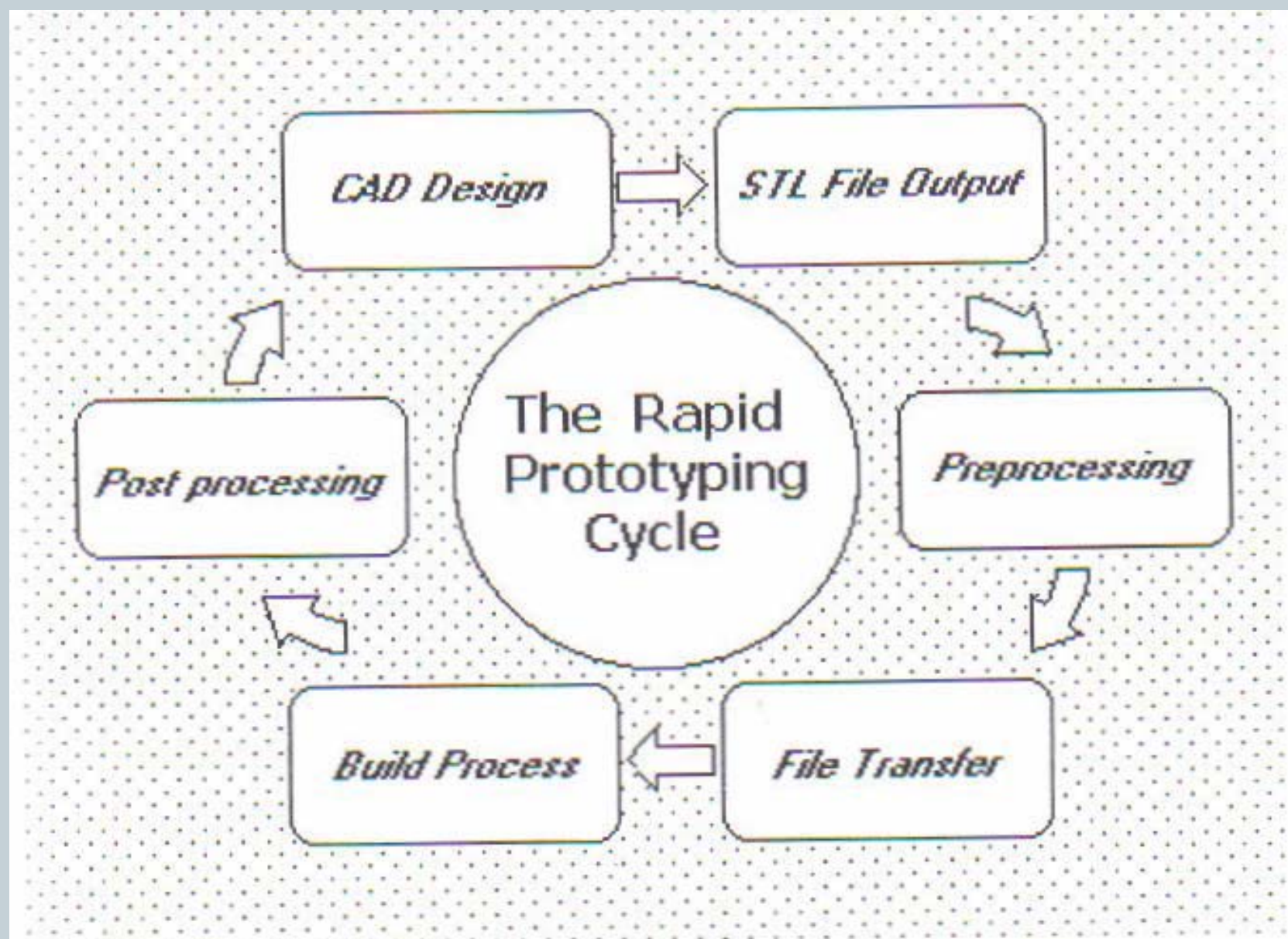
Ροή πληροφοριών τπ

21

- Τα παραπάνω δεδομένα αποθηκεύονται σε ένα αρχείο κατασκευής που περιέχει όλες τις πληροφορίες για την κατασκευή του αντικειμένου.
- Το αρχείο κατασκευής μεταφέρεται στο RP και αρχίζει η διαδικασία κατασκευής.
- Το κατασκευασμένο αντικείμενο μετακινείται από το μηχάνημα, αφαιρούνται τα υποστηρίγματα και καθαρίζονται οι επιφάνειες του.
- Αν το τελικό τμήμα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις, τότε ο κύκλος έχει ολοκληρωθεί. Διαφορετικά, ο κύκλος επαναλαμβάνεται αρχίζοντας από το CAD.

Ροή πληροφοριών τπ

22



Διαδικασία σχεδίασης -κατασκευής

Ακρίβεια Μεθόδων RP

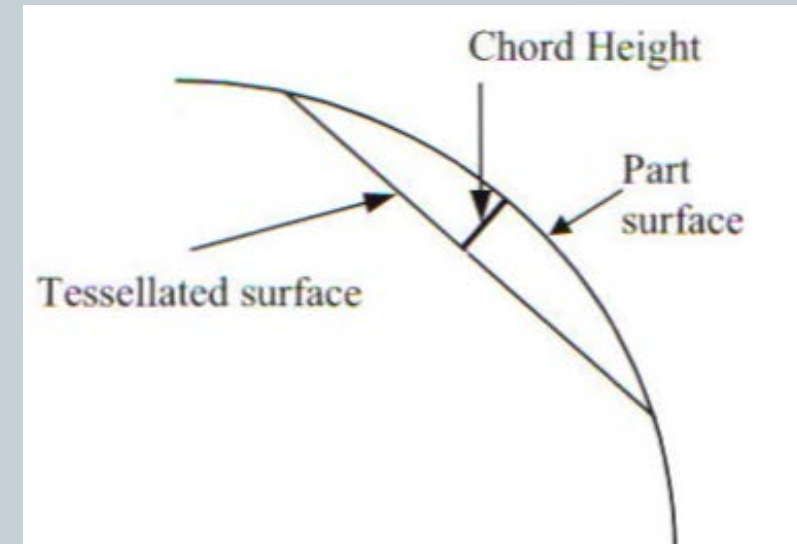
23

- Η ακρίβεια των μεθόδων RP είναι δύσκολο να προβλεφθεί εφόσον εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων που συχνά είναι αλληλοεξαρτώμενοι.
- Αυτοί διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:
 - Η πρώτη σχετίζεται με τα σφάλματα κατά την προετοιμασία των δεδομένων, όπως τη δημιουργία των STL αρχείων, τον εικονικό τεμαχισμό του μοντέλου και τη διεύθυνση δημιουργίας του προτύπου.
 - Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται σε παράγοντες που επιδρούν κατά τη φάση της δημιουργίας όπως συγκεκριμένες παράμετροι της παραγωγής.
 - Η τρίτη κατηγορία είναι άμεσα συσχετισμένη με παράγοντες που αναφέρονται στις τεχνικές φινιρίσματος των τμημάτων.

