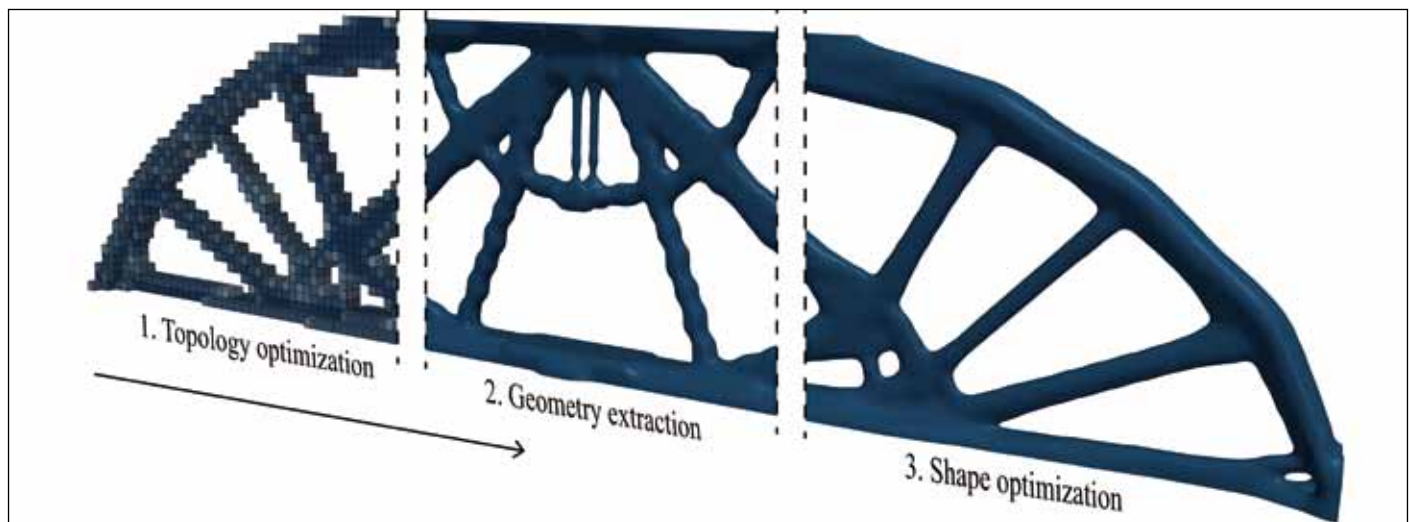


De verbinding tussen topologie-optimalisatie en CAD

Door Marco Swierstra

Femto Engineering is gespecialiseerd in het uitvoeren van simulaties door middel van de eindige-elementenmethode (EEM) waarmee het mechanische en dynamische gedrag van constructies kan worden geanalyseerd. Daarnaast is EEM te gebruiken om constructies te verbeteren door bepaalde afmetingen, zoals een diameter of een wanddikte, te optimaliseren. Of een stap verder, om automatisch geoptimaliseerde constructies te genereren op basis van de gegeven randvoorwaarden.



Afbeelding 1: Van topologie-optimalisatie tot uiteindelijk resultaat.

Topologie-optimalisatie is een populaire, zelf-genererende ontwerpmethode en beschikbaar in meerdere commerciële softwarepakketten. Bij een topologie-optimalisatie worden de elementen van EEM gebruikt als ontwerpvariabelen. De hoeveelheid materiaal in een element kan dan variëren tussen de 0 en 100 procent. Door bepaalde elementen in het ontwerpdomein veel materiaal toe te kennen en andere elementen weinig, ontstaat er een materiaalverdeling in het ontwerpdomein die een geoptimaliseerde constructie representeert. Als gevolg van dit principe, vertonen typische topologie-geoptimaliseerde resultaten vervaagde – elementen met ‘halve’ hoeveelheden materiaal – en gehoekte randen. Hierdoor zijn de resultaten niet direct toe te passen en wordt er een interpretatie van het resultaat gemaakt om een ontwerp te verkrijgen. Omdat dit laatste tijd kost, is deze nabewerking steeds meer een knelpunt voor ontwerpers. Overigens zijn er tegenwoordig softwarepakketten die de verkregen materiaalverdeling gladstrijken met be-

paalde algoritmes om een bruikbaar ontwerp te genereren. Maar het optimale ontwerp gaat dan doorgaans verloren en is er soms alsnog input nodig van de gebruiker.

