

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Química

Títol: Desenvolupament de materials compostos reforçats amb fibres naturals totalment biodegradables per impressió 3D

Document: Resum

Alumne: Ferran Serra Parareda

Tutor: Marc Delgado Aguilar

Departament: EQATA

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Juny 2018

RESUM – Desenvolupament de materials compostos reforçats amb fibres naturals totalment biodegradables per impressió 3D.

La impressió 3D està generant un creixent interès a la societat, principalment per la possibilitat de disposar d'una unitat de producció domèstica controlada per programari senzill i intuïtiu. Aquestes unitat de producció són realment econòmiques i permeten obtenir infinitat de productes, doncs no es requereixen motllos i sistemes d'injecció iu refrigeració sofisticats.

Tanmateix, aquest interès no és només a nivell domèstic, sinó que l'obtenció de productes a mida i baix cost també està motivant a les empreses del sector dels termoplàstics a utilitzar cada dia més aquesta tecnologia. En aquest sentit, la impressió 3D permet obtenir des de el prototip inicial (ràpid prototyping) fins el producte final, com poden ser pròtesis o productes molt específics per produccions de poc volum (ràpid manufacturing).

Dins la tècnica d'impressió 3D se solen utilitzar materials comercials que el mateix fabricant d'impressores 3D ofereix. Aquests materials solen ser polímers derivats del petroli no biodegradables com el polipropilè (PP) o l'acrilonitril butadiè estirè (ABS), així com polímers biodegradables com l'àcid polilàctic (PLA) o les policaprolactones (PCL). No obstant, aquests últims no ofereixen les mateixes propietats mecàniques i tèrmiques que els polímers derivats del petroli. Per tant, per tal d'aconseguir que aquests polímers biodegradables puguin competir amb els derivats del petroli en termes tècnic-econòmics, una opció versemblant és la producció de materials compostos, els quals consisteixen en l'addició d'un reforç per dotar-lo de millors propietats i, tanmateix, aconseguir un material de caràcter més sostenible reduint l'impacte mediambiental.

En la realització de material compòsit per finalitats d'impressió 3D, cal considerar certes limitacions en termes de propietats físiques, mecàniques i tèrmiques. A títol d'exemple, els materials per impressió 3D no poden presentar una rigidesa excessivament elevada, doncs el filament que s'utilitza per alimentar la impressora podria trencar com a conseqüència d'una deformació excessiva. Addicionalment, el material resultant haurà de disposar de la suficient fluïdesa per tal que la impressió es pugui dur a terme eficientment, evitant possibles obturacions dels extrusors i mals acabats en la peça final.

RESUM – Desenvolupament de materials compostos reforçats amb fibres naturals totalment biodegradables per impressió 3D.

El present Treball Final de Grau ha tingut per objectiu principal desenvolupar materials compòsits completament biodegradables per impressió 3D, utilitzant àcid polilàctic (PLA) i policaprolactona (PCL) com a matriu, i fibres Kraft blanquejades d'eucaliptus com a reforç.

El projecte s'ha iniciat realitzant un estudi de l'híbrid PLA+PCL, que ha format la matriu híbrida del compòsit polimèric. S'ha procedit doncs a un escombrat complet del 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de PCL. A partir dels assajos realitzats i resultats obtinguts, s'ha conegut quina proporció de cada un dels polímers dona lloc a materials amb una bona relació resistència/rigidesa.

Obtinguda la matriu híbrida, s'ha estudiat la quantitat de reforç fibrós necessària per tal de millorar les propietats mecàniques i tèrmiques, evitant que el material es tornés molt fràgil i no pogués ser utilitzat en la impressora 3D. Per tal d'assolir aquest propòsit, la quantitat de reforç addicionada a la matriu ha sigut del 20% i 30% en fibres blanquejades Kraft d'eucaliptus.

