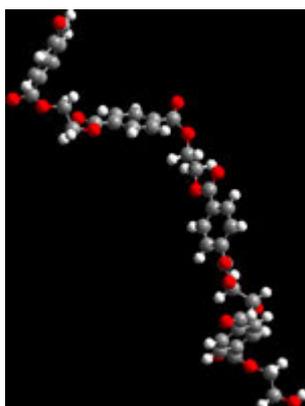


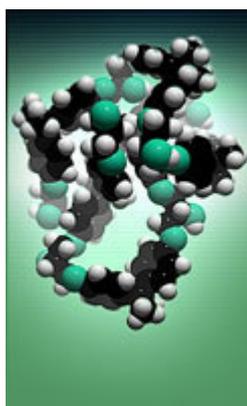
Avantages de la résine Epoxy dans les structures composites marines

Trois types de résine sont utilisés en construction navale: Epoxy, Vinylester et Polyester. Bien qu'elles soient toutes les trois des polymères qui deviennent durs lorsque mélangés à un catalyseur, des différences importantes existent entre ces résines.

Dans les années soixante, la construction navale avec de la fibre de verre renforcée au Polyester prend un essor majeur. Quinze ans plus tard, les chantiers se remplissent de coques Polyester souffrant d'osmose. En conséquence, les résines Vinylester, une forme hybride de Polyester qui a été durcie avec des molécules Epoxy, ont été créées dans les années quatre-vingts. Toutefois, bien qu'elles aient résolu les problèmes d'osmose, ces résines ont encore les mêmes limitations que le Polyester en termes de retrait, adhésion et fatigue.



Chaîne Polyester:
adhésion et cohésion faibles



Chaîne Epoxy:
adhésion et cohésion excellentes

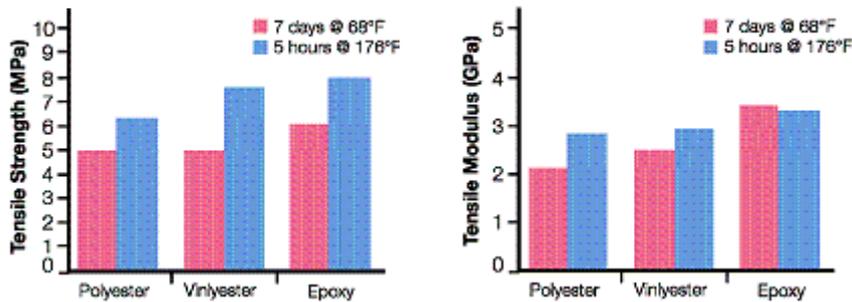
Aujourd'hui, 95% des bateaux de plaisance sont encore fabriqués à partir de résines Vinylester ou Polyester. La considération principale dans la sélection des matériaux pour la plupart des constructeurs est le coût et la facilité d'application; les performances et, plus important, le retour sur investissement du navire deviennent des considérations accessoires. En règle générale, les résines Epoxy sont deux à cinq fois plus chères que les résines Vinylester, qui sont elles mêmes deux fois plus chères que les résines Polyester du fait de l'ajout du composant Epoxy.

Les résines pouvant constituer 40 à 50% du poids d'un matériau composite, la différence de prix a un impact conséquent sur le prix de revient de la structure d'un bateau. Toutefois, la différence de retour sur investissement (donc sur le prix de revente) du fait d'une qualité de matériaux supérieure, et d'une durée de vie plus longue, peut être énorme.

Quels sont les facteurs contribuant à cette différence ?

Propriétés mécaniques

Deux propriétés importantes d'un laminé composite sont sa résistance à la traction, et sa résistance à la flexion. La courbe ci-dessous montre les résultats de tests effectués sur des résines Polyester, Vinylester et Epoxy courantes, durcies à la température de la pièce, ou post-durcies à 80°C.



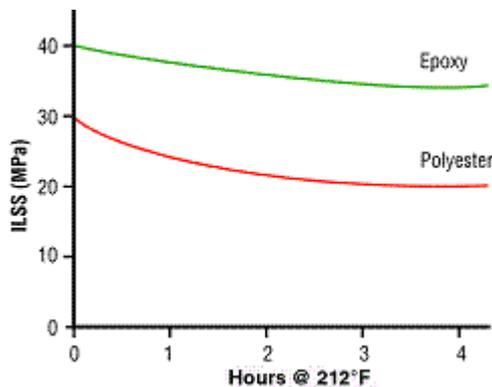
Resistances à la traction et à la flexion (Source: Gurit SP)

Après une cure de sept jours, la résistance à la flexion d'un laminé Epoxy est de 20 à 30% plus élevée que celle des laminés Polyester ou Vinylester. Plus important, après cuisson la différence devient encore plus importante. Un laminé Epoxy curé à 80°C aura des résistances proches du double de celles d'un laminé Polyester ou Vinylester. En conséquence, pour la même résistance requise, un laminé Epoxy pourra être beaucoup plus mince et léger.