Σφάλματα στον τεμαχισμό της επιφάνειας σε τρίγωνα

24

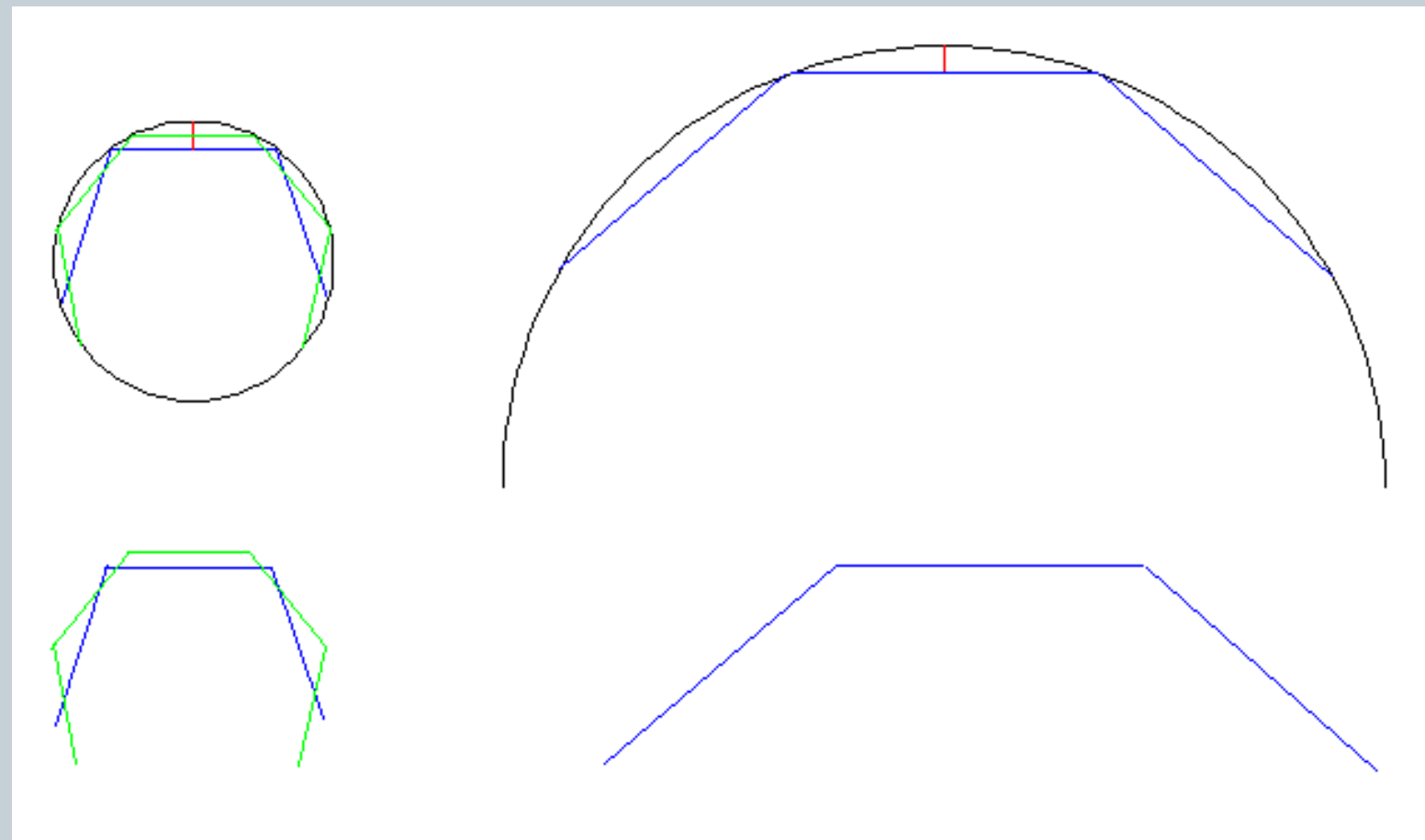
- Τα σφάλματα που σχετίζονται μ' αυτή την διαδικασία, συχνά αγνοούνται, επειδή θεωρείται ότι μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την αύξηση των τριγώνων.
- Εντούτοις, στην πράξη ο αριθμός αυτός δεν μπορεί να αυξηθεί υπέρογκα.
- Η ανάλυση των STL αρχείων μπορεί να ελεγχθεί κατά τη δημιουργία τους, μέσω κάποιων παραμέτρων.
 - Το ύψος της χορδής: Αυτή η παράμετρος ορίζει την μέγιστη απόσταση μεταξύ της χορδής και της επιφάνειας (όσο μικρότερη τόσο μεγαλύτερη η ακρίβεια).
 - Έλεγχος της γωνίας: Αυτή η παράμετρος ορίζει τη διακριτοποίηση μιας καμπύλης σε ευθύγραμμα τμήματα με μικρή ακτίνα καμπυλότητας (όσο μικρότερη τόσο μεγαλύτερη η ακρίβεια).



Σφάλματα στον τεμαχισμό της επιφάνειας σε τρίγωνα

25

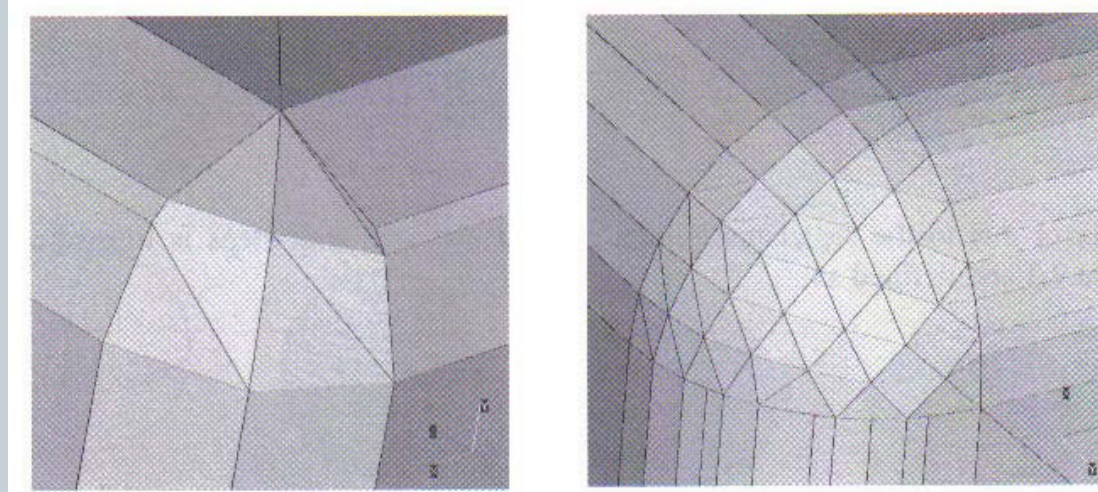
Μικρές ακτίνες καμπύλης (μεγάλη καμπυλότητα) χρειάζονται μεγαλύτερη ακρίβεια – μικρότερη ακτίνα χορδής για να αναπαρασταθούν σωστότερα.