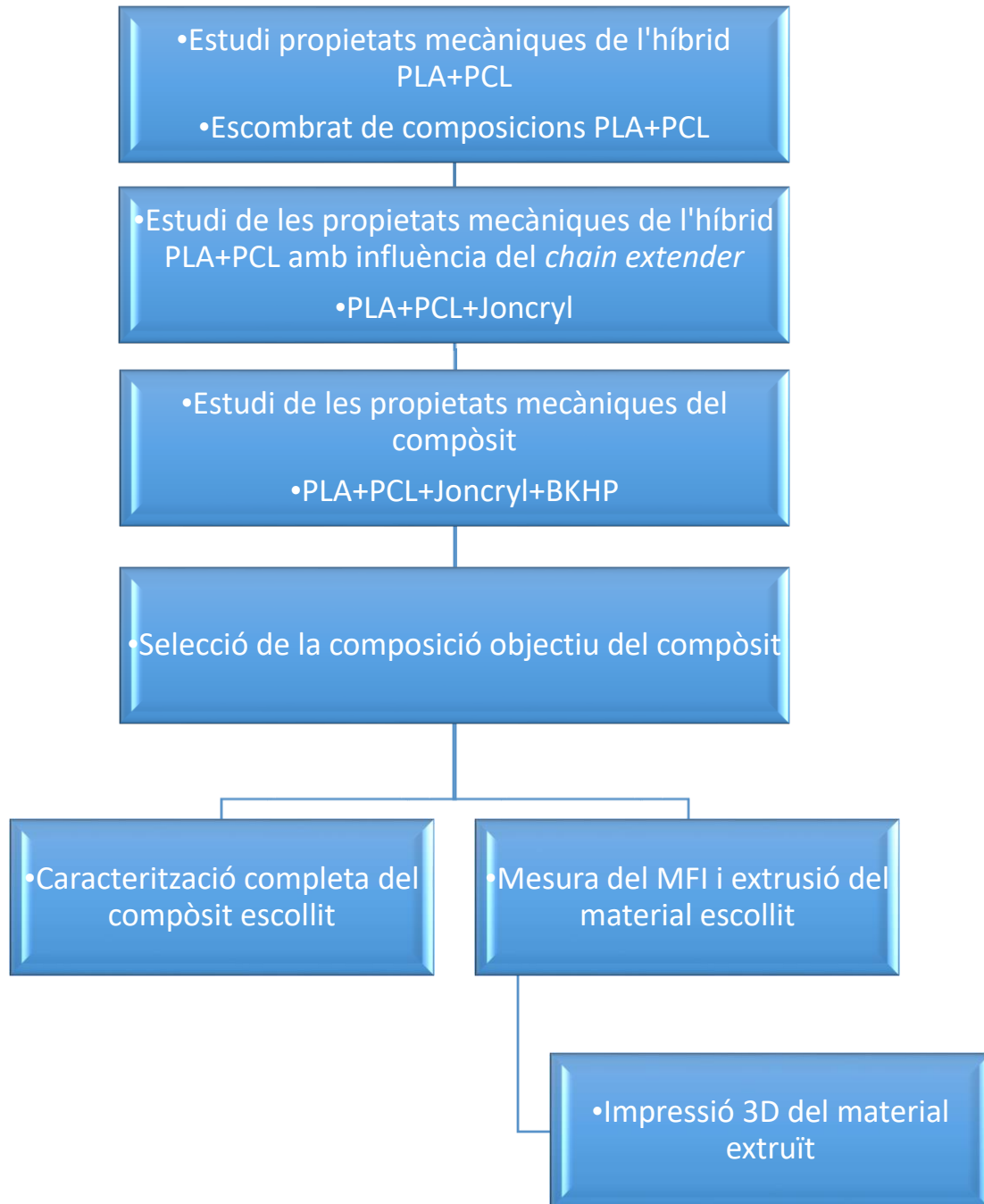
S'ha avaluat també l'addició d'un chain extender que millorés les propietats del material compòsit i/o la interfase entre els seus components. L'objectiu de l'additiu anomenat Joncryl ADR, era proporcionar unes condicions de rigidesa i mal·leabilitat, tant al híbrid com al material compòsit, amb el propòsit que aquest pogués ser imprès de forma més eficient i eficaç. El Joncryl ADR s'ha afegit en percentatge del 1,5% i 3%, ja que per sobre d'aquestes quantitats no és recomanable la seva addició.

Les mostres obtingudes s'han caracteritzat en termes macromecànics (tracció, flexió i impacte), micromecànics (resistència i mòdul intrínsecs) i tèrmics (TGA i DSC). Tanmateix, el reforç s'ha caracteritzat des d'un punt de vista morfològic. Els assajos s'han dut a terme al laboratori del LEPAMAP en el Parc Científic i Tecnològic de la UdG i als laboratoris de l'Escola Politècnica Superior.

