

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Millora de les propietats mecàniques d'un material compost d'impressió 3D

Document: RESUM

Alumne: David Puig Hombrados

Tutor: Norbert Blanco i Inés Ferrer

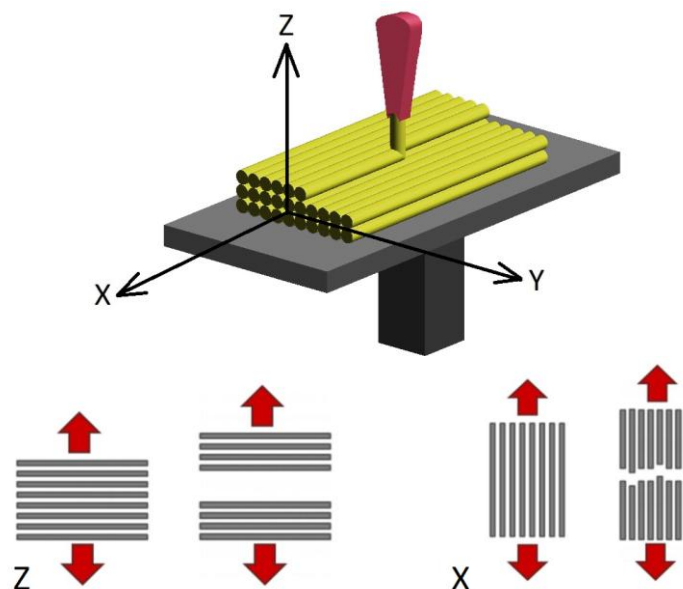
Departament: Enginyeria Mecànica i Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria (mes/any): Setembre 2018

La impressió 3D de material termoplàstic mitjançant la tècnica coneguda com a *Fused Deposition Modeling* (FDM) és una tecnologia de fabricació additiva relativament nova i amb bona projecció de futur. Aquest mètode de fabricació permet la creació amb una àmplia llibertat de dissenys diversos, d'una forma ràpida i amb un baix cost. Inicialment la impressió 3D es va utilitzar per a la fabricació de prototipatges ràpids, però avui en dia s'utilitza en sectors molt diversos per tots els seus avantatges. Tot i això, encara s'han de millorar alguns aspectes com la seva resistència i l'acabat superficial amb l'objectiu d'obtenir geometries complexes i amb propietats mecàniques adients. En múltiples estudis s'ha comprovat com aquestes propietats es veuen afectades, en gran mesura, per la direcció en la qual s'extrudeixen els filaments, per la geometria de les capes i pels paràmetres de fabricació.

A les *Figures 1 i 2* es mostra un exemple de fabricació additiva per capes i l'efecte que produeix l'aplicació d'una força de ruptura en dues orientacions diferents.

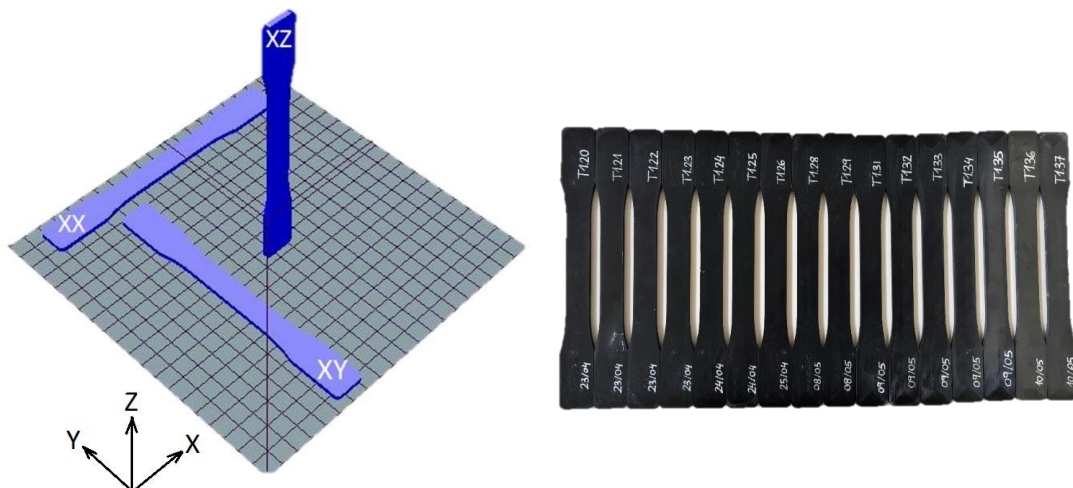


Figures 1 i 2: Deposició del material (superior) i tipus de trencament segons la orientació (inferior)
Fonts: <https://3dprinteruniverse.com> i <https://www.sculpteo.com>

Com que el plàstic és un mal conductor de la calor, en el refredament es produeix un conjunt de defectes i tensions internes que debiliten la seva resistència. Per això, una de les tècniques que pot millorar la resistència de les peces consisteix en un post processat mitjançant un tractament tèrmic. Per minimitzar aquests efectes es pot aplicar el tractament, a temperatura pròxima a la de transició vítria, per tal de suavitzar l'estructura del material, relaxar les tensions i augmentar el grau de cristal·linitat del polímer.

