

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Re-disseny impressora de Fused Deposition Modeling de grans dimensions

Document: Resum del projecte

Alumne: Arnau Colls Martí

Tutor: Dra. Maria Luisa Garcia-Romeu De Luna

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

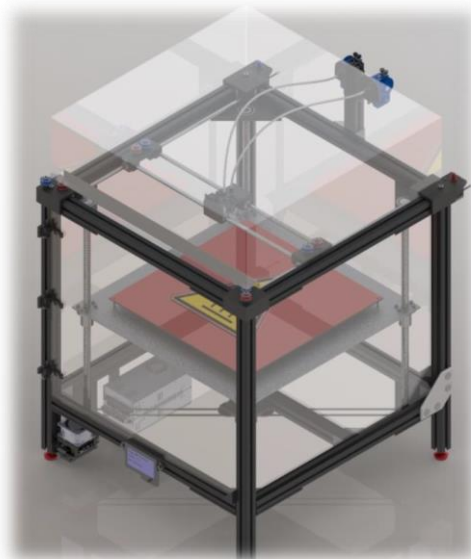
Àrea: Enginyeria dels Processos de Fabricació

Convocatòria: Setembre/2019

1. RESUM DEL PROJECTE

Les tecnologies additives han esdevingut, els darrers anys, molt populars en diversos sectors tals com l'industrial, l'aeroespacial, l'automotriu o el mèdic. Aquestes tecnologies, generalment, s'utilitzen pel prototipatge de peces, ja que permet la fabricació unitària o de sèries curtes a un cost competitiu a més a més de poder aconseguir peces amb geometries complexes. Gràcies als darrers progressos s'ha aconseguit fins i tot obtenir productes finals. Una d'aquestes tecnologies additives, probablement la més popular, és la *Fused Deposition Modeling* (FDM) on, com bé diu el seu nom, consisteix en el modelatge de peces a partir de deposicions de filament fos. La tecnologia FDM és la més popular ja que les seves màquines són les més accessibles tant per indústries com per particulars. Es poden trobar models per menys de 1000€ fins d'altres més professionals on el seu cost pot ser de varis mils d'euros.

Fa uns anys, a la UdG, es va desenvolupar un projecte que consistia en construir un prototip d'una impressora FDM considerada de grans dimensions, amb una capacitat d'impressió de 400x400x400mm. Aquesta impressora presentava alguns errors crítics que comprometien el seu funcionament òptim. Tanmateix, el GREP de la UdG estava interessat en poder utilitzar una màquina amb aquest format . D'aquesta manera, s'ha reprès aquest projecte, amb l'objectiu d'aplicar millores en aquests punts crítics analitzats gràcies al prototip, i desenvolupant un disseny propi amb el volum d'impressió anterior com a principal restricció.



Imatge 1: Vista isomètrica del prototip

Abans de desenvolupar el disseny es va decidir que s'utilitzarien les coordenades cartesianes com la majoria d'impressores FDM i el del prototip inclòs, on definiria una sèrie de subconjunts mecànics presents a gairebé totes les màquines: l'estructura, el sistema de guiatge i transmissió de l'eix X i Y, el capçal, el sistema de guiatge i transmissió de l'eix Z i la taula d'impressió; a més de comptar amb altres elements com els extrusors i els elements elèctrics.

Els errors crítics on s'han aplicat millores al disseny del prototip, desglossat per conjunts, han sigut:

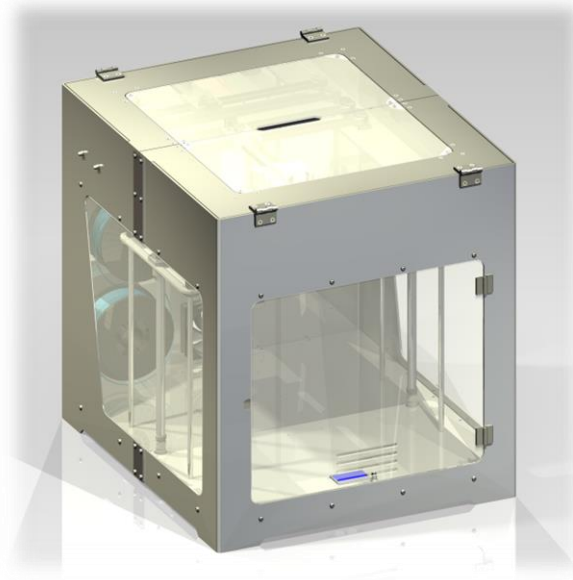
- Subconjunt guiatge i transmissió de l'eix X i Y: substituir les peces impreses amb la tecnologia FDM i redimensionar el sistema de transmissió de corretges. També millorar el disseny per facilitar el muntatge i l'alineament dels diferents elements.
- Subconjunt guiatge i transmissió de l'eix Z: eliminar dos dels quatre cargols de potència i afegir 4 guies lineals encarregades del guiatge de la taula. A més, substituir el sistema de transmissió que afavoria la pèrdua de resolució del model resultant per la seva complexitat.
- Subconjunt capçal: eliminar el cos fabricat amb tecnologia FDM, poc resistent i amb toleràncies dimensionals poc precís, per altres solucions més òptimes.
- Subconjunt taula: substituir el material i disseny de la placa on es fixaven les plaques calefactades, ja que no van suportar la temperatura que generaven aquestes últimes.
- Subconjunt estructura: redissenyar el concepte d'estructura de la màquina, eliminant els tirants d'alumini i utilitzant xapes plegades d'alumini.

