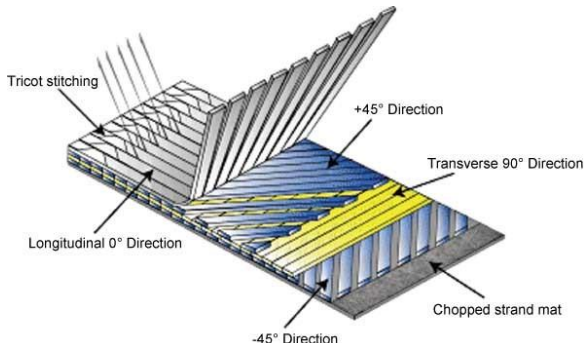


Vezelversterkte kunststoffen

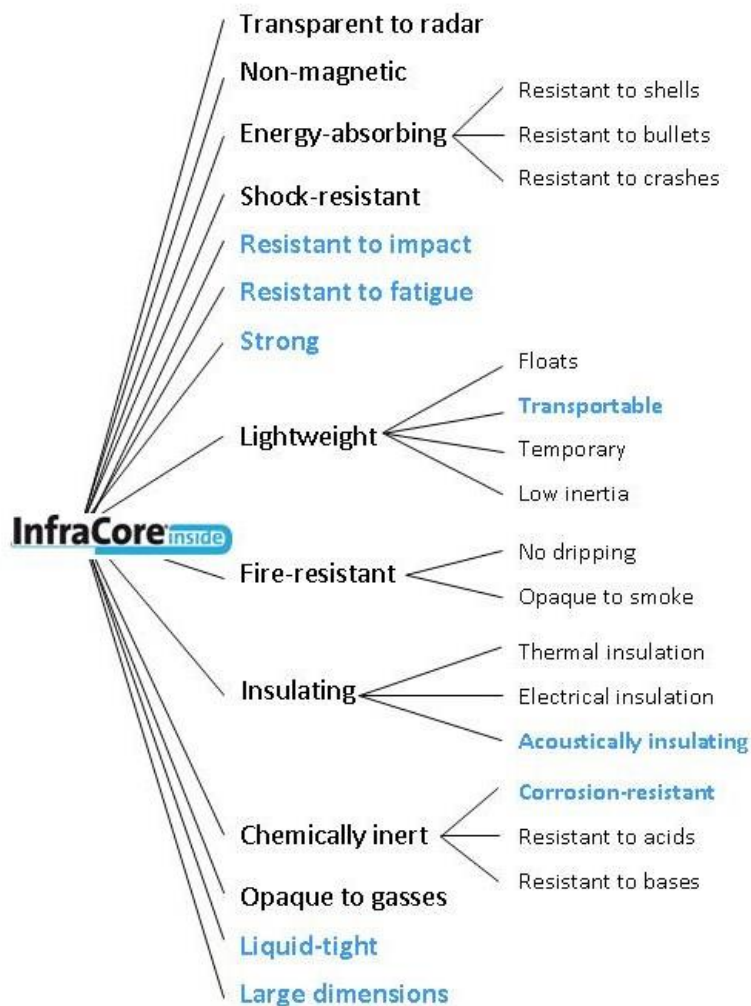
Vezelversterkte kunststoffen (VVK of composiet, in het Engels: *fibre reinforced polymers*, FRP) zijn composietmaterialen van constructieve vezels in een matrix van thermohardende hars. De hars voorkomt dat de vezels uitknikken en draagt schuif-spanningen over tussen de vezels. Thermohardende hars wordt niet zacht bij verhoogde temperaturen, in tegenstelling tot thermoplastische kunststoffen zoals in plastic wegwerpbekertjes en veel huishoudelijke voorwerpen. De vezels in composiet zijn normaliter glasvezels, alhoewel ook hoogwaardigere maar duurdere koolstof- of aramidevezels gebruikt kunnen worden. Glasvezels hebben een sterkte van 2800N/mm² (of: MPa) en zijn dus veel sterker dan staal (~355N/mm²). Glasvezels zijn verkrijgbaar als garenbundels of als matten, met ofwel de vezels in één richting of in een aantal verschillende richtingen. De vezels zijn als de wapening in betonconstructies, maar op een veel verfijnder niveau en verspreid over de gehele constructie.



