Vier nieuwe voorbeelden van biomimetica

25 oktober 2019, 02:00

Jean-François Delaigle

Een zuignap die het hechtvermogen van de remora nabootst door de passieve zuig- en wrijvingskrachten bij vissen te repliceren. Materialen geïnspireerd op de huid van de kameleon, die met licht of warmte van kleur veranderen. Een hydrofoob, schadebestendig materiaal geïnspireerd op de stekels van de egelvis.

Een zuignap geïnspireerd op de remora

Remoravissen hebben bovenaan op hun kop een zuignapvormige structuur, waardoor ze zich aan haaien, walvisachtigen, schildpadden en zelfs schepen kunnen vastzuigen om zich te beschermen en zich te laten vervoeren.

Die zuignap is vrij complex: de rand ervan is een vlezige ring die een waterdichte afsluiting vormt en een zuigkracht genereert, terwijl het midden rijen van lamellen bevat die bedekt zijn met tanden, zogenaamde spinules. Deze beenachtige vinnen doen een wrijving ontstaan die voor een goede hechting zorgt wanneer de gastheer in beweging is.

Bij dit model zoeken onderzoekers aan het New Jersey Institute of Technology (NJIT) en de Akron University naar zelfklevende voorzieningen die op verschillende oppervlakken kunnen worden vergrendeld en ontgrendeld zonder ze te beschadigen of veel energie te verbruiken.

Ze hebben verschillende versies van hun zuignap ge-3D-print, met verschillende aantallen lamellen, en deze onder water getest, waarbij ze de schuifkracht en de nodige tijd om ze van oppervlakken met verschillende ruwheden los te maken, hebben gemeten.



Ze konden aantonen dat een groter aantal lamellen de kleefkracht van de zuignap verhoogde. Met 12 lamellen en 294 spinules bedraagt de weerstand van de schijf (met een gewicht van 45 g) 27 N gedurende 50 s, wat 3 maal meer is dan de zuignap van de remora. Zij toonden ook aan dat er voor een bepaalde schijfvorm een optimaal bereik is waarin de wrijvings- en zuigfenomenen in evenwicht zijn. Het minimum aantal lamellen om een hechting te verkrijgen is 6.

De onderzoekers vergeleken deze resultaten met de fenomenen die in de natuur worden waargenomen en begrijpen nu beter de factoren die hebben geleid tot de evolutie van de morfologie van de zuignappen van de remoravissen. In de loop der eeuwen hebben de remora's met 6 lamellen, die in de eerste fossielen werden waargenomen, zich ontwikkeld tot systemen met

meer lamellen, voor een grotere efficiëntie en dus betere overlevingskansen.

Een op de remora geïnspireerde zuignap kan worden ingezet in medische biosensoren, hulpmiddelen voor de afgifte van medicijnen, bakens voor teledetectie in het kader van milieustudies, enz.

Fotochrome materialen geïnspireerd op de kameleon

De kleurveranderingen bij dieren, zoals kameleons, hebben onderzoekers altijd al gefascineerd. De kameleon dankt zijn kleuren aan een fotonisch effect. Ze zijn afkomstig van de reflectie van licht op microstructuren aan de oppervlakte en door de interferentie tussen de gereflecteerde stralen. Ze veranderen wanneer de afstand tussen fotonische kristallen varieert, bijvoorbeeld wanneer een kameleon zijn huid uitrekt of ontspant.

Tot nu toe waren de op dit mechanisme geïnspireerde artificiële 'intelligente huiden' weinig resistent, maar onderzoekers aan de Emory University in Georgia zijn er nu in geslaagd om een huid te ontwikkelen die van kleur verandert door de warmte en het zonlicht, en flexibel genoeg is om aan beschadiging te weerstaan.

Om de natuurlijke eigenschappen van de kameleon na te bootsen, hebben wetenschappers fotonische kristallen verwerkt in flexibele materialen, zoals hydrogels, en de kleur ervan veranderd (shift van ?100 nm), door het materiaal als een accordeon te doen krimpen of uit te zetten. Die grote schommelingen in grootte (> 20%) vervormen en verzwakken echter het materiaal.