Les âmes et peaux des panneaux "ATL Duflex", utilisés pour la construction des Spirited, sont assemblés sous presse chaude, une méthode qui permet de réduire le volume de résine et donc le poids tout en augmentant fortement la résistance du panneau.

Porosité

Une résine Epoxy est en moyenne quatre fois moins poreuse qu'une résine Vinylester, et sept fois moins qu'un Polyester. De plus, les résines Vinylester et Polyester sont sujettes à dégradation dans l'eau, du fait de la présence des esters dans leur structure moléculaire: un laminé Polyester gardera seulement 65% de sa résistance au cisaillement après une période d'immersion d'un an, alors qu'un laminé Epoxy en gardera 90%. Donc vous pouvez vous offrir le luxe d'avoir votre bateau à l'eau toute l'année, sans vous soucier d'une pénétration d'eau dans l'âme du composite, ou d'une perte de résistance de la coque.



Effets d'une période d'immersion sur la résistance au cisaillement (Source: Gurit SP)

Les parties immergées des coques peuvent être construites en sandwich composite comme le reste de la structure. Les navires construits avec des résines Vinylester ou Polyester ont généralement des laminés monolithiques sous la ligne de flottaison, ce qui donne des structures lourdes et non ductiles. De plus, beaucoup de chantiers offrent (en option !!) des traitements « anti-osmose » qui consistent simplement en l'application de deux couches de résine Epoxy. Comparer cela à un bateau construit avec des résines Epoxy dans la masse, revient à comparer un acier galvanisé à un acier inoxydable...

Adhésion

L'adhésion entre un laminé Epoxy et l'âme du sandwich, est quatre fois plus importante qu'avec une

résine Vinylester : 14 MPa contre seulement 3.5 MPa pour les résines Vinylester, et encore moins pour les Polyesters. De plus, comme l'Epoxy cure avec trois fois moins de retrait que les Vinylester ou Polyester, les surfaces de contact entre la peau et l'âme ne subissent pas de cisaillement pendant la cure, ce qui garantit que la structure pourra ultérieurement subir des efforts sans micro-fracture ou délamination.

Contrairement aux résines Vinylester ou Polyester qui ne sont compatibles qu'avec la fibre de verre non curée, la résine Epoxy fera adhérer entre eux des matériaux différents ou déjà curés, ce qui rend les travaux de réparation ultérieurs très fiables et solides. L'Epoxy permet en fait une excellente adhésion entre toutes sortes de fibres et matériaux.

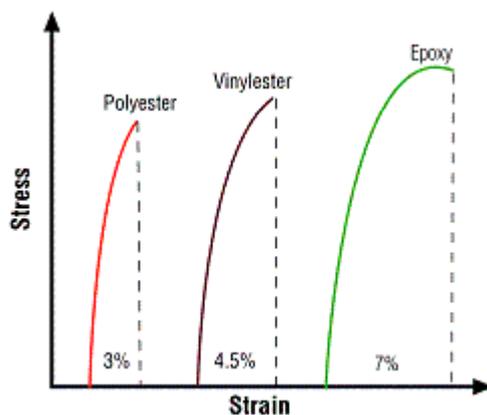
Résistance à la fatigue

Lorsque vous naviguez, avec chaque vague et chaque mouvement du bateau, la structure subit des chocs et contraintes répétés, qui cumulent à des millions de cycles durant la vie du bateau. La rupture par fatigue résulte de l'accumulation de dommages minuscules.

Longtemps avant que l'état limite ne soit atteint et que la rupture n'arrive, le laminé va atteindre un niveau de stress tel que la résine va commencer à micro-fracturer aux points faibles, là où les renforts de fibres ne sont pas alignés avec la force appliquée. Ce phénomène est connu sous le nom de 'micro-fracture transverse' et bien que le laminé n'ait pas encore été endommagé, le processus de destruction a déjà commencé.

La contrainte qu'un laminé peut encaisser avant micro-fracture dépend fortement des propriétés de la résine. Pour des résines non ductiles, telles que la plupart des Polyesters et Vinylesters, cet état arrive longtemps avant la limite de la résine elle-même, et cela limite donc fortement les contraintes que le laminé peut réellement subir. Dans un environnement humide, le laminé micro-fracturé absorbera beaucoup plus d'eau qu'un laminé non micro-fracturé. Il en résultera une augmentation de poids, une attaque sur les liants entre la résine et la fibre, une perte de résistance et avec le temps, une perte des qualités essentielles du composite.

La capacité exceptionnelle à résister aux charges cycliques est un avantage essentiel des résines Epoxy par rapport aux Polyesters. C'est la raison principale pour laquelle les Epoxy sont utilisés presque exclusivement pour les structures d'aéronefs.



Courbes contrainte / tension
(source: Gurit SP)