

LIVRE BLANC

LA PRODUCTION DE FIBRE DE CARBONE ET SON RÔLE DANS LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES MODERNES.

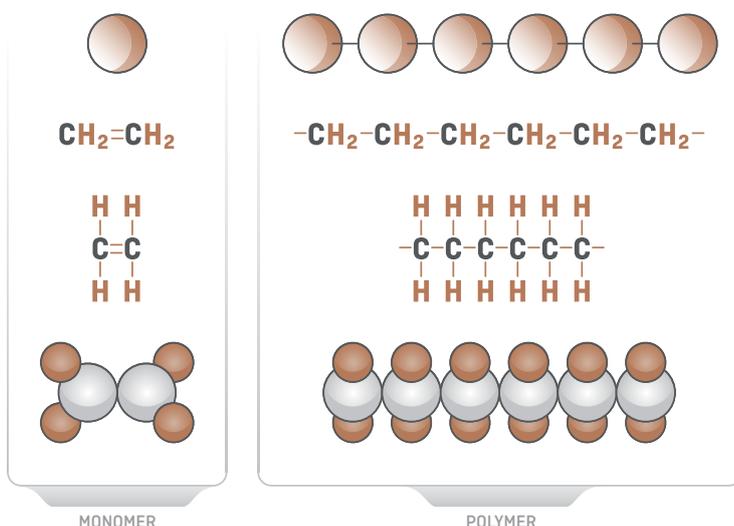
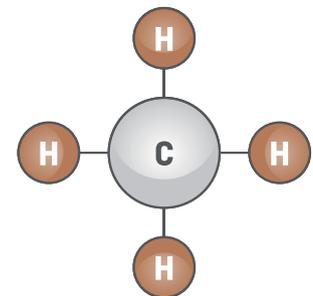
POURQUOI LE CARBONE ?

L'incorporation de carbone dans le secteur automobile n'est pas un développement récent ; elle a une histoire enracinée dans la Formule 1. En Formule 1, l'accent est mis sur la vitesse, où le poids est un facteur critique limitant la vitesse. Par conséquent, les ingénieurs dans le domaine de la course cherchent constamment des avancées dans des matériaux à la fois plus légers et plus résistants. Le carbone, initialement issu de l'industrie aérospatiale, a été introduit comme solution pour répondre à ce besoin et a depuis été largement intégré dans l'industrie automobile.

Cependant, atteindre la vitesse maximale n'est pas une priorité dans le développement des autobus, et par conséquent, l'utilisation du carbone n'était pas encore intégrée. Cela a cependant changé avec l'arrivée des véhicules électriques, le besoin étant de parcourir de plus longues distances avec moins de batteries. La compensation du poids des batteries nécessitait une structure d'autobus plus légère, ce qui a suscité le besoin d'utiliser des matériaux les plus performants. Bien que l'acier soit solide et durable, il est beaucoup plus dense et plus lourd que la fibre de carbone. Atteindre le même niveau de résistance que la fibre de carbone nécessiterait une quantité de fer beaucoup plus importante, entraînant un poids accru.

