

Dichte muur krijgt gaten met een keertje vouwen

Techniek

Origami is de inspiratie voor driedimensionaal 'metamateriaal'. Daarmee kun je opvouwbaar stents maken, of een gevel die het ene moment dicht is en meteen daarna al vol ramen zit.

Door **Joost van Kasteren**

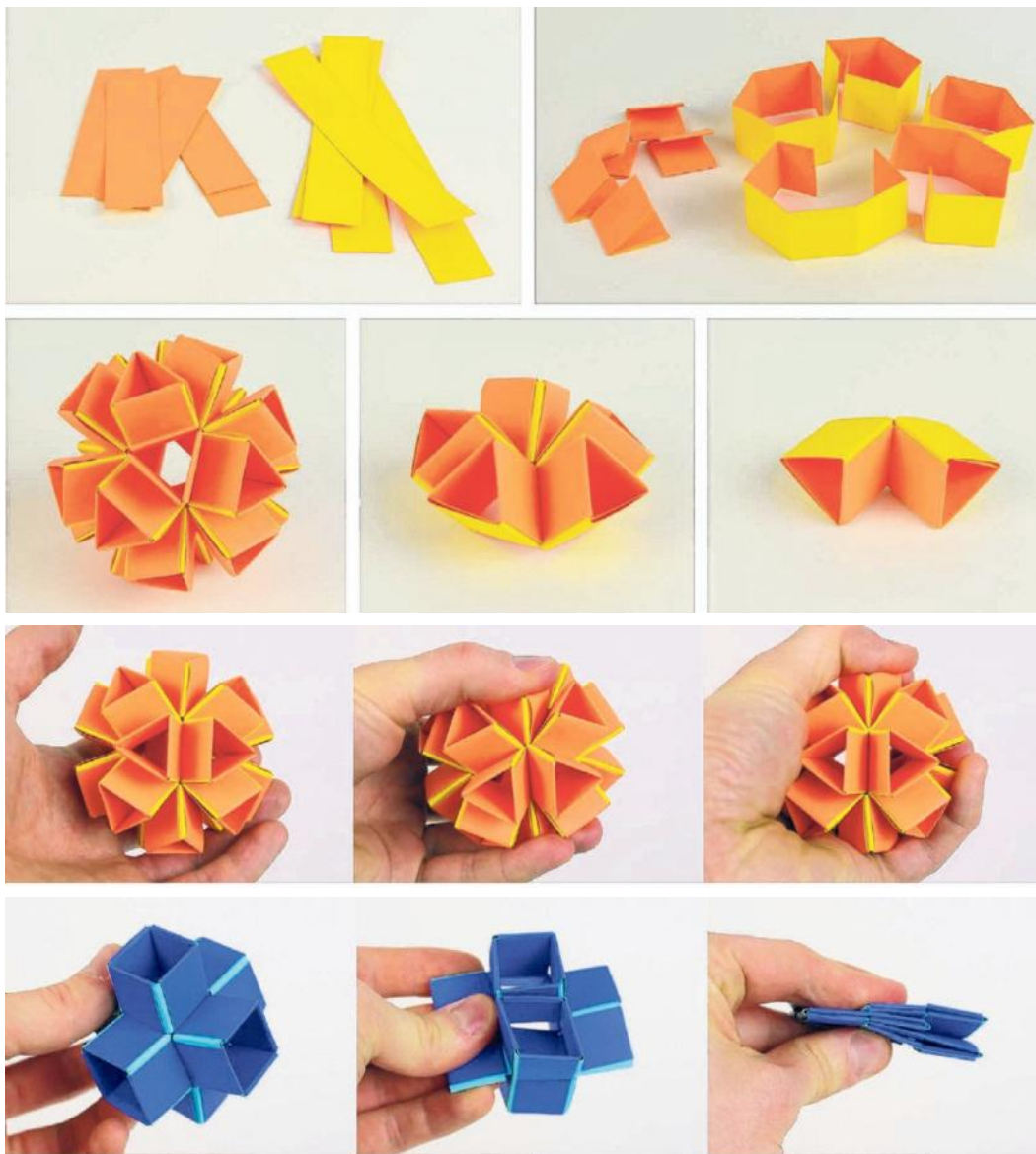
De Japanse vouwkunst origami vormt al langer een inspiratiebron voor ingenieurs. Een jaar of twintig geleden bijvoorbeeld ontwikkelde de Japanse astrofysicus Koryo Miura de naar hem genoemde vouwtechniek (Miura-ori) voor het opvouwen van zonnepanelen van satellieten, die zich eenmaal in de ruimte weer uitvouwen. Diezelfde vouwtechniek is trouwens ook gebruikt voor stadsplattegronden van Falkplan, die je in één beweging kunt uitvouwen en weer opvouwen. Origamitechnieken worden ook gebruikt voor het vouwen van noodwoningen en tenten zodat ze makkelijker te transporteren en snel op te bouwen zijn.