In samenwerking met de Technische Universiteit Delft is er bij Femto Engineering een geautomatiseerde methode ontwikkeld om topologie-geoptimaliseerde resultaten om te zetten in een bruikbaar ontwerp. Hierbij is de nadruk gelegd op het geautomatiseerd laten verlopen van dit proces, dus zonder interventie van de gebruiker. Een ander belangrijk doel is dat het eindresultaat nog steeds een optimaal ontwerp is dat aan alle randvoorwaarden voldoet.

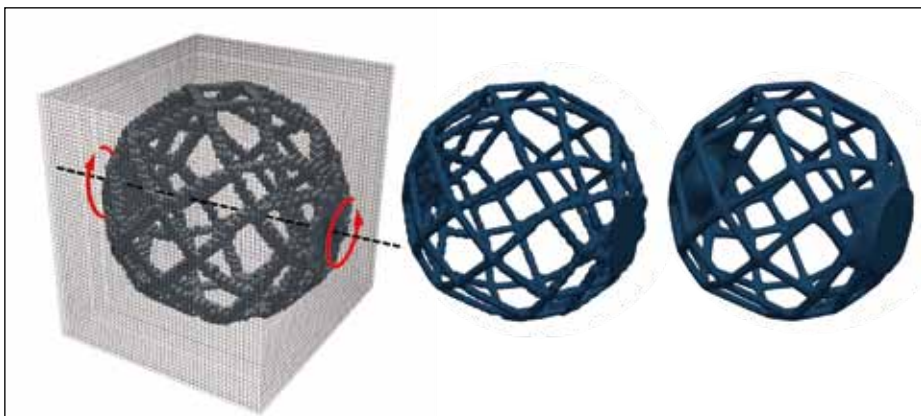
Gehoekte patronen

Een cruciaal onderdeel van de ontwikkelde methode is de geometriebeschrijving. De geometrie van de topologie-optimalisatie wordt beschreven door (gehoekte) elementen waarvan een bepaalde hoeveelheid materiaal wordt

toegekend. Het gebruik van elementen resulteert dus onvermijdelijk in gehoekte patronen. In de ontwikkelde methode wordt de topologie-geoptimaliseerde geometrie omgezet in een geometrie die beschreven wordt door een sommatie van zogeheten ‘Radial Basis Functions’ (RBF’s). Een dergelijke sommatie heeft als eigenschap dat deze altijd resulteert in gladde contouren. RBF’s worden daarom veel toegepast in allerlei interpolatietechnieken zoals in het verbeteren van de resolutie in foto’s en afbeeldingen. In dit geval wordt de hoeveelheid materiaal in een element vervangen door een equivalente RBF, waardoor een geïnterpoleerde en vooral gladgestreken geometrie ontstaat die het topologie-geoptimaliseerde resultaat benadert.

Interpretatie

De huidige geautomatiseerde methodes stoppen op een dergelijk punt met de nabewerking. De RBF-geometrie, of een andere gladgestreken geometrie, is echter slechts een interpretatie van



Afbeelding 2: Topologie-optimalisatie in drie stappen. Van links naar rechts een model met gehoekte randen, een model met afgeronde randen en een model waar alle oneffenheden uit zijn gehaald.

de topologie-optimalisatie. Dit heeft tot gevolg dat het uiteindelijke ontwerp wel bruikbaar is, maar niet meer een geoptimaliseerde constructie is. Daarom is er gekozen om ook nog een optimalisatie toe te passen op de verkregen RBF-geometrie. Voor het uitvoeren van een optimalisatie moet het wel mogelijk zijn om de structurele eigenschappen van de RBF-geometrie te analyseren.