Garen van glasvezel en een voorbeeld van een glasvezellegsel bestaande uit meerdere vezelrichtingen.

Composiet en

Composiet is een constructiemateriaal dat niet kan rotten, bestendig is tegen vocht en UV en niet afbreekt na verloop van tijd. Dit zijn zeer aantrekkelijke eigenschappen voor gebruik in constructies buiten zoals die in de civiele techniek, daar is InfraCore® Inside dan ook voor ontwikkeld. Maar het is het juiste ontwerp van de inwendige bouwwijze dat uiteindelijk deze eigenschappen tot zijn recht laat komen. Daarom geldt: InfraCore® Inside is altijd composiet, maar niet alle composiet is InfraCore® Inside. InfraCore® Inside is een technologie die is ontwikkeld om de potentie van dragende, zwaar belastbare en robuuste plaatvormige composietconstructies te realiseren. Het werd uitgevonden door de oprichter van FiberCore Europe, en de ontwikkeling naar nog betere prestaties en voor toepassingen anders dan bruggen en sluisdeuren, is nog steeds gaande.

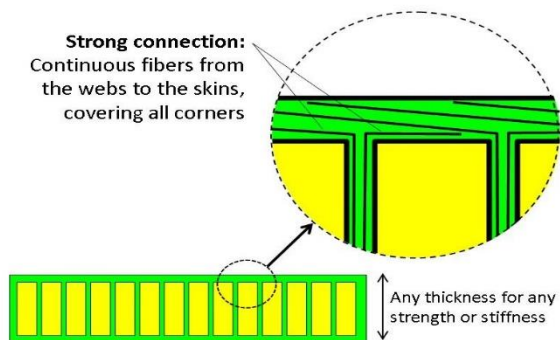


Overzicht van de eigenschappen van InfraCore® Inside. Eigenschappen die in de civiele techniek van pas komen zijn gemarkeerd.

-technologie

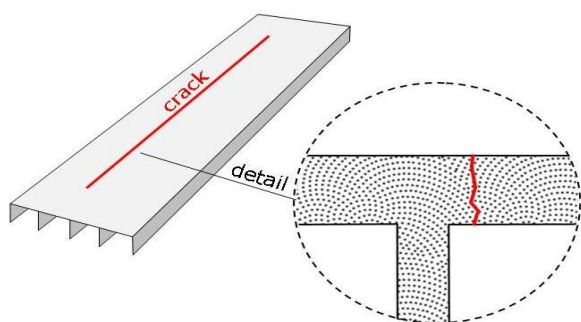
InfraCore® Inside is de bedrijfseigen technologie van FiberCore Europe om sterke, lichte en duurzame constructies met composiet te bouwen. De technologie bestaat uit het ontwerp, de manier waarop de vezels worden vastgelegd, en de vervaardigingsmethode. Hoewel er een spectrum aan vrijheidsgraden bestaat om de technologie op elke specifieke toepassing af te stemmen, volgt de vervaardiging een vaste modulaire opbouw. De beperkingen qua afmetingen worden veroorzaakt door verwerking en transport, niet door de technologie zelf. Constructies van InfraCore® Inside zijn volledig geprefabriceerd en integraal, zonder interne verlijmingen of boutverbindingen. De sterkte komt daardoor volledig van de vezels, die van zichzelf al sterker zijn dan staal.

InfraCore® Inside werkt in mechanisch opzicht als een zeer efficiënte sandwichconstructie. Bij deze constructievorm wordt de belasting gedragen door de boven- en onderhuid, zodat er een hefboomarm ontstaat. Tussen de twee huiden bevinden zich lijfplaten die schuifspanningen overdragen. De significantie van InfraCore® Inside is dat het een continue constructieve verbinding bevat tussen de twee huiden, door het doorlopen van vezels van de boven- naar de onderhuid, via de lijfplaten. Dit elimineert brosse breuken ten gevolge van het ontbinden van de laag en de kern, zoals bij een conventionele sandwichconstructie zou kunnen gebeuren.