Finalment, per dissenyar i dimensionar tots els subconjunts que conformarien la impressora, es va definir quina resolució haurien de tenir els models impresos, amb quina velocitat s'haurien d'imprimir i el cost de la fabricació i muntatge de la impressora:

- Resolució: X: 0.05mm ; Y: 0.05mm ; Z: 0.10mm
- Velocitat impressió: 150mm/segon
- Cost projecte: 2.000€-5.000€

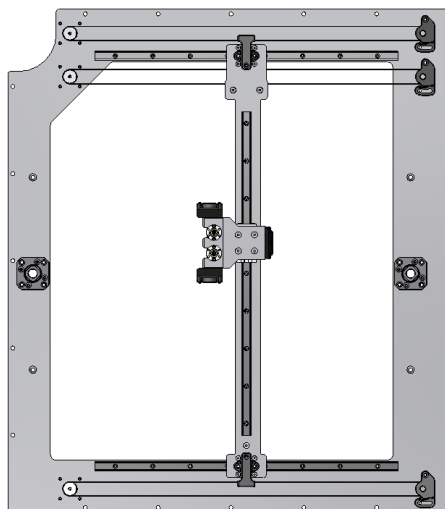
L'execució del projecte ha portat a adoptar les següents solucions al disseny final:

- L'estructura de la impressora s'ha construït amb plaques d'alumini amb portes i finestres de policarbonat. S'ha escollit l'alumini per la seva baixa densitat i les seves prestacions mecàniques. Les portes i finestres són de policarbonat per la seva resistència a la temperatura, a més del seu baix cost.



Imatge 2: Vista isomètrica de la impressora FDM

- El guiatge i transmissió de l'eix X i Y s'ha previst de forma que es fixen tots els elements a la mateixa placa superior de la impressora, facilitant el muntatge i alineament del conjunt, així com el manteniment d'aquest. Per les guies s'ha instal·lat perfils comercials HIWIN amb els seus respectius carros, i per la transmissió corretges de perfil T5 amb una alçada de 10mm. Per la transmissió s'utilitzen motors pas a pas NEMA 17, que es el producte més comú i econòmic per aquest tipus d'impressores. S'ha previst el sistema de transmissió de forma que tots els motors es troben permanentment immòbils, reduint així les inèrcies generades pel moviment. A la següent imatge es pot apreciar la distribució de tot el subconjunt.