UN POLYMÈRE CARACTÉRISÉ PAR SA RÉSISTANCE

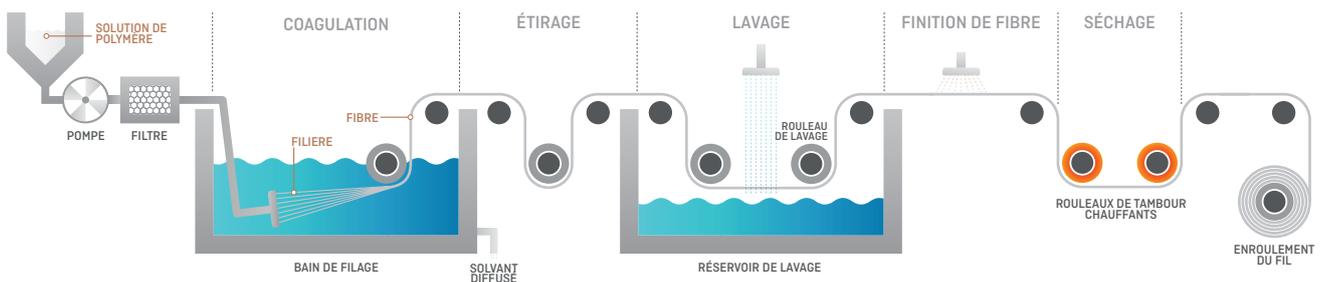
La fibre de carbone peut être fabriquée à partir de deux matériaux de base : à base de brai ou à base de PAN (Polyacrylonitrile). Le PAN est utilisé dans des biens de consommation tels que l'automobile. La fibre de carbone à base de brai présente des propriétés exotiques et est utilisée dans des applications où des propriétés extrêmes sont requises et où le coût est d'importance limitée, comme les satellites et les véhicules de mission sur Mars. Le Polyacrylonitrile (PAN) est le matériau précurseur de la fibre de carbone et provient, comme la plupart des autres plastiques, du pétrole. Cependant, des développements sont en cours pour créer un matériau précurseur de carbone à partir de ressources renouvelables.



Pour le polymère à base de pétrole ainsi que pour le polymère renouvelable, le processus commence par la polymérisation. La polymérisation est un processus chimique par lequel des monomères (petites molécules simples) sont liés chimiquement pour former une structure complexe et de grande taille appelée polymère. Les polymères peuvent différer et avoir une large gamme de propriétés.

Les monomères, qui fonctionnent comme de petits blocs de construction, seront liés ensemble pour former le polymère. Dans le cas du PAN, le monomère choisi est l'acrylonitrile.

Les monomères d'acrylonitrile subissent une réaction chimique appelée polymérisation. Le processus de polymérisation commence par une étape d'initiation. Les initiateurs, qui peuvent être des composés chimiques ou d'autres sources d'énergie, activent certains sites sur les molécules d'acrylonitrile. Cette activation rend les molécules plus réactives. Cette réaction implique de connecter les monomères individuels pour former un polymère en chaîne longue. Le polymère de PAN résultant peut être transformé en poudre. La poudre de PAN, une fois obtenue, sert de matériau précurseur pour la production de fibres de carbone. Elle subit ensuite d'autres étapes de traitement, notamment le filage, la stabilisation et la carbonisation, pour la transformer en fibres de carbone haute résistance et légères utilisées dans diverses applications industrielles.



LE PROCESSUS DE FORMATION DES FIBRES

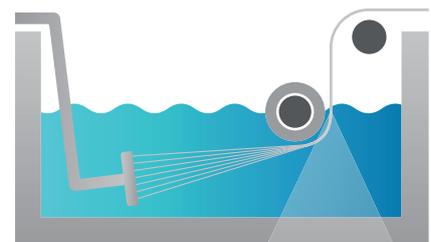
La poudre de polyacrylonitrile (PAN) est transformée en fibres de carbone à travers une série d'étapes.

ÉTAPE 1 : DISSOLUTION DE LA POUDRE DE PAN

La poudre de PAN est dissoute dans un liquide chauffé. Ce liquide est généralement un solvant qui aide à dissoudre le PAN, créant une solution visqueuse.

ÉTAPE 2 : FILAGE DES FILAMENTS

Après la dissolution, la solution de PAN dissoute est ensuite filtrée pour éliminer toute impureté ou particule non dissoute. La solution filtrée est ensuite passée à travers une filière, un dispositif avec de petits trous, pour former des filaments continus. La filière façonne le liquide en de longs fils minces.



ÉTAPE 3 : PROCESSUS DE TRAITEMENT

Les filaments formés passent par une série de traitements pour les convertir en fibres de carbone.

Étirage: Pendant le processus d'étirage, les filaments subissent un étirement pour orienter les chaînes polymères et aligner la structure moléculaire. Cet étirement améliore la résistance et la rigidité des fibres.

Lavage: Les filaments étirés sont lavés pour éliminer tout solvant résiduel et les sous-produits du processus de filage.