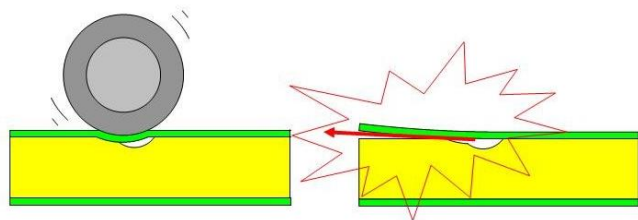


Het principe van InfraCore® Inside: geen onthechting van huid-kern.

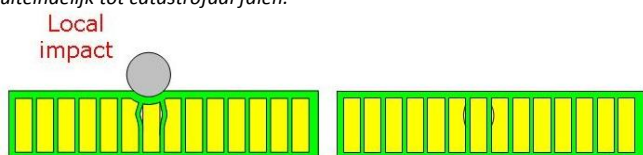
Door vezels in alle richtingen te plaatsen, worden harsgedomineerde breuklijnen vermeden, zoals hieronder aangegeven:



In constructies waarin de vezels hoofdzakelijk in één richting lopen, stoppen breuken de belastingsverdeling en groeien vervolgens door totdat het geheel faalt. Om dit te voorkomen zijn vezels in dwarsrichting onmisbaar.



In conventionele sandwichconstructies wordt de schade veroorzaakt door rollende wielen, wat leidt tot onthechting van de huid en de kern, en leidt uiteindelijk tot catastrofaal falen.



In InfraCore® Inside kan lokale schade niet leiden tot catastrofale breukgevallen. Bovendien is het kernmateriaal (schuim) geen deel van de draagconstructie, maar is het slechts een vulmateriaal tijdens de bouw.

Kwaliteit

De InfraCore® Inside-technologie werd uitgevonden, ontwikkeld en toegepast door FiberCore Europe. Het heeft een aanzienlijke tijd gekost om een constructie te bedenken die rendabel is om te bouwen, efficiënt is in gebruik, en klanten in de infra overtuigt van het potentieel van composiet. FiberCore Europe is nu nog de enige producent van InfraCore® Inside, maar geeft licenties uit. FiberCore Europe werkt met een ISO9001-gecertificeerd kwaliteitscontrolesysteem. Dit systeem verzekert dat producten worden ontworpen en gebouwd zoals gespecificeerd en voldoen aan hoge kwaliteitsstandaarden. Het kwaliteitssysteem omvat alles van de toelevering van basismaterialen tot het verifiëren van de individuele fasen van het productieproces. Toekomstige licentiehouders zullen dezelfde kwaliteit moeten leveren.



Ontwerp en techniek

De mechanische eigenschappen van composietmaterialen hangen af van het type, de richting van en de hoeveelheid vezels ten opzichte van de hoeveelheid hars. De standaardwaarden voor een unidirectioneel laminaat, gebaseerd op ervaring en kosteneffectiviteit, zijn als volgt:

- Sterkte, overspanningsrichting: 550N/mm² (of MPa)
- Sterkte, dwarsrichting: 150N/mm² (of MPa)
- Stijfheid, overspanningsrichting: 39000N/mm² (of 39GPa)
- Stijfheid, dwarsrichting: 11000N/mm² (of 11GPa)

Waardes voor een andere laminaatopbouw, zullen hier tussenin liggen. InfraCore® Inside-technologie is een aangepaste en verbeterde sandwich, met als belangrijkste winst het consequentie-loos maken van de onthechting van de kern en de huiden, of van vezellagen onderling. Dergelijke onthechting en delaminatie zijn fataal bij sandwichconstructies.

Voor het maken van constructieve berekeningen is het meestal voldoende om InfraCore® Inside te beschouwen als een sandwichconstructie en om de interne lijfplaten en het kernmateriaal buiten beschouwing te laten.

InfraCore® Inside is tot nu toe gebruikt om voertuigen van 60 ton te dragen. Het kan geconcentreerde ladingen van wel 2000000kg/m² aan(!).