Σφάλματα στον τεμαχισμό της επιφάνειας σε τρίγωνα

26

- Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια κατασκευής, τα σφάλματα αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη. Για παράδειγμα αν το τμήμα είναι μεγάλο, ένα σημείο του με μικρή ακτίνα καμπυλότητας δεν θα αναπαραχθεί σωστά.
- Όμως η μείωση του ύψους χορδής ενώ οδηγεί σε καλύτερες επιφάνειες απαιτεί πολύ μεγαλύτερα αρχεία δεδομένων.
- Για αυτό πρέπει να επιλέγεται μια χρυσή τομή ανάμεσα στην ακρίβεια και το μέγεθος των αρχείων.



STL αρχεία που εφαρμόζουν ύψος χορδής 0.5 mm (αριστερά) και 0.05 mm (δεξιά)

Σφάλματα στον τεμαχισμό της επιφάνειας σε τρίγωνα

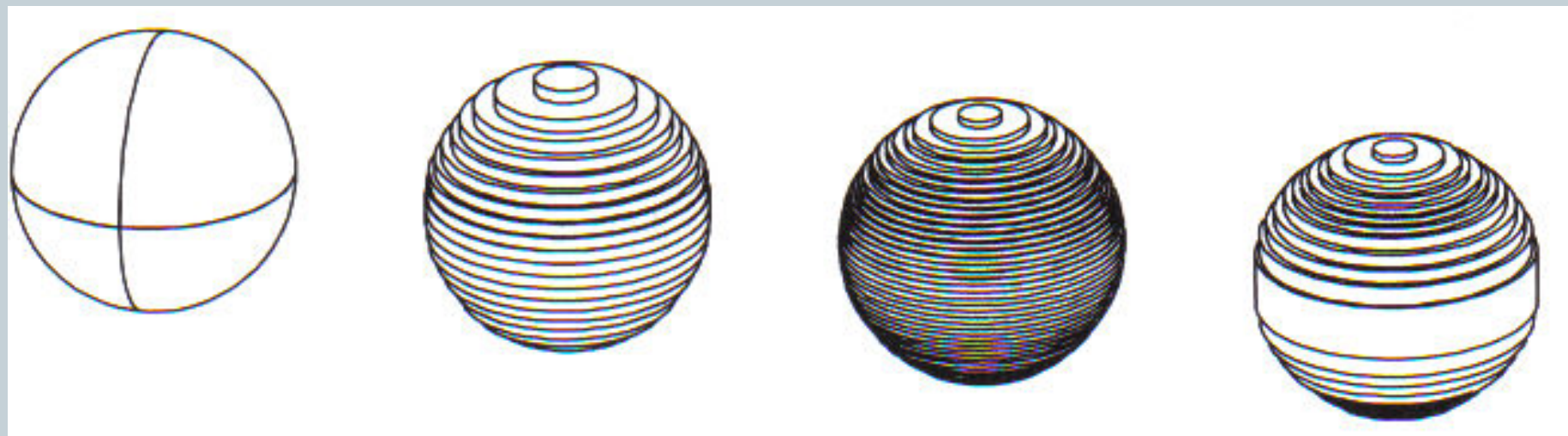
27

- Οι μέθοδοι **τπ** έχουν ένα πρόβλημα βηματικής κατασκευής που υπάρχει σε όλες τις τεχνολογίες **τπ**.
- Είναι μια συνέπεια της προσθήκης υλικού κατά στρώματα.
- Ως αποτέλεσμα αυτής της διακριτής επιστρωμάτωσης, το σχήμα των αρχικών μοντέλων CAD χαρακτηρίζεται από διαστρωμάτωση κατά τη διεύθυνση παραγωγής (z).
- Αυτός ο τύπος σφάλματος οφείλεται στις αρχές λειτουργίας των μεθόδων **τπ**.

Σφάλματα στον τεμαχισμό της επιφάνειας σε τρίγωνα

28

- Το είδος αυτού του σφάλματος επηρεάζει ιδιαίτερα τα τμήματα με κλίση.
- Επιδρά κυρίως με την τραχιά εμφάνιση της επιφάνειας και μπορεί να βελτιωθεί με τη μείωση του πάχους του στρώματος.
- Εντούτοις τα στρώματα δεν μπορεί να είναι απείρως λεπτά και πρέπει και εδώ να ληφθεί μια σωστή απόφαση που να ισορροπεί τα αρνητικά και θετικά σημεία.
- Για την παράκαμψη τέλος αυτού του προβλήματος προτείνεται και η υιοθέτηση διαφορετικού πάχους στρωμάτων ανάλογα με την κλίση του συγκεκριμένου σημείου της κατασκευής



Σφάλματα κατά την ολοκλήρωση του αντικειμένου

29

- Κάποιες εφαρμογές **τπ** απαιτούν επιπρόσθετη επεξεργασία για τη βελτίωση της εμφάνισης του αντικειμένου.
- Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να αναιρεθούν τα σημάδια της βηματικής δημιουργίας.
- Συνήθως αυτό γίνεται με λείανση της επιφάνειας των **τπ** μοντέλων, που οδηγεί σε αλλαγές των χαρακτηριστικών του σχήματος του και των διαστάσεων του.
- Η ακρίβεια των μοντέλων μετά τη διαδικασία της λείανσης εξαρτάται κατά κύριο λόγο από δύο παράγοντες:
 - το ποσό του υλικού που πρέπει να αφαιρεθεί
 - τη τεχνική που έχει υιοθετηθεί για το σκοπό αυτό.