Een voordeel van het gebruik van de elementen als geometriebeschrijving voor de topologie-optimalisatie is dat de analyse van de constructie op dezelfde elementen is gebaseerd. Deze link maakt het gemakkelijk om een optimalisatie uit te voeren, omdat de beoordeling van de constructie voor de hand ligt. De analyse van de RBF-geometrie vergt meer moeite ten opzichte van de topologie-optimalisatie, aangezien deze losgekoppeld is van de elementen in de EEM. Door middel van het gebruik van hogere orde elementen en een slimme numerieke integratie, kan de RBF-geometrie toch worden geanalyseerd. En dus ook geoptimaliseerd. Het totale proces, van

de topologie-optimalisatie tot het uiteindelijke resultaat, is geïllustreerd in afbeelding 1.

STL-Bestanden

De uiteindelijke geoptimaliseerde RBF-geometrie is gemakkelijk om te zetten in een stereolithography (STL)-bestand. Een STL-bestand beschrijft het oppervlak van de geometrie met een aansluiting van driehoeken en wijkt dus af van de gebruikelijke 'splines' waarmee een CAD-geometrie normaal gesproken wordt beschreven. Desalniettemin, zijn STL-bestanden steeds meer op gebruiksvriendelijke wijze toe te passen in conventionele CAD-omgevingen. Siemens' nieuwste software, Simcenter 12, biedt bijvoorbeeld de mogelijkheid om STL-bestanden naadloos in te passen in een CAD-samenstelling door middel van de zogeheten 'convergent modeling' techniek. Daarnaast is het vervolgens ook mogelijk om kleine aanpassingen te doen aan de verkregen STL-geometrie, zoals bijvoorbeeld het invoegen van tapgaten.

Als voorbeeld is er een kubus als ontwerpdo-

mein gekozen waarop een koppel wordt aangebracht. Het doel van de optimalisatie is de stijfheid te maximaliseren zodat de verplaatsingen ten gevolge van het aangebrachte koppel zo klein mogelijk zijn. Als voorwaarde mag de optimalisatie maar 4 procent van het ontwerpdomein vullen met materiaal. Een relatief simpele case study, maar de resultaten illustreren de kracht van de ontwikkelde methode. Allereerst is het resultaat van de topologie-optimalisatie weergegeven door alleen elementen uit het domein te laten zien waaraan een dichtheid van meer dan 10 procent is toegekend. De gehoekte randen zijn nu duidelijk zichtbaar. De tweede stap laat zien dat de gehoekte randen afgerond zijn door het gebruik van RBF's. Tot slot zijn door het uitvoeren van een optimalisatie de laatste oneffenheden verdwenen, zie afbeelding 2.

Conclusie

De resultaten laten zien dat zelfgenererende ontwerpmethodes steeds meer mogelijkheden bieden. En dat het toepassen ervan steeds minder problemen met zich meebrengt. Door zelf onderzoek te doen naar mogelijkheden in dit vakgebied, verwacht Femto Engineering voorop te blijven lopen in de diensten die het te bieden heeft. Momenteel wordt de ontwikkelde methode uitgebreid met meer toepassingen en waar nodig verbeterd. Het uiteindelijke doel is om de methode te implementeren in een softwarepakket als extensie van de standaard topologie-optimalisatie.

Marco Swierstra is project engineer bij Femto Engineering.

Meer informatie over het topologie-optimalisatieproject is te vinden op www.femto.nl.

ISD Group - Bij ons bent u aan het juiste adres voor CAD en PDM/PLM!

De ISD Group is met de producten HiCAD en HELiOS één van de grootste aanbieders van hoog geïntegreerde CAD- en PDM-oplossingen.

Met al 40 jaar ervaring op engineering gebied is ISD Group een vertrouwde partner - van productontwikkeling tot en met de After-Sales-Service.

ISD Benelux BV
 Het Zuiderkruis 33 | 5215 MV 's Hertogenbosch | +31 73 6153 888
 Grote Voort 293a | 8041 BL Zwolle | + 31 73 6153 888
 info@isdgroup.nl | www.isdgroup.com