

A Comprehensive Guide to **COMPOSITES**

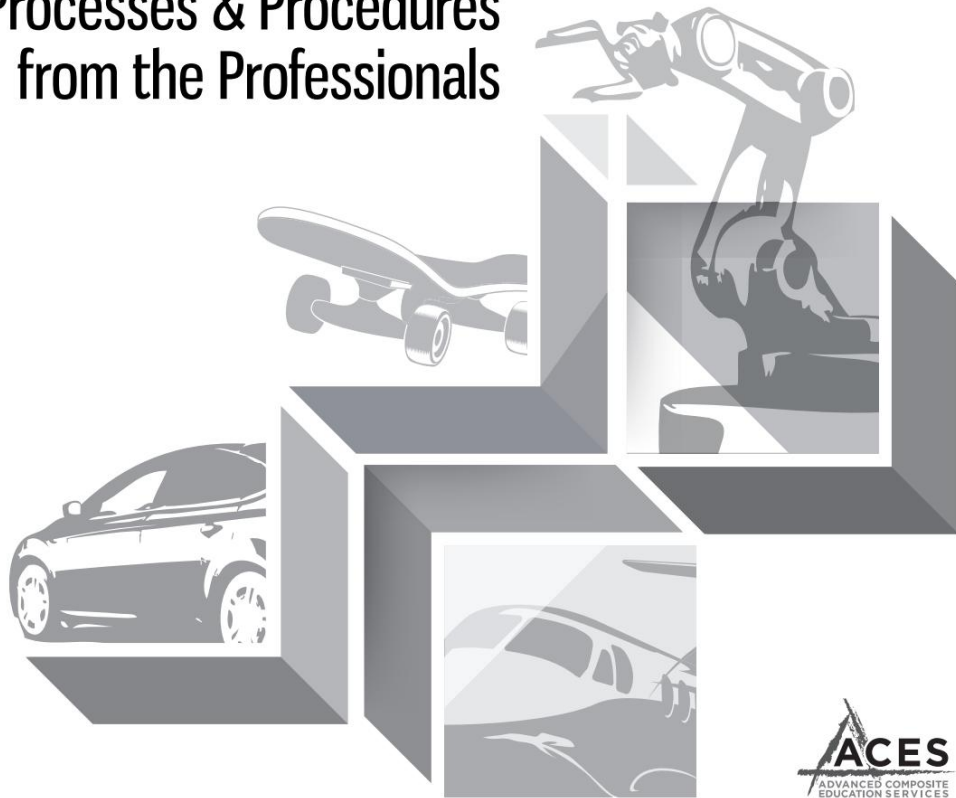
Processes & Procedures
from the Professionals



Kevin Fochtman

2ND EDITION

A Comprehensive **Guide to**
COMPOSITES
Processes & Procedures
from the Professionals



Kevin Fochtman

2ND EDITION



Fournitures aéronautiques et universitaires, Inc.
Newcastle, État de Washington

Un guide complet sur les composites
Processus et procédures des professionnels
par Kevin Fochtman
Deuxième édition

Fournitures aéronautiques et universitaires, Inc.
7005 132e Place SE
Newcastle, Washington 98059-3153
asa@asa2fly.com | www.asa2fly.com

©2012 Services d'enseignement composites avancés

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système de récupération ou transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre, sans l'autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur. Bien que toutes les précautions aient été prises lors de la préparation de ce livre, l'éditeur et Kevin Fochtman n'assument aucune responsabilité pour les dommages résultant de l'utilisation des informations contenues dans ce document.

Publié en 2014 par Aviation Supplies & Academics, Inc.

ASA-COMP-101-PD
ISBN978-1-61954-207-5

Adresser vos demandes de renseignements à :

Services d'éducation composites avancés
11302, rue Steele Ste. UN

Lakewood, État de Washington 98499
253-537-0966

www.learncomposites.org

Contenu

Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	vi
Préface	vii
Chapitre 1 Introduction	1
Objectifs.....	
1 Que sont les composites avancés ?.....	1
Applications composites	2
Votre paysage régional.....	4
à retenir.....	5
connaissances : Chapitre 1.....	6
Chapitre 2 : Sécurité et santé	9
Objectifs.....	
.9 Dangers	9
Reconnaître les pratiques dangereuses	12
Hygiène personnelle	13
Équipement de protection individuelle.....	13
Comprendre la fiche de données de sécurité (MSDS).....	15
à retenir.....	17
Chapitre 2.....	18
Chapitre 3 : Équipement	21
Objectifs	21
La salle blanche.....	21
Le système de vide.....	22
d'entrée de gamme.....	23
Atelier de niveau intermédiaire.....	24
Boutique de niveau avancé	25
Le système de durcissement	28
de poussière.. ..	29
Le congélateur	31
Découpe, perçage et usinage.....	33
compétences à emporter.....	34
Testez vos connaissances : Chapitre 3.....	35

Chapitre 4 : Conception et préparation des installations.....	39
Objectifs.....	39
Définir ce que vous attendez de votre boutique composite39	Le plan
d'étage.....	40
Les compétences à retenir.....	42
Testez vos connaissances : Chapitre 4.....	43
Chapitre 5 : Le mandrin de superposition (alias « l'outil »).....	45
Objectifs.....	45
Exploration de vos options d'outillage45	Préparation
et entretien des outils47	Qu'est-ce qu'une réaction
exothermique ?.....	48
Les compétences à retenir.....	49
Testez vos connaissances : Chapitre 5.....	50
Chapitre 6 : Ingénierie et planification.....	53
Objectifs.....	53
Caractéristiques techniques53	Styles de
tissus53	
56 Orientations et résistance des plis57	Lay-ups
équilibrés.....	58
Styles de renfort58	Les
compétences à retenir.....	59
Testez vos connaissances : Chapitre 6.....	60
Chapitre 7 : Examen des matériaux63	
Objectifs.....	63
Achat de matériaux composites avancés63	Achat de matériaux composites
avancés ...63	Maintien des stocks et durée de conservation des
stocks65	Manipulation du matériel
reçu68	Préparation du matériel pour votre
demande68	Les compétences à
retenir.69	Testez vos connaissances : Chapitre 7.....
Chapitre 8 : Fabrication73	
Objectifs.....	73
Pose de la pièce.....73	Le
Processus de guérison87	
Débogage de la pièce89	Les
compétences à retenir.....	94
Testez vos connaissances : Chapitre 8.....	95

Chapitre 9 : Assurance qualité.....	101
Objectifs.....	101
Facteurs critiques.....	101
Défauts associés aux composites.....	102
Contrôle des produits et des processus.....	103
Méthodes de contrôle	104
Inspection non destructive (NDI).....	105
Les plats à emporter	
Compétences.....	106
Testez vos connaissances :	
Chapitre 9.....	107
 Annexe A : Le programme 8-S pour la vie et le travail.....	109
 Annexe B : Définition de la durée de conservation du matériau	111
 Annexe C : Feuille de registre des matériaux.....	112
 Glossaire des termes.....	113
 Bibliographie	129
 Indice.....	131
 A propos de l' auteur.....	133

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Technique appropriée.....	11
Figure 2 : Technique inappropriée	11
Figure 3 : Fiche de données de sécurité..	16
Figure 4 : Plan de la salle blanche.....	
22 Figure 5 : Disposition du vide Venturi.....	
24 Figure 6 : Disposition de base du système de vide monté sur support en atelier composite	26
7 : Exemple de plan d'atelier.....	41
Comparaison des différentes caractéristiques des matériaux	55
relatives – densité	55
relatives – module	55
relatives – coûts.....	55
toile	56
Tissage sergé.....	56
Tissage satiné.....	56
Orientations des plis dans un drapage équilibré	57
Temps de dégel estimés.....	69
Zone de travail pré-organisée.....	75
Film de nylon avec motifs.....	76
Application résine au tissu.....	77
Balayage de résine entre les films de nylon.....	77
des plis	77
22 : Retrait de la couche inférieure du film de séparation.....	77
Localiser les plis sur la table et retirer la couche supérieure du film de séparation.....	77
Préimprégné temporaire pour sac sous vide (vue latérale).....	80
Coussinets de sonde à vide	81
26 : Préimprégné permanent pour sac sous vide (vue latérale).....	83
Préimprégné permanent pour sac sous vide (vue de dessus)	84
28 : Couche humide du sac sous vide permanent (vue latérale).....	85
humide permanente du sac sous vide (vue de dessus)	86
durcissement à basse température	88
durcissement à haute température	89
Angle de ponçage approprié avec une meuleuse à matrice.....	93
Figure 33 : Angle de ponçage approprié avec bloc de ponçage.....	94
Défauts courants au sein d'une structure composite.	104
de la pièce de monnaie.....	105

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 : Types de gants et contre quoi ils protègent	14
Avantages et inconvénients des différents systèmes de vide.....	27
Tableau 3 : Liste de contrôle des outils.....	
34 Tableau 4 : Coûts d'équipement estimés par niveau de programme.	
42 Tableau 5 : Feuille de registre des matériaux.....	67
Tableau 6 : Défauts du composite et recommandations de réparation.....	102

Préface

Bienvenue dans un guide complet des composites. Mon rêve est depuis longtemps de fournir aux enseignants, aux étudiants, aux amateurs et à toute personne intéressée et passionnée par les composites, un guide pratique issu des tranchées. Il existe de nombreux bons livres sur les composites, sans doute rédigés par des gens aussi passionnés que moi. Mais mon objectif était de télécharger trente ans de connaissances approfondies et d'aider les gens à comprendre les véritables détails de la production de composites.

Bien sûr, je n'étais pas le seul à mettre cela sur papier. Tout d'abord, un grand merci au groupe de marketing tactique composé de Kevin Hayes et Doug Hudak. Ces deux professionnels ont non seulement joué un rôle déterminant dans la réalisation de ce projet de livre, mais ont également fourni un soutien marketing et du matériel complémentaire pour notre déploiement national. De plus, ce sont deux des gars les plus drôles que j'ai jamais rencontrés.

Un grand merci également à Chris Herrero qui a travaillé sans relâche pour prendre des photos, construire des projets et être l'homme de référence à tous les niveaux. Chris, tu as été à la hauteur quand nous avions le plus besoin de toi.

Il existe de nombreux professionnels et enseignants de l'industrie à reconnaître, mais cela remplirait plusieurs pages. Vous savez qui vous êtes et vous savez où se situe ma gratitude. Merci beaucoup.

Enfin, je voudrais remercier ma famille pour tous ses conseils, sa sagesse et ses critiques : Kevin Jr. et Kellie, vous êtes mon inspiration pour continuer à conduire vers la ligne de but. Cassandra, ma belle épouse et partenaire dans tous mes efforts, merci pour votre amour, votre foi et votre continuation soutien.

Puisse ce livre inspirer la créativité composite de tous ceux qui le lisent.

A handwritten signature in black ink, reading "Kevin Fochtman". The signature is fluid and cursive, with the first name "Kevin" written in a larger, more prominent script than the last name "Fochtman".

Kévin Fochtman

Introduction

1

Objectifs

- A. Définir les composites
- B. Applications typiques
- C. Décider du niveau du programme

Selon l'Advanced Composite Materials Association (ACMA), les États-Unis dominent l'industrie des composites avancés en termes de fabrication, de recherche de produits et de distribution. Plus de 500 000 personnes sont employées dans plus de 7 000 entreprises de composites avancés, produisant de tout, des carrosseries d'avion aux équipements sportifs et pièces automobiles. Le taux de croissance projeté sur dix ans de cette industrie, d'une valeur de 70 milliards de dollars, est de près de 8 %, ce qui présente un éventail d'opportunités pour un travailleur hautement qualifié.

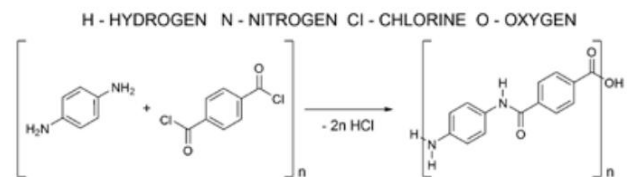
Que sont les composites avancés ?

Les composites sont également connus sous le terme industriel de polymère renforcé de fibres ou FRP. Les composites avancés se caractérisent par l'utilisation de systèmes de résine coûteux et hautes performances et d'un renfort en fibres à haute résistance et haute rigidité.

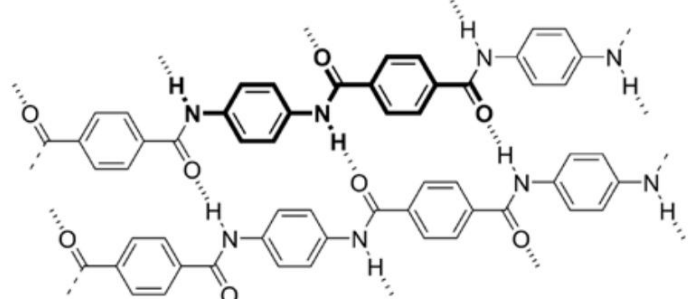
Une résine à matrice polymère, parfois appelée plastique, est soit une résine thermoplastique, soit une résine thermodurcissable. Un thermoplastique est un polymère qui devient souple ou moulable au-dessus d'une température spécifique et qui revient à l'état solide lors du refroidissement. Un thermodurcissable est un matériau polymère qui durcit de manière irréversible.

Le durcissement peut être effectué par chaleur (généralement au-dessus de 350°F), par réaction chimique (époxy en deux parties, par exemple) ou par irradiation telle qu'un faisceau d'électrons.

traitement. Les résines thermodurcies courantes comprennent le polyester, l'isopolyester, l'ester vinylique, l'époxy et le phénolique. Pour renforcer les résines, nous utilisons des fibres telles que du verre, du carbone, de l'aramide, du graphite ou d'autres matériaux de renforcement.



KEVLAR® CHEMICAL SYNTHESIS



KEVLAR® CHEMICAL STRUCTURE

La combinaison de ces matériaux se traduit par une fonction de renforcement perceptible dans une ou plusieurs directions le long du rapport hauteur/largeur (longueur sur épaisseur). Le composite FRP peut également contenir des charges, des additifs et des matériaux de base.

Il existe un certain nombre de résines et de fibres exotiques utilisées dans les composites avancés, cependant, la résine époxy et les fibres de renforcement en aramide, carbone ou graphite dominent ce segment du marché. Ces matériaux ont été adoptés par un très grand nombre d'industries touchant notre vie quotidienne. Les composites avancés offrent des rapports résistance/poids élevés qui permettent aux ingénieurs de concevoir des pièces hautes performances. L'ACMA estime que plus de 50 000 nouveaux produits pourraient utiliser des matériaux composites avancés.

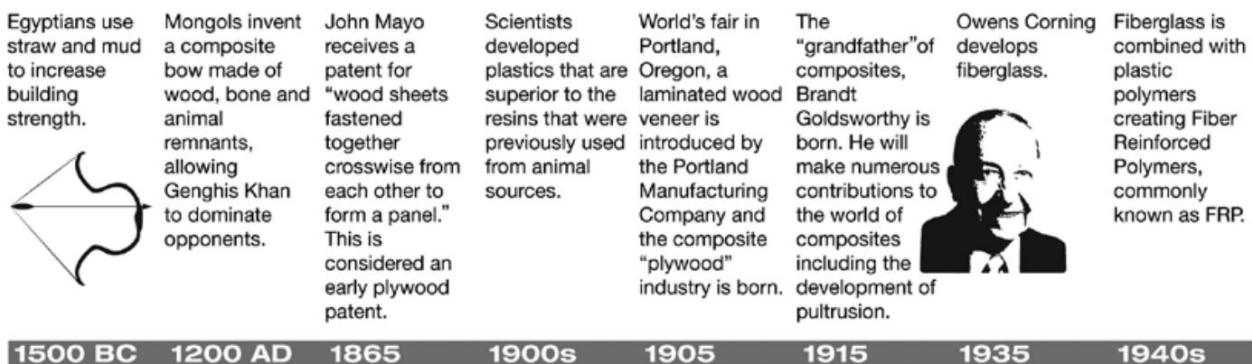
Applications composites

Aérospatial

Les composites utilisés dans les avions de ligne commerciaux ont fait d'énormes progrès au cours des 40 dernières années. Le premier 747 sorti de l'usine de production de Boeing à Everett, dans l'État de Washington, ne contenait que 1 % de matériaux composites. Aujourd'hui, plus de 50 % des 787 Dreamliner sont construits en composites, y compris le premier fuselage entièrement composite au monde. L'Airbus A350 XWB est composé à plus de 50 % de composites, alors qu'il se prépare à entrer en service en 2014. Les utilisations typiques des composites comprennent : les cellules d'avion, les longerons d'ailes, les ailerons de queue, les spoilers, les réservoirs de carburant, les cloisons, les revêtements de sol, les pales de rotor d'hélicoptère, hélices, conteneurs de gaz sous pression, radômes, nacelles de moteur, conduits de distribution d'air, composants de sièges, panneaux d'accès, etc. Les composites en fibre de carbone sont utilisés dans des applications à températures élevées telles que les freins à disque et les composants statiques des moteurs à réaction. Les boîtiers des moteurs-fusées et des lance-roquettes sont également fréquemment constitués de plastiques renforcés.

Ingénierie automobile

Les mandats visant à accroître l'économie de carburant au cours des vingt prochaines années entraînent une réduction du poids dans l'ensemble de l'assemblage. Les composites avancés (carbone, aramide, graphite) ne sont pas aussi fréquemment utilisés que les plastiques renforcés de verre (PRV) en raison de leur coût. Les utilisations typiques incluent : voiture et camion



moulures de carrosserie, panneaux et portes, carénages, moulures de pare-chocs et ensembles de garnitures. Compte tenu de la capacité élevée d'absorption d'énergie des composites, de nombreux fabricants les utilisent dans le cadre d'un écrasement contrôlé.

Composants.

Bio-ingénierie

Les composites sont largement utilisés comme prothèses pour les personnes amputées. En course à pied, les prothèses en fibre de carbone « fléchissent » qui permettent le stockage de l'énergie cinétique, augmentant ainsi considérablement le niveau de performance du coureur.

Comme les bras et les mains, les composites sont légers, solides et malléables. Le bebionic3 est doté de moteurs contrôlés par microprocesseur dans chaque doigt. Cela permet une multitude de prises et de positions des mains auparavant hors de portée avec les modèles en bois et en caoutchouc.

Ingénieur chimiste

Les utilisations typiques dans ce secteur comprennent : les récipients sous pression, les conteneurs, les vannes et les canalisations.

Construction/Génie Civil

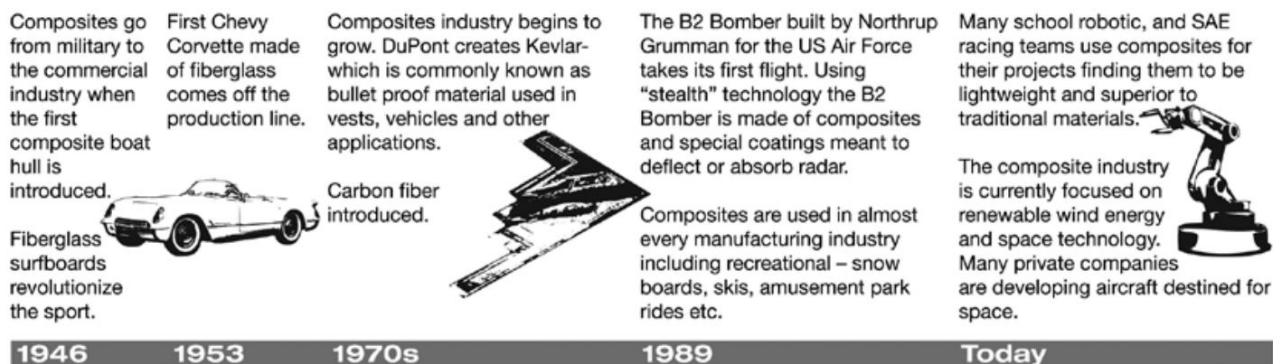
Les utilisations typiques incluent les structures en plaques pliées, les panneaux de revêtement, les panneaux architecturaux décoratifs, les conduits, les rayonnages, les canalisations, les gouttières, les réservoirs d'eau, les coffrages pour le béton et les structures légères telles que les ponts pour piétons. Les composites sont également utilisés pour moderniser et moderniser les ponts existants grâce à des supports de confinement des impacts appliqués de l'extérieur et à des correctifs sur le béton.

Ingénierie électrique

Les applications typiques incluent les radômes, les isolants, les cartes de circuits imprimés et les boîtiers pour équipements électroniques. Les pales éoliennes des générateurs sont désormais presque toutes fabriquées en composites en raison de leur résistance et de leur durabilité.

Génie maritime

Les coques en fibre de verre existent depuis des générations, mais les composites avancés font de sérieux progrès. Le yacht composite le plus cher au monde a été récemment achevé en Chine. La superstructure est en fibre de carbone avec un noyau en nid d'abeille Nomex, la coque est en sandwich verre/mousse Kevlar et l'intérieur est constitué d'armoires légères en chêne utilisant des panneaux en nid d'abeille. Pour aider à réduire le poids,



Un guide complet sur les composites

pratiquement tous les aspects du bateau ont été construits sur mesure, y compris les écouteilles en fibre de carbone, les feux bâbords, les échelles et même les charnières, tous construits spécifiquement pour le navire. Les propriétés de compression spécifiques élevées rendent également les matériaux composites attrayants pour les sous-marins et les sous-marins.

structures.

sport

Dans aucun autre secteur, l'utilisation des composites n'est devenue plus visible que celui des articles de sport. Les fabricants ont rapidement adopté de nouveaux matériaux comme les composites de fibres de carbone et de bore pour remplacer le bois, l'aluminium et l'acier dans presque toutes les catégories imaginables. La ruée vers les composites a commencé avec les perches de saut et englobe désormais les raquettes de tennis, les bâtons de baseball, les clubs de golf, les cannes à pêche, les bateaux, les rames, le matériel de tir à l'arc, les canoës, les kayaks, les planches de surf, les planches à voile, les planches à roulettes, les skis et les bâtons de ski. , vélos (et essieux), casques, gilets pare-balles et bien plus encore.

Votre paysage régional

Combien de constructeurs automobiles, aérospatiaux ou de biens de consommation sont présents dans votre région ? Existe-t-il des collègues proposant la science et/ou l'ingénierie des composites ? Et les écoles de métiers ? Avez-vous des usines chimiques dans votre empreinte ? Avec 7 000 entreprises basées aux États-Unis impliquées dans l'industrie des composites, il est fort probable que des entreprises de composites avancés opèrent dans votre propre cour.

Les demandes de main-d'œuvre doivent être prises en compte dans votre décision quant à savoir si votre atelier est d'entrée de gamme, intermédiaire ou avancé.

Le nord-ouest du Pacifique compte deux écoles secondaires situées à moins de 16 km l'une de l'autre et proposant toutes deux des programmes avancés. L'un a dépensé environ 30 000 \$ et l'autre a prévu un budget d'environ 100 000 \$. Leurs étudiants repartiront avec les compétences préalables pour accéder à la formation technique.

Alors, vous êtes prêt à démarrer une boutique ?

Par souci de simplicité, nous avons divisé les programmes de formation sur les composites en trois niveaux : entrée, intermédiaire et avancé. En un mot, les différences entre les programmes impliquent des équipements de plus en plus avancés et des résultats de production complexes. Avant d'élaborer un programme de formation, examinons certains facteurs qui peuvent vous aider à déterminer un cours.

Il existe trois résultats fondamentaux pour les étudiants qui entreprennent une formation composites :

1. Certains étudiants progresseront dans une formation technique professionnelle leur permettant de travailler dans un large éventail d'industries en tant que techniciens de réparation/fabrication.
 2. Certains étudiants suivront l'université parcours d'ingénierie et de conception universitaire, leur permettant de développer de nouvelles structures et de nouveaux produits utilisant des composites avancés. Encore une fois, l'éventail d'emplois et d'industries est large ouvrir.
 3. Également sur le parcours universitaire, il y a des étudiants qui trouvent la matière
- Il est également fascinant de travailler avec lui et poursuivra des carrières prometteuses en science des matériaux.

Il est donc important de réfléchir aux prochaines étapes de votre élève.

Qu'il s'agisse de proposer un court module sur les composites ou de préparer l'ingénieur aérospatial de demain, il y a plusieurs questions à poser à votre district, à vos employeurs et à vos étudiants alors que vous abordez les prochaines étapes.

suivre des cours au niveau supérieur et passer directement à une formation sur le tas auprès des fabricants, ou suivre un programme universitaire de quatre ans en ingénierie ou en sciences axé sur les composites. Et il ne faut pas négliger l'esprit d'entreprise qui existe encore dans toutes les régions du pays. Lorsqu'un intrépide inventeur a appris que l'école secondaire locale proposait la fabrication de matériaux composites, il a contacté la classe pour obtenir de l'aide avec sa nouvelle idée de support pour caméscope. Au final, il était très satisfait de ses prototypes et était occupé à lever des capitaux d'amorçage.

