

Composietmaterialen en Cel algemeen

Eric en Walter Vandewalle

7 oktober 2017

Composietmaterialen /Cel algemeen

5L.1 Inleiding en overzicht fiber-versterkte kunststof

- Het eerste kunststof toestel was de Phönix reeds gebouwd in 1957 pas einde de jaren 60 is de echte doorbraak er gekomen met toestellen als de ASW 15, Libelle, Cirrus
- Krachten die opgenomen dienen te worden bij een zweefvliegtuig: trek, druk, buiging, wringing of torsie, afschuiving
- Ontwerpeisen voor een zweefvliegtuig: aerodynamische perfectie nastreven, licht en toch sterk, eenvoudig demonteerbaar, veilig....
- Opbouw van een composiet zweefvliegtuig:
 - Romp: meestal multilayer fibermatten in combinatie met epoxyhars (volle schaal principe)
 - Ligger: wordt samengesteld uit volle (verdichte unidirectionele vezels met epoxyhars) onder en bovenlat op afstand gehouden door weefselversterkte zijel met epoxyhars, die samen gelijmd zijn
 - Vleugelschaal: opgebouwd door een sandwich structuur van glasmatten een binnenstof verlijmd met epoxy

Composietmaterialen /Cel algemeen

5L.1 Inleiding en overzicht fiber-versterkte kunststof

- Vaststellen van schade:
 - Gevoelige plaatsen voor schade, romp, vleugel
 - Veel voorkomende schade, lakschade, vleugeltip en rolroeren, schade aan romp vleugelovergang, landingsgestel, rompbreuken...
- Procedures voor werken aan kunststof:
 - Maak steeds een grondige analyse van de schade, kunststof kan schade verbergen. Eén voorname reden hiervoor is dat het materiaal elastisch is.
 - Zorg voor een goede documentatie over de opbouw van de structuur vooraleer je aan de werken begint: lamineerplan, gebruikte weefsels
 - Gebruik steeds door de constructeur erkende producten
 - Werk bij de juiste vochtigheidsgraad en temperatuur, te hoge temperatuur is ook schadelijk
 - Voorzie je van de nodige gereedschappen
 - Werk zuiver wanneer je moet lijmen
 - Denk aan de nodige beschermingsmiddelen

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Thermoplasten en thermoharders
 - Thermoplasten gebruik voor cockpits en waterzakken..
 - Thermoharders worden gebruikt in composietstructuren
 - Thermoharders smelten niet, maar verbranden uiteindelijk. Ze verliezen wel heel wat van hun sterkte bij temperatuurstijging
- Harsen hun functie en verwerking:
 - De functie van het hars is dat het als lijm optreed om de vezels te verbinden en op hun plaats te houden
- Polyestherhars:
 - Onverzadigd polyestermonomeer en styreen (is een combinatie die kan uitharden)
 - Aan het niet uitgeharde polyester wordt een katalysator toegevoegd (2à3% MEC)
 - Sterke geur, makkelijk in verwerking, lagere eigenschappen dan epoxy, sterke krimp,
 - Voornamelijk gebruikt bij de eindlagen omdat ze hard en glad zijn (gelcoat)
 - Bij verwerking gebruik maken van gepaste beschermingsmiddelen en opletten voor brandgevaar

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Vinylesther: vergelijkbaar met polyester, maar chemisch en vocht bestendiger
- Epoxy:
 - De kunststof epoxy ontstaat door samenvoegen van twee componenten epoxy-molecuul en een amine in een strikte mengverhouding. De twee stoffen vormen een dicht netwerk na uitharding.
 - Bijna reukloos, maar niet onschadelijk voor de gezondheid, is kleveriger dan polyesther en dus moeilijker in verwerking. De krimp tredt op in de vloeistoffase en daarna praktisch niet meer.
 - Veel betere lijmkracht dan polyesther, waterongevoelig, overwegend hogere mechanisch eigenschappen
 - Heeft een goede hechting op meerdere materialen zoals, hout, aluminium, ijzer, glas- koolstof- en aramide vezels, andere...
 - Door zijn uitstekende verbindende eigenschappen de hars bij uitstek gebruikt in de luchtvaart. Er bestaan evenwel een bijna onuitputtelijke reeks van varianten ifv toepassing en kwaliteitseisen (vb snelle en trage harders)
 - Bij gebruik eveneens de gepaste maatregelen nemen voor gezondheid en brandgevaar