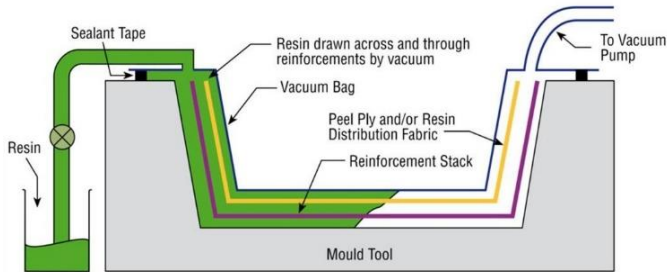
De dichtheid van massief composiet (dus geen InfraCore® Inside) verschilt met de verhouding van hars en vezels, maar ligt normaal tussen de 1600 en 1800kg/m³. Het kernmateriaal alleen, dat geen constructieve rol heeft en alleen dient als een verloren bekisting tijdens de bouw, weegt 35kg/m³.

Normen en richtlijnen

Hoewel er voor het ontwerp van composietconstructies geen Eurocode is, kunnen de materiaalafhankelijke delen van deze normen gewoon worden gebruikt. Het gebruik van composiet is gemeengoed in de scheepsbouw en luchtvaart en er is een overvloed aan ontwerpervaring beschikbaar. Ontwerpbegeleiding voor het ontwerpen met composiet specifiek voor de civiele techniek is de Nederlandse ontwerprichtlijn de aanbeveling CUR-96. Deze volgt de methodiek van grenstoestanden zoals in de Eurocodes en beveelt reductiefactoren aan, toe te passen op theoretische materiaaleigenschappen, afhankelijk van het soort constructie, de methode van de uitvoering en de omgeving waarin het wordt toegepast. Voor het ontwerp van haar InfraCore® Inside-constructies, volgt FiberCore Europe de belastingen zoals bepaald in de Eurocodes en de toetsing volgens de CUR-96 aanbeveling.

Productie

InfraCore® Inside wordt vervaardigd met de vacuüm infusietechniek. Deze methode maakt het mogelijk om integrale constructies op een systematische manier efficiënt te vervaardigen met project-specifieke afmetingen. Tijdens het proces wordt er hars getransporteerd door een pakket glasvezels en schuimblokken. Het proces vindt helemaal plaats in een luchtdichte zak, zonder uitstoot aan de omgeving.

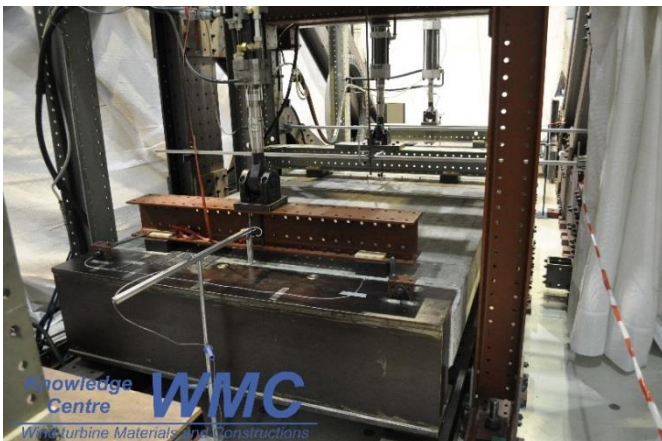


Schematische werkwijze van de vacuüm infusietechniek.

Omdat InfraCore® Inside een technologie is met vaste principes als basis, combineert het de vervaardigingsefficiëntie van systeembouw met de flexibiliteit van maatwerkproductie. De afmetingen van het grootste element dat kan worden vervaardigd wordt bepaald door de logistiek, en niet door de technologie zelf. Momenteel is de maximale lengte 51m, de maximale breedte 8m.