Les compétences à emporter

___ Cause/Effet

___ Problème/Solution

___ Comparer/Contraste

___ Classer

___ Idée principale

___ Évaluation

___ Séquence

___ Motifs

___ Fixation d'objectifs

___ Observer

___ Originalité

___ Prédire

___ Raisonnement

___ Précision

___ Persistance

Testez vos connaissances : chapitre 1

1. Les composites sont également connus sous le terme industriel FRP, un acronyme pour _____.
un. polymère renforcé de fibres
b. plastique renforcé de fibres
c. polyvinyle fluoré
d. aucune des réponses ci-dessus
2. Une résine à matrice polymère est une résine thermoplastique ou thermodurcissable.
un. vrai
b. FAUX
3. Nommez trois matériaux fibreux utilisés pour renforcer les résines thermodurcies courantes.
un. _____
b. _____
c. _____
4. La résine époxy est une résine thermoplastique.
un. vrai
b. FAUX
5. Les résines thermodurcies se caractérisent par leur a. capacité de _____.
guérison inversée
b. basse température de durcissement
c. utilisation de systèmes époxy en deux parties
d. aucune des réponses ci-dessus
6. Aujourd'hui, plus de _____% des 787 Dreamliner sont construits en composites, y compris le
le premier fuselage entièrement composite au monde.
un. dix
b. 25
c. 50
d. 90
7. Nommez trois utilisations typiques des composites en aérospatiale.
un. _____
b. _____
c. _____

8. Les composites avancés (carbone, aramide, graphite) ne sont pas aussi fréquemment utilisés que le verre renforcé.

plastiques forcés (GRP) dans la construction automobile en raison de la _____.

- a. rareté
- b. exigences de température
- c. frais

9. Nommez trois utilisations typiques des composites en génie chimique.

- a. _____
- b. _____
- c. _____

10. Les composites sont également utilisés pour moderniser et moderniser les ponts existants par des moyens externes.

appliqué _____ et patchs sur le béton.

- a. supports de confinement des impacts
- b. structures légères
- c. plaques pliées
- d. aucune des réponses ci-dessus

Sécurité et santé

2

Objectifs

- A. Objectif d'un manuel de sécurité/sensibilisation aux dangers potentiels
- B. Nommer et décrire les dangers associés aux composites
- C. Reconnaître les pratiques dangereuses dans votre atelier composite
- D. Utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) et hygiène personnelle
- E. Connaissiez vos fiches de données de sécurité (MSDS), les réglementations fédérales, étatiques et locales

Dangers

Chaque atelier a besoin d'un manuel de sécurité pour répondre aux besoins communs et uniques de l'atelier. Ce manuel est un guide permettant à chacun de se conformer aux normes de sécurité les plus élevées possibles. Il sert également d'outil pour enseigner aux nouveaux étudiants et employés les facteurs de sécurité dans l'environnement des composites qui peuvent être très nouveaux pour eux. Votre manuel de sécurité sera aussi unique que votre boutique. Il n'y a pas deux magasins qui présentent les mêmes risques. Votre manuel doit être très clair et pertinent pour votre environnement de magasin.

Chaque atelier de composites est unique à bien des égards, mais les facteurs de sécurité sont très similaires.

Les produits chimiques et les arêtes vives figurent en tête de la liste des dangers potentiels.

Il est impératif que nous accordions toujours la priorité à la sécurité dans tout ce que nous faisons.

Chaque personne est unique en termes de santé et de bien-être. Certaines personnes peuvent être allergiques et hypersensibles à certaines choses, comme les odeurs et l'exposition à divers produits chimiques et composés. Vous serez exposé à une grande variété de nouveaux matériaux.

Il est très important que vous sachiez avec quoi vous travaillez et que vous suiviez les mesures de sécurité appropriées pour maintenir un travail sain et sécuritaire.
environnement.



Prudence! Peau
le contact avec les résines,
les adhésifs, les solvants
et les composites est
une préoccupation majeure.
N'oubliez pas que là où
vont les mains, la dermatite
n'est peut-être pas loin
derrière.

Les cinq dangers les plus courants dans l'atelier composite

1. Glissades, trébuchements et chutes : ils se produisent lorsque des tuyaux et des débris sont laissés dans les zones de marche. Les déversements de liquides et même l'accumulation de poussière peuvent être dangereux dans certaines situations. Les blessures les plus courantes en atelier sont causées par le tuyau d'atelier, qu'il s'agisse d'un tuyau d'air, d'un tuyau d'aspiration ou même d'un cordon électrique. Examinez attentivement la configuration de votre boutique avec des services publics aériens. Le coût initial peut être un défi, mais considérez la valeur d'un étudiant qui ne trébuchera plus jamais sur ce tuyau ou ce cordon. Non seulement c'est plus sûr, mais

le tuyau et les connecteurs dureront beaucoup plus longtemps sans les coups de pieds constants et le déversement de résine et de produits d'étanchéité sur eux.

Vous pouvez également considérer les dangers associés au support papier. La plupart des composites seront fournis avec un papier support ou un film de séparation. Il est facile de devenir paresseux dans nos opérations quotidiennes et le papier support peut finir par terre. Ces papiers ainsi que d'autres matériaux d'ensachage sont très glissants lorsqu'ils sont posés sur le sol. J'ai vu de nombreuses chutes associées à des débris laissés sur le sol de l'atelier. Pour éviter ce risque, fixez-vous pour règle de jeter correctement les papiers de support et autres débris.

2. Blessures oculaires : peuvent être causées par des éclaboussures de nettoyants ou de composés chimiques pendant le processus de mélange. Il est très important d'apprendre de bonnes techniques de mixage. Les résines n'ont pas besoin d'être « battues », mais seulement mélangées. Essayez de ne pas faire couler le matériau, mais maintenez plutôt un mélange contrôlé, en « remuant » le matériau et en essuyant le bâtonnet sur le côté de votre bol de mélange. Continuez à remuer pendant au moins une minute. Lorsque vous utilisez des solvants ou des composés, utilisez toujours un applicateur. Par exemple, lors de l'application d'un solvant de nettoyage, il est recommandé d'appliquer le solvant sur un chiffon, puis d'appliquer le solvant sur votre surface de manière contrôlée. Si vous projetez le solvant sur la surface, il peut couler ou être appliqué trop rapidement, éclaboussant dans des directions dangereuses. La même idée s'applique aux résines et aux composés d'étanchéité. Utilisez toujours un pinceau ou un outil d'application lorsque cela est possible. L'utilisation d'une brosse est plus sûre et limite le gaspillage ou la surutilisation de produit.

3. Dermatite : entraîne une série de symptômes d'inflammation cutanée tels que des rougeurs, des gonflements, des démangeaisons ou des cloques. Il est important que des informations sur la dermatite et sa prévention soient données aux personnes exposées à des matières actives dermatologiques. Ces informations doivent faire partie de la partie formation sur la sécurité et la santé au travail de votre manuel de sécurité. Les employés travaillant avec des composites peuvent être particulièrement vulnérables à ces problèmes de peau en raison d'une exposition continue aux fibres (qui agissent comme des irritants mécaniques), aux systèmes de résine, aux solvants et à d'autres produits chimiques couramment trouvés dans l'atelier de composites. La meilleure approche pour prévenir les dermatites lorsque l'on travaille avec un matériau composite est d'éviter tout contact direct avec la peau. Cela peut être réalisé de plusieurs manières, par exemple en mettant en œuvre des contrôles techniques tels que des coupe-plis pilotés par ordinateur (robotique) ou une ventilation par aspiration locale. En outre, l'utilisation d'outils tels que des balais ou des rouleaux peut minimiser le contact direct avec les composites. Les équipements de protection individuelle (EPI), tels que les gants et les blouses d'atelier, peuvent être très efficaces pour éliminer le contact cutané avec des produits chimiques.

4. Respiratoire—Lorsque vous coupez, meulez ou même travaillez dans une zone mal ventilée, il est essentiel que vous compreniez l'environnement auquel vous et les autres serez exposés pendant le stockage, la préparation et l'utilisation de matériaux composites. dans votre boutique. Une exposition à long terme à des irritants, même légers, peut avoir des effets à long terme sur le corps, mais nous devons comprendre que même des expositions à court terme peuvent avoir des effets durables sur notre système respiratoire.



La protection respiratoire n'est pas requise dans de nombreux procédés de composites avancés, en raison de la faible pression de vapeur des matériaux impliqués.

La coupe, le meulage, la coupe et le ponçage général doivent toujours être effectués sur un système de dépoussiérage. Cela aidera à minimiser l'exposition des autres personnes à proximité aux particules en suspension dans l'air. Même en utilisant un système de dépoussiérage, vous devez toujours porter un masque anti-poussière ou un respirateur adapté au matériau à couper. Vérifiez et vérifiez toujours que vous et votre magasin êtes en conformité avec toutes les réglementations locales, étatiques ou fédérales qui peuvent exiger l'utilisation de respirateurs dans un environnement de travail particulier.

5. Coupures et abrasions : peuvent résulter d'une mauvaise technique de coupe ou du fait de laisser les lames exposées et sans surveillance lorsqu'elles ne sont pas utilisées. Rétractez toujours votre lame lorsqu'elle n'est pas utilisée. Assurez-vous que votre espace de travail est propre et dégagé. La surface de coupe doit être une surface souple et pliable qui permet à votre lame de suivre en toute sécurité dans la direction de traction. L'utilisation d'une règle avec un protège-main aidera à réduire le risque que la lame soit tirée le long du bord de la règle et entre les doigts.

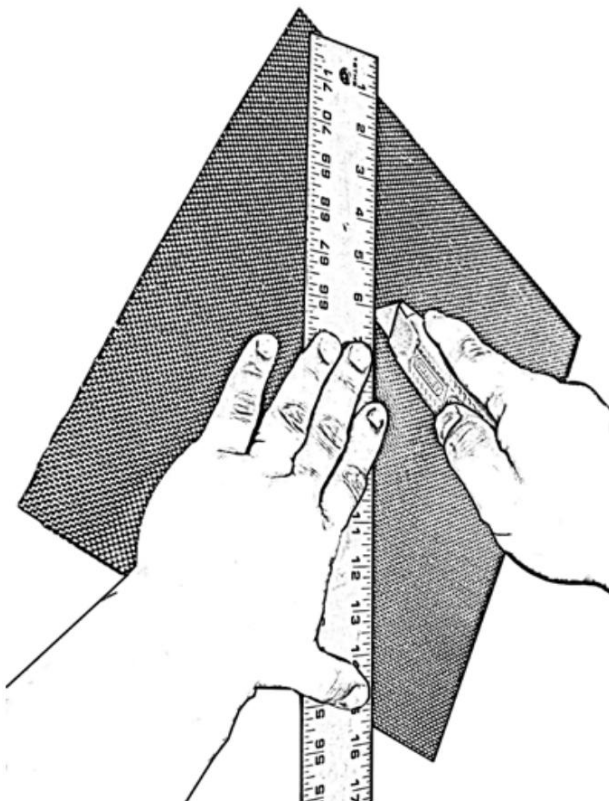


Figure 1 : Technique inappropriée

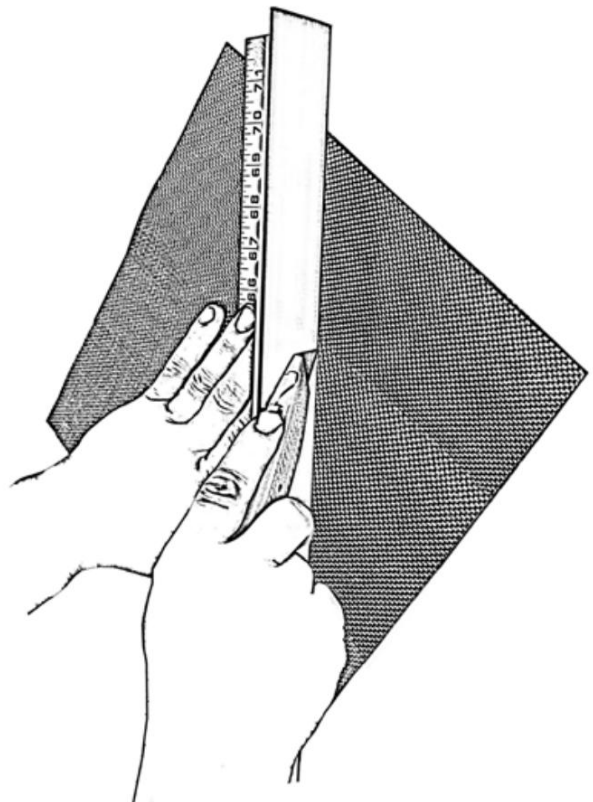


Figure 2 : Technique appropriée

Reconnaître les pratiques dangereuses

L'exemple suivant peut être modifié pour votre boutique et affiché dans des endroits bien en vue.

Attendez-vous à l'inattendu. Les accidents ne sont pas un événement planifié... c'est pourquoi on les appelle accidents.

RÈGLES GÉNÉRALES DE SÉCURITÉ EN MAGASIN (Exemple)

À observer par toutes les personnes travaillant dans l'atelier composite

1. Un équipement de protection individuelle (EPI) est requis lorsque vous vous trouvez dans la zone de l'atelier composite, que vous effectuez le travail ou que vous observez simplement. EPI = lunettes de sécurité, gants, respirateurs, blouses de laboratoire et tabliers.
2. Des chaussures appropriées sont requises dans le magasin. Les chaussures à bout ouvert ne seront pas autorisées dans la zone de magasin. Les chaussures doivent couvrir tout le pied.
3. N'utilisez aucun matériau avant d'avoir compris le risque de sécurité associé au produit.
produit avec lequel vous travaillez.
4. Planifiez votre projet du début à la fin. Une bonne planification réduit le sentiment d'urgence. Et un processus contrôlé et planifié sera un endroit sûr avec un potentiel de réussite plus élevé.
5. Les blessures, aussi minimes soient-elles, doivent être signalées au superviseur de l'atelier, à l'instructeur ou au chef d'équipe. La sensibilisation est le meilleur moyen de prévenir la répétition d'une situation dangereuse.
6. N'essayez pas de retirer des objets étrangers des yeux ou du corps. Si des produits chimiques entrent en contact avec les yeux, lavez-les pendant 15 minutes à grande eau avant de procéder à un examen médical.
traitement.
7. Ne portez pas de vêtements amples, de gants, etc. à proximité de machines en mouvement ou en rotation. Les cheveux longs doivent être attachés ou couverts pour les tenir éloignés des machines en mouvement, notamment les ponceuses à main, les toupies et les équipements de mélange. Une protection des mains sous forme de gants appropriés doit être utilisée pour manipuler tous les produits chimiques, y compris, mais sans s'y limiter, les préimprégnés de carbone et d'époxy.
8. Utilisez toujours une règle droite avec un protège-main lorsque vous coupez un matériau avec un couteau utilitaire.
9. Tous les produits chimiques et matériaux doivent être stockés correctement immédiatement après utilisation. Nettoyez comme vous aller.
10. Gardez toutes les lames de coupe rétractées lorsqu'elles ne sont pas utilisées et gardez tous les couteaux utilitaires équipés de lames tranchantes. C'est généralement la lame émoussée qui provoque des blessures.
11. Si vous n'avez jamais travaillé avec un matériau particulier auparavant, consultez le livret des fiches de données de sécurité des matières dangereuses (MSDS) pour connaître les précautions spécifiques à prendre lors du travail avec ce matériau.
12. Suivez toutes les précautions appropriées lorsque vous travaillez avec des solvants, des peintures, des adhésifs ou d'autres produits chimiques. Utilisez un équipement de protection approprié dans un endroit bien ventilé.
13. Ne placez jamais dans le four quoi que ce soit qui n'ait pas été préalablement approuvé par le maître du four.
14. Avant de démarrer un processus, examinez tous les besoins en matériel et en équipement avant de commencer le processus.
processus, être organisé est toujours le moyen le plus sûr de démarrer un projet.

15. N'apportez pas de nourriture/collations dans la zone du magasin.
16. Les procédures sécuritaires pour la plupart des opérations de l'atelier sont décrites dans les procédures de santé et de sécurité.
Cahier de mesures situé à côté de l'armoire de sécurité.
17. Vérifiez les cordons d'alimentation et les fiches des outils portables pour détecter tout dommage ou effilochage avant de les utiliser.
18. Rangez toujours les chiffons huileux, usagés ou contaminés dans le contenant de stockage approprié.
19. Ne vous précipitez pas et ne prenez pas de risques et respectez les 18 règles ci-dessus.

Hygiène personnelle

La plupart des gens aimeraient éviter ce sujet en raison de sa nature personnelle. Cette section ne concerne pas le brossage des dents ou l'application de déodorant. Nous laissons cela à votre jugement et à votre bon sens. Au lieu de cela, nous souhaitons vous informer que les composites peuvent entrer en contact direct avec votre peau et affecter négativement certaines des zones les plus sensibles de votre corps. Lavez-vous les mains avant et après être allé aux toilettes. Même si vous portez votre EPI et que vous n'avez aucune trace de résine ou de composés sur vos mains, certains irritants ne sont pas toujours visibles à l'œil nu. Lavez-vous après avoir manipulé des matériaux : votre corps vous remerciera.

L'autre grand avantage d'une bonne hygiène concerne la qualité que vous intégrez à tous les aspects de votre projet composite. Chaque fois que vous entrez en contact avec les matériaux, les outils, les tables et même les produits de support, vous avez la possibilité de maintenir un environnement propre et hygiénique. Il est très important que nous comprenions que les savons, les lotions pour les mains, les huiles naturelles de notre peau et même les peluches de nos vêtements ont un effet négatif sur les matériaux composites. L'effet pour lequel les composites ont été conçus en travaillant avec d'autres matériaux peut également être dégradé. C'est pourquoi il est si important de porter des gants et des manteaux. Il ne s'agit pas seulement de protéger l'individu des produits chimiques et des dommages possibles à nos vêtements, mais également de protéger le matériel de notre part. Il s'agit en fait d'une voie à double sens. Lorsque vous pensez à l'hygiène personnelle et à votre atelier de composites, pensez aux effets que vos choix ont sur vous et vos pièces composites.

Équipement de protection individuelle

Cela inclut, mais sans s'y limiter, les éléments suivants...

Gants—Gardez à l'esprit que tous les gants ne protègent pas contre tous les dangers. Si vous travaillez avec du métal chaud, vous souhaiterez utiliser un gant conçu pour résister à la chaleur et aux arêtes vives. Si vous travaillez avec des produits chimiques, vous souhaiterez utiliser des gants résistants à ce produit chimique particulier.

C'est pourquoi il est si important de faire des recherches dès le départ, de comprendre le matériau avec lequel vous travaillez et d'identifier le gant approprié pour cette application particulière.

Il est compréhensible que le coût soit un facteur lors de la budgétisation des fournitures de magasin, mais ne laissez pas le coût être le facteur déterminant lors du choix du gant le mieux adapté pour obtenir une sécurité maximale.

Tableau 1. Types de gants et contre quoi ils protègent.

(Ceci n'est qu'un exemple ; consultez toujours vos fiches signalétiques et vos fiches techniques pour obtenir des informations actuelles sur les produits de votre boutique.)

Type de gant	Protège contre
Coton	Abrasions, barrière entre les gants
Latex	Fibres, poussière, saleté, débris généraux
Caoutchouc naturel	Acétone, époxy, MEK
Cuir	Abrasions, perforations
Néoprène	Acétone, époxy, Nméthylpyrrolidone (NMP)
Nitriles	Epoxy, isocyanates
Polyvinyle	Alcool chlorure de méthylène, toluène, MIBK, styrène, THF
Chlorure de polyvinyle DMSO	Alcool isopropylique, époxy

Dans votre atelier de composites, vous constaterez peut-être qu'un gant en latex ou en nitrile répondra à la plupart de vos besoins de protection. Il est important de savoir que ces gants résistent mal à une exposition prolongée à la plupart des produits chimiques présents en magasin. Il est également recommandé de porter une doublure en coton sous ces types de gants « jetables ». Ces doublures en coton facilitent l'enfilage et le retrait des gants, mais plus important encore, elles constituent une barrière supplémentaire entre le gant et la peau.

Lunettes de sécurité – Comme dans la plupart des ateliers, les lunettes de sécurité sont l'un des équipements de sécurité les plus importants car elles protègent contre les débris en suspension dans l'air. Ils nous protègent également contre les projections de produits chimiques tels que les résines et les agents de séparation. Au cours de toutes mes années de travail dans l'atelier de composites, j'ai vu de nombreuses situations où des gens souhaitaient porter leurs lunettes de sécurité, mais choisissaient de ne pas le faire. Certaines des raisons invoquées...

«Je passais juste pour aller aux toilettes.»

"Les lunettes gênaient ce que je faisais."

«Je n'étais pas à proximité du travail en cours.»

J'ai passé trois ans comme moniteur de sécurité alors que j'étais mécanicien de revêtement de composites pour un grand constructeur aéronautique.

Cette responsabilité m'obligeait à participer à des réunions de sécurité continues au cours desquelles nous examinons mensuellement les performances de sécurité de notre atelier. Au cours de ces trois années, j'ai

entendu de nombreuses excuses pour que les employés ne portent pas d'EPI qui était facilement disponible et fourni gratuitement à l'employé. Ces accidents étaient généralement dus à la paresse des gens et au non-respect des règles de sécurité de base mises en place pour les protéger des dangers potentiels. N'oubliez pas que des accidents peuvent arriver à nous tous, sans avertissement, et parfois avec des conséquences très graves. Nous devons à tout moment nous tenir mutuellement responsables de la sécurité. Signalez tout environnement dangereux ou



Lunettes de protection

immédiatement à votre chef d'équipe ou à votre superviseur. N'oubliez pas que votre sécurité et vos choix ont un impact direct sur votre entourage.

Masque anti-poussière et respirateurs : ils sont disponibles en plusieurs tailles et styles différents. Pour une utilisation générale dans l'atelier de composites, un masque anti-poussière standard fonctionnera parfaitement pour la plupart des applications. Lorsque vous travaillez avec de la poussière nuisible, telle que celle provoquée par le ponçage et le meulage de vos matériaux en fibre de verre et en graphite, faites de votre mieux pour contrôler la poussière à l'aide d'un système d'aspiration ou d'une table aspirante. Portez un masque anti-poussière chaque fois que vous êtes exposé à des débris en suspension dans l'air.

Les respirateurs sont plus couramment utilisés lorsque l'on travaille avec des produits chimiques dans une zone confinée où la ventilation peut ne pas être adéquate. Les respirateurs sont disponibles en version faciale complète, demi-visage, et certains sont même fournis avec une entrée d'air frais. Les cartouches/filtres disponibles pour les respirateurs sont conçues pour des applications particulières. Il est très important de comprendre les exigences de votre application.

Par exemple, en lisant la MSDS et la fiche technique de fabrication (TDS), vous pouvez identifier si vous travaillez avec un matériau qui vous exposera à des niveaux élevés de vapeurs organiques. Une fois que vous avez identifié les niveaux de danger, vous pouvez alors identifier le respirateur approprié pour votre environnement et les niveaux de matériaux d'exposition.



La paresse est l'un des facteurs les plus fréquemment cités pour ne pas en suivant les procédures de sécurité appropriées. Tenez-vous mutuellement responsables et votre atelier minimisera les accidents.

Plus important encore, suivez une formation pour utiliser et entretenir correctement votre respirateur. Votre respirateur doit être efficace dans le travail que vous lui demandez d'accomplir. Gardez tous les respirateurs propres et dans un récipient propre et scellé lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Vérifiez toujours votre équipement pour une utilisation et un placement corrects des joints et des cartouches.

Comprendre la fiche de données de sécurité (MSDS)

Chaque magasin doit disposer d'un journal ou d'un classeur MSDS qui est géré et entretenu conformément à vos lois et directives locales, étatiques et fédérales. La fiche signalétique doit être accessible en cas d'urgence. Il doit également être accessible aux personnes utilisant le matériel pour faire référence aux équipements de sécurité personnelle, aux expositions environnementales et à de nombreux autres sujets fréquemment consultés par les professionnels de la santé ou les pompiers.

Bien que toutes les informations contenues dans une fiche signalétique jouent un rôle essentiel, vous devez être parfaitement conscient et comprendre quatre sections clés relatives aux produits chimiques utilisés dans la fabrication des composites.

Identification des dangers

Cette section décrit la forme physique, l'odeur du film et la qualité de couleur ; effets potentiels sur la santé dus au contact des vapeurs, aux yeux et à la peau. Il fournit également des symptômes d'exposition courants.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET 3M(TM) Scotch-Weld(TM) Structural Adhesive Film, AF-163-210/28/2008

Material Safety Data Sheet

Copyright, 2008, 3M Company. All rights reserved. Copying and/or downloading of this information for the purpose of properly utilizing 3M products is allowed provided that: (1) the information is copied in full with no changes unless prior written agreement is obtained from 3M, and (2) neither the copy nor the original is resold or otherwise distributed with the intention of earning a profit thereon.