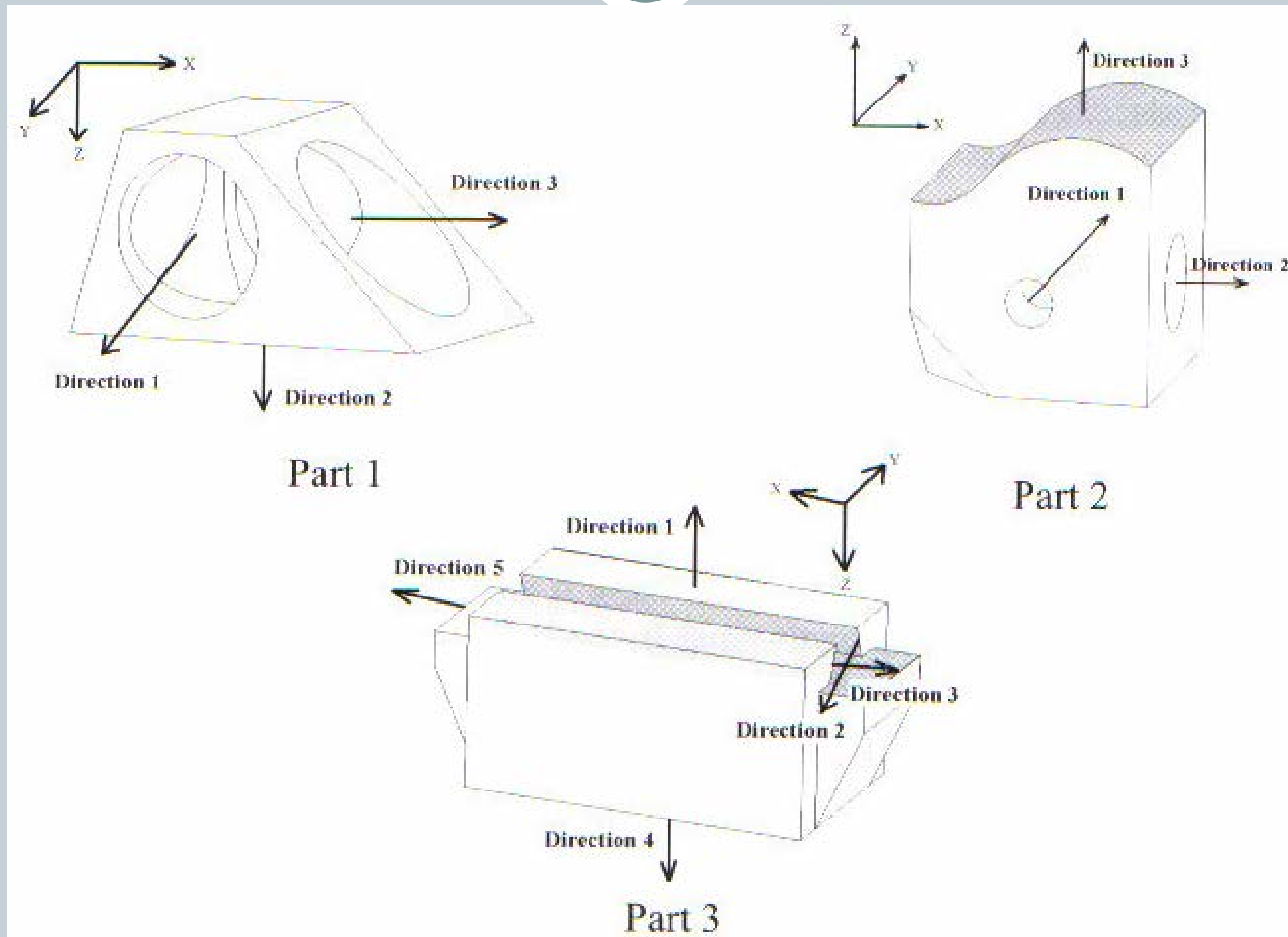
Επιλογή του προσανατολισμού της δημιουργίας του αντικειμένου

30

- Μια από τις πιο σημαντικές αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν είναι η επιλογή του άξονα κατά τον οποίο θα κατασκευαστεί το αντικείμενο.
- Η απόφαση αυτή είναι πολύ κρίσιμη για την ελαχιστοποίηση του χρόνου και του κόστους, όπως και για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας και αντοχής.
 - *Οι καθορισμένες από το χρήστη κρίσιμες επιφάνειες: Αν αυτές οι επιφάνειες είναι επίπεδες πρέπει να τοποθετηθούν στα φυσικά τους σημεία στην κατεύθυνση κτισίματος. Δηλαδή οριζόντια με την επιθυμητή πλευρά προς τα πάνω. Κύλινδροι, κώνοι προσανατολίζονται με τους άξονές τους κάθετα.*
 - *Τρύπες: Για να αποφευχθούν υποστηρίξεις, που είναι δύσκολο να απομακρυνθούν στη συνέχεια, και ανεπιθύμητες στρωματώσεις στο εσωτερικό των τρυπών, πρέπει αυτές να τοποθετούνται κάθετα στο οριζόντιο επίπεδο.*
 - *Προεξοχές: Αν πρόκειται να δημιουργηθούν με περιστροφή του αντικειμένου, ο άξονάς τους πρέπει να είναι κάθετος.*

Επιλογή του προσανατολισμού της δημιουργίας του αντικειμένου

31



Τρία τμήματα στα οποία φαίνεται η επιλογή της διεύθυνσης δημιουργίας

Ταξινόμηση των μεθόδων τπ

- Οι μέθοδοι της RP μπορούν σε γενικές γραμμές να κατηγοριοποιηθούν σε:
 - Αφαιρετικές (subtractive): χρησιμοποιείται ένα μπλοκ υλικού από το οποίο αφαιρείται κατάλληλη ποσότητα υλικού διαμορφώνοντας το τελικό σχήμα του προϊόντος.
 - Προσθετικές (additive): το προϊόν χτίζεται μέσω της ενοποίησης σωματιδίων ή της πρόσθεσης στρώσεων υλικού.
 - Συμπιεστικές (compressive): ένα ημίρρευστο ή ρευστό υλικό υπόκειται σε κατάλληλες πιέσεις ώστε να πάρει την επιθυμητή μορφή στην οποία στερεοποιείται.
- Οι μέθοδοι της προσθήκης υλικού κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την κατάσταση του υλικού πριν την κατασκευή των τμημάτων: υγρή, σκόνη, στερεά φύλλα.