Metamaterialen

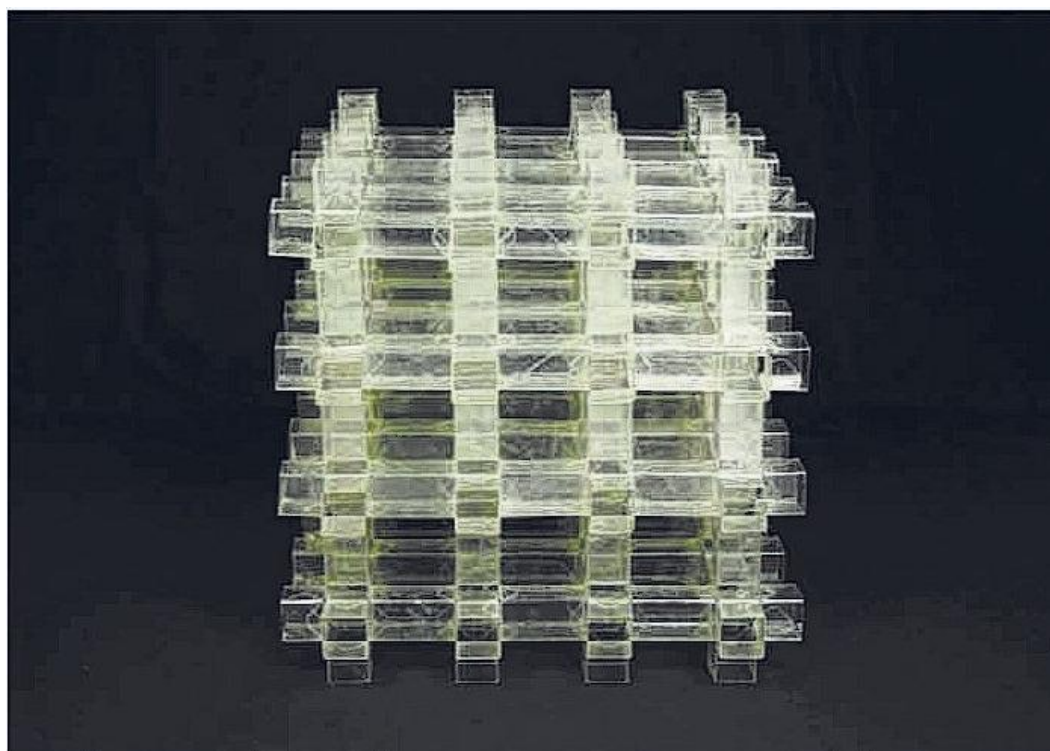
„Wij zoeken niet naar vouwmethoden, maar naar nieuwe materialen”, zegt Bas Overvelde door de telefoon vanuit Boston. 'Wij' is een samenwerkingsverband van verschillende onderzoeksgroepen van de Harvard Universiteit. „Materialen waarvan de mechanische eigenschappen zoals sterkte en stijfheid niet louter worden bepaald door de chemische samenstelling, maar door de driedimensionale vorm. Ze staan bekend als metamaterialen of ook wel 'architected materials'. Door te spelen met de vorm proberen we nieuwe eigenschappen te creëren.”

Dat je dan bij origami uitkomt is niet zo vreemd, zegt Overvelde. „Vormgeven is eigenlijk het organiseren van de lege ruimte. Veel manieren om de ruimte vorm te geven zijn al bedacht door origami-kunstenaars, dus het is logisch dat je daar gebruik van probeert te maken. Voor ons nieuwe materiaal hebben we ons laten inspireren door een origamitechniek die bekend staat als snapologie.” Daarbij worden strookjes papier met eveneens papieren verbindingen gevouwen tot driedimensionale veelvlakken.