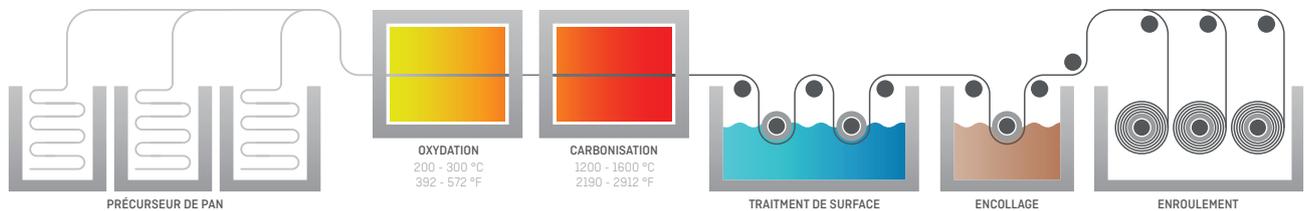
Application de la finition de fibre: Une finition, souvent un revêtement, est appliquée sur les fibres pour améliorer leur manipulation, les protéger contre les dommages et améliorer l'adhérence avec d'autres matériaux dans les applications composites.

Séchage: Pour conclure le processus de traitement, les filaments traités sont séchés pour éliminer toute humidité restante.



ÉTAPE 4 :

Les filaments séchés sont ensuite soumis à une série de fours à haute température dans un processus d'oxydation.



Pendant l'oxydation, les filaments sont exposés à l'air à des températures élevées. Cette étape convertit les molécules de PAN en structures en forme d'échelle, formant du PAN oxydé (OPAN). Le processus d'oxydation est crucial pour créer le matériau précurseur.



ÉTAPE 5 :

Les fibres de PAN oxydé sont ensuite soumises à des fours supplémentaires, mais cette fois dans un environnement sans oxygène (ou dans une atmosphère de gaz inerte). Ce traitement à haute température, appelé carbonisation, entraîne l'élimination des éléments non carbonés, laissant derrière lui une fibre composée principalement de carbone. Pendant ces processus de chauffage, les fibres de carbone passent du blanc au noir.

ÉTAPE 6 :

Après l'étape de carbonisation, les fibres de carbone peuvent subir un traitement supplémentaire pour améliorer leurs propriétés et les rendre plus adaptées à des applications spécifiques. Après le traitement de surface, les fibres de carbone sont enroulées sur des bobines.

TRESSAGE DE CARBONE

Le tressage de carbone implique l'entrelacement de fibres de carbone dans plusieurs directions pour créer des structures tissées. Cette technique améliore l'intégrité structurelle, permet une orientation des fibres sur mesure, améliore la résistance aux chocs et confère une résistance. Le processus utilise une machine à tresser spécialisée pour entrelacer les fils de fibres de carbone. Tout au long de la tresse, il y a plusieurs fils longitudinaux et des fils dans les deux directions à 45 degrés. Ces fils longitudinaux sont là pour créer une rigidité à la flexion. Les fils positionnés à 45 degrés créent une stabilité torsionnelle. Plusieurs couches de tresses peuvent être appliquées en fonction de l'application et donc de la rigidité et de la résistance requises. Les matériaux de rebut laissés par ce processus peuvent être réutilisés dans d'autres parties car les fibres de carbone ne perdent pas leurs propriétés. Des exemples d'applications du carbone comprennent ceux que l'on trouve dans les industries aérospatiale et automobile.