Τεχνολογίες τπ

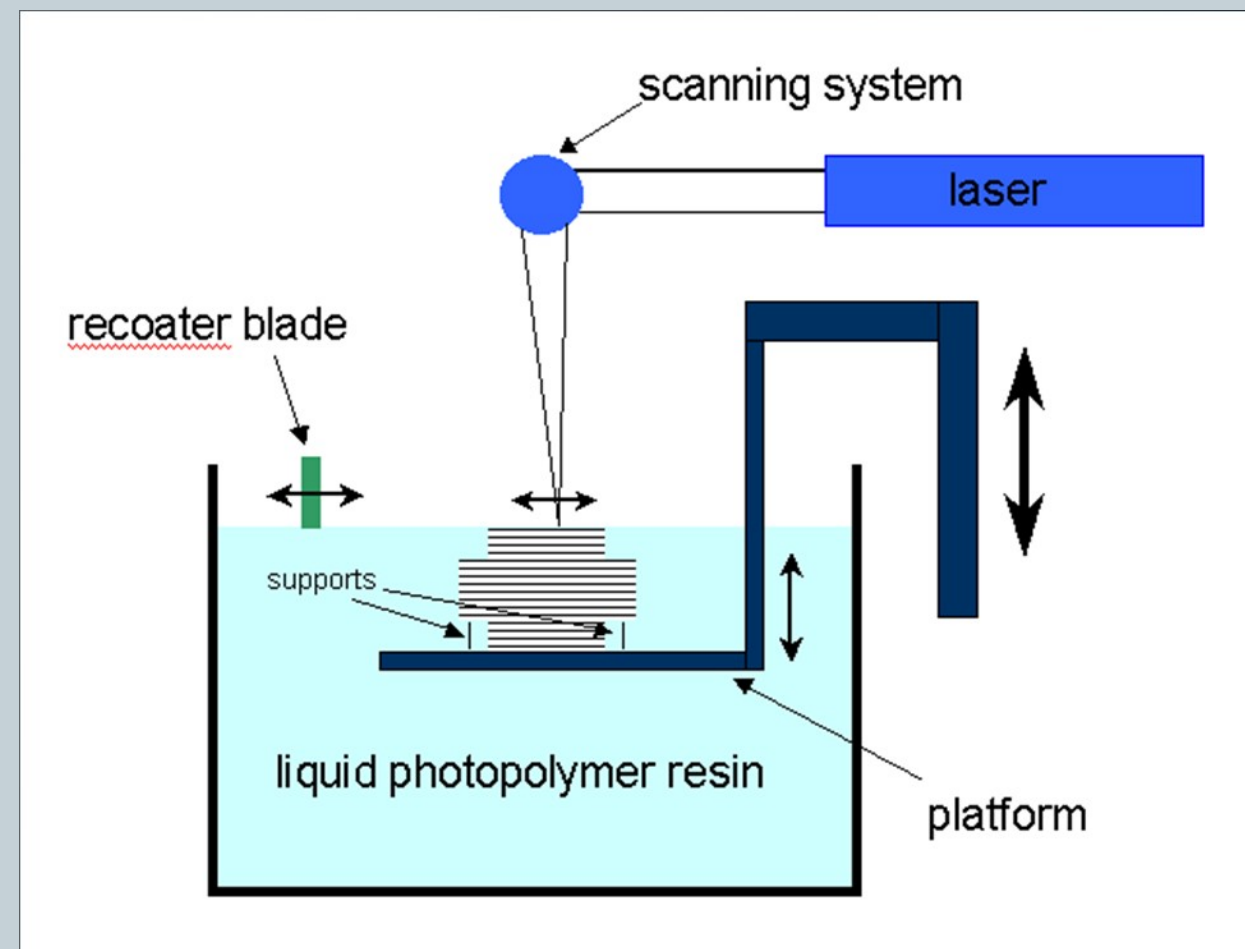
33

- **Stereo-lithography (SLA)**
- **Selective Laser Sintering (SLS)**
- **Selective Heat Sintering (SHS)**
- **Laminated Object Manufacturing (LOM)**
- **Fused Deposition Modeling (FDM)**
- **Ink Jet printing**

Stereo-lithography (SLA)

34

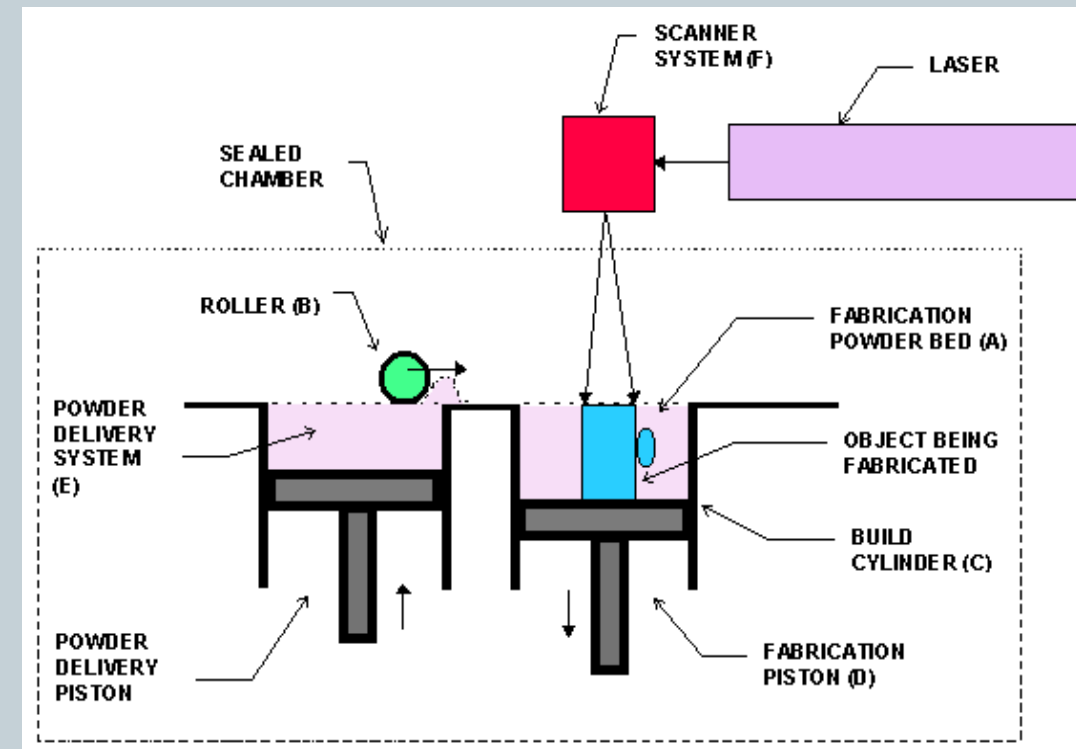
- Είναι η πιο διαδεδομένη από τις μεθόδους τπ.
- Βασίζεται σε μία φωτοευαίσθητη υγρή ρητίνη που σχηματίζει ένα στερεό πολυμερές όταν εκτίθεται σε υπεριώδη (UV) ακτίνα.
- Η αντίδραση αυτή λαμβάνει χώρα μόνο στα σημεία που εστιάζει η ακτίνα laser.