SECTION 1: PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME: 3M(TM) Scotch-Weld(TM) Structural Adhesive Film, AF-163-2

MANUFACTURER: 3M

DIVISION: Aerospace Aircraft Maintenance Division

ADDRESS: 3M Center
St. Paul, MN 55144-1000

EMERGENCY PHONE: 1-800-364-3577 or (651) 737-6501 (24 hours)

Issue Date: 10/28/2008

Supersedes Date: 08/09/2007

Document Group: 10-2507-1

Product Use:
Intended Use: Adhesive

SECTION 2: INGREDIENTS

Ingredient	C.A.S. No.	% by Wt
Polymeric Epoxy Reaction Product (M.W. >700)	Trade Secret	40 - 70
Epoxy Resin	1675-54-3	10 - 30
Epoxy Resin	25068-38-6	3 - 7
Dicyandiamide	461-58-5	3 - 7
N,N'-(Methyl-1,3-Phenylene)bis(N,N'-Dimethylurea)	17526-94-2	0.5 - 1.5
3-(Trimethoxysilyl)Propyl Glycidyl Ether	2530-83-8	0.1 - 1

SECTION 3: HAZARDS IDENTIFICATION

3.1 EMERGENCY OVERVIEW

Specific Physical Form: Film

Odor, Color, Grade: red, odorless

General Physical Form: Solid

Immediate health, physical, and environmental hazards:

3.2 POTENTIAL HEALTH EFFECTS

Eye Contact:

Page 1 of 7

Figure 3 : FDS

16

Premiers secours

Les lignes directrices énumérées ici concernent les mesures que vous pouvez prendre pour divers symptômes d'exposition, tels que rincer les yeux avec de l'eau et nettoyer la peau affectée avec de l'eau et du savon.

Manipulation et stockage

Cette section explicite décrit le travail avec le matériau, ce qu'il faut éviter et comment stocker correctement les conteneurs.

Élimination

Cette section décrira si les produits peuvent nécessiter ou non une incinération, une décharge sanitaire ou des installations acceptant les déchets chimiques.

Les compétences à emporter

___ Cause/Effet

___ Solution du problème

___ Comparer/Contraste

___ Classer

___ Idée principale

___ Évaluation

___ Séquence

___ Motifs

___ Établissement d'objectifs

___ Observer

___ Originalité

___ Prédire

___ Raisonnement

___ Précision

___ Persistance



La fiche signalétique est un formulaire industriel qui couvre les propriétés physiques, les premiers secours, la lutte contre l'incendie, les procédures de stockage et de manipulation des produits dangereux. substances.

Testez vos connaissances : chapitre 2

1. Nommez les cinq dangers les plus courants dans un atelier composite.

- un. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____
- e. _____

2. Les gants en polyvinyle protègent mieux contre l'alcool isopropylique et les époxy.

- un. vrai
- b. FAUX

3. Pourquoi utilisons-nous des EPI dans l'atelier composite ?

- un. parce que c'est la politique du magasin
- b. pour nous protéger des matériaux et des dangers
- c. pour protéger les matériaux des contaminants
- d. tout ce qui précède
- e. un B

4. Que signifie EPI ?

- un. enveloppe de protection en plastique
- b. environnement de plasticité personnelle
- c. ingénierie de protection individuelle
- d. équipement de protection individuelle

5. Quand devez-vous porter un masque anti-poussière ?

- un. chaque fois que vous entrez dans le magasin
- b. lorsque vous travaillez avec des résines
- c. lorsqu'il est exposé à des débris nuisibles en suspension dans l'air
- d. quand tu sens quelque chose d'inhabituel

6. Quand devez-vous porter un respirateur ?

- un. lorsque vous êtes dans une zone confinée utilisant des produits chimiques
- b. lorsque la fiche signalétique requiert l'utilisation d'un
- c. tout ce qui précède

7. Définir la fiche signalétique.

8. Quel est le but de la fiche signalétique ?

9. Que faites-vous si vous voyez quelqu'un travailler dans un environnement dangereux ? un. éteignez immédiatement l'équipement qu'ils utilisent b. signalez la situation à votre chef d'équipe ou à votre superviseur dès que possible c. avoir une conversation avec la personne à la fin de la journée d. occupe-toi de tes affaires et ne dis rien

10. Nommez quatre sections clés du journal MSDS.

a.

b.

c.

d.

Équipement

3

Objectifs

- A. Définir la salle blanche : pourquoi vous en avez besoin dans votre atelier
- B. Systèmes de vide : choisir celui qui convient le mieux à vos besoins
- C. L'équipement de polymérisation – compte tenu de vos options
- D. Collecte de poussière : pourquoi il est si important de la contenir
- E. Découpe, perçage et usinage



Table de découpe

La salle blanche

Lors de la conception de l'aménagement de vos installations, vous aurez besoin d'une salle blanche. Une salle blanche est une zone de votre installation où vous pouvez maintenir un environnement propre, exempt de poussière, de saleté, d'huile et de tout autre contaminant qui ne devrait pas entrer en contact avec les matériaux composites.

Il est préférable d'isoler votre salle blanche au sein de votre atelier composite. La petite pièce doit être un environnement contrôlé maintenu entre 63° et 73°F. Vous devrez créer une pression positive au sein de votre salle blanche. Cela garantit que la poussière et les débris sont évacués, loin de l'environnement propre. Un simple ventilateur écurieul en boîte doté d'un filtre peut éliminer presque toutes les saletés projetées dans votre salle blanche. Je vous suggère également de maintenir l'humidité de la salle blanche à 50 % pour minimiser toute ingestion d'humidité dans les matériaux composites pendant le processus de mise en kit et de drapage. L'ingestion d'humidité peut entraîner d'autres problèmes qui peuvent ne pas être identifiés avant après la guérison.

Je vous suggère également de maintenir les stocks de fournitures nécessaires au contrôle climatique. Stockez également d'autres articles tels que des sacs et des matériaux de contact que vous souhaitez simplement garder propres et exempts de contaminants provenant de l'environnement du magasin.

Votre table de découpe sera le point central de la salle blanche. Assurez-vous que la table est située suffisamment loin des murs et des équipements adjacents, afin de laisser suffisamment d'espace pour manœuvrer en toute sécurité sur tous les côtés. Cette table de découpe sera équipée d'une surface de coupe spéciale qui vous permettra de couper du matériel tout en conservant une surface sécuritaire et non contaminée. Cette surface est parfois appelée « matériau auto-réparateur » en raison du fait que vous pouvez couper du matériau dessus encore et encore avec un impact minimal sur la surface. La vraie valeur du plateau de table en caoutchouc est le facteur de sécurité. Cela permet à la lame du couteau de tirer vers vous le long du bord droit de manière beaucoup plus contrôlée.

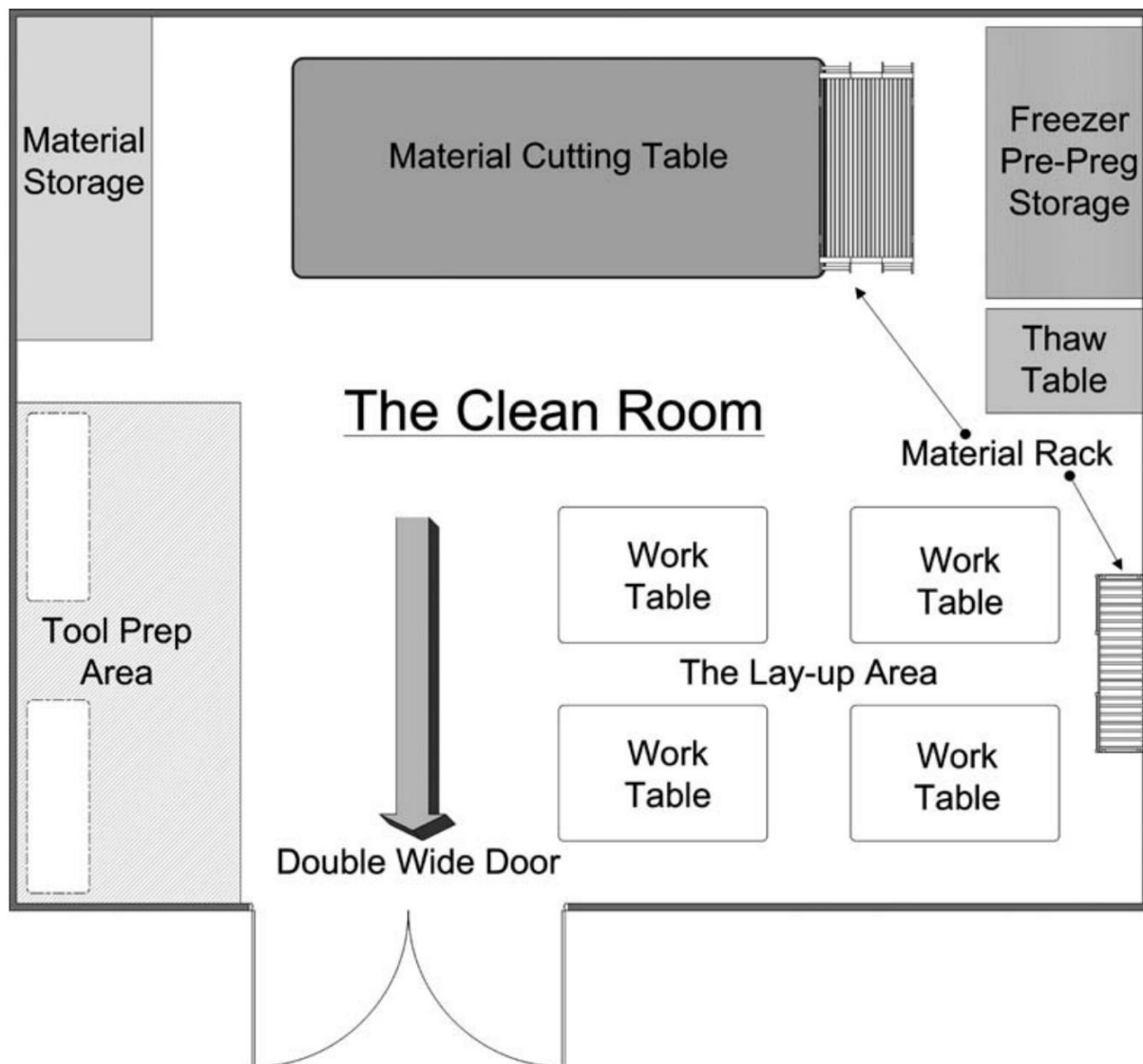


Figure 4 : Plan d'étage de la salle blanche

Couper sur une surface en métal ou en verre posera des problèmes de sécurité, de matériau, de longévité de la lame et du couteau : évitez cela à tout prix.

Le système de vide

Le vide doit être appliqué pendant l'ensachage sous vide temporaire effectué pendant le processus de superposition et l'ensachage sous vide permanent pendant tout le processus de durcissement. Il est également souhaitable de maintenir le vide sur toutes les pièces composites en cours de processus de superposition ou sur les pièces qui ont été mises sous vide en permanence et attendent le processus de durcissement. Votre système d'aspiration doit fournir un minimum de 22 pouces de mercure (22" Hg).



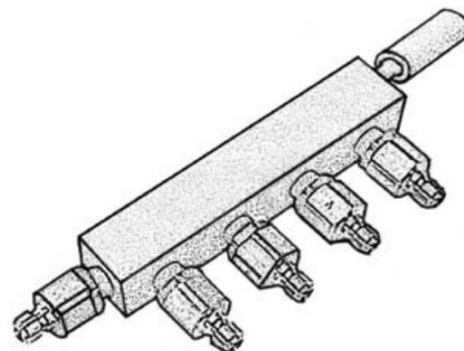
Les pompes à vide et les systèmes à vide sont disponibles en petits unités portatives indépendantes avec des coûts commençant à moins de 500 \$.

mesuré au niveau de la partie mise en sac sous vide. Les systèmes de vide sont disponibles dans de nombreux modèles et gammes de prix différents. Examinons les avantages et les inconvénients de trois types différents.

Boutique d'entrée de gamme

Pompe à vide Venturi

Si vous choisissez de créer un atelier axé sur la fabrication de composites d'entrée de gamme, vous pouvez y parvenir en utilisant un générateur de vide venturi. Une valve venturi convertit la pression de l'air en pression de vide. Pour que cette méthode produise un vide suffisant, vous avez besoin d'une alimentation en air constante d'au moins 80 à 90 psi. Cela produira environ 25 à 29" Hg au niveau de la mer, ce qui se transforme en environ 12 à 14 psi selon le type et le modèle de la pompe à vide venturi.



Pompe à vide Venturi

La pompe à vide venturi est de loin le moyen le plus économique de générer du vide dans votre atelier de composition. Quels sont les points négatifs ? La première préoccupation est la sécurité. Ces pompes sont généralement situées à l'extrémité d'une ligne aérienne avec un collecteur de vide et plusieurs conduites attachées. Conduites de vide et d'air

qui traînent sur le sol de l'atelier peut être très dangereux. De plus, le venturi est un appareil très bruyant et devient assez vite extrêmement ennuyeux. Certains modèles sont fournis avec un silencieux d'échappement.

Pour ceux qui ne le sont pas, enroulez plusieurs couches de votre matériau de renflard autour de l'extrémité d'échappement et fixez-le en place avec plusieurs couches de ruban adhésif.

La deuxième chose à considérer est la fonctionnalité. Utiliser le vide venturi généré à partir de l'air de votre atelier signifie compter sur un apport d'air constant pour maintenir un vide constant. Si quelqu'un doit utiliser l'air d'une autre partie du magasin, cela affectera votre capacité à maintenir un vide suffisant. En fin de compte, la méthode venturi est idéale dans un petit magasin où la demande de produits est très faible.

vide constant.

Principe de fonctionnement : lorsque l'air comprimé est forcé à travers une buse conique, sa vitesse augmente. Ce principe a été découvert par un physicien du XVIIIe siècle, GB Venturi, et peut être appliqué pour générer du vide de manière économique sans une seule pièce mobile.

Conception multi-venturi : certains aspirateurs intègrent une série de buses. Chaque buse possède un orifice progressivement plus grand, sélectionné pour extraire le maximum d'énergie de l'air comprimé qui la traverse. Cela optimise les niveaux de vide générés. Normalement, aucun pré-filtre spécial n'est requis car les buses venturi sont alignées pour permettre un flux d'air « direct ».

Ainsi, tous les contaminants ou condensables des conduites d'air éliminent facilement le générateur sans se boucher ni s'accumuler.

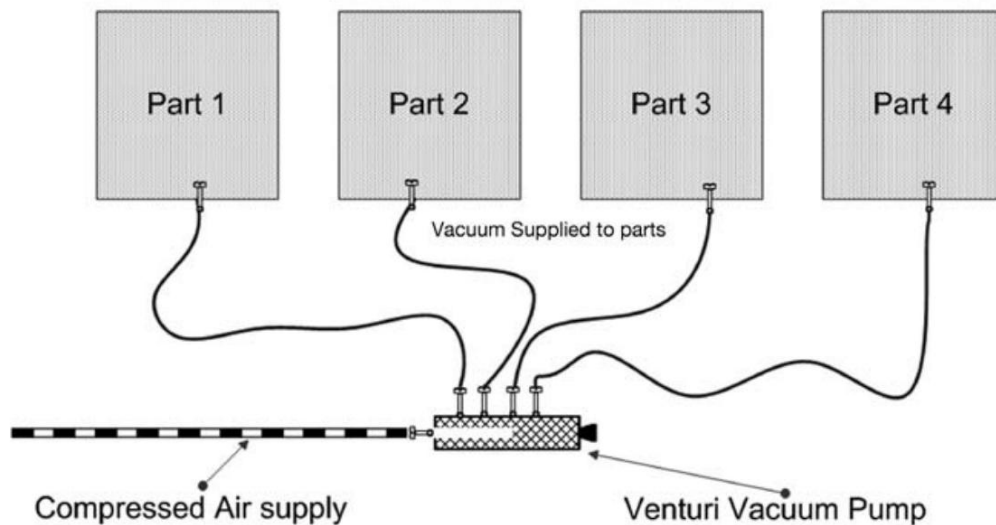


Figure 5 : Venturi, disposition sous vide

Entraînement par air comprimé : les Venturis sont faciles à installer. Ils fonctionnent efficacement sur l'air de l'atelier (80 à 90 psi). Ces unités peuvent être disposées ensemble dans un collecteur pour augmenter le débit si nécessaire.

Taille compacte : permet à la pompe d'être placée plus près du point d'utilisation.

Construction légère : la plupart des modèles pèsent moins de deux livres.

Contrôle supérieur : les niveaux de vide sont contrôlés en ajustant la pression d'entrée.

Aucune pièce mobile : durée de vie de la pompe extra longue sans lubrification requise.

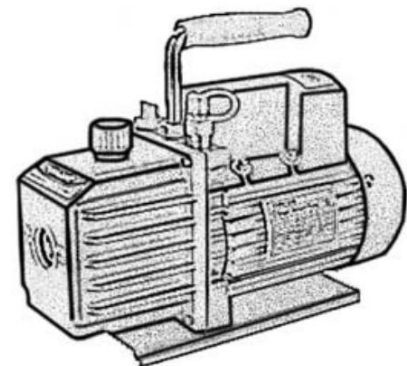
Construction entièrement métallique : les pompes sont standard en aluminium mais peuvent être fabriquées dans d'autres matériaux tels que l'acier inoxydable pour les applications corrosives.

Boutique de niveau intermédiaire

Pompe à palettes rotative

Une pompe à palettes rotatives à bain d'huile est conçue pour la portabilité et fournit un niveau de vide limite élevé.

Principe de fonctionnement : une pompe à palettes rotatives est basée sur un changement continu et cyclique du volume d'aspiration. Ceci est rendu possible grâce à un rotor aligné de manière excentrique sur le corps de la pompe avec des aubes mobiles. La fonction d'étanchéité requise est garantie par l'huile.



Pompe à vide portable à palettes rotatives

Le rotor et les aubes divisent la chambre de travail en deux espaces distincts ayant des volumes variables.

Lorsque le rotor tourne, le gaz s'écoule dans la chambre d'aspiration qui s'agrandit jusqu'à ce qu'elle soit fermée par la deuxième aube. Le gaz enfermé est comprimé jusqu'à ce que la soupape de sortie s'ouvre à l'encontre de la pression atmosphérique.

En cas de fonctionnement avec ballast d'air, un trou vers l'extérieur est ouvert, qui se jette dans la chambre d'aspiration étanche sur la face avant.

Boutique de niveau avancé

Pompes industrielles à palettes rotatives

À l'extrémité supérieure du spectre pour les magasins ayant des besoins continus et multiples tout au long de la journée, un système industriel à palettes rotatives peut être le meilleur choix.

Beaucoup proposent des systèmes d'entraînement optimisés qui réduisent la consommation d'énergie pour des coûts d'exploitation considérablement inférieurs. Certains fabricants proposent également des unités hermétiques ultra propres, nécessitant très peu d'entretien.

Comme pour tout autre équipement, tenez compte de vos objectifs futurs dans votre processus de planification.

Il est également recommandé de disposer d'un système de vide indépendant de tout autre système de votre installation. Cela élimine ou du moins minimise la possibilité d'une perturbation d'une alimentation en vide constante qui est impérative pour produire des pièces de qualité.

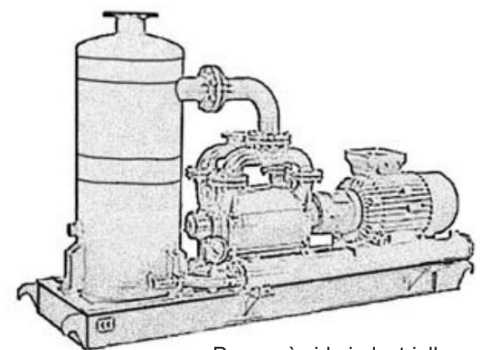
L'une des pires choses qui puisse arriver pendant le processus de durcissement est la perte du vide avant d'atteindre la température minimale de durcissement.

Les pompes à vide et les systèmes à vide sont disponibles dans de petites unités portables indépendantes à des coûts commençant à moins de 500 \$. Ces unités sont idéales pour les ateliers qui aspirent 3 à 4 pièces, sans avoir besoin de faire un vide continu pendant de longues périodes.

L'objectif ultime de la mise en place d'un système de vide indépendant et fiable serait un système de vide industriel doté d'un réservoir de réserve coûtant entre 5 000 et 10 000 dollars. Encore une fois, il s'agit d'adapter le système de vide à un environnement basé sur votre vision actuelle et sur l'endroit où vous verrez le magasin dans les années à venir. Il n'est pas nécessaire de sur-concevoir votre système de vide. Un système de vide est quelque chose que vous pouvez toujours développer et améliorer à mesure que vos besoins et exigences évoluent.



Les sacs sous vide appliquent une pression uniforme sur la pièce à l'intérieur du sac sous vide. La pression atmosphérique est de 14,7 psi (environ 2 000 lb par pied carré) et peut être appliquée avec un sac sous vide de bonne qualité, tirant 29" Hg au niveau de la mer.



Pompe à vide industrielle à palettes rotatives

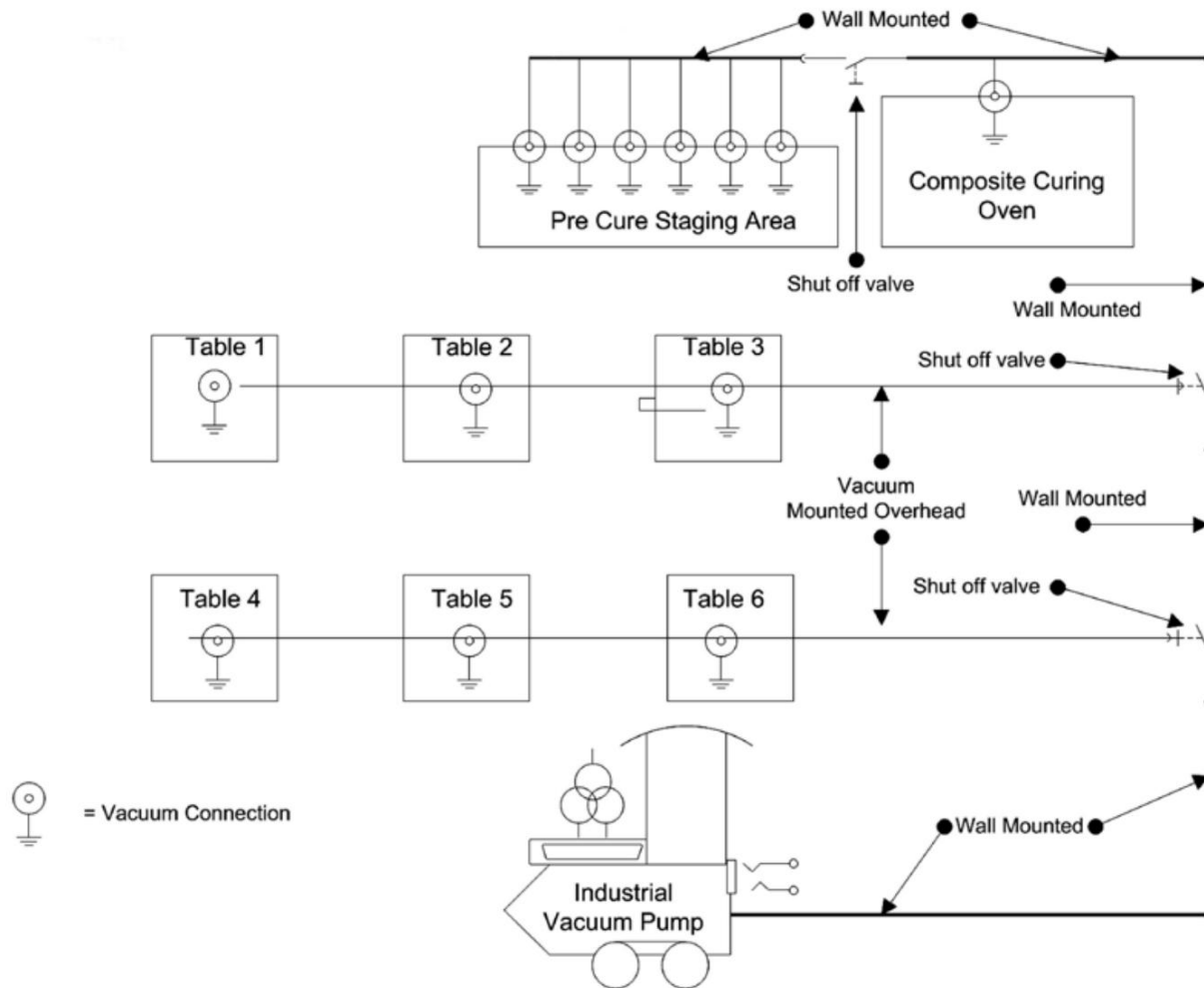


Figure 6 : Disposition de base du système de vide monté en dur dans un atelier composite

Tableau 2. Les avantages et les inconvénients des différents systèmes de vide.