A partir de la caracterització esmentada, s'ha realitzat una selecció d'aquells materials potencials per ser utilitzats en aplicacions d'impressió 3D. Seguidament, s'han processat en una extrusora per obtenir filament de 2,85mm que, posteriorment, s'ha utilitzat per imprimir una peça en 3D.

RESUM – Desenvolupament de materials compostos reforçats amb fibres naturals totalment biodegradables per impressió 3D.

Amb l'objectiu d'entendre millor el procediment establert durant el Treball Final de Grau, s'exposa un diagrama descriptiu dels passos realitzats durant aquest.



Esquema 1: Procediment establert en el Treball Final de Grau

RESUM – Desenvolupament de materials compostos reforçats amb fibres naturals totalment biodegradables per impressió 3D.

Realitzada l'experimentació i l'estudi dels materials elaborats, les principals conclusions extretes es detallen a continuació.

1. L'híbrid 60%PLA+40%PCL disposa de la millor relació resistència-rigidesa amb valors de resistència a tracció de 40,6 MPa i deformació a esforços màxims del 3,6%, mentre no trenca per sota una elongació del 20%. Les altres composicions o bé proporcionaven una elevada rigidesa, o no disposaven d'una resistència mecànica prou elevada.
2. L'addició de fibres BKHP sobre la matriu híbrida 60%PLA+40%PCL comporta un augment del 3,2 % de la resistència a tracció en un 20% de fibres i un 12,87% en un 30% de reforç. S'ha constatat que les fibres es dispersen millor en matrius amb continguts menors de PLA, ja que el Melt Flow Index de l'híbrid és més elevat, i les fibres poden fluir i orientar-se de forma més òptima i eficaç.
3. El Joncryl ADR augmenta la deformació a màxims esforços de l'híbrid 60%PLA+40%PCL un 40%, disminuint la resistència a tracció un 25%. Així doncs, el Joncryl ADR millora la rigidesa de l'híbrid PLA+PCL. Tanmateix, la influència del Joncryl disminueix quan major és el contingut de PLA a l'híbrid.
4. L'addició de Joncryl sobre material compòsit comporta una influència negligible sobre el mateix. Tot i que el Joncryl exerceix una influència notable sobre l'híbrid, un cop s'addicionen fibres aquest actua com un obstacle a les propietats mecàniques del material, atès que no les millora, sinó el contrari.
5. El material compòsit seleccionat ha sigut el 60%PLA+40%PCL amb reforç fibrós del 20%. Tot i que les seves propietats no són les esperades degut a la pobre interfase fibra-matriu, s'ha cregut convenient avaluar l'extrusió i impressió 3D d'un material compòsit totalment biodegradable amb reforç del 20% en fibres.
6. La interfase fibra-matriu és molt pobre en el material seleccionat degut a una τ (interfase de propagació d'esforços) menor a l'esperada. Addicionalment, les fibres supercrítics, que són les que exerceixen major influència sobre la resistència del material, són minoria, i tanmateix aporten un 80% de la

RESUM – Desenvolupament de materials compostos reforçats amb fibres naturals totalment biodegradables per impressió 3D.

resistència del material compòsit. Per tant, la interfase i dispersió referent a la fibra i la matriu s'ha establert com a problema de major incidència.

7. Existeix una bona interfase a l'híbrid PLA+PCL degut a la major proximitat dels punts de fusió vistos en els assajos tèrmics. El Joncryl millora la compatibilitat de l'híbrid PLA+PCL i disminueix la cristal·linitat del PLA, provocant una disminució de la rigidesa i la resistència.
8. La cristal·linitat del PLA quan s'afegeixen fibres al material augmenta, ja que les fibres actuen com a nuclis on les cadenes polimèriques s'ordenen. Degut aquest fet, el Joncryl deixa d'exercir influència en el material compòsit, atès que aquest queda inhibat per l'existència de les fibres.
9. L'extrusió de material compòsit ha resultat eficaçment, amb un diàmetre de filament molt més uniforme i amb menys irregularitats que l'híbrid pur, degut a les diferències de MFI.
10. La impressió 3D del compòsit extruït s'ha dut a terme de forma efectiva. Els acabats del material compòsit han sigut molt millors que els de l'híbrid, amb error relatiu no superiors al 1%. Conseqüentment s'ha determinat que el material compòsit reforçat amb fibres vegetals és imprimible en 3D amb bona qualitat d'acabats.