PREMIER BUS AU MONDE AVEC UNE COQUE MONOBLOC COMPOSITE

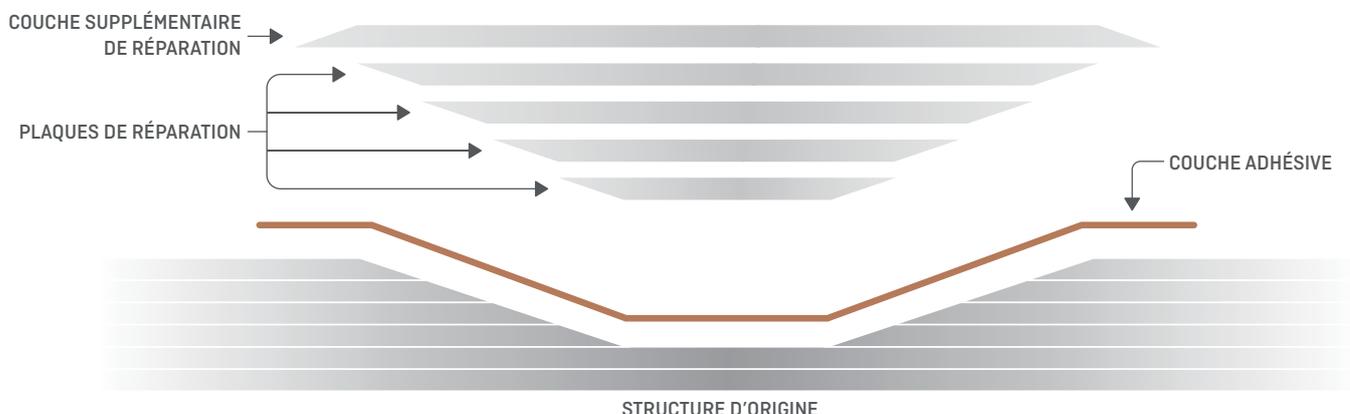
Pour l'Ebusco 3.0, qui dispose d'une coque monobloc entièrement composite, les poutres tressées en carbone subissent une transformation en composite. Les composites, par définition, sont des matériaux formés en combinant divers matériaux. En essence, un composite est un type de matériau hybride composé de deux ou plusieurs composants de matériaux, qui fournissent ensemble les propriétés matérielles souhaitées. Par conséquent, le terme "composite" ne spécifie pas les matériaux réels utilisés; il désigne plutôt une catégorie de matériaux. En général, les composites structurels se composent de fibres, principalement de verre, d'aramide et de carbone, ainsi que d'une résine, principalement d'époxy ou de polyester.

Pour l'Ebusco 3.0, les structures sont créées à partir de fibres de carbone et d'injection de résine, le reste des coques composites étant formé de fibres de verre et d'injection de résine.

RÉPARATION DE COMPOSITES

Les bus peuvent rouler pendant de nombreuses années et parcourir des millions de kilomètres tout au long de leur cycle de vie. La réparabilité est donc extrêmement importante. Le bon côté des matériaux composites est qu'ils ont une réparabilité exceptionnelle. L'industrie aérospatiale, en particulier, possède une vaste expertise dans la réalisation de réparations structurelles sur des composants tels que les ailes et les fuselages. De même, dans le secteur des éoliennes, les pales sont réparées au besoin, démontrant la polyvalence et l'efficacité des réparations de matériaux composites. Il en va de même pour le corps composite de l'Ebusco 3.0.

Une zone endommagée peut être découpée du corps et remplacée par une nouvelle section. Après avoir nettoyé la zone endommagée, des matériaux compatibles pour la réparation doivent être sélectionnés, y compris la résine et les fibres de renforcement appropriées. Ces matériaux seront appliqués sur la section endommagée, en veillant à un empilement et un alignement appropriés. Lorsqu'un chevauchement effilé prescrit est créé entre les sections anciennes et nouvelles, la force et la rigidité de la structure d'origine peuvent être restaurées sans poids ajouté ou négligeable.



L'EFFET DU COMPOSITE

Mais quels sont les résultats de ces efforts. L'Ebusco 3.0, un bus 100 % électrique avec une coque entièrement composite et une réduction de poids pouvant atteindre 5 000 kilogrammes, consomme 0,65 kWh par kilomètre dans des conditions climatiques normales. Cette consommation permet au bus de parcourir jusqu'à 700 kilomètres sur une seule charge, ne laissant plus aucune excuse pour ne pas rouler en émission zéro.

Avec de nombreux exemplaires Ebusco 3.0 sur la route, et beaucoup d'autres à venir, cette approche se révèle être très efficace et donc adaptée aux défis que la transition vers zéro émission apporte.



EBUSCO[®]

MADE TO MOVE PEOPLE