

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Projecte d'optimització de la trajectòria de la fibra de materials compostos fabricats per impressió 3D en peces que presenten discontinuïtats de forma.

Document: Resum

Alumne: Ferran Juncà Juanola

Tutor: Norbert Blanco Villaverde

Departament: Enginyeria mecànica i construcció industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria (mes/any): Setembre 2020

1. INTRODUCCIÓ

La tecnologia de la fabricació additiva és un camp en fase de desenvolupament i que permet un gran ventall de possibilitats a l'hora de fabricar peces mitjançant aquesta tecnologia. Un dels aspectes més característics és que permet ajustar la trajectòria del filament del material, això es pot aprofitar per millorar la rigidesa de certes zones de les peces, com els forats.

L'objecte del projecte es basa en l'anàlisi del comportament del material en termes de rigidesa i de resistència, i en la optimització de la trajectòria de la fibra de materials compostos fabricats per impressió 3D, adaptant-se a les discontinuïtats de la peça, en aquest cas un forat, per tal de millorar la resistència i la rigidesa a tracció i això sense que el pes es vegi especialment afectat. Aquesta optimització està recolzada per un procés de càlcul estructural amb elements finits de diferents provetes, partint de la caracterització del comportament real del material.

2. SITUACIÓ I INFORMACIÓ

2.1. Context

Els materials compòsits s'inclouen dins la família de materials ortotròpics, els quals tenen propietats diferents al llarg dels tres eixos mútuament ortogonals. Dintre d'aquests es troben els materials transversalment isotròpics que presenten comportaments similars en dues de les seves tres direccions ortogonals. Aquest és el cas del material compòsit de niló reforçat amb fibra de carboni que s'utilitzarà en aquest estudi.

La possibilitat d'utilitzar aquest material i el mètode de fabricació amb impressora 3D, permet millorar les propietats d'una peça en la zona d'un forat, la qual és propensa a tenir concentracions de tensions.

2.2. Fabricació additiva

La fabricació additiva o impressió 3D permet crear objectes en 3 dimensions a partir de models generats per programes de disseny. Les peces són impreses depositant capes de material i orientant el filament per tal d'obtenir la geometria desitjada, o depositar més o menys material en les zones que interessin de la peça

2.3. Entorn considerat per l'estudi

Per a la realització d'aquest treball s'utilitza el programa d'elements finits Abaqus/CAE. S'ha agafat com a model la impressora Mark Two de Markforged®, i el seu programa associat Eiger per establir els paràmetres d'impressió.

3. METODOLOGIA

Per tal de dur a terme aquest projecte es seguiran els passos següents:

Primerament s'estudiaran les possibilitats d'impressió que ens permet el software d'impressió Eiger comentat anteriorment i l'entorn de treball del programa de simulació d'elements finits Abaqus CAE ®. A continuació es valoraran les opcions que ofereix per tal d'ajustar el mètode més adequat per realitzar l'estudi i simulació de les provetes. Seguidament es desenvoluparà el mètode per generar les geometries i dur a terme la simulació dels diferents casos que es pretenen estudiar. Finalment es generaran les diferents provetes i el càlcul seguint les condicions i els límits que ofereix el software d'impressió i s'extrauran els resultats.

L'estudi ha de ser adequat per tal que les provetes puguin ser impreses i provades en un futur, si s'escau.

4. BASES DE L'ESTUDI

Primerament s'ha començat per l'estudi d'alguns articles que han servit com a base per aquest projecte, per tal d'agafar idees i conceptes a tenir en compte per dur a terme el càlcul. Per exemple algunes de les trajectòries del filament que es poden dur a terme, les quals es recullen en els tres casos següents que s'estudiaran: cas isotròpic, cas concèntric i cas mixt.

Seguidament es valoren les possibilitats que ofereix el programa d'impressió Eiger, i com es poden adaptar als casos que es volen estudiar per tal que estiguin en concordança si es volguessin imprimir.

5. DISSENY DE LES PROVETES

El primer pas previ a la generació de les provetes ha estat la familiarització amb el programa d'elements finits Abaqus/CAE. Primerament amb exercicis bàsics i seguidament amb exercicis ja enfocats a l'estudi els quals permeten entendre conceptes com la definició correcta del mallat i del material, els paràmetres a considerar en la simulació, la orientació dels sistemes de coordenades etc.

A partir d'aquí s'ha passat a treballar mitjançant el fitxer input de l'Abaqus el qual permet introduir manualment tots els paràmetres de l'estudi, i ofereix un ventall molt més ampli de possibilitats. Això conjuntament amb la creació d'un script de python ha permès arribar a una geometria definitiva de la proveta rectangular de 200x30mm amb un forat al centre de 5mm, el mallat corresponent i el mètode de càlcul i orientació dels elements per simular al trajectòria del filament de fibra de carboni.