L'objecte d'aquest projecte ha sigut determinar la influència de l'orientació d'impressió i les condicions del posterior tractament tèrmic sobre les propietats mecàniques de l'ABS i del copolièster reforçat amb fibra de carboni curta (CFRP). També s'ha observat com afecta aquest tractament en les dimensions finals, el pes i l'estructura interna del material.

Per aquest motiu s'han imprès un total de 75 provetes (45 d'ABS i 30 de CFRP) segons la normativa ASTM D638, per tal de ser assajades a tracció. Per la impressió s'ha utilitzat una impressora Prusa de l'empresa *Cooking Hacks*. Primer de tot s'ha determinat d'una forma teòrica els paràmetres més influents sobre les propietats mecàniques i tot seguit s'han ajustat aquests paràmetres per cada tipus d'orientació i material diferent. A la *Figura 3* s'observa les diferents orientacions estudiades (el primer terme defineix la direcció de moviment del capçal i el segon defineix l'orientació de la proveta respecte de les coordenades de la impressora). La direcció XX correspon al tipus I, la XY al tipus II i la XZ al tipus III. A la *Figura 4* es veuen totes les provetes impreses del tipus I amb ABS.



Figures 3 i 4: Diferents orientacions d'impressió (esquerra) i provetes del tipus I d'ABS impreses (dreta)

Seguidament s'han aplicat dos tractaments tèrmics per millorar l'adhesió dels filaments i intentar incrementar les propietats mecàniques de cada material. S'ha utilitzat una estufa calefactora Digitheat-TFT, cedida pel grup d'investigació AMADE de la Universitat de Girona. S'ha aplicat un tractament tèrmic a una temperatura just per sobre la de transició vítria i un altre just per sota. Tot seguit s'ha realitzat l'assaig a tracció utilitzant una màquina dinamomètrica de la marca IDM®, cedida pel grup de recerca LEPAMAP de la universitat. En els assajos s'ha determinat la tensió màxima, el mòdul de *Young* i l'elongació en el punt de màxima tensió per comparar aquests valors amb els diferents tipus d'orientació i avaluar l'efecte del tractament.

Finalment s'ha observat com varien les dimensions, la massa i l'estructura interna, mitjançant un micròmetre, una bàscula de precisió i una lupa binocular respectivament, i poder mesurar l'efecte de cada tractament tèrmic.

S'han recollit tots els resultats en informes i s'han realitzat un seguit de taules i gràfiques per comparar els valors de cada configuració. En la *Figura 5* es pot veure el comportament de cada orientació d'impressió i l'efecte que té en les propietats de l'ABS sense tractament. En la *Figura 6* s'observa una comparació de la tensió màxima segons el tipus de direcció, material i tractament tèrmic.