Selective Laser Sintering (SLS)

35

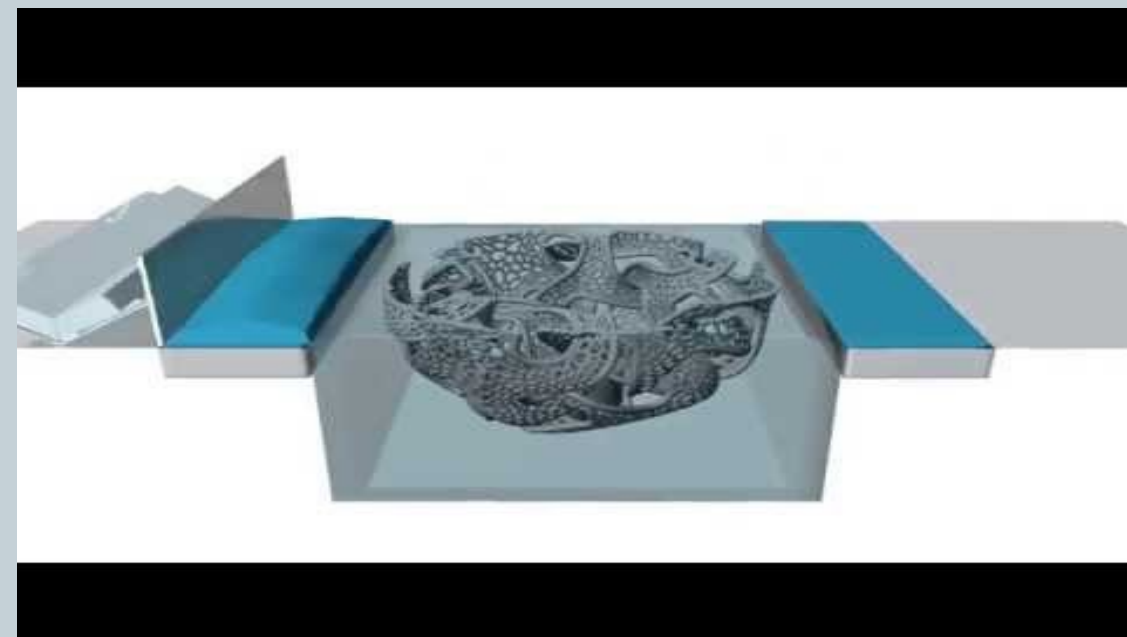
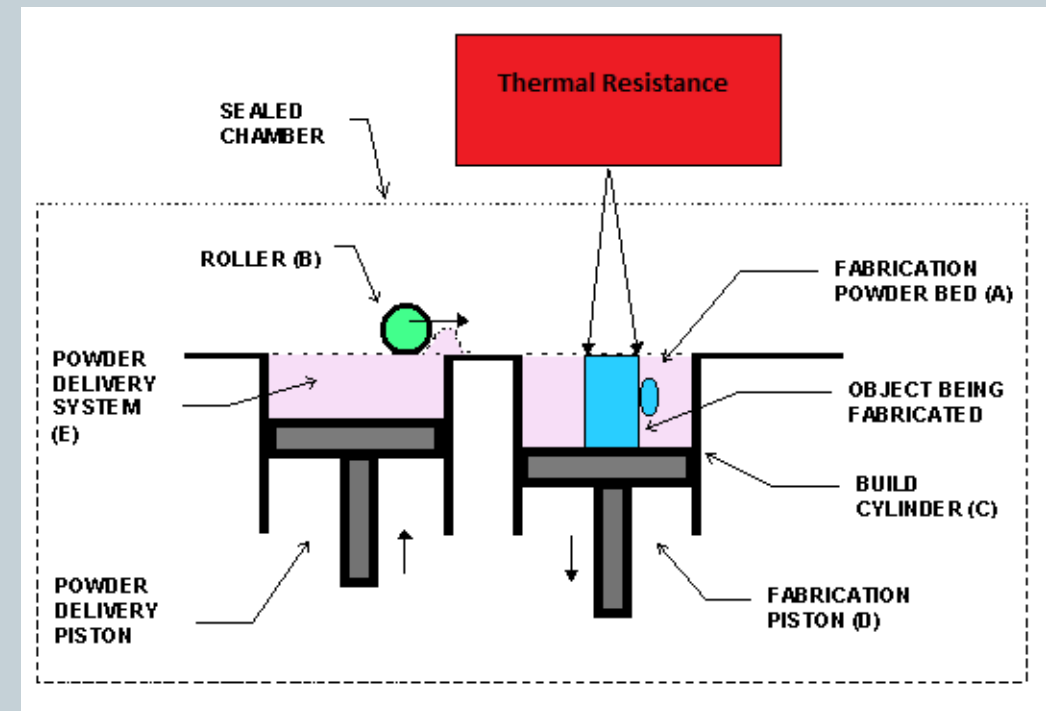
- Τα συστήματα SLS χρησιμοποιούν πούδρα που θερμαίνεται από μια ακτίνα laser ώστε να αυξηθεί η επιφανειακή τάση των επιστρώσεων και να ενωθούν.
- Πριν λιώσει η πούδρα, ολόκληρο το υπόστρωμα θερμαίνεται ακριβώς πάνω από το σημείο τήξεως του υλικού για να ελαχιστοποιήσει την παραμόρφωση που θα προκληθεί από την θέρμανση και για να διευκολύνει την τήξη του επόμενου στρώματος.
- Το laser είναι ρυθμισμένο ώστε να επηρεάζει μόνο εκείνους τους κόκκους που έρχονται σε άμεση επαφή με την ακτίνα.



Selective Heat Sintering (SHS)

36

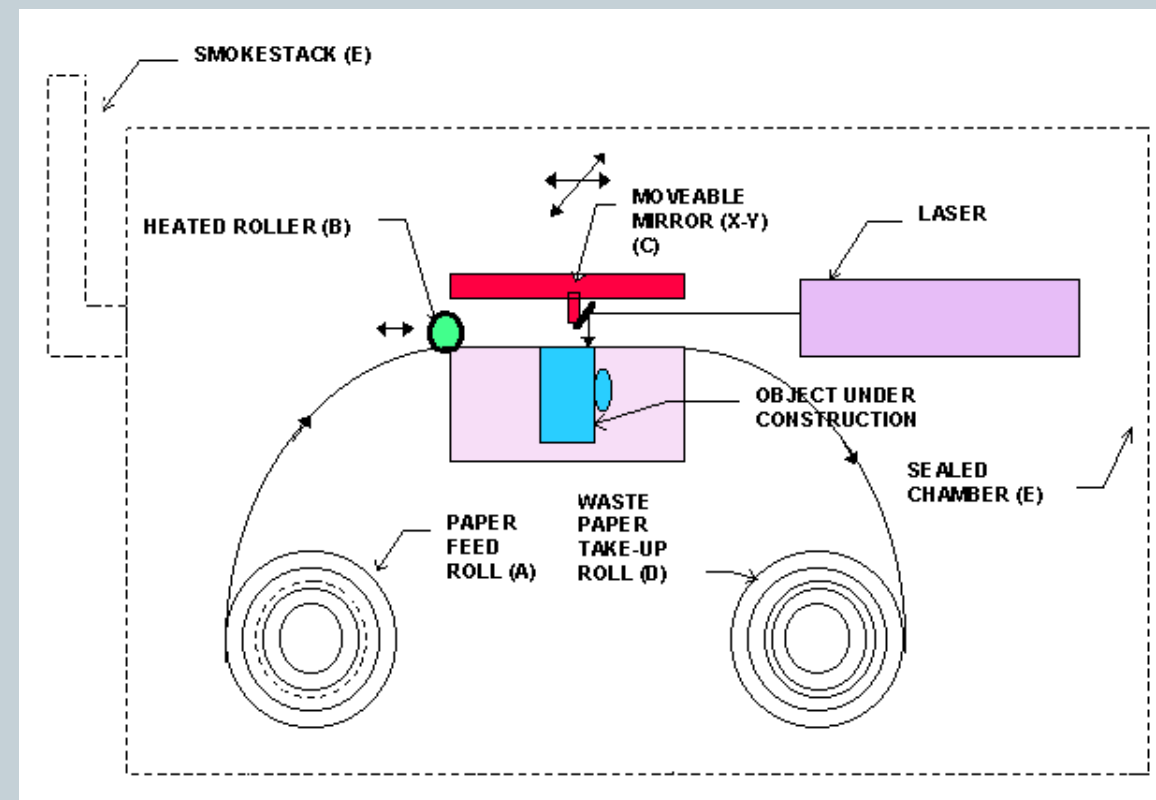
- Τα συστήματα SHS χρησιμοποιούν πούδρα που θερμαίνεται από ένα σύστημα θερμικών αντιστάσεων υψηλής απόδοσης και ακρίβειας.
- Πριν λιώσει η πούδρα, ολόκληρο το υπόστρωμα θερμαίνεται ακριβώς πάνω από το σημείο τήξεως του υλικού για να ελαχιστοποιήσει την παραμόρφωση που θα προκληθεί από την θέρμανση και για να διευκολύνει την τήξη του επόμενου στρώματος.
- Το σύστημα αντιστάσεων ρυθμίζεται έτσι ώστε να επηρεάζει μόνο εκείνους τους κόκκους που έρχονται σε άμεση επαφή.