Weerstand tegen vermoeiing

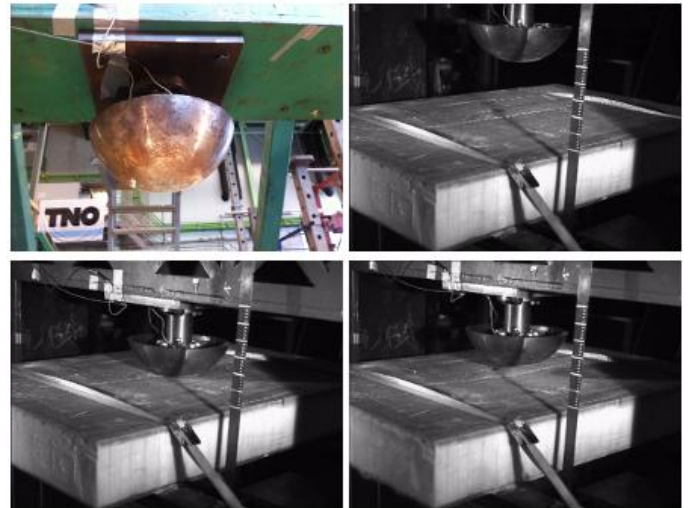
Wanneer composiet wordt gebruikt in brugconstructies, wordt het ontwerp ervan meestal bepaald door de stijfheidseisen. In zulke stijve constructies liggen de spanningsniveaus zo laag dat het effectief niet meer gevoelig is voor vermoeiing. Composiet wordt veel gebruikt in windmolenbladen. Deze zijn onderhevig aan veel grotere vervormingen en hogere spanningsniveaus. Voor deze toepassing is er een grote hoeveelheid kennis beschikbaar betreffende vermoeiingsgedrag. De weerstand van InfraCore® Inside tegen vermoeiing werd uitvoerig getest door de Technische Universiteit Delft en Kenniscentrum WMC, dat ook windmolenbladen test. In deze tests werd een monster blootgesteld aan een belasting die gelijk stond aan een levensduur van 150 jaar.



Vermoeiingstest bij Kenniscentrum WMC.

Weerstand tegen impact

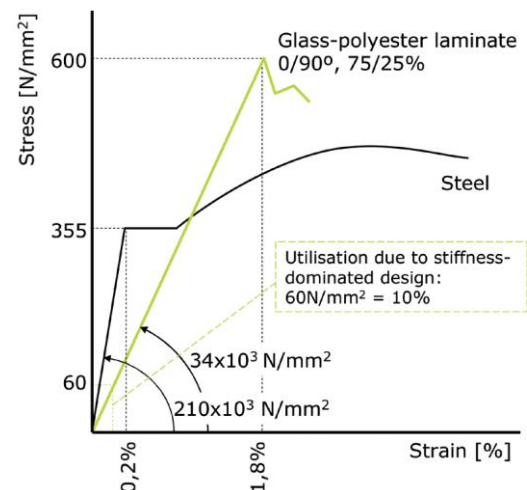
Bij infrastructurele toepassingen is niet alleen de belastingsverdeling zoals voorgeschreven door de normen, maar ook de weerstand tegen impact essentieel. Impact wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld lading die van vrachtwagens afvalt, door ongelukken of door paardenhoeven. Bovendien mag een ongevalssituatie niet resulteren in onveilige constructies of toenemende schade. Om de bestendigheid van InfraCore® Inside tegen impact te demonstreren, werden panelen onderworpen aan een massa in vrije val in het laboratorium van TNO. De test liet InfraCore's aanzienlijke draagkracht blijken, doordat de betreffende massa terug stuitte. De standaard sandwich constructie die ter vergelijking ook werd getest, faalde



Afbeeldingen gemaakt met een hogesnelheidscamera geven de elastische vervorming van het InfraCore® Inside paneel weer.

Veiligheid

Los bekeken vertonen glasvezels een lineair elastisch gedrag tot ze falen. Maar als ze samen vervaardigd worden als een multidirectioneel laminaat door de infusiemethode, wordt het faalgedrag gradueel, omdat de vezels één voor één falen, in plaats van allemaal tegelijkertijd. Bovendien worden gekruiste vezels haast niet aangetast door falen in de overspanningsrichting. Hierdoor is de op maat gemaakte vezelindeling van de infusie-methode de sleutel tot veilige composietconstructies.



Trek-rekdiagrammen van composiet en staal.