	Pro	Esroquer
Venturi	<ul style="list-style-type: none"> •Léger •Portable •Économique •Installation facile •Aucun entretien requis •Peut être facilement fixé à un établi 	<ul style="list-style-type: none"> •Capacités limitées, pas idéales pour le fonctionnement du four •Peut prendre en charge seulement 3 à 4 petites pièces, en fonction de la qualité de l'air fourni •Le niveau de vide fourni dépend uniquement sur la cohérence de la pression d'air fournie • Bruyant, difficile de parler • Peut présenter un risque de trébuchement lorsqu'il est disposé dans l'atelier
Rotatif Girouette	<ul style="list-style-type: none"> •Léger •Portable •Économique •Installation facile •Faible entretien •Silencieux •Fournit une source de vide dédiée •Peut être situé sous l'établi, ou chariot à matériel 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacités limitées, pas idéales pour une utilisation continue •Peut prendre en charge seulement 3 à 4 petites pièces, selon la taille de la pièce et les exigences du processus. •Le niveau de vide fourni dépend de la taille de la pompe à vide.
Industriel Rotatif Girouette	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation en vide continue sans fluctuation • Prend en charge de nombreuses exigences de vide dans tout l'atelier : <ul style="list-style-type: none"> - En cours de mise en chantier - Cure de pré-stade - Durcissement au four • Prend en charge les conduites de vide montées en dur et placées au-dessus 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas aussi économique • Nécessite un entretien • Bruyant, sauf s'il est placé à l'extérieur du zone de travail générale

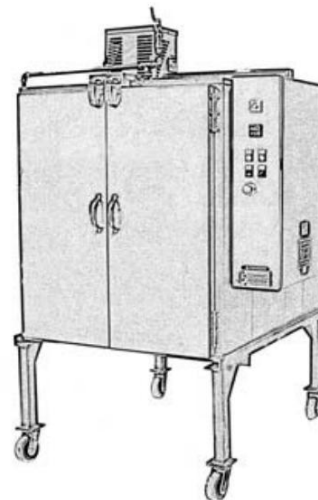
Le système de guérison

Comme tout le reste, vous disposez de plus d'options selon que votre boutique est de niveau débutant, intermédiaire ou avancé. Il est important que vous compreniez vos options et que vous preniez une décision éclairée lors de la planification de vos besoins en installations et en équipement. Le système de durcissement est l'une des dépenses les plus importantes lors de la création de votre atelier de composites. C'est dans cet esprit que nous passerons en revue tous les avantages et inconvénients des quatre options recommandées.

Options de durcissement

Température ambiante : le durcissement à température ambiante est une option lors de l'utilisation de la méthode de stratification humide. De nombreuses pièces peuvent être fabriquées à l'aide de résines durcissant à température ambiante. L'une des raisons évidentes pour lesquelles certains choisissent le revêtement humide plutôt que le préimprégné est qu'ils peuvent être durcis sans utiliser de four ou d'autoclave. L'un des principaux inconvénients associés aux matériaux à température ambiante est le facteur temps. La plupart des matériaux à température ambiante ont une durée de vie courte et sont beaucoup plus imprévisibles que les préimprégnés. Il n'y a rien de pire que d'être au milieu d'un lay-up et que le matériau commence à durcir bien avant les attentes.

Cure au four —La cure au four est notre principal choix en raison des facteurs suivants. Il peut accueillir de nombreuses plates-formes de traitement de matériaux différentes ; vous pouvez durcir les préimprégnés ensachés sous vide ainsi que les couches humides durcissant à des températures allant jusqu'à 375°F. Un four peut également être utilisé pour chauffer des outils lors de l'utilisation de processus de moulage par transfert de résine (RTM). Les fours sont également très économiques contrairement à l'autoclave qui est historiquement associé à la fabrication de composites. Votre four peut être très petit et s'adapter facilement à un petit environnement de magasin. Ils peuvent également être très grands et accueillir de très grandes structures tout en coûtant une fraction du prix d'un autoclave. Les fours sont faciles à utiliser et peuvent être entretenus avec peu de coûts associés en électricité ou en gaz. Le durcissement au four nécessite que l'opérateur maintienne la pression grâce à l'utilisation d'un vide constant appliqué à la pièce durcissant dans le four. L'opérateur doit également contrôler la durée et la température du four manuellement ou avec un contrôleur programmable.



Four de table sur chariot roulant

Cure en autoclave —L'autoclave (A/C) est utilisé lorsqu'une qualité supérieure est requise. Le climatiseur a de nombreuses fonctions, mais le principal avantage du climatiseur est d'augmenter la pression exercée sur la pièce composite pendant le processus de durcissement. La plupart des structures de panneaux sandwich sont durcies à 45 psi ou moins.

Ceci vise à minimiser la possibilité d'écrasement du noyau pendant le processus de durcissement. Certaines structures stratifiées solides sont durcies à des pressions supérieures à 165 psi. Ce type de pression extrême est généralement associé à des températures de durcissement plus élevées que l'on retrouve dans l'industrie aérospatiale de haute performance.

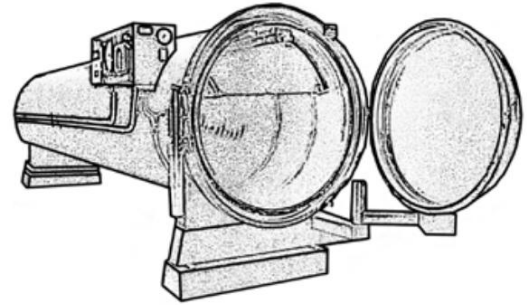


Les principes du lay-up humide ou du lay-up manuel sont faciles à enseigner. Ils nécessitent des compétences d'opérateur plus élevées et présentent plus de risques pour la santé car les résines moléculaires de poids inférieur ont une tendance à pénétrer dans les vêtements.

Les climatiseurs d'occasion varient de 20 000 \$ à 50 000 \$. De nouveaux autoclaves peuvent être achetés et installés pour aussi peu que 100 000 \$.

Les entreprises fabriquant de très grandes pièces peuvent dépenser des millions pour un seul climatiseur. Le coût de fonctionnement de votre climatiseur continuera avec l'entretien.

La plupart des climatiseurs disposent de systèmes de vide étendus ainsi que de commandes informatiques très sophistiquées qui devront être gérées par des techniciens hautement qualifiés.



Autoclave

Équipement de durcissement portable pour composites : l'équipement de durcissement portable se compose d'un ordinateur programmable qui contrôle la distribution de la chaleur via une couverture chauffante. Il utilise également des thermocouples pour surveiller et contrôler la chaleur pendant le processus de durcissement. Beaucoup de ces types de contrôleurs fournissent également une source de vide liée à un venturi ou à une pompe à vide électrique.

Ces unités sont très compactes et constituent un excellent choix lorsque la portabilité est un facteur principal. Un des points négatifs associés aux équipements portables : le temps de montage et de démontage. Gardez également à l'esprit les limitations imposées à la taille de votre source de chaleur par la taille de la couverture chauffante. Une unité de type économique typique commencerait à environ 4 000 \$ et une unité haut de gamme avec toutes les options peut dépasser 25 000 \$. Il s'agit d'une excellente option pour la réparation de structures composites, mais elle ne convient pas aux applications de production.



L'autoclave était inventé par Charles Chamberland à 1879. L'industrie aéronautique et les longerons (pour voiliers notamment) disposent d'autoclaves bien au-delà 50 pieds de long, certains plus de 10 pieds de large.

Collecte de poussière

C'est un autre sujet très important lors de la conception de votre boutique composite. La première chose à faire est de vérifier vos réglementations locales, étatiques et fédérales pour connaître les limitations et responsabilités concernant la collecte des poussières composites. De nombreuses agences gouvernementales réglementent l'admission de particules à la fois dans l'atelier et dans les conduits d'échappement sortant de l'atelier. L'agencement de l'atelier et la quantité de poussière générée auront un impact considérable sur le type de système que vous choisirez pour votre installation.

Pourquoi devons-nous collecter la poussière composite ? Ramasser la poussière dans le magasin a de nombreuses valeurs évidentes. Comme c'était le cas pour les ateliers de menuiserie et de métallurgie du passé, les ateliers de composites d'aujourd'hui doivent minimiser les risques potentiels pour la santé des voies respiratoires supérieures et des yeux, et réduire le contact avec la peau.

Vous devez également tenir compte de l'impact de la poussière et des débris sur la qualité de votre opération.

La propreté de l'atelier de composites est très essentielle aux résultats finaux. Les matériaux et leurs performances dépendent grandement de votre capacité à maintenir un environnement propre et sans contamination. La plupart des gens ne réalisent pas que même une petite quantité de poussière sur un outil ou une interface de liaison peut avoir un impact considérable sur l'intégrité et les performances de la pièce.

Un guide complet sur les composites

La poussière composite est hautement combustible. La collecte de la poussière ne représente qu'une partie de votre responsabilité. Une fois la poussière collectée, elle doit être éliminée correctement. Encore une fois, consultez votre gouvernement local, étatique et fédéral pour connaître les réglementations appropriées.

Une accumulation de poussière composite aura un impact négatif sur les ordinateurs, imprimantes et autres composants électriques situés dans la zone poussiéreuse de votre installation. Il a été prouvé au fil des années que la poussière réduisait la durée de vie des équipements. Il se fraye un chemin dans les petits composants, limitant le flux d'air et augmentant la friction entre les petites pièces mobiles, provoquant une défaillance prématurée.

Options de collecte de poussière

Collecte au point de source – Boutique d'entrée de gamme

C'est ici que vous récupérez la poussière au point généré. Par exemple : Une table aspirante située dans la zone sale de votre magasin. Cette table est conçue pour aspirer la poussière pendant que vous poncez ou percez. Une bonne table descendante de 36 pouces commence à environ 3 500 \$, et une table de 96 pouces coûte environ 10 000 \$. Ces tables sont idéales pour utiliser de petits outils manuels avec de petites pièces.

Ils ne sont pas idéaux pour les pièces plus grandes, car les pièces plus grandes réduisent le débit d'air requis. C'est là que l'aspirateur industriel s'avérerait utile pour les petits travaux ou peut-être pour les pièces trop grandes pour tenir sur la table.

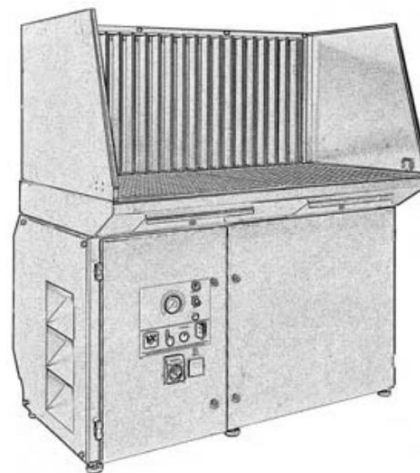
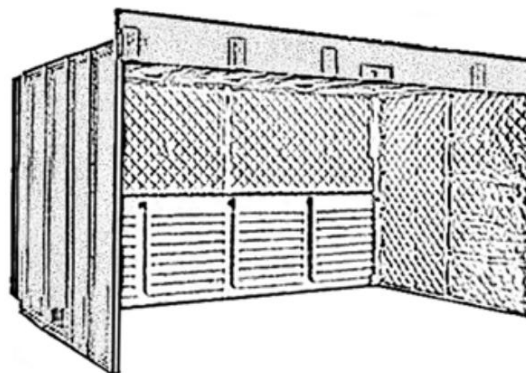


Table aspirante

Cabine de dépoussiérage – Atelier d'entrée de gamme et intermédiaire

C'est exactement ce qu'il prétend être : un système avec trois murs et un plafond. Généralement, ce système est conçu pour aspirer la poussière vers le mur du fond. Le plafond est équipé de nombreuses lumières. Il s'agit d'une configuration privilégiée car vous pouvez ajouter des établis de travail devant le stand permettant plusieurs postes de travail.

Ou vous pouvez déplacer la table et apporter des pièces plus grandes si nécessaire. Un bon stand de 8 pieds de profondeur sur 12 pieds de large coûte entre 10 000 \$ et 40 000 \$.

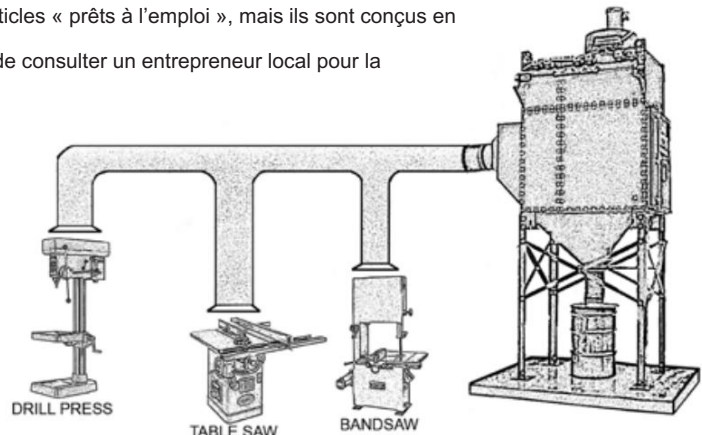


Cabine à aspiration descendante

Collecte de sources multipoints – Boutique de niveau avancé

Lorsque vous disposez de plusieurs gros équipements générant des poussières composites, vous aurez besoin d'un système de dépoussiérage multipoint. Il ne s'agit généralement pas d'articles « prêts à l'emploi », mais ils sont conçus en fonction de nombreux facteurs. Nous vous recommandons de consulter un entrepreneur local pour la conception de votre système. Ce type de système peut commencer à 15 000 \$ et bien dépasser 100 000 \$ selon les subtilités du système. Vous pouvez choisir d'utiliser une combinaison de plusieurs

-point de collecte ainsi qu'une table aspirante ou une cabine à poussière.



Dépoussiérage multipoint

Le congélateur

Vous aurez besoin d'un congélateur pour conserver l'inventaire de vos matériaux préimprégnés et de certains apprêts et résines utilisés dans la fabrication de composites. La plupart des fabricants de préimprégnés composites recommandent de stocker vos matériaux à 0° +/- 15°F. Nous vous suggérons d'aller à l'extrême et de régler votre congélateur à -15°F. Certaines personnes diraient que c'est gelé ou non, et 32°F est gelé. Mais ce n'est pas le cas des matériaux composites avancés. Les matériaux se dégradent encore lentement au congélateur et il y a une grande différence entre 31°F et -15°F. Nous en apprendrons davantage sur la dégradation des matériaux dans le chapitre Revue des matériaux de ce livre.

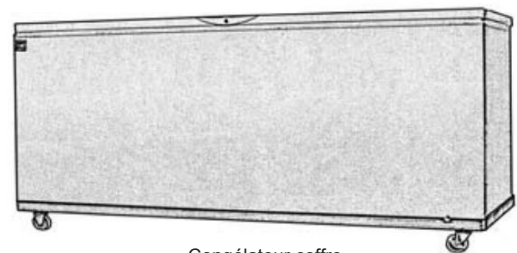
Vous avez deux choix de base en matière de congélateurs d'atelier composites.

Congélateur coffre

Un congélateur coffre peut être acheté auprès de votre magasin d'électroménager local. Vous pouvez également en commander un conçu avec des fonctionnalités spéciales, notamment des contrôleurs de température avec alarmes et capacité de réapprovisionnement. Vous pouvez même avoir un congélateur équipé d'une alimentation de secours en cas de panne de courant inattendue.

Les congélateurs coffres sont une excellente option pour stocker de petites quantités de matériaux, mais peuvent très rapidement se désorganiser lorsque plusieurs personnes recherchent différents matériaux. Cela n'échoue jamais : le matériel dont vous avez besoin est toujours celui tout en bas. Vous devez garder le matériel scellé lorsqu'il est au congélateur. Cela se fait avec

un sac en poly-tube de 6 mil. Je trouve que la largeur de 14" convient à la plupart des applications.



Congélateur coffre

Un guide complet sur les composites

Voici quelques suggestions pour maintenir les meilleures pratiques en matière d'organisation des congélateurs et de responsabilité matérielle :

1. Préparez votre matériel pour un stockage à long terme. Au lieu de sortir un gros rouleau lourd à chaque fois que vous avez besoin d'une petite pièce, préparez des « kits » de matériaux prédécoupés qui répondent à vos besoins en matière de pièces.
2. Tenez à portée de main un journal d'inventaire indiquant le type et la quantité de matériaux. Non seulement cela vous évitera de chercher quelque chose qui n'est pas là, mais cela vous aidera également à planifier des projets et à prévoir les besoins en matériaux.
3. Conservez les kits dans votre congélateur au lieu de plusieurs rouleaux de matériaux différents. Si vous fabriquez un ensemble particulier de projets ou de pièces, vous pouvez prédéterminer les matériaux et la quantité nécessaires. Cela minimisera le temps de décongélation et réduira le gaspillage de matériaux, sans parler du valeurs ergonomiques.
4. Identifiez très clairement votre matériau en grosses lettres grasses, LOW TEMP & HIGH TEMP. Ne soyez pas les deux se sont mélangés. Ils ne travaillent pas ensemble.

Un congélateur coffre doit accueillir un rouleau de matériau standard. Gardez à l'esprit que différents fabricants placent leur matériau sur des noyaux de tailles différentes. Cela signifie que le matériau que vous commandez peut mesurer 36" de large, mais que le support du matériau peut ajouter 4" supplémentaires et que le noyau en carton qu'ils utilisent peut mesurer 3" supplémentaires de chaque côté. Additionnez le tout et ce matériau de 36" de large peut être jusqu'à 50" de large. Certains matériaux sont livrés sur un noyau de 3" et d'autres sur un noyau de 12".

La plupart des magasins de composites démarrent avec des congélateurs coffres. Au moment où ils arrivent à six congélateurs coffres, ils passent au walk-in. Lorsque vous vous trouvez dans cette situation, n'oubliez pas de conserver un ou deux congélateurs coffres, ils constituent une excellente solution de secours.

Le congélateur coffre est un moyen économique de stocker vos matériaux. Ils sont peu coûteux à utiliser et, lorsqu'ils sont montés sur roues, ils se déplacent facilement dans l'atelier selon les besoins. Vous pouvez acheter un petit congélateur pour moins de 500 \$ ou vous procurer un joli grand congélateur coffre avec toutes les fonctionnalités nécessaires pour environ 4 500 \$. L'inconvénient du congélateur coffre est qu'il devient très petit et que le maintien de l'organisation est un combat constant. Gardez à l'esprit que tirer des rouleaux de graphite du fond du congélateur vieillit très rapidement.

Congélateur walk-in

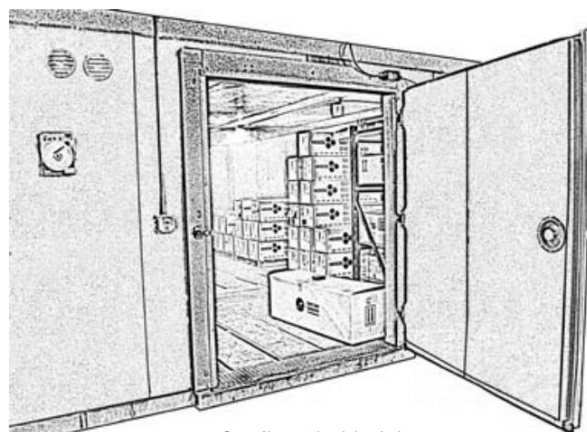
L'avantage d'un congélateur de plain-pied est le fait que vous disposez d'un espace pour séparer vos matériaux.

Vous pouvez conserver les matériaux à haute température d'un côté et les basses températures de l'autre. Vous pouvez même séparer les matériaux par types, en gardant séparés les films adhésifs, la fibre de verre et le graphite.

Ceci est très important lors de la gestion de l'inventaire de votre stock. Consommez toujours les matériaux selon le principe du premier entré, premier sorti (FIFO), en faisant pivoter les anciens stocks vers l'avant. Vous pouvez même mettre des kits ou des pièces qui ont été déposées, mais non durcies, au congélateur pour de futurs assemblages. Le congélateur-chambre offre également des avantages ergonomiques par rapport au congélateur coffre, car les levages lourds et difficiles sont minimisés.

Les congélateurs-chambres peuvent être achetés sous forme d'unités autonomes. La plupart sont fabriqués avec une construction de panneau et de came et de verrouillage. Cela rend l'installation et le démontage très faciles.

Si vous choisissez d'opter pour un congélateur-chambre dès le départ, un 8' sur 8' est une bonne unité d'entrée de gamme, et un 15' sur 15' est un choix idéal pour un grand atelier de production avancé. Vous pouvez vous attendre à payer entre 5 000 et 30 000 dollars pour un bon congélateur. Gardez à l'esprit que la boîte de congélation est éternelle. Investir dans



Congélateur de plain-pied

un bon moteur et un bon condensateur pour maximiser à la fois la qualité et la longévité.

Cela nous amène au système d'alarme. Lorsque vous disposez de l'inventaire composite justifiant le besoin d'un congélateur-chambre, vous pouvez justifier le besoin d'un système d'alarme pour vous avertir lorsque la température dépasse les limites acceptables. Un système d'alarme est un article complémentaire qui peut être acheté pour aussi peu que 500 \$, un petit prix par rapport à la valeur de votre inventaire. Réglez simplement l'alarme pour activer un numéroteur automatique qui appellera en continu les numéros de téléphone jusqu'à ce que la condition d'alarme soit résolue.

Lors de la sélection d'un walk-in, la porte doit être suffisamment large pour charger une palette dans le congélateur si nécessaire. Localisez la porte au centre de l'unité. Cela permettra d'utiliser au maximum la superficie intérieure. Nous vous suggérons de dépenser l'argent supplémentaire pour l'assistance du ferme-porte. Vous seriez surpris de voir combien de fois les gens s'éloignent d'un congélateur en donnant un léger coup de pied à la porte en s'attendant à ce qu'elle se ferme. Le lendemain matin, vous constatez que la porte est restée ouverte et que la température a augmenté.

C'est là que votre système d'alarme est rentabilisé et que le problème a été résolu avant que quiconque ne quitte la salle de classe.

La dernière considération est d'appliquer un matériau antidérapant sur l'entrée walk-in. Une porte de congélateur ouverte entraîne une accumulation de condensation qui peut entraîner des glissades et des chutes.

Découpe, perçage et usinage

Au sein de votre atelier de composites, vous utiliserez l'équipement standard trouvé dans votre atelier de base en bois ou en métal. Ce qui va changer, c'est la manière dont les matériaux sont découpés et usinés.

Par exemple, vous aurez toujours besoin d'une scie à ruban et d'une perceuse à colonne mais vous ne percerez pas le composite avec un foret à bois. Cela ternirait très rapidement et provoquerait des défauts dans le stratifié tels que le délaminage des plis et la rupture des fibres. Le découpage des pièces sera discuté en détail dans le chapitre 8 Fabrication.

Un guide complet sur les composites

Imprimez cette page pour une liste de courses facile...

Tableau 3. Liste de contrôle des outils.

Outils manuels	Outils électroportatifs
Couteaux utilitaires	Meuleuses droites à 97° (20 000 tr/min)
Appuyez sur la pièce	Assortiment de mandrins 1" et 2"
Échelles 6" et 12", 10e-100e	Disques abrasifs de grain 40 à 320
Vacuomètres	Tampons de conditionnement : fin, moyen, grossier
Ciseaux	Ponceuses orbitales
Cisailles Kevlar	Moteur de perceuse (6 500 tr/min)
Rapporteurs	Routeurs
Jauges de rayon	Cisaille à métaux
Dévidoirs de ruban adhésif	Pistolet à peinture
Ponceuses à blocs	Pistolet à glace
Grattoirs et cales en téflon	Pistolets thermiques
Marteaux à têtes en plastique/ou caoutchouc (non métalliques)	Lampes chauffantes avec supports

Les compétences à emporter

— Cause/Effet

— Problème/Solution Comparer/

— Contraste Classer

—

— Idée principale

— Évaluation

— Séquence

— Modèles

— Établissement d'objectifs

— Observer

— Originalité

— Prédire

— Raisonnement

— Précision

— Persistance

Testez vos connaissances : chapitre 3

1. Quel est le but principal d'une salle blanche ?
 - un. 65 à 75°F
 - b. 45 à 55°F
 - c. 63 à 73°F
 - d. 55 à 60°F
3. Le point central de votre salle blanche sera :
 - un. table de découpe
 - b. ventilateur
 - c. matériaux d'ensachage
 - d. support de matériel
4. L'importance d'avoir une surface « auto-cicatrisante » sur votre table de découpe est la suivante :
 - un. la capacité de couper sur la surface à plusieurs reprises
 - b. la capacité de couper en surface de manière contrôlée et sécuritaire
 - c. la commodité des lames de couteau plus durables
 - d. tout ce qui précède
5. Nommez les trois différents types de systèmes de vide :
 - un. _____
 - b. _____
 - c. _____
6. Énumérez quatre avantages du système de vide Venturi :
 - un. _____
 - b. _____
 - c. _____
 - d. _____
7. Énumérez les quatre options de durcissement :
 - un. _____
 - b. _____
 - c. _____
 - d. _____

Un guide complet sur les composites

8. Quel type de remède faut-il choisir pour obtenir le remède le plus efficace ?

un. cure au four

b. température

ambiante c. équipement de durcissement

portable d. autoclave

9. Pourquoi le dépoussiérage composite est-il nécessaire ?

un. pour réduire les risques pour la santé liés à la poussière

b. réduire la contamination des matériaux et des équipements environnants c. pour assurer l'intégrité de la partie finale d. tout ce qui précède

10 Énumérez trois méthodes de collecte de poussière.

un. _____

b. _____

c. _____

11. Une cabine de dépoussiérage est idéale pour :

un. atelier de niveau entrée et intermédiaire b. atelier

de niveau avancé c. intermédiaire

seulement d. aucune des

réponses ci-dessus

12. La pompe à vide Venturi porte son nom.

13. Quelle est l'importance d'avoir un congélateur pour stocker les matériaux préimprégnés ?

un. les matériaux fonctionnent mieux lorsqu'ils sont conservés au froid b. les

matériaux se dégradent lentement, le gel ralentit le processus c. la congélation des

matériaux les empêche d'être contaminés par la poussière d. pour éliminer l'ingestion d'humidité

14. Énumérez les avantages d'un congélateur-chambre par rapport à un congélateur coffre.