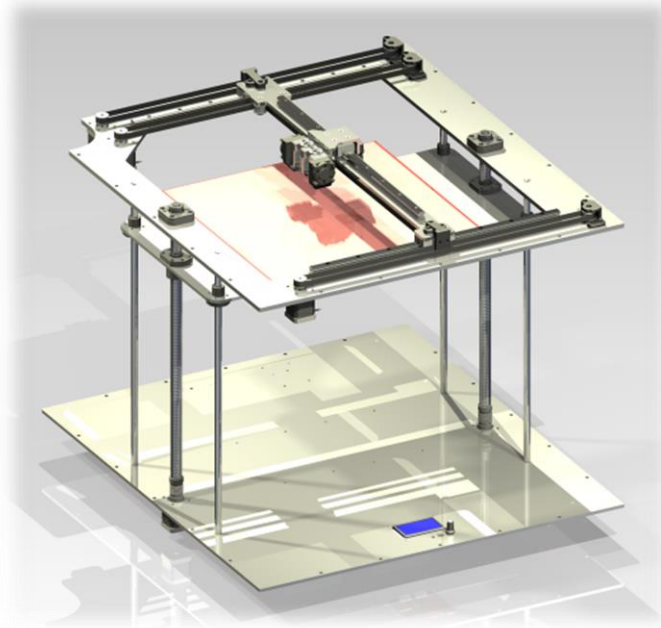


Imatge 3: Distribució subconjunt eix X i Y / placa superior

- Pel conjunt de guiatge i transmissió de l'eix Z s'han utilitzat un total de dos cargols de potència, un a cada lateral de la taula d'impressió, i quatre guies lineals als extrems d'aquesta última. Els cargols de potència permeten una precisió alta en els canvis de capa del model gràcies a la seva relació de transmissió, per això moltes impressores utilitzen aquests elements. Aquests estan units mitjançant un acoblament rígid a l'eix del motor NEMA17, el qual està fixat a la placa inferior. A la part superior de cada un dels cargols de potència s'hi munta un suport amb dos rodaments angulars per eliminar el joc axial i suportar el pes de tot el subconjunt mòbil. Les guies lineals seran les encarregades de guiar la taula mitjançant un suport amb un coixinet lineal de plàstic comercial muntades a aquesta.

- El capçal, encarregat de transportar dos *Hotends*, estarà fabricat mitjançant dos blocs d'alumini mecanitzats. D'aquesta forma s'assegura un alineament òptim dels elements, a més d'obtenir peces resistents i lleugeres per les altes velocitats que assoleixen. A més dels *Hotends*, també s'hi troben fixats 4 ventiladors, dos encarregats de refrigerar la superfície d'impressió i els altres dos per mantenir una temperatura d'extrusió òptima. El capçal està guiat mitjançant una guia HIWIN paral·lela a l'eix Y fixada en un muntant d'alumini. Aquest tirant està guiat a cada extrem amb les dos guies HIWIN paral·leles a l'eix X. fixades a la placa superior,

- El conjunt de la taula, anomenada *heatbed*, està format per un total de 4 nivells: el primer començant per la part inferior està format per una placa d'alumini guiada per les quatre guies lineals amb els coixinets fixats a ella i accionada pel cargol de potència amb les seves corresponents femelles. El segon nivell consisteix amb una altra placa d'alumini que pivota a quatre punts als quatre extrems respecte la primera placa, mitjançant quatre cargols amb una molla al seu eix i una femella per regular-ne l'alçada. Amb aquest sistema s'aconsegueix alinear la superfície d'impressió respecte els moviments de l'eix X i Y. El tercer nivell són quatre plaques calefactades fixades a la placa del segon nivell. Les plaques calefactades es col·loquen per escalfar la superfície de impressió evitant errors típics com el *warping*. Finalment, el quart nivell de la part superior està format per una placa de vidre tractat per resistir a la temperatura que generen les quatre plaques calefactades, a més d'obtenir una superfície llisa i poc porosa.



Imatge 4: Vista isomètrica impressora FDM sense carenat

- Pels extrusors s'adquireix un mecanisme comercial que s'acobla a un motor NEMA17, encarregat d'impulsar el filament de secció $\varnothing 1.75\text{mm}$ cap als *hotends*.
- Pel comandament de la màquina s'utilitza una placa RAMPS 1.4 juntament amb l'Arduino MEGA 2560. A la placa Arduino s'hi instal·la el Marlin, que s'encarregarà de llegir el G-Code enviat mitjançant el Pronterface. Abans però, es crearà el G-Code mitjançant el programa SLIC3R a partir d'un model .STL.
- Per a l'alimentació dels elements elèctrics hi ha dos fonts d'alimentació de 24V i 30A. Les quatre plaques calefactades estaran alimentades per una sola font d'alimentació, on hi haurà un relé d'estat sòlid controlada per la placa Arduino per protegir la RAMPS 1.4.

Algunes impressores industrials que es troben al mercat són capaces d'imprimir una gran varietat de tipus de filament: filament compost amb fibra de carboni o fibra de vidre, polímers d'alt rendiment, etc.

Aquesta impressora s'hi ha instal·lat elements que limiten el material del filament als més estàndards: PLA, ABS, Nylon, PETG, TPE, TPU, policarbonat. Tot hi així, se'n podria millorar les prestacions substituint els *hotends* de la marca BCN3D per uns altres més professionals, o bé redissenyat la taula eliminant les quatre plaques calefactades amb prestacions limitades.