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Soorten Vezels hun eigenschappen en toepassing:
 - Glasvezel:
 - Er bestaan verschillende soorten van glasvezels E-glas en S-glas vezels met verschillende treksterktes.
 - Glasvezel is een veel gebruikte vezel omdat hij relatief sterk is, goedkoop, makkelijk in gebruik, doorzichtig, elektrisch isolerend en voldoende taai met goede weerstand tegen een impact. Chemisch neutraal
 - Glasvezel is aanzienlijk minder stijver dan koolstofvezels, is water gevoelig aan de uiteinden, is voor dezelfde sterkte zwaarder dan koolstofvezel
 - Kevlar:
 - Kevlar of aramidevezel is een vezel die een hoge weerstand heeft tegen een impact en wordt dan ook voornamelijk gebruikt in de cockpitzone.
 - Aramidevezels zijn gevoelig voor vocht en hebben een lage weerstand tegen drukbelastingen

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Soorten Vezels hun eigenschappen en toepassing:
 - Koolstofvezel
 - Koolstofvezels zijn sterker dan glassvezels, maar zijn vooral veel stijver wat hen uitermate geschikt maakt om liggers mee te bouwen.
 - Koolstofvezels zijn dan weer minder geschikt om een impact op te vangen. De vezels kennen een lage rek waardoor ze bros breken
 - Koolstofvezels zijn ondoorzichtig waardoor fouten in het laminaat moeilijker op te sporen zijn.
 - Opletten met de elektrische geleidbaarheid van koolstofvezels

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Soorten weefstructuren hun eigenschappen en toepassing:
 - Unidirectioneel fibergebruik: vooral gebruikt in liggers en randbogen
 - Quasi unidirectioneel geweven: als tussenlaag of eindlaag om een bepaalde richting te versterken
 - Bidirectioneel geweven: veel voorkomende weefvorm in romp en vleugelschalen
 - Varianten van voorgaande om bepaalde richtingen te bevoordelen in sterkte
 - Gewikkelde fiberstructuren: buizen (denk aan vislijnen)
- Het weefpatroon:
 - Naast vezel en vezelrichtingen hebben we ook nog tal van weefpatronen die de vervormbaarheid van het weefsel bij gebruik sterk beïnvloed. Drapeerbaarheid van het weefsel.
 - We onderscheiden hier weefsels die zich moeilijk laten buigen in alle richtingen en de zogenaamde keperbinding die vlot alle vormen aanneemt.
- Gewicht van het weefsel: uitgedrukt in gr/m^2

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Soorten weefpatronen hun eigenschappen en toepassing:
 - Unidirectioneel fibergebruik: vooral gebruikt in liggers en randbogen
 - Quasi unidirectioneel geweven: als tussenlaag of eindlaag om een bepaalde richting te versterken
 - Bidirectioneel geweven: veel voorkomende weefvorm in romp en vleugelschalen
 - Varianten van voorgaande om bepaalde richtingen te bevoordelen in sterkte
- Het weefpatroon:
 - Naast vezel en vezelrichtingen hebben we ook nog tal van weefpatronen die de vervormbaarheid van het weefsel bij gebruik sterk beïnvloed. Drapeerbaarheid van het weefsel.
 - We onderscheiden hier weefsels die zich moeilijk laten buigen in alle richtingen en de zogenaamde keperbinding die vlot alle vormen aanneemt.
- Gewicht van het weefsel: uitgedrukt in gr/m^2

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Kernmaterialen voor sandwichconstructies:
 - Balsahout: lichte houtsoort met goede trek en druk eigenschappen, nadeel is de vochtgevoeligheid en de mogelijke houtrot; niet makkelijk te vormen bij complexe vormgeving.
 - Honingraad tussenlaag: licht, afhankelijk van de soort ook goed vervorm baar, bestaat in verschillende materialen (kunststof, aluminium); complexe verlijmtechniek en moeilijke herstelling
 - Geschuimde plastics (conticell): licht, goede hechting, goede trek en druk eigenschappen, vochtongevoelig; moeilijk te vormen bij complexe vormgeving.
- Vulstoffen hun eigenschappen en het gebruik ervan:
 - Micro balloon: lichte vulstof om oneffenheden weg te werken, afwerken na schuren
 - Katoen vlokken: om lijmverbinding te verstevigen
 - Aerosil: vulstof om epoxy als lijm te kunnen gebruiken bij minder passende onderdelen
 - Andere

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Verwerking en bewerkingsmaterialen:
 - Voorbereiding:
 - Schuurgereedschap / schuurmaterialen
 - Mengbekers en spatels
 - Schaar voor het te verwerken materiaal
 - Zuivere snijtafel
 - Precisie weegschaal
 - Stofzuiger
 - Indien nodig vacuuminrichting en materiaal om af te dichten
 - Bewerkingsmateriaal:
 - Lossingsproducten
 - Borstels bestand tegen het te verwerken product
 - Handschoenen
 - Ontluchtingsrolletje