15. Énumérez les avantages du « pré-kitting ».

16. Énumérez au moins trois façons de garantir que le congélateur maintient sa température.

- a.

- b.

- c.

17. Énumérez au moins quatre outils à main qui seront nécessaires dans un atelier de composites.

- a.

- b.

- c.

- d.

18. Énumérez au moins quatre outils électriques nécessaires dans un atelier composite.

- a.

- b.

- c.

- d.

19. Un four est plus économique à utiliser qu'un autoclave.

- a. vrai
- b. FAUX

20. Quelle condition de sécurité peut résulter du fait de laisser la porte du congélateur-chambre ouverte ?

Conception et préparation des installations



4

Objectifs

- A. Points à considérer
- B. Conception du plan d'étage
- C. Facteurs budgétaires

Que vous conceviez une nouvelle installation ou rénoviez un espace existant, vous devez prendre en compte les éléments suivants facteurs.

Définir ce que vous attendez de votre boutique composite

Êtes-vous à la recherche d'un atelier d'entrée de gamme avec une capacité minimale pour prendre en charge une formation composite de base ? Peut-être souhaitez-vous concevoir une installation capable de prendre en charge plus que le simple aspect éducatif fondamental des composites. Peut-être désirez-vous une installation où vous pourrez concevoir, planifier et fabriquer des pièces composites. Peut-être êtes-vous intéressé à structurer et à concevoir une installation de réparation de composites qui prend en charge le développement et la formation d'un technicien avancé en réparation de composites.

De combien d'espace disposez-vous pour travailler ?

Que vous travailliez dans un coin de 200 pieds carrés d'un magasin existant ou que vous ayez le luxe d'un terrain vacant avec l'intention de construire une installation de vingt mille pieds carrés, votre magasin peut être aussi grand ou aussi petit que votre vision et votre budget le permettront.

Quels sont vos systèmes existants ou potentiels disponibles ?

Électricité—Considérez les services électriques dont vous disposez. La taille et l'emplacement de votre équipement seront déterminés par l'alimentation électrique requise pour votre congélateur, four et autres équipements. Bien que la plupart des congélateurs coffres fonctionnent sur 110 V, tous les congélateurs-chambres nécessitent 220 V/480 V.

Le four de paillasse moyen nécessite 208 V à 480 V et plus pour fonctionner à des températures supérieures à 350°F.

Ventilation – Tenez compte de la disponibilité d'une entrée d'air frais, qu'elle provienne d'un système existant ou de celui que vous allez installer. Votre atelier aura besoin d'une ventilation adéquate des gaz d'échappement, des vapeurs et de la poussière tout en fournissant de l'air frais. Si vous modernisez une installation existante, le choix idéal est de placer votre équipement sur un mur extérieur. Cela réduit le coût associé aux matériaux et

installation de conduits s'étendant jusqu'aux extrémités de l'installation. Une planification et une évaluation appropriées peuvent permettre d'économiser du temps et de l'argent à long terme.

Collecte de poussière—La même chose s'applique également à la disposition de votre système de collecte de poussière. Si vous disposez déjà d'un système de dépoussiérage multipoint, évaluez le volume supplémentaire de poussière de carbone que vous êtes susceptible de générer dans votre nouvel atelier de composites. Gardez à l'esprit que la poussière de carbone est plus lourde que les particules de bois et qu'elle nécessitera un flux d'air adéquat pour déplacer de grands volumes de particules sur de plus longues distances. Dans la mesure du possible, gardez votre équipement de dépoussiérage confiné dans une « pièce sale ». Si ce n'est pas une option, essayez au moins de garder vos processus de meulage, de perçage, de ponçage et de découpe aussi loin que possible de votre zone propre (désignée pour la préparation des outils et la zone de superposition). Plus vous planifiez, plus vous économisez. Consultez une entreprise locale de dépoussiérage et obtenez les faits dès le départ plutôt que plus tard.

Ségrégation – Nous savons que certaines personnes peuvent travailler dans des bâtiments qui ne sont pas parfaitement adaptés à un atelier composite. Mais vous devez vous débrouiller avec ce que vous avez. Cela dit, j'insisterai sur l'importance de séparer les différents environnements au sein de l'atelier composite. Nous avons parlé de la salle blanche, de la salle sale et de la nécessité de chacune. La réalité est que votre espace ne vous permet peut-être pas de séparer ces zones en pièces individuelles. Votre espace commercial peut consister en un seul espace commun principal sans possibilité de rénovation ou d'agrandissement dans un avenir prévisible. Si tel est votre cas, placez au moins votre congélateur, votre table de découpe et votre zone de préparation sur les côtés opposés de la pièce par rapport à votre four et à vos opérations d'usinage. Vous pouvez délimiter votre zone propre avec des séparateurs ou même une ligne de ruban adhésif au sol. Il s'agit de votre zone sans contaminants dans laquelle le ponçage, les huiles, les graisses et les contaminants de toute nature ne sont pas autorisés. Il est d'une importance vitale que vos matériaux de transformation et les matériaux composites restent propres tout au long du processus de drapage et d'ensachage sous vide.

Le plan d'étage

Nous avons conçu l'exemple de plan d'étage suivant pour illustrer les besoins de base au sein d'un atelier composite (voir Figure 7). Gardez à l'esprit qu'un atelier composite est une description générale de la fonction principale de l'installation. C'est à vous de définir les détails du plan de votre atelier. Peut-être que votre plan comprendra un grand autoclave, ou peut-être une zone réservée aux tests non destructifs et destructifs. Votre vision peut inclure une salle blanche capable d'accueillir de très grandes pièces, ou éventuellement de très petites pièces avec de nombreuses tables. Votre plan d'étage doit correspondre à votre vision, pas à la nôtre. Cet exemple devrait vous donner beaucoup de matière à réflexion lors de la conception de votre atelier composite.

Facteurs budgétaires

Ce n'est un secret pour personne : les budgets ne sont plus ce qu'ils étaient autrefois. Je souhaite susciter vos réflexions sur certains des principaux facteurs à prendre en compte lors de la budgétisation de la conception, de la préparation ou de la modernisation de votre installation existante.

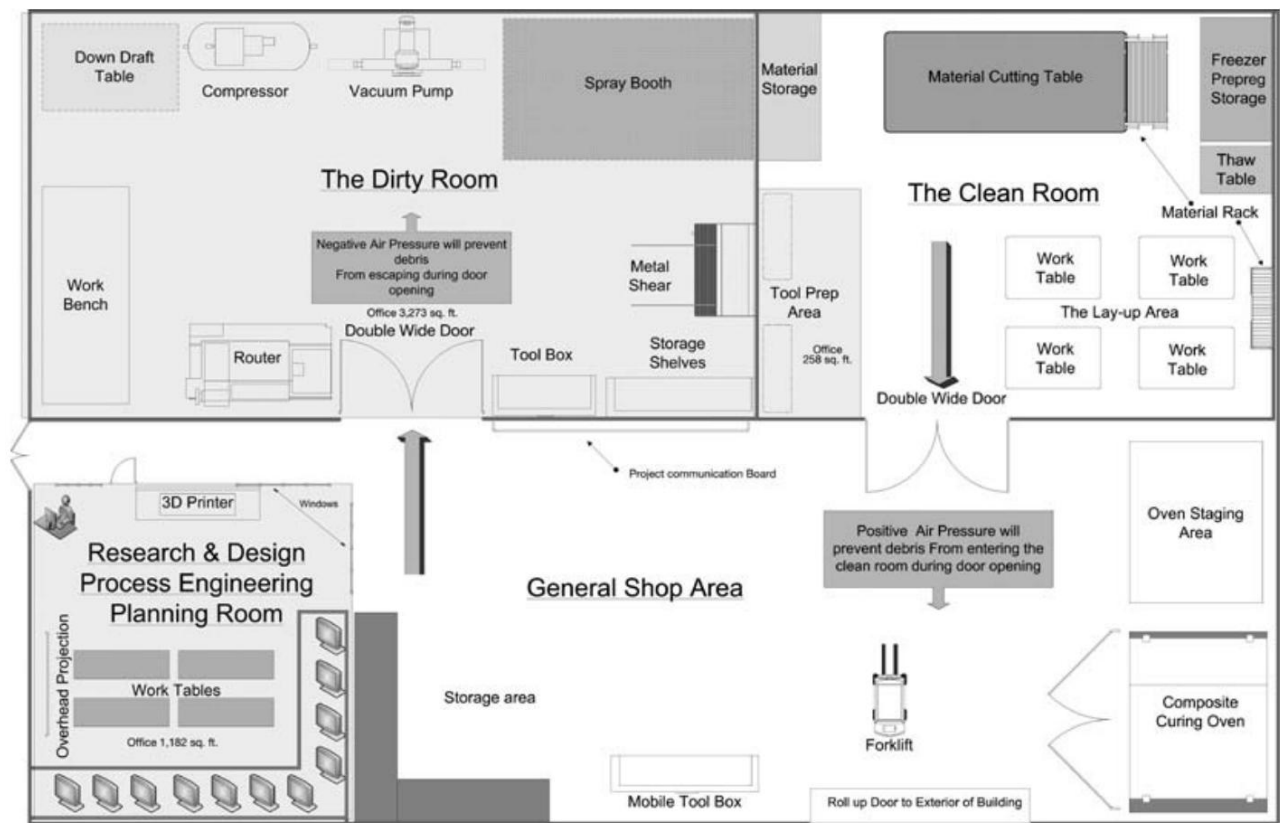


Figure 7 : Exemple de plan d'atelier

Certes, le simple fait de regarder la situation dans son ensemble est un peu écrasant lorsque tous les coûts de démarrage sont regroupés en un seul grand chiffre. Il n'est pas nécessaire qu'il en soit ainsi. Une fois que vous avez déterminé à quoi ressemble le plan d'étage de vos installations, vous pouvez commencer à installer progressivement votre atelier composite en fonction de votre budget et de vos prévisions financières.

Le système de durcissement sera l'un des équipements les plus coûteux. Comme mentionné précédemment, vous pouvez dépenser des centaines de milliers de dollars pour un autoclave de 30 pieds ou quelques milliers de dollars pour un four de paille. La principale chose à considérer ici est le fait que chaque projet que vous produisez à partir de ce point d'achat sera déterminé par les limites de votre système de durcissement. Si vous êtes sûr que votre atelier n'aura jamais besoin de produire des pièces composites de 30 pieds, vous n'avez pas besoin de dépenser de l'argent pour un système qui ne sera jamais utilisé à son potentiel. Le revers de la médaille est d'acheter un four à faible coût pour le budget d'aujourd'hui, mais qui n'aura pas la capacité fonctionnelle correspondant à votre vision l'année prochaine. Peut-être que vos élèves souhaitent concevoir et construire des planches de surf ou des skis ?

Il est facile et relativement peu coûteux de passer d'un congélateur coffre à 200 \$ à un congélateur-chambre à 5 000 \$ quelques années plus tard, à mesure que vos besoins de stockage et votre budget évoluent.

Tableau 4. Fourchettes de coûts estimées pour les achats d'équipements majeurs par niveau de programme

Équipement	Niveau du programme		
	Entrée	Intermédiaire	Avancé
Four	4K à 6K	10 000 à 25 000	40K à 80K
Congélateur	2H à 6H	3K à 8K	10 000 à 40 000
Système de vide	2K à 4K	6K à 10K	15K à 40K
Collecte de poussière	2H à 5K	5K à 10K	10 000 à 60 000
Salle blanche/équipement	1K à 4K	5K à 30K	30 000 à 60 000
Matériaux	1K à 5K	5K à 10K	10 000 à 50 000
Outils	1K à 3K	5K à 8K	15K à 30K
Divers	3K à 5K	5K à 10K	10 000 à 20 000
Fourchettes budgétaires	12 400 \$ à 32 600 \$ 44 000 \$ à 111 000 \$ 140 000 \$ à 380 000 \$		

Les compétences à emporter

___ Cause/Effet	___ Fixation d'objectifs
___ Problème/Solution	___ Observer
___ Comparer/Contraste	___ Originalité
___ Classer	___ Prédire
___ Idée principale	___ Raisonnement
___ Évaluation	___ Précision
___ Séquence	___ Persistance
___ Motifs	

Testez vos connaissances : chapitre 4

1. Énumérez quatre systèmes d'atelier existants ou potentiels nécessaires à la production de composites.

- un. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____

2. Presque tous les _____ fonctionnent sur 110 V.

- un. congélateurs-chambres
- b. laveuses de pièces
- c. congélateurs coffres
- d. outils de ponçage

3. Presque tous les _____ fonctionnent sur 220 V à 480 V.

- un. outils de forage
- b. congélateurs-chambres
- c. congélateurs coffres
- d. autoclaves

4. Le four de table moyen nécessite 208 V à 480 V et plus pour fonctionner à des températures au-dessus de 350°F.

- un. vrai
- b. FAUX

5. Votre atelier devra être correctement ventilé en épuisant _____, _____ et en fournissant de l'air frais.

6. Si vous modernisez une installation existante, l'idéal serait de localiser votre équipement où ?

7. Lequel est le plus lourd ?

- un. poussière de carbone
- b. particules de bois

8. S'il n'est pas possible de garder votre équipement de dépoussiérage confiné dans une « pièce sale », vous devez garder vos processus de meulage, de perçage, de ponçage et de découpe _____ dans votre zone propre autant que possible.

- un. au plus près de
- b. aussi loin de
- c. pas si loin que ça

Un guide complet sur les composites

9. Plus vous planifiez, moins vous économisez.

un. vrai

b. FAUX

10. Si vous êtes limité en espace et que vous n'avez qu'un seul espace commun, vous devriez

11. Il est d'une importance vitale que vos matériaux de transformation et les matériaux composites soient conservés

nettoyer tout au long du processus de mise en place et d'ensachage sous vide.

un. vrai

b. FAUX

12. Le _____ sera l'un des équipements les plus coûteux.

un. congélateur

b. matériel

c. système de durcissement

d. table de découpe

13. Le coût estimé du congélateur d'entrée de gamme est _____.

de a. 3 000 \$ à 8 000 \$

b. 200\$ à 600\$

c. 10 000 \$ à 40 000 \$

14. Le coût estimé des matériaux de niveau avancé _____.

un. 10 000 \$ à 50 000 \$

b. 1 000 \$ à 5 000 \$

c. 5 000 \$ à 10 000 \$

15. Coût budgétaire estimé du niveau intermédiaire a. 140 000 \$ à _____.

380 000 \$

b. 12 400 \$ à 32 600 \$

c. 44 000 \$ à 111 000 \$

Le mandrin de superposition (alias « l'outil »)



5

Objectifs

- A. Explorer vos options d'outillage
- B. Préparation et entretien des outils
- C. Demande d'agent de séparation
- D. La réaction exothermique

Explorer vos options d'outillage

La fabrication de pièces composites est facilitée avec l'outil approprié. Considérez l'outil comme le moule de votre pièce finie. Les outils pour fabriquer des pièces composites peuvent être fabriqués à partir de nombreux matériaux facilement disponibles. Les principaux choix de matériaux : composites (graphite et fibre de verre), métalliques (Invar, aluminium et acier) ou encore plâtre. Chaque option présente des avantages et des inconvénients, en fonction de l'utilisation prévue, de la complexité et des performances des pièces fabriquées avec le outil de choix.

Prenez le temps d'évaluer les coûts associés à la fabrication de l'outillage. Parfois, les coûts d'outillage dépassent la valeur de la pièce fabriquée.

L'un des principaux problèmes à prendre en compte lors de la sélection de l'outil de votre choix est le coefficient de dilatation thermique (CTE). Tous les matériaux ne se dilatent pas et ne se contractent pas au même rythme ni au même degré. C'est pourquoi l'outillage composite convient parfaitement à la fabrication de pièces composites. Le CTE sera très similaire, aidant ainsi la pièce à conserver sa conception dimensionnelle pendant que la dilatation thermique a lieu pendant le cycle de durcissement. Lorsque l'outillage métallique devient le matériau de choix, nous recommandons l'Invar. L'Invar est un alliage de très haute qualité et hautes performances, mais également très coûteux. La plupart des ateliers ne disposent pas de l'équipement ou de l'expertise nécessaire pour fabriquer des outils en Invar. Consultez un atelier d'outillage spécialisé dans ce service.

Tous les matériaux utilisés pour fabriquer votre outil doivent résister au processus de production des pièces, y compris la température de polymérisation. Si par exemple, vous utilisez du graphite 350°F pour fabriquer vos pièces, votre choix d'outil doit résister à des températures supérieures à 350°F. Si vous comptez utiliser un système de résine et des tissus secs pour fabriquer vos pièces, votre outil doit résister aux températures générées lors de la réaction exothermique qui a lieu lors du durcissement du drapage humide.

Avantages de l'outillage souple

L'outillage composite (outillage souple) peut être un bon choix pour votre application pour les éléments suivants

les raisons:

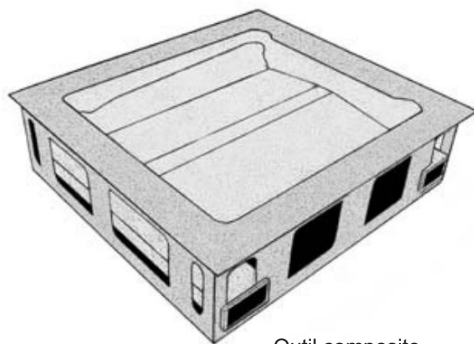
- Rentable : généralement un tiers du coût de l'outillage en aluminium
- Facilement réparé et entretenu en cas de dommage
- Excellent choix pour les processus de durcissement à température ambiante ou à basse température
- Peut être stocké pendant une période prolongée – non corrosif
- Ergonomie : manipulation beaucoup plus légère et plus facile dans et hors du four ou de la climatisation
- Excellent choix pour un prototypage rapide ou une preuve de concept
- La plupart des matériaux de transformation et de fabrication sont facilement disponibles dans votre boutique
- Le coefficient de dilatation thermique des outils composites est comparable à celui de la pièce

Avantages de l'outillage dur

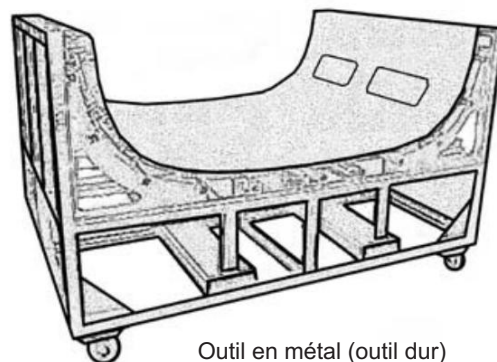
L'outillage métallique (outillage dur) peut être un meilleur choix pour les raisons suivantes :

- Lors de la fabrication d'un outil destiné à la production de masse
- Des systèmes de chauffage électrique intégrés dans l'outil sont requis
- Lorsque la compression du moule à assistance hydraulique est utilisée
- Lorsqu'une surface de haute qualité avec des tolérances serrées est requise (Invar)
- Chaque fois que des températures extrêmement élevées sont utilisées (plus de 400 °F)

Vous vous demandez probablement : pouvons-nous combiner les deux ? La réponse courte est oui : il existe des entreprises qui font exactement cela : fabriquer des outils en graphite composite avec une fine couche d'Invar comme revêtement d'outil. Comme dans toute industrie, de nouveaux matériaux d'outillage sont en constante évolution pour de nouvelles conceptions et processus de fabrication. Aujourd'hui, nous utilisons une multitude de matériaux composites et de méthodes de production qui n'existaient pas il y a cinq ans.



Outil composite
(outil logiciel)



Outil en métal (outil dur)

Préparation et entretien des outils

Quel que soit le matériau d'outillage choisi, l'importance de la préparation et de l'entretien des outils ne peut être surestimée. L'application de l'agent de séparation avant utilisation est appelée préparation de l'outil. L'objectif est de créer une barrière entre l'outil et la pièce. Une application appropriée de l'agent de séparation empêche la pièce et l'outil de se lier ensemble. Pour certaines applications, vous pouvez utiliser des cires automobiles courantes trouvées dans votre magasin de pièces automobiles local. Les cires sont appropriées pour effectuer des cures à température ambiante ou même à basse température. Nous ne recommandons pas l'utilisation de cires à température élevée car la cire peut couler à des températures élevées, permettant ainsi l'adhésion entre la pièce et l'outil. Il existe sur le marché un certain nombre d'agents de séparation de qualité spécialement conçus pour la fabrication de composites. La plupart sont basés sur la chimie des polymères, consistant à mélanger des polymères avec des solutions de support à base de solvants, comme un hydrocarbure aliphatique. Certains sont fabriqués à partir de produits à base de naphta, conçus pour des taux d'évaporation plus rapides et considérablement moins dommageables pour les surfaces composites de vos outils.

Application de l'agent de séparation

Appliquez toujours les agents de séparation conformément aux instructions du fabricant. C'est vraiment essentiel à la réussite de votre projet. Tous les agents de démoulage ne produisent pas les mêmes résultats. Certains agents de démoulage fonctionnent mieux sur les outils en métal ou en plâtre. De nombreux outils nécessitent de cuire les couches initiales de l'agent de démoulage avant d'utiliser l'outil pour la production de superpositions. C'est ce qu'on appelle le conditionnement de l'outil. Une bonne règle de base : durcissez toujours complètement l'outil comme vous avez l'intention de le faire en production. Cela vous permet de voir tous les changements ou défauts qui auraient pu être négligés. N'oubliez pas que la surface de l'outil est l'image miroir de la pièce que vous avez l'intention de produire. Une pièce n'est aussi belle que l'outil. Il est moins coûteux et prend moins de temps de résoudre les problèmes dès maintenant. Il n'y a rien de pire que de subir une panne d'outil pendant le durcissement du produit. Vous avez investi du temps et du matériel dans votre rôle. La dernière chose que vous souhaitez est de le supprimer ou de le retravailler sérieusement. N'oubliez pas que vous retirez d'un outil ce que vous y mettez.



Durcissez toujours complètement l'outil comme vous avez l'intention de le faire lors de la production finale. Cela vous permet de visualiser les défauts ou modifications que vous pourriez avoir négligés. Votre pièce est aussi bonne que votre outil.

Pas à pas

1. Nettoyez la surface de l'outil en éliminant tous les débris et contaminants de toute nature. Le démoulage doit adhérer à la surface de l'outil.
2. Masquez les deux pouces extérieurs du bord de l'outil où vous appliquerez le ruban adhésif pour sac sous vide « le cas échéant ».
3. Appliquez l'agent de séparation sur un chiffon propre, stérile et non synthétique. Attention, les « chiffons de magasin » sont contaminés par des substances inconnues. Les chiffons d'atelier peuvent être nettoyés, mais les agents de blanchiment et les détergents peuvent avoir un effet négatif sur l'efficacité de l'agent de séparation.
4. N'appliquez pas d'agent de séparation directement sur l'outil. Cela peut entraîner une accumulation qui peut être transférée à la pièce pendant le processus de durcissement.

5. Appliquer comme indiqué, en une couche uniforme et continue. Si vous utilisez une bombe aérosol, veillez à ne pas avoir des gouttes et des coulures. Utilisez un chiffon non pelucheux pour nettoyer tout excès de matériau.
6. Attendez comme indiqué entre les couches, en moyenne environ 10 à 15 minutes.
7. Appliquez la deuxième et la troisième couche sur les nouveaux outils. Une fois que l'agent de séparation a complètement séché, vous pouvez polir toute texture pouvant être présente avec un chiffon propre, stérile et non abrasif pour produire une surface polie si vous le souhaitez.
8. Gardez le ruban adhésif appliqué sur le bord de l'outil jusqu'à ce que vous soyez prêt à appliquer le sac sous vide. Ce assurera une surface propre favorisant la meilleure étanchéité possible.