Laminated Object Manufacturing (LOM)

37

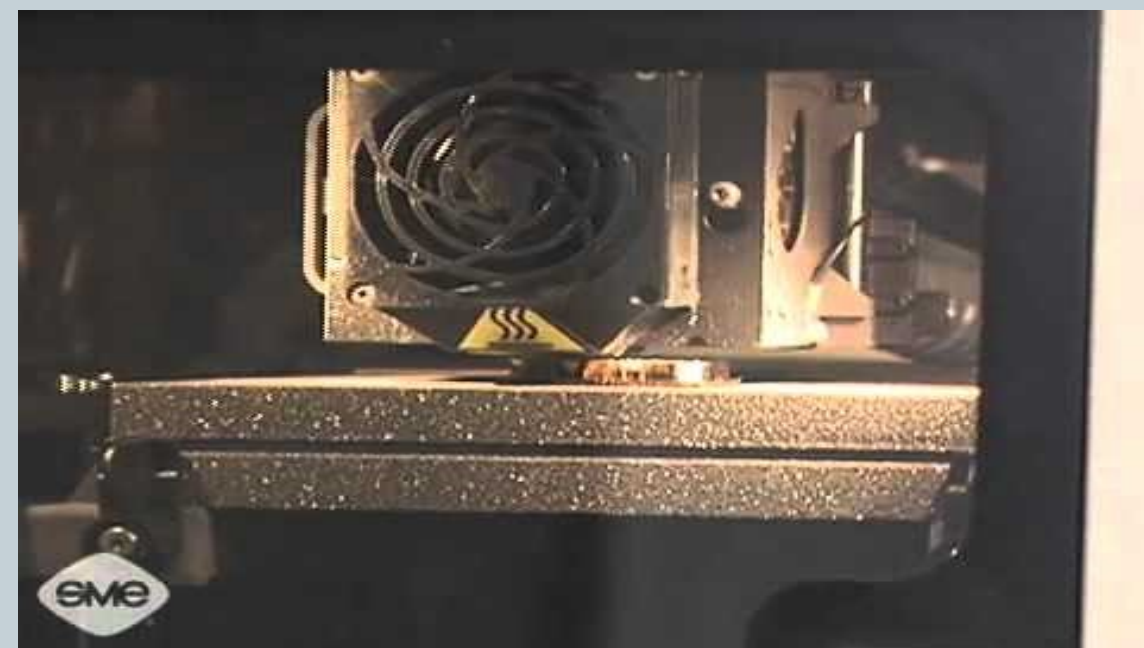
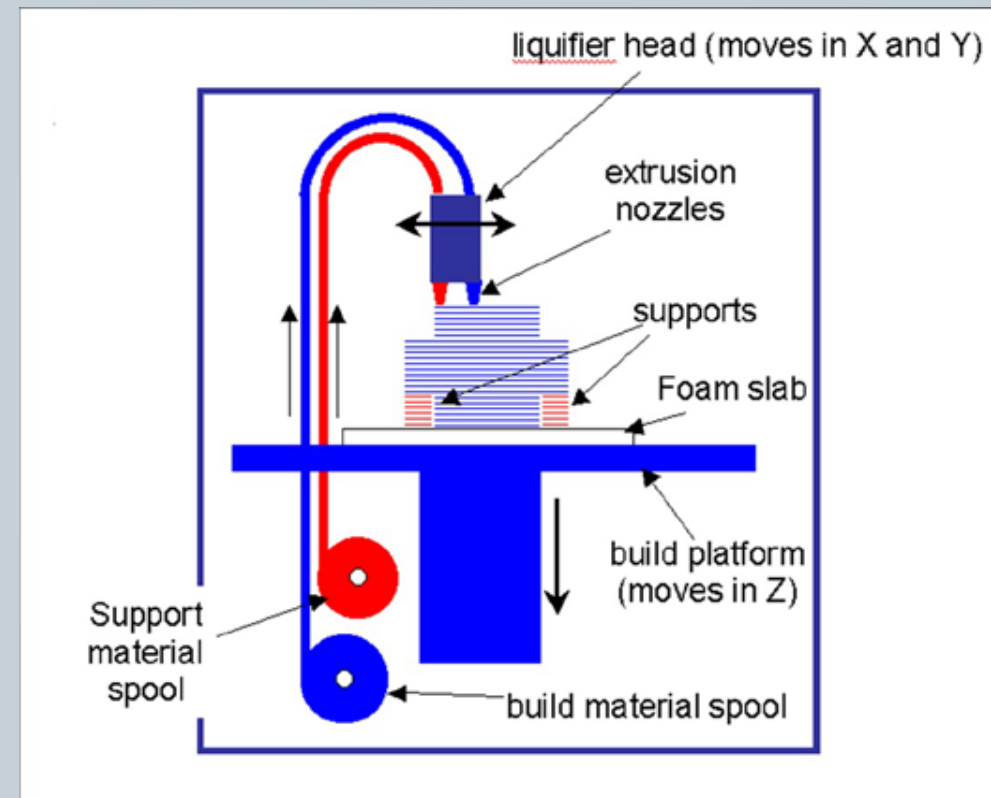
- Τα προφίλ των τομών κόβονται σε ειδικά επιστρωμένο χαρτί χρησιμοποιώντας ένα laser.
- Το χαρτί περιλαμβάνει μια πλαστική επίστρωση στην κάτω πλευρά η οποία θερμαίνεται στους κυλίνδρους και λιώνει δημιουργώντας ένα κολλώδες υπόστρωμα με το οποίο ενώνεται το κάθε στρώμα.
- Η διαδικασία παράγει σημαντικό όγκο καπνού και απαιτεί ένα σύστημα φιλτραρίσματος και εξαερισμού.
- Η τελική ακρίβεια δεν είναι τόσο καλή όσο με άλλες μεθόδους όμως τα αντικείμενα έχουν μια ξύλινη υφή και όψη και μπορούν να αξιοποιηθούν αντιστοίχως.