6. SIMULACIÓ PER ELEMENTS FINITS

S'estableixen els paràmetres de simulació comuns que s'apliquen a tots els casos que es pretenen estudiar. Es defineix el material compost utilitzat combinant niló i fibra de carboni. Pel que fa al mallat, sobretot destaca la zona al voltant del forat la qual és la que interessa estudiar i on s'han generat 12 anells d'elements concèntrics al forat, els quals permetran simular orientacions de la fibra del material, imprescindible per representar alguns casos que es volen calcular. La proveta es sotmet a un desplaçament a tracció d'1mm des d'un lateral, mentre està subjecte per l'altre lateral.

Seguidament s'expliquen les característiques específiques de cada cas que s'estudia. Concretament es defineixen les característiques de les capes de material utilitzat, i la combinació del filament de fibra de carboni amb niló. Sobretot es destaca la orientació de la fibra al voltant del forat i pel contorn de la peça en els casos que ho requereixen.

7. RESULTATS

A l'hora d'obtenir els resultats s'han agafat les tensions generades a la zona del forat tant en direcció al desplaçament (S11) com la perpendicular (S22) com la tallant (S12). També es valora la força de reacció generada en els nodes fixats.

En aquest apartat es mostren els resultats obtinguts de cada cas de la simulació. Seguidament es comparen representant-los en gràfics.

Primerament s'analitzen els resultats obtinguts de tensions que es generen a la proveta en cada cas. A continuació també s'estudien la ràtio de tensió respecte el volum de fibra de carboni utilitzat a la proveta comparant-ho amb la força de reacció obtinguda en cada cas, la ràtio de la força de reacció generada en la direcció del desplaçament respecte el volum de fibra i la ràtio de la força de reacció respecte les tensions de cada cas per veure quin és el que ofereix una millor rigidesa juntament amb les tensions més òptimes.

8. CONCLUSIONS

El cas de niló és el menys prometedor en termes globals. Aquest té una rigidesa molt baixa el qual fa que no sigui apte per aplicacions estructurals que exigeixin esforços importants.

El cas concèntric tot i ser el cas més destacat tant en valor de tensions, en les ràtios de tensió respecte volum de fibra i en la de força de reacció respecte volum de fibra, presenta una rigidesa molt baixa.

Aquest factor fa que no sigui un cas adequat per la majoria d'aplicacions estructurals que se'n puguin derivar, ja que el niló és el principal component de la proveta. Aquesta serà propensa a deformar-se elàsticament molt fàcilment. Per aplicacions on les càrregues siguin molt petites, és una bona opció ja que les tensions en el forat són molt baixes.

Pel que fa al cas "concèntric + reforç", el reforç generat al contorn de la proveta ha donat molt bons resultats. Aquest cas manté unes tensions màximes molt baixes, properes al cas únicament concèntric. Però a diferència d'aquest, té una rigidesa molt més elevada reflectida en les forces de reacció que es generen, gràcies als filaments del seu contorn. En termes globals la seva rigidesa es força menor al cas isotròpic a 0° o al mixt, però considerant només un comportament elàstic i valorant els resultats que dona respecte el seu volum de fibra, és el cas més eficient de tots.

El cas mixt és el cas que presenta les tensions més elevades de tots després del cas isotròpic a 0° . Si que ofereix una molt bona rigidesa, donant els millors valors després del cas isotròpic, i a més amb una quantitat de volum de fibra correcte pels resultats que dona. Però aquesta rigidesa no és suficient per compensar les tensions, en la zona del forat, tal com es veu en les ràtios de la força de reacció respecte les tensions. El fet de suprimir part dels anells concèntrics a canvi de filaments a 0° , provoca un augment molt considerable de tensions en el forat, i per tant segueix essent una zona problemàtica de la peça.

L'últim dels casos, l'isotròpic, en cap de les seves dues variants es mostra com un cas adequat per millorar les propietats del forat. El fet de tenir totes les capes a 0° li dona la millor rigidesa a tracció amb diferència, i fa que sigui el millor dels casos en termes absoluts, sense considerar el volum de fibra que s'utilitza. Per contra, el forat continua essent una zona conflictiva on les tensions assolixen valors molt elevats, sobretot en la direcció 1.

En la variant del cas isotròpic amb les diferents capes orientades, s'observa una pitjor rigidesa respecte el cas amb totes les capes a 0° , però les tensions també són més baixes. Tal i com s'ha comprovat, aquest oferiria un millor reforç global de la proveta que l'isotròpic a 0° , si aquesta es veiés sotmesa a esforços en altres direccions, tal i com podria passar en una aplicació real. Però respecte aquest estudi on l'esforç és a tracció unidireccional no destaca en cap dels seus aspectes.

En resum, per millorar les tensions en el forat és idoni situar concentricitats completes al seu voltant, ja que representen poc volum de fibra i milloren molt el comportament. No són necessàries moltes ja que la disminució de les tensions és poc significativa a mesura que s'hi afegeixen concentricitats. A més interessa reforçar la proveta amb filaments al contorn d'aquesta per oferir-li rigidesa, sobretot orientats en al direcció de la sol·licitació, i així que esdevingui una peça amb més utilitat. Cada filament de reforç implica un augment d'uns 700N en al força de reacció que oferirà la proveta, valor prou considerable per afegir-hi suficients reforços.