Qu'est-ce qu'une réaction exothermique ?

Les réactions exothermiques libèrent de l'énergie sous forme de chaleur, de lumière, de son ou les trois. Ils se traduisent par un flux de chaleur négatif (la chaleur est perdue dans l'environnement) et une diminution de l'enthalpie. En laboratoire, les réactions exothermiques produisent de la chaleur ou peuvent même être explosives.

L'enthalpie est une mesure de l'énergie totale d'un système thermodynamique. Elle comprend l'énergie interne, qui est l'énergie nécessaire pour créer un système, et la quantité d'énergie nécessaire pour lui faire de la place en déplaçant son environnement et en établissant son volume et sa pression.

L'entropie est une propriété thermodynamique qui mesure l'énergie thermique d'un système par unité de température qui n'est pas disponible pour effectuer un travail utile.

La chaleur est libérée dans l'environnement et le récipient de réaction devient plus chaud et sa température la température augmente.

Le système présente donc une enthalpie plus faible en fin de réaction. Dans la réaction exothermique, l'enthalpie des produits sera inférieure à l'enthalpie des réactifs.

L'énergie inhérente à une substance se présente sous forme d'énergie potentielle. Dans une réaction exothermique, l'énergie potentielle du système diminue à mesure que les réactifs sont convertis en produits.

Puisque l'énergie totale d'un système est toujours conservée, la diminution de l'énergie potentielle entraîne une augmentation de l'énergie cinétique.

Les molécules se déplacent donc plus rapidement et par conséquent la température du système réactionnel augmente.

Les compétences à emporter

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| ___ Cause/Effet | ___ Établissement d'objectifs |
| ___ Problème/Solution | ___ Observer |
| ___ Comparer/Contraste | ___ Originalité |
| ___ Classer | ___ Prédire |
| ___ Idée principale | ___ Raisonnement |
| ___ Évaluation | ___ Précision |
| ___ Séquence | ___ Persistance |
| ___ Motifs | |

Testez vos connaissances : chapitre 5

1. Nommez les trois principaux choix de matériaux :

un. _____

b. _____

c. _____

2. Les avantages et les inconvénients de chaque choix de matériau principal dépendent :

un. utilisation prévue

b. complexité

c. performances des pièces avec l'outil de votre choix

3. CTE signifie _____.

4. L'outillage composite est également connu sous le nom d'outillage _____.

5. Les outils composites ne constituent pas un excellent choix pour les processus de durcissement à température ambiante ou à basse température.

un. vrai

b. FAUX

6. Les outils composites peuvent être stockés pendant une période prolongée – non corrosifs.

un. vrai

b. FAUX

7. _____ est un excellent choix pour un prototypage rapide ou une preuve de concept.

un. outillage métallique

b. outillage composite

8. L'outillage métallique est également connu sous le nom d'outillage _____.

9. L'outillage métallique peut être meilleur lors de la fabrication d'un outil destiné à la production de masse.

un. vrai

b. FAUX

10. L'outillage composite peut être meilleur lorsque la compression du moule à assistance hydraulique est utilisée.

un. vrai

b. FAUX

11. Aujourd'hui, nous utilisons une multitude de matériaux composites et de méthodes de production qui n'existaient pas

_____ il y a des années.

un. 1

b. 50

c. 5

12. L'application du _____ avant utilisation est appelée préparation de l'outil.
13. Il existe sur le marché un certain nombre d'agents de séparation de qualité spécialement conçus pour fabrication positive.
un. vrai
b. FAUX
14. De nombreux outils nécessitent de cuire les couches initiales de l'agent de démoulage avant d'utiliser l'outil pour la superposition. production. Ceci est appelé _____ l'outil.
15. Un _____ n'est aussi beau que l'outil.
un. congélateur
b. outil
c. partie
16. Lors du nettoyage de la surface de l'outil, vous devez _____.
17. N'appliquez pas d'agent de séparation directement sur l'outil. Pourquoi?
18. Lorsque des réactions chimiques ont lieu, de l'énergie est libérée sous forme de _____, _____, _____, ou _____.
19. Les réactions exothermiques sont celles où le système produit _____.
un. glace
b. vent
c. chaleur
20. Dans les réactions exothermiques, l'enthalpie des produits sera inférieure à l'enthalpie de les réactifs.
un. vrai
b. FAUX

Ingénierie et planification



Objectifs

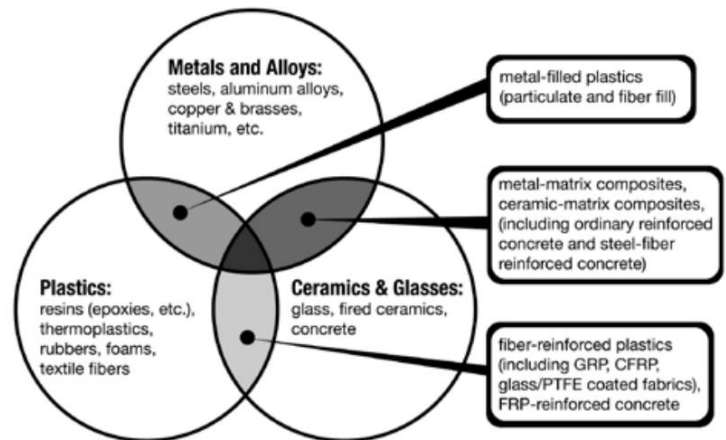
- A. Caractéristiques techniques
- B. Composition des fibres et des matériaux
- C. Orientations et résistance des plis
- D. Composition équilibrée
- E. Fonctions matricielles
- F. Processus de planification

Alors, quel sera votre nouveau produit composite lorsqu'il grandira ? Une force énorme lui sera-t-elle appliquée ? Cette force sera-t-elle dans une seule direction ou multidirectionnelle ? Est-ce que quelqu'un avec des talons hauts va danser toute la nuit dessus ? Qu'en est-il de l'exposition aux éléments tels que la chaleur, l'humidité, les cycles de gel/dégel ? Est-ce qu'il va être battu sur les bords comme un skateboard ou supporter le poids d'un avion ? Une longue liste de questions doit être abordée avant de commencer à élaborer votre preuve de concept (POC). Une fois que vous avez défini la vision de votre produit et les exigences de l'utilisateur final, il est temps de passer à l'ingénierie.

Ingénierie Caractéristiques

Du point de vue de l'ingénieur, le terme « composites » couvre une classe de matériaux qui comprend les plastiques, les céramiques et les métaux. Certains des avantages et inconvénients fondamentaux sont discutés ci-dessous.

- Les plastiques sont de faible densité ; bonne résistance chimique à court terme ; très mauvaise stabilité thermique ; sujets à la dégradation de l'environnement ; propriétés mécaniques inférieures ; facilement fabriqué et assemblé.
- Les céramiques sont de densités variables ; grande stabilité thermique ; résistant à la plupart des dégradations environnementales ; rigidité et résistance supérieures ; fragile et difficile à former ou à façonner.
- Les métaux ont une densité moyenne à élevée ; bonne stabilité thermique ; haute résistance à la dégradation, très difficile ; facile à façonner et à assembler.



Lorsque nous parlons d'ingénierie à un niveau très élémentaire, nous voulons savoir comment un matériau donné se comporte sous diverses charges. Les cinq charges les plus fondamentales qui préoccupent les ingénieurs :

- Traction

Une mesure du stress par rapport à la tension.



- Compression

Une mesure de la résistance des substances à une compression uniforme.



- Flambage

Rupture soudaine d'un élément structurel soumis à une contrainte de compression élevée.



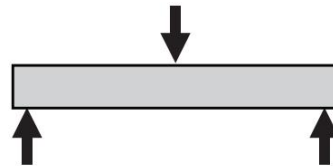
- Cisaillement

Déformation d'un solide lorsqu'il subit une force parallèle à l'une de ses surfaces tandis que sa face opposée subit une force opposée.



- Pliant

Comportement d'un élément structurel élastique soumis à une charge externe appliquée perpendiculairement à un axe longitudinal de l'élément. Également appelé flexion.



Il existe d'autres tests secondaires utilisés par les ingénieurs de conception, tels que la teneur en vides, la teneur en résine et le pelage. Les ingénieurs utilisent ces tests à leur avantage pour créer des structures. Nous devons suffisamment bien comprendre le comportement du matériau pour pouvoir prédire ses performances à court et à long terme. Heureusement, il existe des méthodes d'essai standardisées telles que celles développées par l'ASTM qui traitent toutes les charges susmentionnées. Il convient toutefois de noter que la défaillance d'un composite est presque toujours un processus complexe. Il est très rare que nous puissions identifier une seule cause isolée en cas de panne.

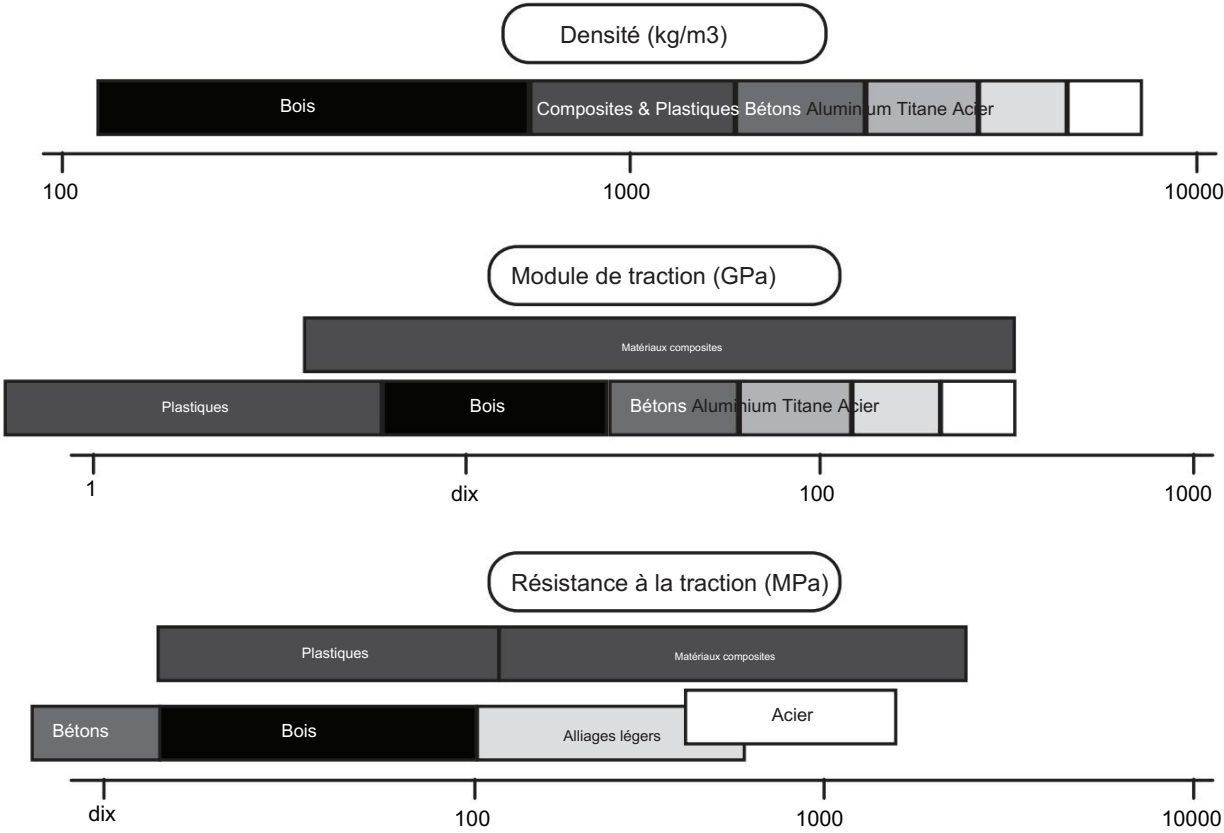


Figure 8. Comparaison de diverses caractéristiques des matériaux

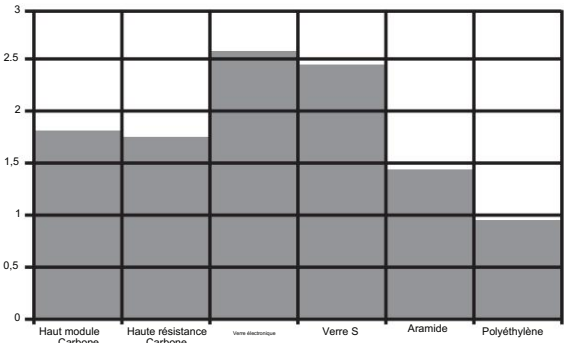


Figure 9. Propriétés relatives – densité

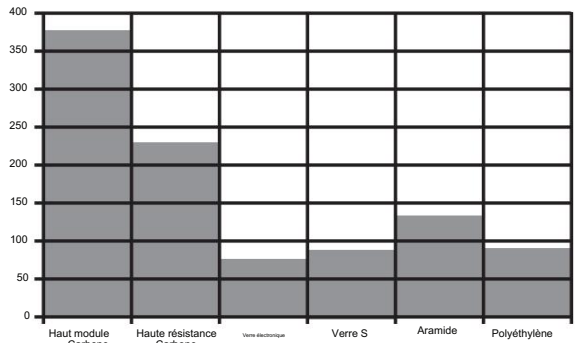


Figure 10. Propriétés relatives – module

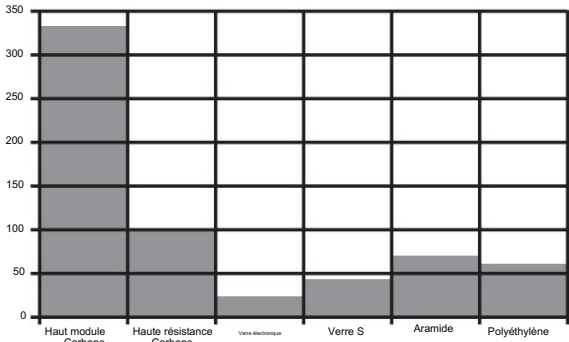


Figure 11. Propriétés relatives – coûts

Styles de tissus

Les fibres utilisées dans la fabrication de composites avancés se présentent sous diverses formes, notamment :

- Fils
- Roving
- Brins coupés
- Étoffe tissée
- Tapis

Les fibres de renfort peuvent être tissées dans des tissus. Les fibres circulent-

Les fibres qui se trouvent sur toute la longueur d'un rouleau sont appelées fibres de chaîne, et celles qui se trouvent sur toute la largeur sont appelées fibres de trame. Il existe plusieurs styles de tissus différents couramment utilisés dans l'industrie des composites.

Armure toile

Les fibres de chaîne sont entrelacées chaque fois qu'elles croisent les fibres de trame, comme le montre la figure 12. Le tissu résultant est très stable mais difficile à draper en cas de changements brusques de profil.

Les tissus à armure toile peuvent être tissés avec un équilibre important de fibres dans le sens de la chaîne, ce qui donne un format presque unidirectionnel.

Tissage sergé

Avec un tissage sergé, les interceptions sont compensées par un faisceau de fibres créant un motif diagonal en « chevrons ». Les tissus à armure sergée ont un tissage beaucoup plus ouvert, se drapant facilement et s'adaptant à des profils complexes.

Tissage satiné

Dans une armure satin, un faisceau de fibres passe sur un certain nombre de faisceaux de fibres puis sous un faisceau de fibres, produisant un tissu beaucoup plus plat qui peut être facilement drapé sur un profil de surface complexe. Cependant, du fait de la construction, les tissages satin sont déséquilibrés (tissu dont une face est constituée principalement de fibres de chaîne tandis que l'autre est principalement constituée de fibres de trame). Le déséquilibre qui en résulte doit être pris en compte dans un stratifié construction et il est normal d'inverser les plis autour de l'axe neutre du stratifié.

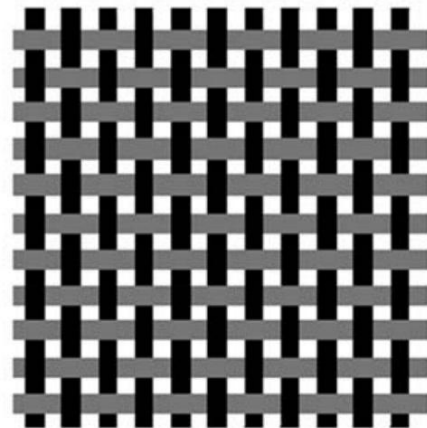


Figure 12. Armure toile

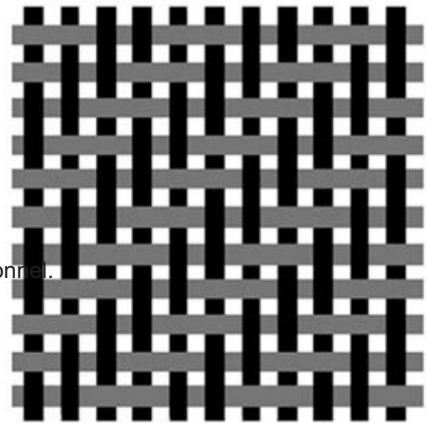


Figure 13. Tissage sergé

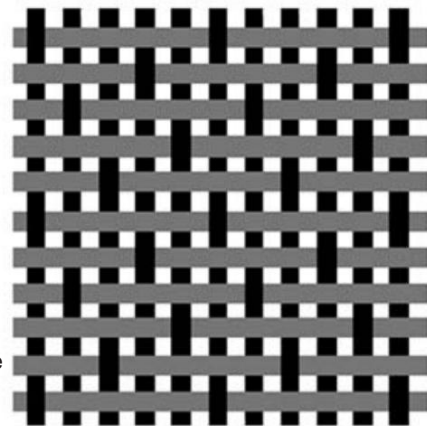


Figure 14. Tissage satiné

Orientations et résistance des plis

Les composites sont rarement utilisés sous une forme unidirectionnelle, car l'un de leurs principaux attributs est que les fibres peuvent être disposées pour offrir des propriétés spécifiques dans une direction souhaitée. Ainsi, dans n'importe quel stratifié structural donné, des proportions prédéterminées des plis unidirectionnels seront disposées selon un certain angle spécifique par rapport à la direction de contrainte.

De nombreux matériaux techniques, qu'ils soient métalliques, plastiques ou céramiques, sont généralement considérés comme isotropes : ils ont les mêmes propriétés dans toutes les directions mesurées. Le bois, quant à lui, est anisotrope : ses propriétés de résistance sont unidirectionnelles. Les composites isotropes sont généralement obtenus par orientation aléatoire des fibres. Cependant, en fonction des performances et des propriétés requises du produit, la procédure la plus courante pour produire des stratifiés hautes performances consiste à empiler des groupes de stratifiés monocouches positionnés à différents angles les uns par rapport aux autres. La séquence d'empilement est décrite de la manière suivante :

1. (0)12 : un composite unidirectionnel à 12 plis.
2. (0,90)2s—un stratifié à plis croisés avec quatre paires de stratifiés 0/90° disposées symétriquement (indiqué par le « s ») (0,90,0,90,90,0,90,0) .
3. [(±45,0,2,90)2]s - un stratifié quasi-isotrope à 24 plis disposés symétriquement (+45,-45,0,0,90,90,+45,-45, 0,0,90, 90,90,90,0,0,-45,+45,90,90,0,0,-45,+45), les plis externes ±45 offrant une protection contre les dommages causés par les impacts.



L'ingénierie structurelle dépend d'une connaissance détaillée des charges, de la physique et des matériaux pour comprendre et prédire comment les structures supporter et résister aux charges.

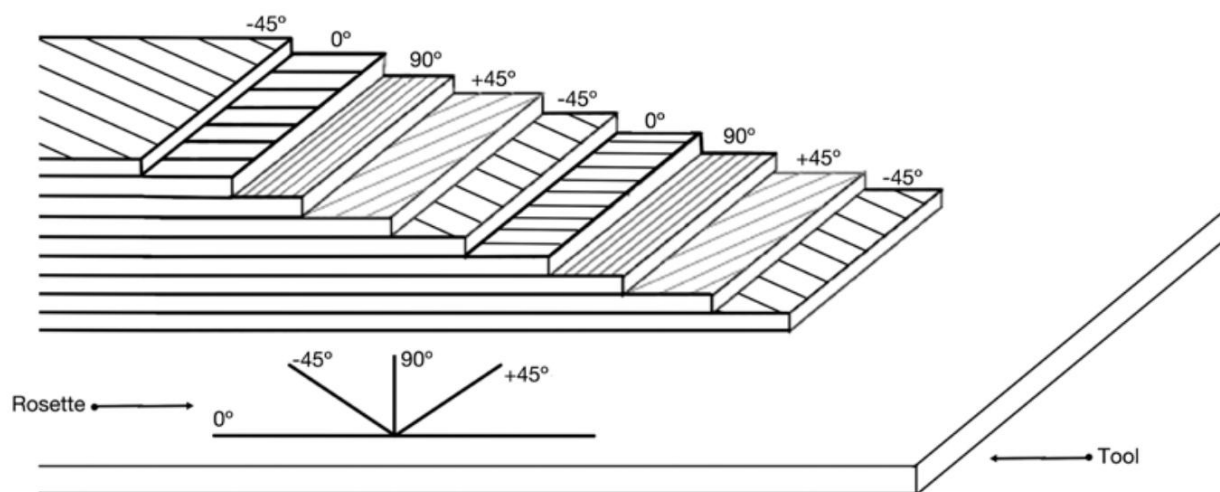


Figure 15. Orientations des plis dans un drapage équilibré

Lay-ups équilibrés

La plupart des stratifiés composites avancés, mais pas tous, sont composés du même matériau de la même épaisseur. Lorsque le drapage contient un nombre égal de plis dans chaque orientation, on parle de drapage équilibré. Les stratifiés dont les plis de chaque côté d'un plan médian correspondent à la fois en termes de matériau et d'orientation sont décrits comme symétriques. L'un des avantages de ces stratifiés est qu'ils restent plats après durcissement et pendant la déformation. Pour cette seule raison, les stratifiés symétriques sont préférés par la plupart des fabricants et ingénieurs. Cependant, des stratifications de stratifiés spécialement adaptées peuvent produire un matériau qui fournira de la résistance ou des caractéristiques de forme.

caractéristiques dans les domaines souhaités.

Styles de renfort

Les faisceaux de fibres à eux seuls n'ont pratiquement aucune valeur pour un ingénieur. Lorsqu'une matrice ou un liant est ajouté à l'ensemble, plusieurs fonctions sont remplies et la plupart sont vitales pour les performances d'utilisation finale.



Planification. Une bonne planification est la clé de la réussite de tout projet. Tenez toujours compte du résultat souhaité et des ressources disponibles. ressources.

Fonctions de la matrice

La matrice lie les fibres ensemble, les maintenant alignées dans les directions de contrainte les plus importantes. Les fibres peuvent désormais agir comme le principal composant porteur, permettant au composite de résister à nos charges : traction, compression, flexion et cisaillement.

La matrice doit également isoler les fibres les unes des autres afin qu'elles puissent agir comme des entités distinctes.

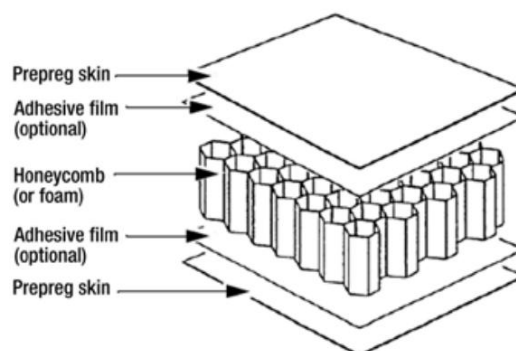
De nombreuses fibres de renforcement sont des solides fragiles de résistance variable. Il est intéressant de noter qu'en tant que fibres fines, elles sont plus résistantes qu'une version monolithique d'elles-mêmes. De plus, l'agrégat de fibres ne subit pas de défaillance catastrophique et est moins variable que celui d'une tige monolithique de capacité portante équivalente. Cependant, ces avantages en matière d'agrégat de fibres ne sont obtenus que si la matrice sépare les fibres les unes des autres de manière à ce que les fissures ne puissent pas traverser sans entrave les séquences de fibres. fibres en contact.

- La matrice doit protéger les filaments de renforcement des dommages mécaniques (par exemple, abrasion). sion) et des attaques environnementales.
- Une matrice ductile ou malléable fournira un moyen de ralentir ou d'arrêter les fissures qui pourraient provenir de fibres cassées : à l'inverse, une matrice fragile peut dépendre du fait que les fibres agissent comme des bouchons de fissures dans la matrice.
- Par la qualité de son « adhérence » sur les fibres (la force de liaison interfaciale), la matrice peut également constituer un moyen important pour augmenter la ténacité du composite.
- Le potentiel de renforcement d'un matériau donné dépendra dans une certaine mesure de sa capacité pour exécuter tout ou partie de ces fonctions matricielles, mais il y a souvent d'autres considérations à prendre en compte.