Door de veranderingen in de huid van de kameleon in versneld tempo te bestuderen, stelden de onderzoekers vast dat slechts een klein deel van de cellen fotonische kristallen bevatte; de andere cellen waren kleurloos. Op basis van dit model creëerden ze dan netwerken van fotonische kristallen in een hydrogel, die ze associeerden met een tweede, niet-gekleurde hydrogel, die als een resistent substraat fungeert. Wanneer het materiaal wordt verwarmd, verandert het wel degelijk van kleur, maar behoudt het zijn afmetingen. De huid blijft elastisch (150% vervorming). De intelligente huid die op deze manier ontstaat, kan ook van kleur veranderen als reactie op natuurlijk zonlicht.



Mogelijke toepassingen van het nieuwe materiaal zijn onder meer camouflage, signalisatie, chemische sensoren en antinamaakmiddelen.

Andere fotochrome materialen



Ook de onderzoekers van het MIT hebben de eigenschappen van de kameleon bestudeerd voor de ontwikkeling van de zogenaamde PhotoChromeleon inkt. De inkt bestaat uit een mengsel van fotochrome kleurstoffen, dat op het oppervlak van een product kan worden verstoven of geschilderd om het kleurveranderende eigenschappen te verlenen.

Het onderzoeksteam had eerder al het ColorMod-systeem ontwikkeld. Bij dit procedé werd gebruikgemaakt van een 3D-printer om componenten voort te brengen die van kleur konden veranderen, maar het kleurenschema was beperkt en de resultaten waren in lage resolutie. De nieuwe inkt heeft deze beperkingen niet.

De gekleurde oplossingen worden verkregen met de fotochrome kleurstoffen cyaan, magenta en geel en de onderzoekers zijn in staat om elke kleur pixel per pixel te beheersen door ze met overeenkomstige lichtbronnen te activeren en te deactiveren.



Het inkleuringsproces van een product bestaat erin het met de oplossing te bedekken en het vervolgens in een doos met een projector en uv-stralen te plaatsen. UV-lampen verzadigen de kleuren en de projector desaturiseert ze naargelang van de behoeften, om het gewenste motief tevoorschijn te doen komen.
Het motief kan ook door de uv-stralen worden gewist en het proces kan eindeloos worden herhaald.

Het team ontwikkelde een gebruikersinterface om ontwerpen automatisch te verwerken. De gebruiker downloadt zijn motieven en het programma genereert de mapping op het object vóór het proces begint. Naargelang van de vorm en de oriëntatie van het object duurt het proces tussen 15 en 40 minuten.

Een superhydrofoob materiaal geïnspireerd op de egelvis

Superhydrofobe materialen krijgen veel aandacht omwille van de mogelijkheden die ze bieden in toepassingen als zelfreiniging, antifouling, anti-icing, corrosiepreventie en dergelijke meer. De meeste van die materialen hebben aan de oppervlakte een microstructuur met naalden die beletten dat waterdruppels het oppervlak bevochtigen door ze boven een luchtlaag te houden.
Maar die micro-naalden zijn vaak zeer broos en raken makkelijk beschadigd wanneer het materiaal wordt vervormd of geschraapt.

Onderzoekers van het National Institute for Materials Science in Japan hebben zich geïnspireerd op de naalden van de Holocanthus Diodon, een ballonegelvis met lange stekels, om duurzame en flexibele superhydrofobe materialen te ontwikkelen. De huid van dat dier is immers tegelijk stekelig en elastisch.



Zij kozen voor een combinatie van ZnO-microtetrapods en poly(dimethylsiloxaan) (PDMS). Dankzij de aciculaire structuur van het oxide (pieken van 4-10 µm) en de elasticiteit van het PDMS behoudt

het poreuze materiaal zijn superhydrofobe karakter na abrasie (1000 cycli), schrapen, snijden, druppelinslag, buigen (1000 cycli) en torsie.



Het materiaal kan op allerlei soorten ondergronden worden geschilderd en in verschillende vormen worden gegoten.

Bronnen

- https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-3190/ab3895
- https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.9b04231
- http://groups.csail.mit.edu/hcie/files/research-projects/photochromeleon/2019-uist-photochromeleon-paper.pdf
- https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.9b09524
- https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acsami.9b09524/suppl_file/am9b09524_si_002.mp4

Auteurs



Jean-François Delaigle