Thermisch gedrag

InfraCore® Inside wordt normaliter gebouwd met glasvezels en polyesterhars. Deze materialen ondergaan bij temperatuurveranderingen krimp en uitzetting, net zoals de meeste andere materialen, maar de mate waarin verschilt met de richting en hoeveelheid vezels ten opzichte van de hoeveelheid hars. Typische waarden voor de thermische uitzettingscoëfficiënt zijn:

- Overspanningsrichting: $7 \times 10^{-6} / K$
- Dwarsrichting: $50 \times 10^{-6} / K$

Aangezien de thermische uitzettingscoëfficiënt kan worden aangepast, kan deze gelijk gesteld worden aan dat van staal ($12 \times 10^{-6} / K$), waardoor hybride constructies die integraal verbonden zijn mogelijk worden met een minimale opbouw van thermische spanningen. Het is vermeldenswaardig dat, wanneer koolstofvezels worden gebruikt, de thermale uitzetting bijna nul is.

Brand

In het geval dat composiet of InfraCore® Inside in contact komt met vuur, zal de hars verkolen, maar zullen de vlammen vanzelf doven zodra de externe warmtebron wordt verwijderd. Glasvezels zijn bestand tegen zeer hoge temperaturen en kunnen brand weerstaan zonder nadelige effecten. De reactie van het materiaal op vuur kan worden geoptimaliseerd met toevoegingen die watermoleculen loslaten van binnenuit het materiaal. Het materiaal kan ook met een coating beschermd worden. Lokale schade als gevolg van brand kunnen worden gerepareerd door herinfusie.

Klimaat

De glasvezels in composiet zijn gebaseerd op silicium (in feite zand) en zijn volledige bestand tegen zowel hoge als lage temperaturen. InfraCore® Inside werd blootgesteld aan vloeibare stikstof ($-196^{\circ}C$) en kwam volledig functioneel uit de test. Op een praktisch niveau: de slijtlaag die is aangebracht op InfraCore® Inside brugdekken zijn bestand tegen banden met spikes. Echter, omdat de slijtlaag maar dun is, kan blootstelling op lange termijn beter worden vermeden en in plaats daarvan een laag asfalt worden aangebracht. In warme klimaten wordt blootstelling aan temperaturen boven de $90^{\circ}C$ afgeraden. Maar nergens in Europa, zelfs op een hete dag en met een donker gekleurd oppervlak, worden zulke temperaturen bereikt.

Duurzaamheid

Dankzij het lichte gewicht, de geringe onderhoudsbehoefte en de lange levensduur van composietconstructies en de mogelijkheid om ze te recyclen en de inwendige energie na gebruik weer terug te winnen, hebben composietconstructies een positieve duurzaamheidsscore. Vergelijkingen met andere materialen moeten per geval worden gemaakt en alle eigenschappen van het project bevatten, waaronder de funderingen, het onderhoud en de levensduur.

Duurzaamheid is een zeer breed onderwerp en afhankelijk van de locatie en de ambitie van de opdrachtgever, kunnen de volgende positieve bijdragen in acht genomen worden:

- Verminderde (geluids)overlast tijdens de bouw en in gebruik;
- Korte bouwtijd, kortere verstoringen, minder omleidingen voor het verkeer;
- Minder transportbewegingen en lichtere kranen.

InfraCore^{inside} in gebruik

Sinds de marktintroductie in Nederland in 2007 heeft InfraCore® Inside zichzelf gevestigd als een geaccepteerd groot nieuw constructiemateriaal voor de bouw en infra. Meer dan 500 projecten zijn inmiddels gerealiseerd in Nederland en de rest van de wereld. Bezoek onze website om te zien waar onze projecten zich bevinden. Onze producten hebben een verwachte levensduur van meer dan 100 jaar.

Voor meer informatie, bezoek onze website of neem contact met ons op:

FiberCore Europe BV
Oostdijk 25
3077 CP Rotterdam



010 476 58 58
info@fibercore-europe.com
www.fibercore-europe.com

InfraCore® Inside is een geregistreerd handelsmerk van FiberCore Europe. De handelsmerken worden beschermd door auteursrecht en andere intellectuele eigendomsrechten. Hoewel deze flyer met zorg is opgesteld, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. Onderheving aan wijzigingen zonder kennisgeving.