Composites hybrides

Peut-être que votre conception nécessite une approche structurelle différente. Les composites peau-noyau sont courants dans l'aérospatiale, la construction et dans de nombreux autres secteurs.

Le noyau joue le même rôle que l'âme d'une poutre en I et ne doit supporter que des forces de cisaillement. Les couches extérieures de la peau supportent les principales forces de traction et de compression. L'âme peut être une mousse polymère structurelle ou un nid d'abeilles en papier ou en métal.



Le processus de planification

Récapitulons quelques principes fondamentaux du composite alors que vous commencez les délibérations sur la conception.

1. Les charges seront transportées dans la même direction que le alignement des fibres.
2. Dans une construction sandwich, les parements supportent la charge dans la direction qui se situe à l'intérieur du plan du parement. Les charges dans d'autres directions seront supportées par le noyau (après avoir traversé le parement).
3. Le sertissage—qui résulte des fibres d'un tissu tissé. ric qui se superposent et se superposent – peuvent entraîner une réduction de la résistance de 5 à 10 pour cent.
4. En elle-même, la résine est beaucoup plus faible en résistance et rigidité que les fibres. Tout excès au-delà de ce qui remplit les espaces restreints entre les fibres emballées réduira également le profil final de résistance et de rigidité.
5. Lorsque des bulles d'air restent emprisonnées dans le composite, elles réduisent les propriétés mécaniques globales. Selon certaines sources, seulement deux ou trois pour cent de ces vides peuvent dégrader la résistance de 10 à 20 pour cent.

Résumé de la planification

- Conception du produit
- Déterminer les exigences d'utilisation finale
- Évaluation/sélection des matériaux
- Décisions d'orientation des plis
- Tests standardisés
- Exigences de tests spéciales
- Tests de prototypes
- Preuve de concept
- Production

Les compétences à emporter

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| ___ Cause/Effet | ___ Établissement d'objectifs |
| ___ Problème/Solution | ___ Observer |
| ___ Comparer/Contraste | ___ Originalité |
| ___ Idée principale | ___ Prédire |
| ___ | ___ Raisonnement |
| ___ Évaluation | ___ Précision |
| ___ Séquence | ___ Persistance |
| ___ Modèles | |

Testez vos connaissances : chapitre 6

1. Nommez trois types différents de matériaux ainsi que leurs avantages et inconvénients.

- a. _____
- b. _____
- c. _____

2. Nommez cinq formes différentes de fibres utilisées dans la fabrication de composites avancés.

- a. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____
- e. _____

3. Les fibres s'étendant sur toute la longueur d'un rouleau sont appelées fibres _____, et celles qui s'étendent sur toute la longueur d'un rouleau sont appelées fibres _____.
_____ sur toute la largeur, fibres de trame.

4. _____ les tissus tissés ont un tissage beaucoup plus ouvert, se drapant facilement et se conformant à
profils complexes.

5. Les tissages satinés sont déséquilibrés.

- a. vrai
- b. FAUX

6. Le _____ composite doit remplir plusieurs fonctions.

7. La matrice _____ les fibres ensemble, les maintenant alignées dans les zones de contrainte importantes
directions.

- a. cravates
- b. enveloppements
- c. chaleurs
- d. lie

8. À quels types de charges de conception les composites sont-ils capables de résister ?

- a. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____

9. La matrice doit également _____ les fibres les unes des autres afin qu'elles puissent agir comme des
entités.

10. Un _____. La matrice fournira un moyen de ralentir ou d'arrêter les fissures qui pourraient avoir provenait de fibres cassées.
11. Un _____. La matrice peut dépendre du fait que les fibres agissent comme des bouchons de fissures dans la matrice.
12. Afin de faire bon usage des matériaux d'ingénierie, nous n'avons pas besoin de comprendre leur comportement suffisamment bien pour prédire la performance à la fois à court terme et à long terme.
- un. vrai
- b. FAUX
13. La défaillance des composites est presque toujours un processus complexe.
- un. vrai
- b. FAUX
14. Énumérez trois principes fondamentaux composites à prendre en compte dans le processus de conception.
- un. _____
- b. _____
- c. _____
15. Le bois n'est pas un exemple de matériau anisotrope.
- un. vrai
- b. FAUX
16. Les _____ multicouches sont généralement, mais pas toujours, constituées de rangées régulières de couches de le même matériau et de même épaisseur.
17. Les structures cutanées sont courantes dans les structures _____.
- un. ventes
- b. la photographie
- c. ingénierie D.
- courses
18. L'utilisation de tissus _____ comme matériau de renforcement présente de nombreux avantages pratiques.
19. _____ est une cause majeure de défaillance dans les composites stratifiés.
20. Qu'est-ce qui rend les composites si résistants ?
- _____
- _____
- _____
- _____

Examen des matériaux

7

Objectifs

- A. Acheter les bons produits pour la bonne application
- B. Maintien des stocks et gestion de la durée de conservation
- C. Stockage et manutention du matériel
- D. Préparation du matériel pour votre candidature

Achat de matériaux composites avancés

Disponibilité

Les tissus et films composites sont fabriqués sur commande dans la majorité des cas. Veuillez noter qu'il existe un nombre minime de fabricants dans le monde produisant des matériaux conçus pour les différentes industries qui utilisent des tissus et des films composites préimprégnés. Prepreg est l'abréviation de matériau de renforcement pré-imprégné. Les préimprégnés sont saturés de résine et généralement conservés congelés jusqu'à leur utilisation. Certains fabricants font appel à des distributeurs pour :

- Action
- Reconditionner
- Distribuer du matériel

Le recours à des distributeurs rend les tissus et films composites facilement disponibles sur le marché libre.

Mais dans l'ensemble, ces matériaux sont formulés en gros lots. Par conséquent, il est parfois difficile de localiser de petites quantités de catégories particulières de matériaux en raison de :

- La disponibilité des matières premières
- Coût de mise en place dans les délais au niveau des fabricants
- Retard de production

Il est fortement conseillé et extrêmement important de prévoir vos besoins en matériaux 30 à 60 jours avant de démarrer un projet.

Compatibilité

Assurez-vous toujours que le matériel acheté est compatible avec l'autre matériel utilisé dans le projet désigné. Par exemple, si vous prévoyez d'utiliser une fibre de verre à 350°F (préimprégné sur un nid d'abeille Nomex®), il est impératif d'acheter également un film adhésif à 350°F pour garantir

bonne adhérence de la fibre de verre au noyau. Sachez que les préimprégnés sont conçus pour des applications spécifiques et nécessitent une compatibilité spécifique avec d'autres matériaux de contact.

Le problème de compatibilité s'applique également à tout autre matériau utilisé dans l'atelier de composites, comme les rubans, les films et les reniflards.

Il existe une vaste gamme de matériaux disponibles sur le marché, allant des produits très peu coûteux aux produits extrêmement coûteux. Gardez à l'esprit que tous les matériaux ne fonctionnent pas ou ne se comportent pas de la même manière. En général, un film plastique bon marché provenant d'une quincaillerie locale peut très bien fonctionner comme sac sous vide lors d'une pose humide à température ambiante. Cependant, si ce film plastique bon marché entre en contact avec certains produits chimiques, le film peut fondre, provoquant temps d'arrêt sur votre projet. Cela est également vrai si ce même film est accidentellement utilisé sur une pièce et par conséquent placé dans un four à haute température, le film fondra, ce qui rendra le composant inutilisable. Je ne saurais trop insister sur la diligence raisonnable pour garantir que le matériau et le processus utilisés pour produire le produit final sont compatibles.

Standardisez les matériaux que vous choisissez d'apporter dans votre installation. Disons que votre atelier réalisera des projets allant des couches humides à température ambiante à la fabrication de préimprégnés à 350°F.

Vous bénéficierez de la standardisation de tous les achats pour acheter uniquement des matériaux capables de dépasser 400°F.

Soyez informé de toutes les exigences de stockage avant de passer toute commande d'achat. Vous ne voudrez peut-être pas acheter un rouleau de fibre de verre congelé si votre congélateur ne mesure que 50" de large. Un projet peut survenir qui nécessitera l'utilisation de l'un des nombreux systèmes de résine ou des nouveaux apprêts écologiques à base d'eau disponibles sur le marché. Ces systèmes et amorces nécessitent un stockage réfrigéré. Disposez-vous d'un stockage réfrigéré adéquat pour stocker l'inventaire requis ? Confirmez que vous êtes en mesure de répondre aux exigences de stockage pour les matériaux que vous avez achetés. Connaissez votre capacité de stockage et vos limites.

L'essentiel : sachez ce que vous achetez avant d'acheter le matériau désigné et garantisiez la compatibilité de tous les matériaux à utiliser dans le processus de production. Si vous choisissez de gérer un inventaire mixte (par exemple, des matériaux à haute température et à basse température), assurez-vous de conserver les articles correctement étiquetés « Haute température »/« Basse température ». En fait, une excellente règle de base consiste à séparer ces matériaux aux extrémités opposées du congélateur. En terminant, ne mélangez pas aliments et produits chimiques dans le même espace de stockage !



La compatibilité est extrêmement importante. Étiquetez toujours correctement les matériaux à haute et basse température pour éviter l'échec du projet.

Maintien des stocks et durée de conservation des stocks

La tenue de votre inventaire est réalisée grâce à l'utilisation d'un journal de bord des matériaux. Le journal de bord peut être stocké sur un ordinateur et/ou conservé dans un classeur. Le journal de bord doit être situé à proximité du point d'utilisation. Par exemple, un excellent emplacement pour le journal de bord est à proximité du congélateur où le matériel est stocké.

Le journal de bord du matériel doit contenir les informations suivantes :

1. Feuille de registre des matériaux – La feuille de registre doit inclure :

- Numéro d'article
- Description
- Quantité
- Date d'expiration

La feuille de journal garde une trace du temps accumulé pendant lequel le matériau est entré et sorti du congélateur, ainsi que la quantité de stock restant en stock.

2. Fiche technique du fabricant – Le MTDS est une référence rapide aux recommandations des fabricants sur la durée et la température impliquées dans le cycle de durcissement. La fiche technique comprend également d'autres données qui pourraient vous être utiles dans des applications particulières.

3. Notes – Prenez des notes sur les succès ou les échecs des processus ou des procédures, en ce qui concerne votre projets de travail.

4. Fiche signalétique — Conservez une copie de la fiche signalétique dans le journal des matériaux pour une utilisation rapide référence.

Tous les magasins composites doivent maintenir et gérer la durée de conservation d'un niveau de stock de qualité suffisant. Lors de la planification de futurs projets composites, vous devez être en mesure de surveiller avec précision les facteurs suivants de votre inventaire : • Qualité

• Quantité

• Durée de conservation



Fabricant
Fiche technique
ou MTDS est une
excellente ressource
d'informations sur tous
les aspects des
matériaux que vous utilisez.

L'évaluation de votre inventaire grâce à l'utilisation d'un journal de bord apportera de l'efficacité à vos processus et procédures. Faire une estimation éclairée de la qualité et de la quantité du matériau finira par entraîner des temps d'arrêt coûteux. Les temps d'arrêt peuvent potentiellement coûter des centaines de dollars ou, pire encore, vous coûter la perte de clients précieux.

Stockage et manutention des matériaux

Le stockage de vos matériaux composites avancés doit être conforme à la MTDS et à toute spécification applicable. Comprenez que les recommandations sont exactement cela : de simples recommandations. La plupart des fabricants indiquent la durée de conservation du matériau sur leur fiche technique.

Par exemple, la fiche technique d'un fabricant peut indiquer de stocker le matériau à 0 °F pendant 450 jours à compter de la date d'expédition. Il est important de comprendre que cela ne signifie pas que le matériau se transformera en pierre le 451^{ème} jour. Les informations figurant sur la fiche technique sont simplement la déclaration du fournisseur de matériau qui définit la durée de conservation recommandée par le fabricant. N'oubliez pas que les fabricants ont pour mission de vendre davantage de matériaux.

Le matériau utilisé dans un atelier doit satisfaire ou dépasser des exigences spécifiques dans trois domaines :

- Qualité du produit final
- Intégrité structurelle du produit final
- Objectifs de traitement et buts associés

Si les trois critères ci-dessus sont remplis, le matériau que vous utilisez reste un excellent choix.

Les préimprégnés composites sont un excellent exemple d'article dont la durée de conservation est contrôlée. Portez une attention particulière à votre inventaire disponible et tenir un journal de bord sur toutes les marchandises périssables. Ceci étant dit, pas tous les composites sont les mêmes. Les composites sont comme des produits frais ou un gallon de lait. De nombreux composites ont des dates de péremption différentes. Notez que différentes industries maintiennent des normes variées pour maintenir la durée de conservation et les conditions de stockage des composites. Connaître les normes de matériaux liées à votre industrie spécifique.

(Pour un calendrier précis de la durée de conservation des matériaux, voir l'Annexe B.)

Exemples d'exigences composites variées de l'industrie :

Industrie aérospatiale—L'industrie aérospatiale a des exigences très strictes sur tous les aspects de gestion avancée des matériaux composites. Ces exigences incluent des tests approfondis effectuée par le fournisseur de matériel avant l'expédition du matériel. Les avionneurs effectuent ensuite des tests complémentaires dès réception du matériel. Les tests visent à vérifier que le matériau répond à toutes les exigences définies dans les spécifications matérielles du fournisseur. Le stockage et la durée de conservation des matériaux sont suivis à l'aide de logiciels informatiques sophistiqués. Les logiciels sont conçus pour suivre chaque lot de matériel reçu du fournisseur. Tous les matériaux sont méticuleusement traités et vérifiés tout au long de la fabrication processus. L'une des principales raisons de maintenir la qualité du matériel dans votre inventaire disponible est de maintenir adéquatement la durée de conservation. Lorsque l'on considère le produit final et le fait que ces composites volent à 30 000 pieds à des vitesses supérieures à 500 MPH, la qualité est primordiale.

Industrie générale : lorsque les produits finaux ne sont pas aussi critiques qu'un composant de vol principal, les exigences en matière de matériaux sont définies sur un spectre beaucoup plus large, permettant une tolérance plus élevée en matière de performances des matériaux. L'objectif principal de nombreux produits industriels se résume simplement à la performance. Les produits industriels ne sont généralement pas tenus de respecter les normes cosmétiques, mais ils doivent cependant respecter ou dépasser les normes de performance. Dans le Dans l'industrie automobile, l'utilisation des composites concerne principalement des applications non structurelles. Fin

les produits intégrant des composites dans les applications industrielles générales mettent davantage l'accent sur les aspects visuels ainsi que sur les caractéristiques de performance.

Considérez ce scénario : vous construisez une pièce particulière pour un client et le client exige que vous produisiez les pièces avec des matériaux qui répondent à des spécifications de matériaux très spécifiques. Ces spécifications seraient définies soit dans la spécification du processus, soit dans la spécification du matériau.

Le facteur limitant la durée de conservation du matériau pour le produit du client sera déterminé par l'un des trois facteurs suivants :

- 1. La date d'expédition
- 2. La date à laquelle le matériel a été reçu
- 3. La date de fabrication du matériau

En fin de compte, ce scénario dépend fortement des spécifications des matériaux indiquées par le fabricant et des exigences du processus avec lequel vous travaillez.

Tableau 5. Feuille de registre des matériaux.

ID MATÉRIEL/NUMÉRO DE PIÈCE/NUMÉRO DE ROULEAU.								
DESCRIPTION DU MATÉRIEL								
FOURNISSEUR								
QUANTITÉ								
EXP. DATE								
CONGÉLATEUR SORTI	CONGÉLATEUR ENTRÉ	DEHORS TEMPS	TOTAL	PROJET	QTÉ. CONSOMMÉ	QTÉ. RESTANT	ROULEAU NO.	INITIALES
DATE/HEURE	DATE/HEURE		DEHORS TEMPS					



Le journal des matériaux est un outil clé dans la gestion de l'inventaire des matériaux et de leur durée de conservation.

Traitement du matériel reçu

La manutention commence dès la réception initiale du ou des matériaux. Une fois les informations sur le matériau enregistrées dans le journal de bord des matériaux, préparez le matériau dans la taille et les quantités qui répondent le mieux aux applications du produit. Assurez-vous que tout le matériel est emballé et étiqueté correctement. Identifiez le numéro de pièce du matériau, la quantité, la description et la date d'expiration à l'extérieur de l'emballage du matériau.

Vérifiez que tout le matériel est scellé dans un sac en polytub de 6 mil avec un déshydratant.

L'ajout du déshydratant aide à absorber toute humidité pouvant être présente dans le sac scellé. L'étape suivante consiste à placer le produit emballé et scellé au congélateur.



Pour éviter les échecs de processus, décongelez TOUJOURS votre matériau correctement.

Placez tous les rouleaux pesant plus de 20 livres sur des grilles de support au congélateur. Les supports empêchent les rouleaux de former un côté plat pendant le processus de congélation. Une déformation d'un rouleau peut entraîner des problèmes de traitement lorsque le matériau est utilisé sur de futurs projets. Le matériel en kit plat peut être stocké au congélateur sur une surface plane et uniforme. Une fois le matériau complètement congelé, vous pouvez choisir de l'empiler ou de le stocker verticalement pour minimiser l'espace de stockage. À ce stade, catégorisez votre congélateur en stockant le matériau à basse température à une extrémité et le matériau à haute température à l'autre extrémité.

Effectuer cette tâche organisationnelle dès le début contribuera à rationaliser vos processus et à accroître l'efficacité opérationnelle. Vous en ressentirez les avantages lorsque vous extrayez du matériel pour un futur projet et serez en mesure de localiser facilement le matériel requis.

Préparer le matériel pour votre candidature

AVERTISSEMENT : le matériau doit être décongelé avant d'être exposé à la température ambiante !

AVERTISSEMENT—En aucun cas le matériau ne doit être placé dans le four pour accélérer la décongélation. processus!

Retrait du matériel du stockage au congélateur

L'un des détails les plus importants à connaître lors de la manipulation de matériaux composites avancés est le processus de décongélation. Il est impératif que tout le matériel congelé soit ramené à température ambiante avant d'ouvrir le sac de matériau. L'ouverture du sac expose le matériau à la température ambiante.

La raison de ce processus de décongélation spécifique est d'éliminer la possibilité que le matériau absorbe de l'humidité en raison de la différence de température entre le matériau et l'air ambiant. Un signe typique d'absorption d'humidité est l'apparition d'un flocon de neige sur le pli de surface. Bien souvent, le processus de décongélation est considéré comme une exigence non essentielle, mais il n'en reste pas moins qu'une décongélation inappropriée est l'une des causes les plus courantes de nombreux échecs de processus, notamment le délaminage et la porosité. Une décongélation incorrecte entraînera des défaillances des processus externes et internes.

Par conséquent, le matériau doit être décongelé à une température égale ou inférieure à 75 °F. Une fois que le matériau a été retiré du congélateur et qu'il a été suffisamment décongelé à température ambiante, placez votre main sur le rouleau pendant cinq secondes. Retirez votre main et recherchez des traces de buée sur le sac en nylon. S'il y a de la buée, cela signifie que le matériau est encore gelé et qu'il a besoin de plus de temps avant d'ouvrir l'emballage. Dans le cas de rouleaux de matériau décongelés, placer des supports aux extrémités du rouleau. Placer les rouleaux congelés sur des supports permet à l'air de circuler librement autour du rouleau pour accélérer le processus de décongélation.

Si le matériau est divisé en unités plus petites, ces unités fondront plus rapidement en raison d'un rapport surface/masse plus élevé. C'est pourquoi séparer le matériel reçu en unités plus petites vous sera utile lorsque viendra le temps de décongeler le matériel nécessaire. Pour prendre le temps de séparer le matériau en unités plus petites, une pile de 10 piles de film adhésif décongèlera en 15 minutes à 75 °F. Un rouleau complet de film adhésif peut mettre 4 à 6 heures à décongeler à la même température. Une pièce de qualité commence par un matériau de qualité stocké et manipulé correctement.

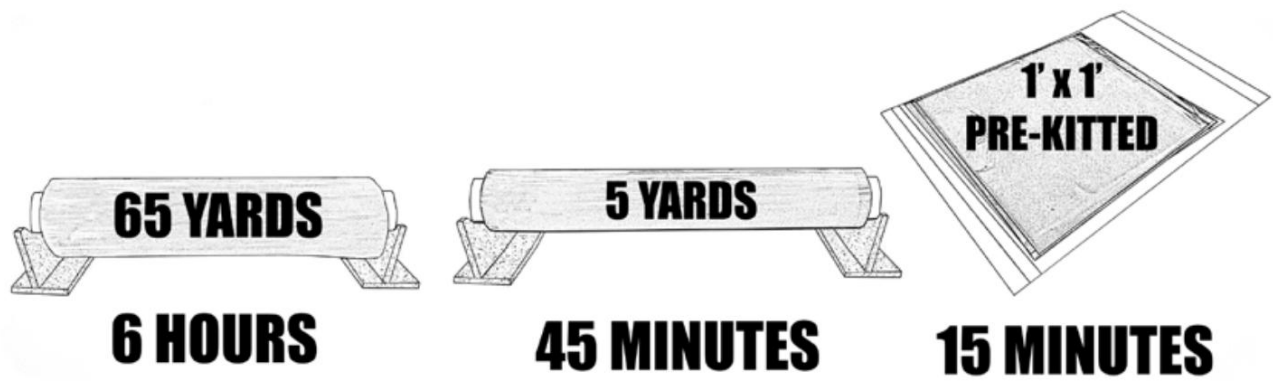


Figure 16. Temps de décongélation estimés

Les compétences à emporter

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Cause/Effet | <input type="checkbox"/> Établissement d'objectifs |
| <input type="checkbox"/> Problème/Solution | <input type="checkbox"/> Observer |
| <input type="checkbox"/> Comparer/Contraste | <input type="checkbox"/> Originalité |
| <input type="checkbox"/> Classer | <input type="checkbox"/> Prédire |
| <input type="checkbox"/> Idée principale | <input type="checkbox"/> Raisonnement |
| <input type="checkbox"/> Évaluation | <input type="checkbox"/> Précision |
| <input type="checkbox"/> Séquence | <input type="checkbox"/> Persistance |
| <input type="checkbox"/> Motifs | |

Testez vos connaissances : chapitre 7

1. Prepreg est l'abréviation de _____.
2. Les difficultés à localiser de petites quantités d'un matériau particulier sont dues à toutes les réponses ci-dessous, sauf :
 - un. la disponibilité des matières premières
 - b. coût des matières premières
 - c. coût de mise en place dans les délais au niveau du fabricant
 - d. retard de production chez le fabricant
3. Il convient de prévoir les besoins matériels _____ avant de démarrer un projet.
 - un. 15 à 30 jours
 - b. 30 à 60 jours
 - c. 60 à 90 jours
 - d. 90 à 120 jours
4. Si des matériaux à basse température et à haute température sont stockés dans le même congélateur, comment le les matériaux doivent-ils être stockés ?
5. Le journal de bord du matériel doit être situé à proximité de :
 - un. le congélateur
 - b. la table de découpe de matériaux
 - c. la table de dégel
 - d. la zone de stationnement
6. Le journal de bord du matériel doit contenir les informations suivantes.

7. La fiche technique du fabricant (MTDS) est une référence rapide aux spécifications du fabricant.
recommandations sur la durée et la température impliquées dans le cycle _____.
8. Quels sont les 3 facteurs qui doivent être strictement surveillés concernant l'inventaire lors de la planification de futurs projets composites ?

9. Le stockage de vos matériaux composites avancés doit être conforme avec le MTDS.

- un. vrai
- b. FAUX

10. Les composites sont un _____ - _____ article contrôlé.

11. Dans l'industrie aéronautique, les exigences sur tous les aspects des matériaux composites avancés gestion sont définies sur un large spectre permettant une plus grande tolérance de performance des matériaux.

- un. vrai
- b. FAUX

12. Le facteur limitant de la durée de conservation du matériau pour un produit sera déterminé par trois facteurs sauf : a. la

- date d'expédition
- b. la date à laquelle le matériel a été reçu
- c. la date à laquelle le matériau a été fabriqué
- d. La date à laquelle le matériel a été stocké.

13. La maintenance commence lorsque le matériau est _____.

14. Une fois le matériel reçu et emballé pour le stockage, quelles informations doivent figurer sur l'emballage du matériel ?

15. Un déshydratant doit toujours être placé avec un matériau qui doit être scellé dans un tube en polyéthylène de 6 mil. sac pour le rangement.

- un. vrai
- b. FAUX

16. Le déshydratant aide à absorber _____ qui peuvent être présents dans le sac scellé.

17. Une fois le matériel mis en sac et scellé, il doit être placé :

- un. au congélateur
- b. dans la zone de mise en page
- c. sur la table de découpe de matériaux
- d. dans la crèche à outils

18. Lorsqu'ils sont placés au congélateur, les rouleaux de matériau pesant plus de 20 livres doivent être placés sur _____.