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.2 en 5L.3 Materialen hun eigenschap en verwerking

- Ondersteuningsmaterialen:
 - Polystyreen, balsa, conticell, hulpschaal....
- Afwerkingsmaterialen:
 - Microballoon met epoxy
 - Polyesterplamuur (opletten want hier bestaan vele kwaliteitsverschillen)
 - Topcoat polyester
 - Moderne PU grond en eindlagen
 - P.S. opgelet met donkere kleuren en de invloed ervan in de zon
 - Schuren polijsten en waxen (vermijd ten allen tijden silicone houdende producten)

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.4 en 5L.3 &5L.4 Opbouw en schade fiberconstructies

- Opbouw van een composiet zweefvliegtuig met voorbeelden:
 - Rompopbouw: volle schaal, honinggraad, matrixopbouw
 - Vleugel en staart opbouw: soorten sandwich schalen in glas en koolstof gekombineert met balsa, honinggraad, conticell, volle...
 - Roeren en hun opbouw
 - Aandachtspunten: impactzones, radio signalen
- Vaststellen en beoordelen van schade met voorbeelden:
 - Overbelasting door trekkracht
 - Overbelasting door een drukkracht
 - Kritische plaatsen: romp, vleugel, staart, roeren
- Herkennen en opsporen van:

Methode van het afkloppen, doorlichten, ultrasoon

 - Delaminatie , splijtbreuk
 - Uitknikken van lamellen / delaminatie
 - Gebroken vezels

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.4 en 5L.3 &5L.4 Opbouw en schade fiberconstructies

- Slijtage, verweer van zweefvliegtuigen:
 1. Het degenereren van de gelcoat onder invloed van UV en leeftijd: gevolgen zijn haarfijne barstjes in de gelcoat (trekken langzaam door in het laminaat)
 2. Combinaties met hout en balsa zijn vochtgevoelig!
 3. Osmose kan optreden in de grenslaag tussen GVK epoxy en de gelcoat
- Specifieke aandachtspunten:
 - Metalen onderdelen kunnen oxideren in de kunststof
 - Gebruik van silicone houdende producten brengen bij herstelling steeds lijm en hechting problemen
 - P.S. Er zijn reeds zweefvliegtuig types die meer dan 12.000 uren vlucht op hun teller hebben en nog steeds ok zijn.

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.4 en 7L.5 Gebruik van mallen bij fiberconstructies

- Soorten mallen:
 - Metalen mallen: gebruikt voor de vervaardiging van nieuwe toestellen, al dan niet verwarmd (met stromend water) zijn meestal op stevig frame met wielen om te verrijden. Steeds negatief gebouwd (het afgewerkte stuk komt glas uit de mal). Er is meestal een rechter en een linker /of een onder en boven mal. Gebruikt voor o.a. vleugelschalen en rompschalen.
 - Metalen persmallen mannelijk en vrouwelijk in elkaar passend: worden gebruikt daar waar er een grote verdichting moet gebeuren. Deze malle zijn meestal ook verwarmd. Deze mallen worden meestal gebruikt om de latten van de liggers te vervaardigen.
 - GKF mallen: zijn al dan niet voor éénmalig gebruik en zijn veelvuldig in toepassing bij herstellingen. Kunnen zowel uit glasvezel met polyesther als epoxy vervaardigd zijn.
 - Eenmalige mallen uit plaaster, polyester, ...
 - Flexibele mallen voor ingewikkelde vormstukken en veelvuldig gebruik uit silicone rubber.

Composietmaterialen /Cel algemeen

4L.4 en 7L.5 Gebruik van mallen bij fiberconstructies

- Enkel aandachtspunten bij de productie:
 - Aanbrengen van een lossingsproduct in de mal
 - Aanbrengen van de gelcoat in de mal
 - Plaatsing en oriëntering van de weefsels: lamineerplan, juiste weefsel
 - Verdichten van de opbouw: vermijden van teveel hars t.o.v fibermateriaal, vermijden van luchtbellen (gebruik van aandruk en ontluchtingsrolletjes)
 - Vacuüm trekken van het geheel: verdichten met 1 bar en verder ontlichten, vermijden van gasbellen
 - Geheel op de juiste temperatuur houden: niet te koud, maar ook niet te warm (vermijden gasontwikkeling)
 - Na warmen na uitharding: epoxy versneld laten uitharden / werken, vermijden van krimp na harding
- Autoclaaf: is een oven die onderdruk geplaatst kan worden om te verdichten tot een druk van 40 bar. Wordt gebruikt voor specifieke toepassingen.