Fused Deposition Modeling (FDM)

38

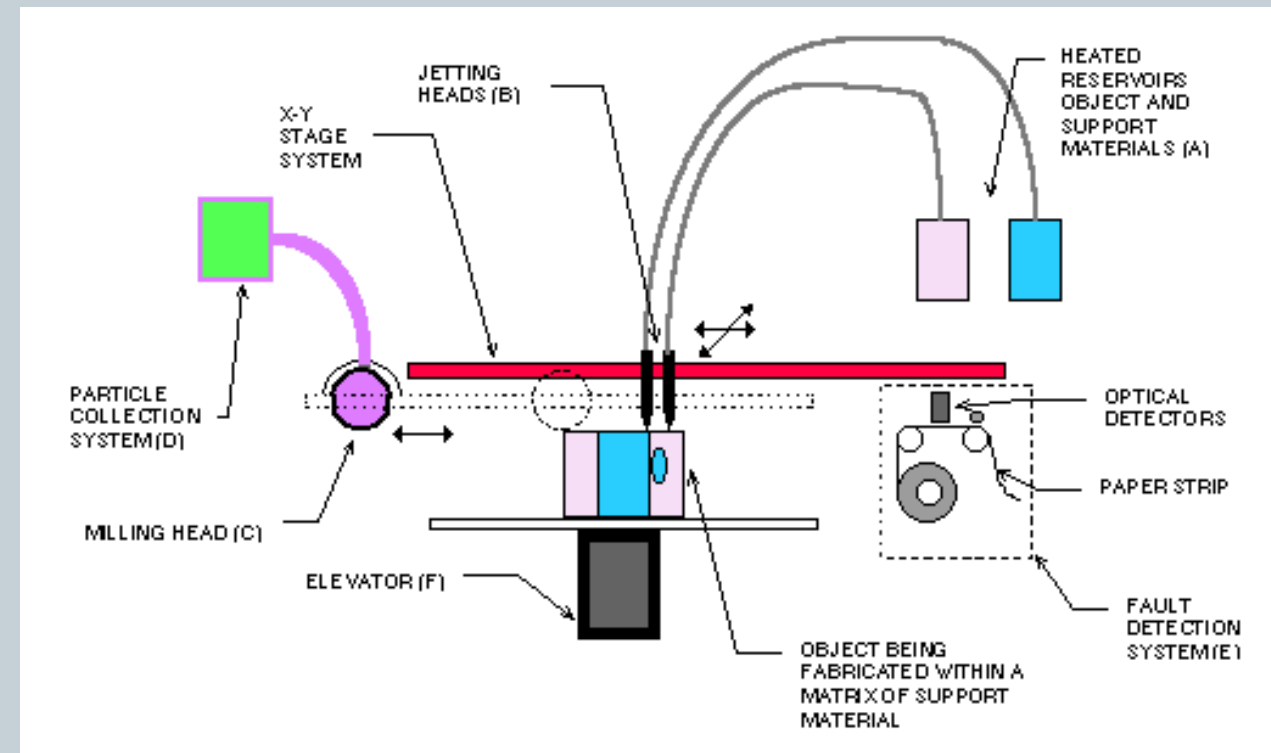
- Τα σύγχρονα συστήματα FDM περιλαμβάνουν δύο στόμια, ένα για το υλικό του χτισίματος και ένα για το υλικό υποστήριξης.
- Το δεύτερο είναι φτηνό και απομακρύνεται από το πρωτότυπο χωρίς να καταστρέφει την επιφάνειά του.
- Είναι επίσης δυνατό να κατασκευασθούν και οριζόντια υποστηρίγματα για να μειώσουν την χρήση υλικού και τον χρόνο κατασκευής.
- Η μέθοδος είναι σχετικά απλή αλλά περιορίζεται από τη χρήση θερμοπλαστικών υλικών.



Ink Jet printing

39

- Η συγκεκριμένη τεχνολογία ονομάζονταν στο παρελθόν και “Ballistic Particle Manufacturing”. Βασίζεται στη χρήση δύο ακροφυσίων για το υλικό χτίσιματος και υποστήριξης αντίστοιχα.
- Χρησιμοποιούνται πλαστικά υλικά και κερί τα οποία διατηρούνται σε υγρή μορφή σε ειδικές δεξαμενές. Οι κεφαλές των ακροφυσίων εναποθέτουν μικρές σταγόνες των υλικών στο αντικείμενο οι οποίες παγώνουν και στερεοποιούνται.
- Οι κεφαλές ελέγχονται ηλεκτρονικά και εναποθέτουν υλικό μόνο στα σημεία που είναι απαραίτητα.
- Όταν ολοκληρωθεί το χτίσιμο ενός στρώματος τότε περνάει μια κεφαλή κοπής η οποία καθαρίζει κατάλοιπα και δίνει στα στρώματα ομοιόμορφο πάχος.
- Μετά την ολοκλήρωση του αντικειμένου το κερί λιώνει και αφαιρείται εύκολα.



Εφαρμογές της τεχνολογίας τπ

40

- **Λειτουργικά Μοντέλα:** μοντέλα με ιδιότητες εφάμιλλες των τελικών προϊόντων.
- **Μοντέλα για Investment και Vacuum χύτευση:** Δημιουργία καλουπιών χύτευσης.
- **Ιατρικά Μοντέλα:** ευκολότερη κατανόηση των ανατομικών προβλημάτων, πιο ολοκληρωμένη άποψη της διαδικασίας εγχείρησης, περιγραφή στον ασθενή της διαδικασίας, ιατρική εκπαίδευση, σχεδιασμός εμφυτευμάτων.

Εφαρμογές της τεχνολογίας τπ

41

- **Ιδεασμός και προκαταρκτικός σχεδιασμός προϊόντων.**
- **Βελτιστοποίηση σχεδίασης προϊόντων:** Χρήση στο κομμάτι βελτιστοποίησης σχεδιασμού ειδικά για αντικείμενα περίπλοκα.
- **Σχεδιασμός Παραγωγής:** προετοιμασία εργαλειομηχανών και γραμμής παραγωγής/συναρμολόγησης.