„We hebben heel wat moeten uitproberen voordat we de beste manier hadden gevonden om een vergelijkbare constructie te maken uit vellen van kunststof”, vertelt Twan de Jong, die voor zijn masterstage een half jaar samenwerkte met Overvelde op Harvard. Belangrijke principes van origami, zoals geen gebruik van lijm of schaar, zijn daarbij met voeten getreden, maar, aldus De Jong, „origami was alleen inspiratiebron, geen voor-



Van de afbeelding linksboven tot de afbeelding links op de vierde rij is te zien hoe dunne laagjes kunststof met knippen, vouwen en plakken een driedimensionale structuur krijgen. Dit stevige materiaal is geschikt voor grote constructies (foto hieronder), maar kan ook weer opgevouwen worden (twee plaatjes rechts op de vierde rij).



schrift”. Uiteindelijk is gekozen voor een materiaal dat bestaat uit twee dunne laagjes kunststof met daartussen tweezijdig plakband, waarvan open kubusjes worden gevouwen. Zes van die kubusjes vormen aan elkaar gelijkijd een flexibele bouwsteen. Omdat deze in drie richtingen vrij kan bewegen kan die allerlei vormen aannemen. Door 64 bouwstenen aan elkaar te plakken ontstaat een metamateriaal met een kubusvormige microstructuur, dat onder invloed van een kracht van buitenaf eveneens in drie richtingen vrij kan bewegen.

„We hebben nu een metamateriaal gemaakt op een schaal van centimeters”, zegt Overvelde. „Op dezelfde manier kun je ook een metamateriaal maken op een schaal van meters. Daarmee zou je bijvoorbeeld een verplaatsbaar overdekt stadion kunnen maken of een gevel van een gebouw, die 's nachts een dichte muur vormt en overdag een reeks ramen heeft.” Omgekeerd zou je ook een materiaal op een schaal van millimeters kunnen maken voor bijvoorbeeld opvouwbaar stents die vernauwing van een bloedvat kunnen tegen gaan. Of zelfs op nanoschaal voor een materiaal dat licht of warmte op verschillende manieren kan geleiden.”

In al deze toepassingen is het van belang dat de vorm van het metamateriaal nauwkeurig gemanipuleerd wordt. Daarvoor zijn actuatoren nodig: mechanismen die de zaak in beweging brengen en er-

Slim materiaal dat zelf 'voelt' welke vorm het moet krijgen

voor zorgen dat het metamateriaal een andere vorm aanneemt. Om dit te bereiken heeft Overvelde - bij wijze van voorbeeld - gekozen voor een pneumatische besturing. In de ribben van de kubus zijn opblaasbare luchtkamertjes aangebracht. Door er selectief lucht in of uit te laten stromen, wordt er druk uitgeoefend op de ribben van de kubus en verandert de vorm. Andere vormen van actuatie zijn ook mogelijk. Zo kun je denken aan een poreus dak dat zichzelf sluit wanneer het begint te regenen, of een muur die ter verkoeling lucht doorlaat wanneer het warm wordt.

Tot nu toe worden de luchtkamertjes van buitenaf opgeblazen via slangetjes en lopen ze langs dezelfde weg weer leeg. Het ideaal is echter een slim, autonoom materiaal dat zelf 'voelt' welke vorm het aan moet nemen. In feite op dezelfde manier als een tentakel van een inktvis zelfstandig, zonder tussenkomst van de hersenen voelt wat hij beetpakt. Om dat voor elkaar te krijgen wil Overvelde de luchtkamertjes koppelen aan ingebouwde sensoren. Zo kan het materiaal veranderingen in de omgeving 'voelen', en op gepaste manier reageren. Na zijn promotie krijgt Overvelde een eigen onderzoeksgroep bij AMOLF in Amsterdam voor de ontwikkeling van dit soort 'soft robotic matter'.

STAP VOOR STAP

Van 2 laagjes naar 64 bouwstenen

Het uitgangsmateriaal van het metamateriaal bestaat uit twee dunne laagjes kunststof (PET) van verschillende diktes (0,25 en 0,05 mm) met

daartussen tweezijdig plakband. Daaruit wordt een basisvorm geknipt, die in een aantal stappen tot een open kubus wordt gevouwen (zie de twee

bovenste rijen foto's). Op de plaats van de vouwen is het materiaal dunner en flexibeler dan het materiaal van de vlakken.

Met tweezijdig plakband dat op strategisch gekozen plekken uit de kubus komt, worden er zes aan elkaar geplakt tot een flexibele bouwsteen.

Omdat deze in drie richtingen vrij kan bewegen kan die allerlei vormen aannemen (derde rij). Door 64 bouwstenen aan elkaar te plakken ontstaat een

metamateriaal met een kubusvormige microstructuur (vierde rij), dat onder invloed van een kracht van buitenaf in drie richtingen vrij kan bewegen.