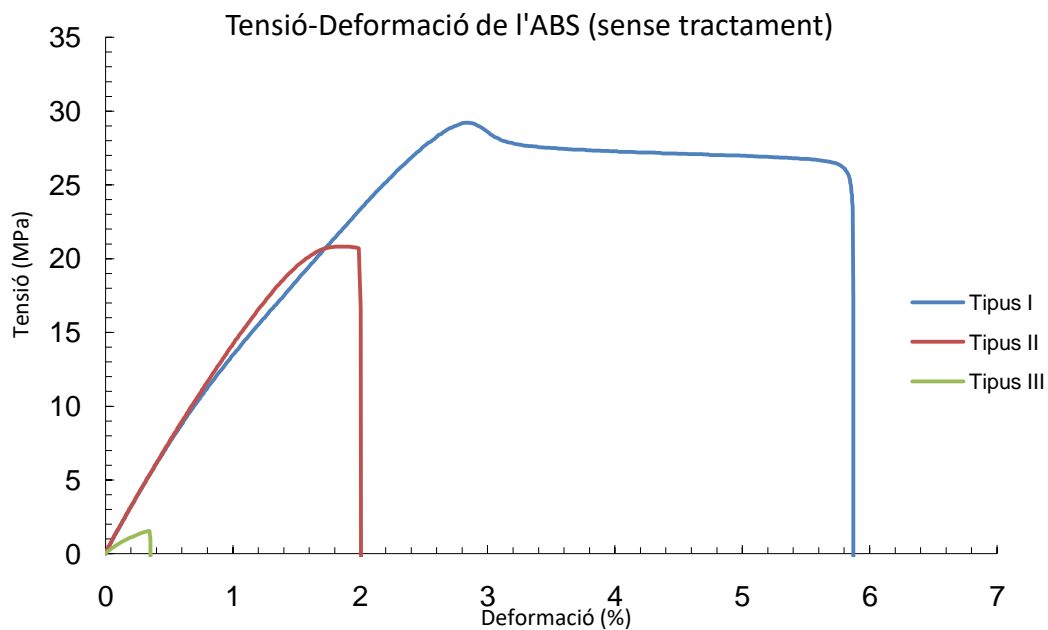


Figura 5: Comparació de les diferents orientacions de l'ABS sense tractar

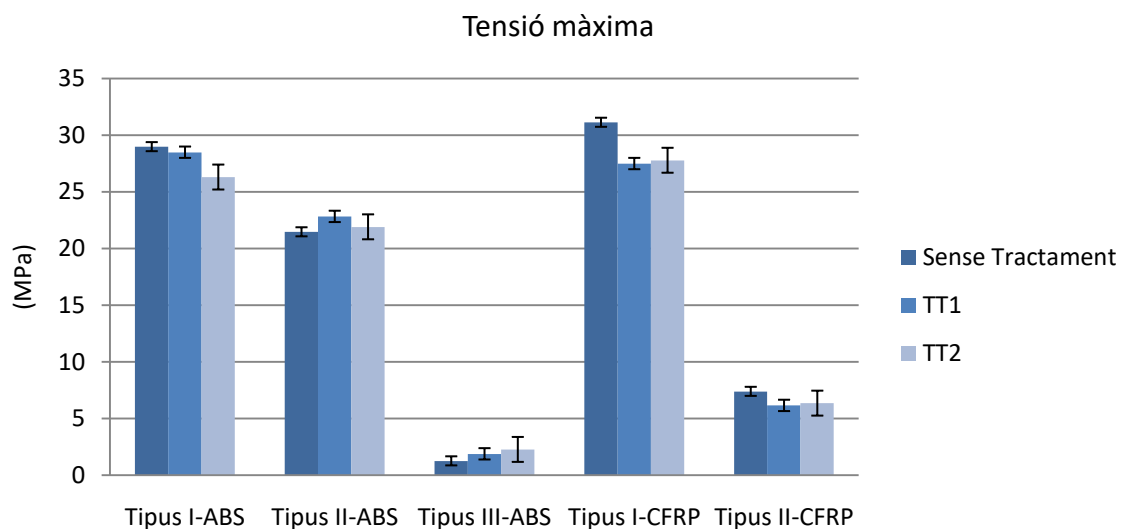


Figura 6: Comparació de la tensió màxima segons tipus, material i tractament

Una vegada obtinguts tots els resultats s'ha efectuat una anàlisi i una discussió en profunditat per tal d'establir unes conclusions, que tot seguit es descriuen.

- El factor més determinant en qualsevol de les propietats estudiades és l'orientació d'impressió de la peça. En els dos materials es veu com en l'orientació del tipus I, la resistència i el mòdul de *Young* són superiors a les altres direccions. El principal motiu d'això és perquè la direcció dels filaments són paral·lels a la força, els quals tenen una major resistència en comparació a qualsevol unió entre filaments.
- El tractament tèrmic no produeix els mateixos efectes en els diferents tipus d'orientació d'impressió. S'ha vist com en el cas de l'ABS, el primer tractament, ha aportat millores en el tipus II i III. En el cas del tipus I les propietats han empitjorat prop d'un 5%. S'ha observat com el tractament ha millorat la unió dels filaments, però ha disminuït la seva resistència màxima en la direcció longitudinal. Paral·lelament també ha empitjorat el mòdul de *Young* i l'elongació. L'orientació amb la qual el tractament ha influït més ha sigut la impressió del tipus III, millorant la resistència un 80% i l'elongació en prop del 40%.
- Les peces impreses amb el copolièster reforçat amb fibra de carboni, tenen un comportament anisotròpic marcat per una clara influència de la direcció del filament. El tractament lluny d'aportar cap millora en aquest material, ha reduït totes les seves propietats mecàniques i elàstiques. Els dos tractaments tèrmics han fet minvar la seva resistència entre un 10% i un 15%. El mòdul de *Young* i l'elongació també s'han vist afectats i s'han reduït un 10% i un 6% respectivament en comparació amb el material sense tractar.
- La deformació que s'ha produït després d'aplicar el tractament tèrmic ha sigut diferent per cada tipus d'orientació. Les provetes del tipus I i tipus II s'han reduït longitudinalment, han augmentat la seva amplada i sobretot el gruix. Amb la configuració del tipus III el resultat ha sigut diferent, ha augmentat la longitud total i el gruix i ha disminuït l'amplada de la proveta després del tractament. El comportament amb el CFRP ha sigut similar però amb una deformació inferior que en el cas de l'ABS. La massa de la proveta també s'ha vist afectada després del tractament i en el cas dels dos materials ha sigut entre el 0,1% i 0,3% provocada per la pèrdua d'aigua que el material havia absorbit.
- S'han observat canvis visuals en la secció del material després de tractar. Es veu com en l'ABS el material queda reorganitzat d'una millor forma, ocupant espais buits i reduint la porositat. Amb el CFRP la diferència ha sigut mínima.