19. Une fois le matériau complètement congelé, il peut être empilé ou stocké verticalement.

un. vrai

b. FAUX

20. Le matériau doit être décongelé à ou en dessous :

un. 35°F

b. 65°F

c. 75°F

d. 85°F



Fabrication

Objectifs

- A. Pose de la pièce
- B. Application du sac sous vide permanent
- C. Le processus de guérison
- D. Débogage de la pièce
- E. Découpage de la pièce

Poser la pièce

C'est quelque chose d'amusant, où nous appliquons tout ce que nous avons appris jusqu'à présent.

Nous avons créé notre atelier pour fabriquer les pièces composites du futur.

Nous avons conçu notre pièce avec le bon type de matériau, le bon nombre de plis, dans la bonne orientation pour répondre aux besoins de notre pièce, qu'il s'agisse de besoins structurels ou d'attrait visuel.

Nous avons planifié notre calendrier de traitement pour soutenir notre conception technique.

Nous avons acquis tous les matériaux, outillages et équipements nécessaires à la fabrication de la pièce conçue.



Le dépôt humide est utilisé pour les travaux non structurels. pièces qui ne sont pas soumises à des contraintes élevées ou à des températures élevées.

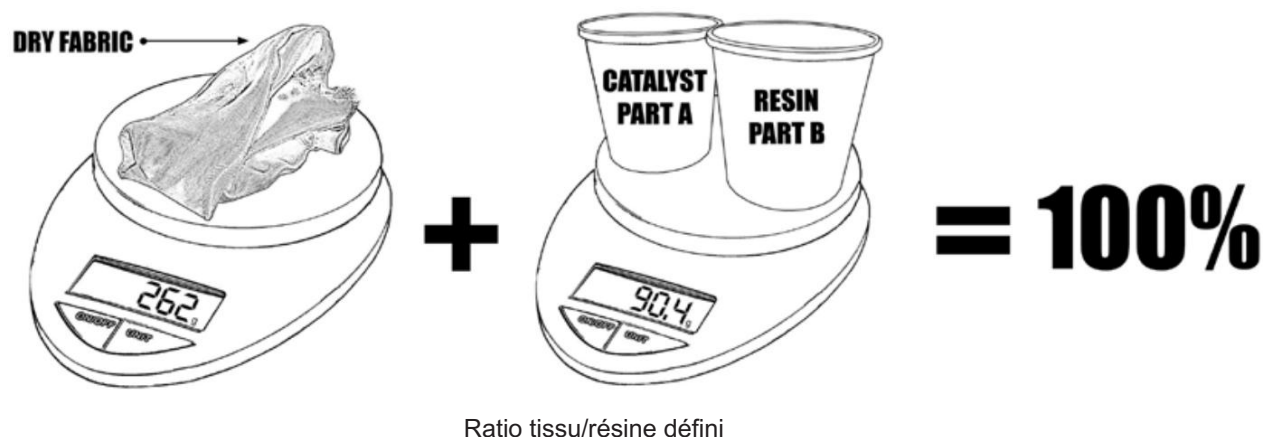
Gardez à l'esprit que de nombreuses entreprises utilisent encore le dépôt humide comme procédé principal pour la fabrication de pièces composites. Nous fournirons un exemple du processus de drapage humide et du processus de drapage préimprégné. Ces deux processus sont très similaires à bien des égards. La principale différence est qu'avec le composite avancé, vous n'aurez pas besoin de mesurer et d'imprégner le tissu avec le système de résine.

Le dépôt humide

Tout d'abord : préparez le matériau pour la superposition en pesant la quantité prédéterminée de tissu sec et la résine à utiliser. Vous aurez besoin d'une teneur en résine de 40 % par rapport aux fibres. Par exemple, si vous avez 262 grammes de tissu, vous souhaitez peser 90,4 grammes de votre système de résine. Tous les systèmes de résine ne sont pas mélangés dans les mêmes proportions. Un système de résine avec un rapport de mélange de 1:1 permet de simplifier les calculs,

mais vous pouvez travailler avec un système de résine qui utilise un rapport de 4:1. N'oubliez pas de déduire le poids des gobelets de mélange et de conserver votre catalyseur et votre résine dans des gobelets séparés jusqu'à ce que vous soyez prêt à commencer le processus de mélange.

La règle des 40 % n'est pas une formule exacte pour tous les systèmes de résine et tous les types de tissus disponibles sur le marché, mais constitue un point de référence général pour vos tissus standard en fibre de verre et en graphite utilisés avec des systèmes de résine époxy.



Vous n'êtes pas prêt à démarrer le processus de mélange tant que vos matériaux d'ensachage sous vide et toutes vos sondes à vide et lignes de vide ne sont pas préparés et prêts à être appliqués.

Préparez la zone de travail : effectuez un essai à sec tout au long du processus avant de mélanger la résine et le catalyseur. Examiner le flux du processus avant le mélange permettra de gagner du temps et aura un impact positif sur la qualité du produit final. N'oubliez pas qu'une fois la résine mélangée, le temps presse. Le temps dépendra du système de résine que vous utilisez. Certaines résines ont une durée de vie plus longue que d'autres. Il suffit d'un petit objet ou d'un problème oubliable pour vous faire perdre un temps précieux nécessaire au traitement du matériau avant la phase de durcissement de la résine. N'oubliez pas que nous souhaitons appliquer le sac sous vide pour évacuer l'air et compacter les plis du matériau lorsque le matériau est visqueux.



Une fois le catalyseur et la résine mélangés, le temps presse. Le « temps ouvert » dépend de votre système de résine.

Liste de contrôle des zones par étapes :

1. Vérifiez à nouveau que votre outil est propre et qu'un film de démoulage ou de séparation a été appliqué.
2. Appliquez du ruban adhésif d'emballage sous vide et tout le matériel d'ensachage (voir Figure 17).
3. Ayez les sondes à vide et les coussinets de sonde à proximité.
4. Faites vérifier votre source de vide en vous assurant que toutes les connexions sont prêtes à l'emploi.
5. Vous aurez besoin de gants supplémentaires, de solvant et d'un chiffon de nettoyage.
6. Placez vos ciseaux, votre couteau bien aiguisé et votre ruban adhésif à portée de main.

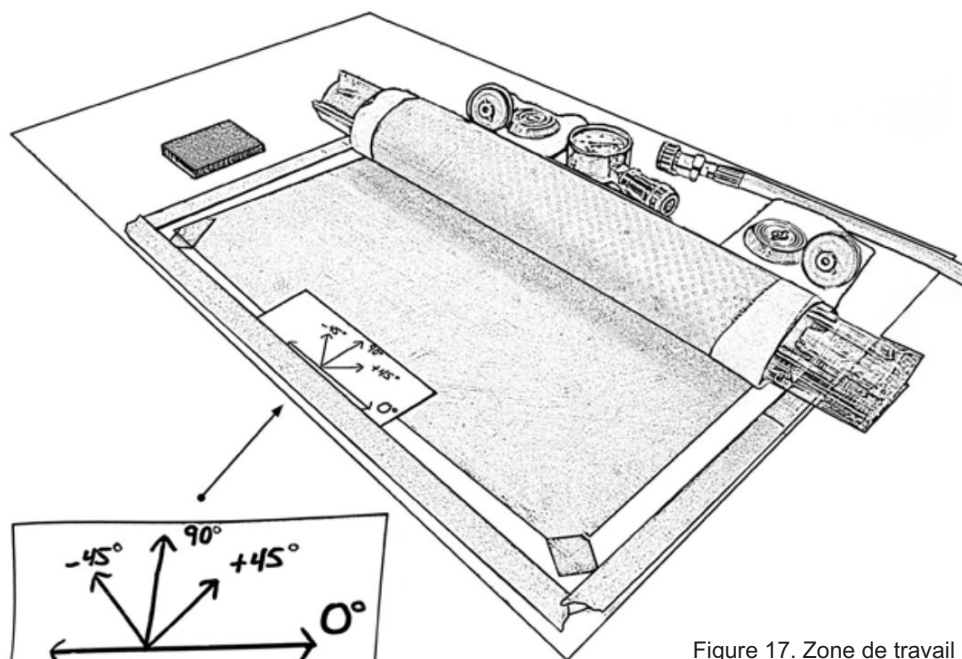


Figure 17. Zone de travail prédéfinie

7. Ayez une zone de travail propre, placez un morceau jetable de plastique résistant aux produits chimiques que vous pouvez salir avec de la résine et jetez-le une fois terminé. Il est préférable d'effectuer tout le mélange de résine et la découpe des plis sur une table résistante aux produits chimiques pour un nettoyage facile.

Prenez note des informations suivantes au fur et à mesure que vous avancez dans le processus. Cela vous aidera à évaluer les projets futurs.

1. Nom du projet
2. Brève description de la taille et du nombre de plis
3. Type de matériau utilisé, y compris le système de résine
4. Température ambiante actuelle
5. Minutes de durée de vie/durée de vie en pot, basée sur la résine utilisée à température ambiante actuelle
6. Temps de mélange de résine
7. Le vide temporel est appliqué
8. Résultat final, que feriez-vous de différent la prochaine fois ?

Deuxièmement : placez votre tissu sec entre deux morceaux de film d'ensachage en nylon. Sur la couche supérieure du film d'ensachage, vos modèles de plis individuels seront dessinés avec un stylo Sharpie noir à pointe fine.

Chaque modèle sera placé et orienté pour répondre à l'orientation de votre table de pliage, comme précédemment conçu pour répondre à la conception structurelle de votre pièce.

Troisièmement : mélangez soigneusement votre résine et votre catalyseur. Après avoir mélangé la partie A avec la partie B, remuez doucement pendant une minute complète, puis versez la résine mélangée dans le gobelet mélangeur de la partie A et mélangez pendant une minute complète supplémentaire. Prenez soin de gratter toute la résine non mélangée et le catalyseur des côtés des coupelles, car

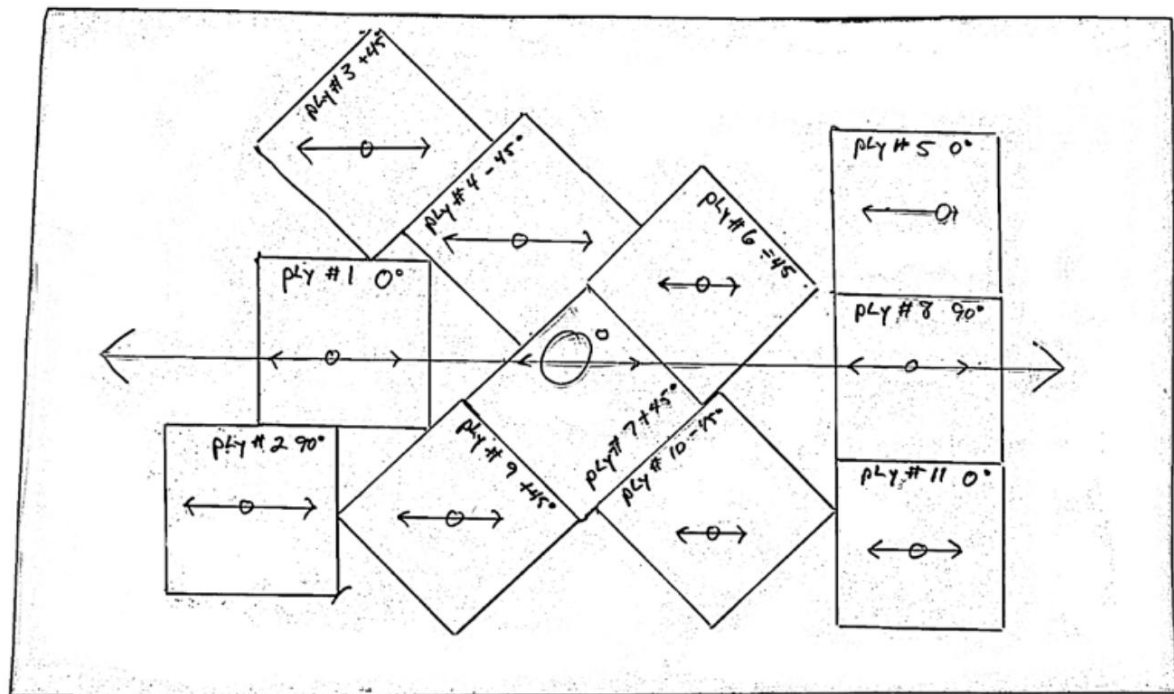


Figure 18. Film de nylon avec motifs

ainsi que le bâtonnet à mélanger. Ne « fouettez » pas la résine pendant le processus de mélange ; cela ne fera qu'induire de l'air indésirable supplémentaire dans le matériau.

Utilisez uniquement des gobelets sans cire/résistants aux produits chimiques lorsque vous mélangez des résines. Malheureusement, les tasses ne sont pas que des tasses. Si vous choisissez d'utiliser un gobelet doublé de cire, la cire que vous grattez sur le côté du gobelet pendant le processus de mélange se mélangera à la résine et entraînera la formation de corps étrangers dans l'empilage et une possible désolidarisation entre les plis. . Si vous utilisez un gobelet en polystyrène, la résine fondra le gobelet, provoquant un gros gâchis.

Quatrièmement : retirez la couche supérieure du film de nylon et versez 90 % de la résine directement au centre du tissu sec. Cela devrait créer une flaque de résine, ne versez pas de résine sur tout le tissu.

Conservez les 10 % restants pour retoucher les zones sèches qui pourraient exister après avoir balayé la résine sur tout le tissu sec.

Tirez la couche supérieure du film de nylon sur le tissu sec. Au fur et à mesure que la résine sature le tissu, utilisez votre balayage en plastique pour tirer/balayer la résine vers les bords extérieurs. N'oubliez pas que vous souhaitez démarrer ce processus avec une légère pression. Au fur et à mesure que vous voyez la résine saturer le tissu et devenir plus transparente, vous verrez des bulles d'air indésirables. En appliquant une pression progressive sur votre balayage, extrayez autant d'air que possible du tissu sans trop le retirer, ce qui pourrait provoquer un problème de manque de résine. Nous voulons une teneur uniforme en résine sans air, mais si nous devons choisir, nous choisirions l'air dans la résine plutôt qu'un tissu privé de résine. Vous développerez un talent pour cela à mesure que vous gagnerez en expérience. L'idée est de balayer la résine du milieu vers les bords pendant que le tissu sec est

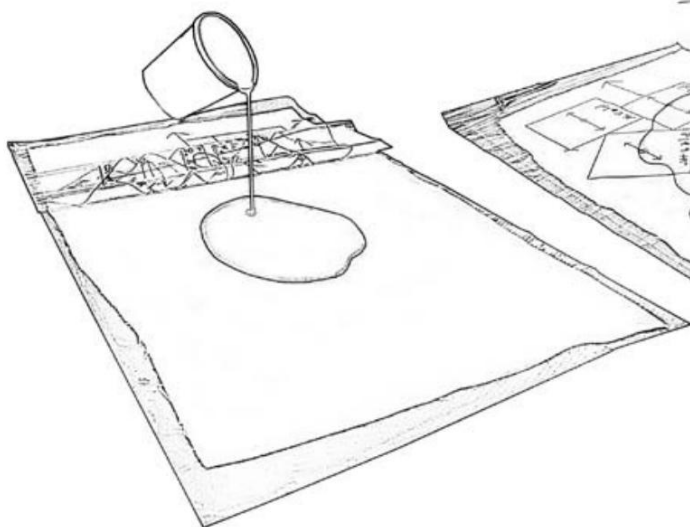


Figure 19. Appliquer de la résine au centre du tissu

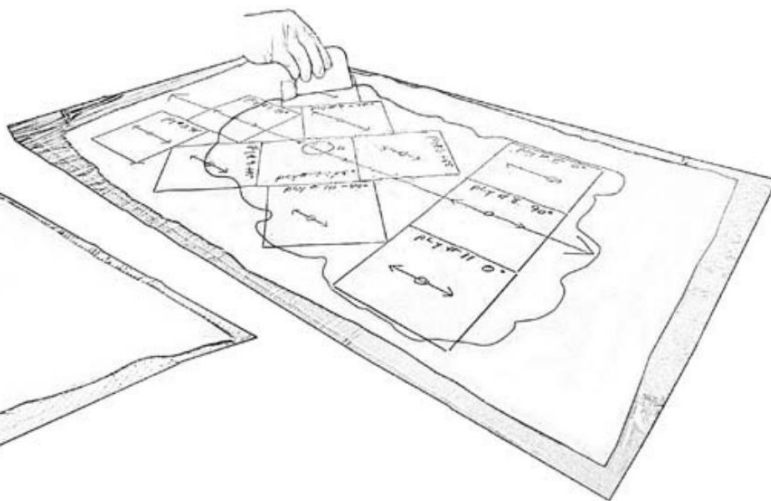


Figure 20. Balayage de résine entre des films de nylon

absorbant la résine. Si vous balayez la résine trop rapidement, vous risquez de vous retrouver avec une teneur en résine incohérente dans tout le tissu. Commencez par appliquer la lumière au début, lorsque vous voyez la résine saturer le tissu, revenez dessus et retirez l'excédent de résine lors du deuxième passage.

Cinquièmement : Découpez vos modèles de plis situés sur la feuille supérieure du film de nylon. Veillez à utiliser des ciseaux tranchants ou des couteaux tranchants. Utilisez également une règle droite avec un protège-main. Des lames tranchantes aideront à maintenir le tissu saturé entre les films de nylon jusqu'à ce que vous soyez prêt à appliquer le matériau sur l'outil. Un couteau émoussé provoque des problèmes qui peuvent prendre un temps précieux. Les lames sont très bon marché et vous devriez commencer chaque processus de coupe de pli avec une nouvelle lame tranchante. Chaque pli doit être numéroté et empilé en séquence à côté de l'outil de superposition.



La pratique fait parfait. Il suffit de quelques essais avant que la plupart des gens maîtrisent l'application de la résine.

Retirez la couche inférieure du film de nylon exposant le tissu imprégné. Retournez le pli avec le numéro de pli et l'orientation du pli vers le haut. Localisez le premier pli et vérifiez que l'orientation est correcte. Pressez le matériau en place à l'aide du film de nylon. Une fois le pli en place, retirez le dessus,

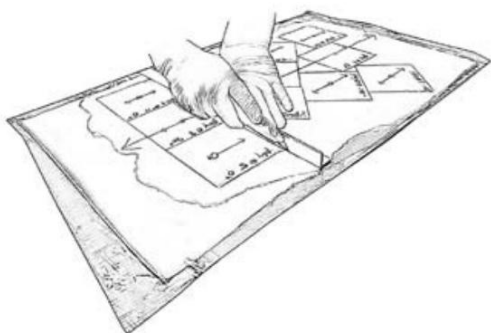


Figure 21. Découpe des plis

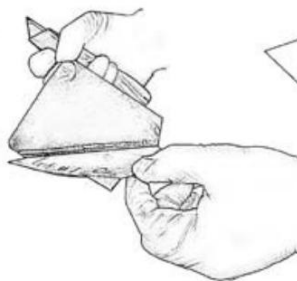


Figure 22. Retirer la couche inférieure du film de séparation

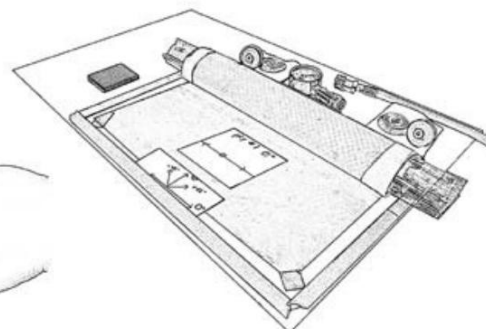


Figure 23. Localisez les plis sur la table et retirez la couche supérieure du film de séparation.

Un guide complet sur les composites

deuxième couche de film de nylon. Mettez le film de nylon de côté afin de pouvoir compter et confirmer que tout le film de nylon a été retiré avant le processus d'ensachage.

Répétez le processus ci-dessus jusqu'à ce que tous les plis aient été posés dans le bon ordre et dans la bonne orientation.

Vous êtes maintenant prêt à démarrer le processus d'ensachage.

Exemple : couche de préimprégné (composite avancé)

Tout d'abord : préparez le matériau pour la superposition en retirant les matériaux requis du congélateur.

N'oubliez pas de conserver vos matériaux scellés dans un sac en polyéthylène résistant à l'humidité de 6 mil jusqu'à ce que le matériau atteigne la température ambiante. Pour vérifier que le matériau est correctement décongelé et prêt à être utilisé, essuyez l'humidité ou le givre du sac de matériau et placez votre main nue sur le rouleau de matériau pendant 30 secondes. Si de la condensation est présente sur le sac après avoir retiré votre main, n'exposez pas le matériau. Un temps de décongélation supplémentaire est nécessaire.

N'utilisez pas votre four ou vos lampes chauffantes pour décongeler rapidement du matériel. Cela pourrait causer de graves dommages au matériel, le rendant inutilisable. Maintenir la température de décongélation à une température ambiante de 75 °F ou moins.

La décongélation des gros rouleaux lourds doit être effectuée avec le matériau soutenu à chaque extrémité ; cela permettra à l'air de circuler autour du rouleau, accélérant ainsi le temps de décongélation. Cela empêchera également votre matériau de développer un point plat sur le rouleau, ce qui pourrait provoquer une séparation ou une distorsion de la résine et des fibres.

Les rouleaux plus petits et les matériaux pré-équipés décongèleront beaucoup plus rapidement.

Exemples de temps de décongélation :

ROLL SIZE	THAW TIME
65 YARDS	6 HOURS
5 YARDS	45 MINUTES
1' x 1' PRE-KIT	15 MINUTES

Préparer la zone de travail – Effectuez un essai à sec du processus avant de commencer la mise en place. Vous souhaitez vérifier que votre outil est propre et qu'un film de démoulage ou de séparation a été appliqué. Assurez-vous d'avoir à disposition tout le matériel d'emballage. C'est le moment de vérifier que tout votre matériel est disponible pour procéder comme prévu.

Deuxièmement : marquez tous vos modèles en nylon avec le type de matériau, le numéro de pli et l'orientation, le cas échéant. Chaque modèle sera placé et orienté pour répondre à l'orientation de votre table de pliage telle que conçue précédemment pour répondre à votre conception structurelle.

Troisièmement : exposez la face supérieure du matériau préimprégné en retirant la couche supérieure du film de séparation.

Faites correspondre le modèle approprié avec le matériel correspondant. Prenez soin de positionner le gabarit conformément à l'orientation du matériau. Découpez ensuite chaque pli et réservez. Examinez votre pile de plis pour vérifier que tout le matériau requis est coupé dans la bonne orientation.

Quatrièmement : retirez la couche inférieure du film de séparation ou le papier de support exposant le tissu imprégné. Retournez le pli avec le numéro de pli et l'orientation du pli vers le haut. Localisez le premier pli en vérifiant que l'orientation est correcte. Pressez le matériau en place à l'aide du film de nylon. Une fois le pli en place, retirez la deuxième couche supérieure de film de nylon. Mettez de côté tous les films de nylon et le papier de support afin de pouvoir compter et confirmer que tous les matériaux non adhésifs ont été correctement retirés de tous les matériaux avant le processus d'ensachage.

Répétez le processus ci-dessus jusqu'à ce que tous les plis aient été posés dans le bon ordre et dans la bonne orientation.

Ensachage sous vide temporaire

Il existe de nombreuses opinions dans le paysage composite concernant l'ensachage sous vide temporaire.

Certains diront qu'il est possible d'empiler dix plis avant d'avoir besoin d'un sac sous vide temporaire. Cela dépend de nombreux facteurs tels que :

- Est-ce que vous durcissez cette pièce au four ou à l'autoclave, et à quelle pression ?
- La pièce est-elle plate, sans contours ni rayon ?
- Quel type de matériel utilisons-nous ? Le drapage est-il constitué à 100 % de ruban de graphite unidirectionnel ou d'un mélange de différents types de matériaux avec une variété de tissages dans plusieurs orientations ?

Si vous posez moins de six plis sur un outil plat, vous n'aurez peut-être même pas besoin de mettre temporairement les plis sous vide.

Vous pouvez simplement compter sur la pression de la main pour appliquer chaque pli avec une pression ferme et éliminer tout air emprisonné avant d'appliquer le pli suivant.

L'essentiel est le suivant : compacter chaque pli pendant au moins 1 minute à un minimum de 25"

Hg ajoute beaucoup plus de valeur et de qualité sans ajouter beaucoup plus de temps ni de coûts. C'est pas cher assurance.

Mettez toujours sous vide temporairement les éléments suivants :

- Le premier pli posé sur l'outil
- Le dernier pli posé sur la pièce
- Tous les plis adhésifs
- Tous les détails en nid d'abeille et durcis
- Tous les plis de remplissage
- Tout pli avec des contours ou des rayons nets

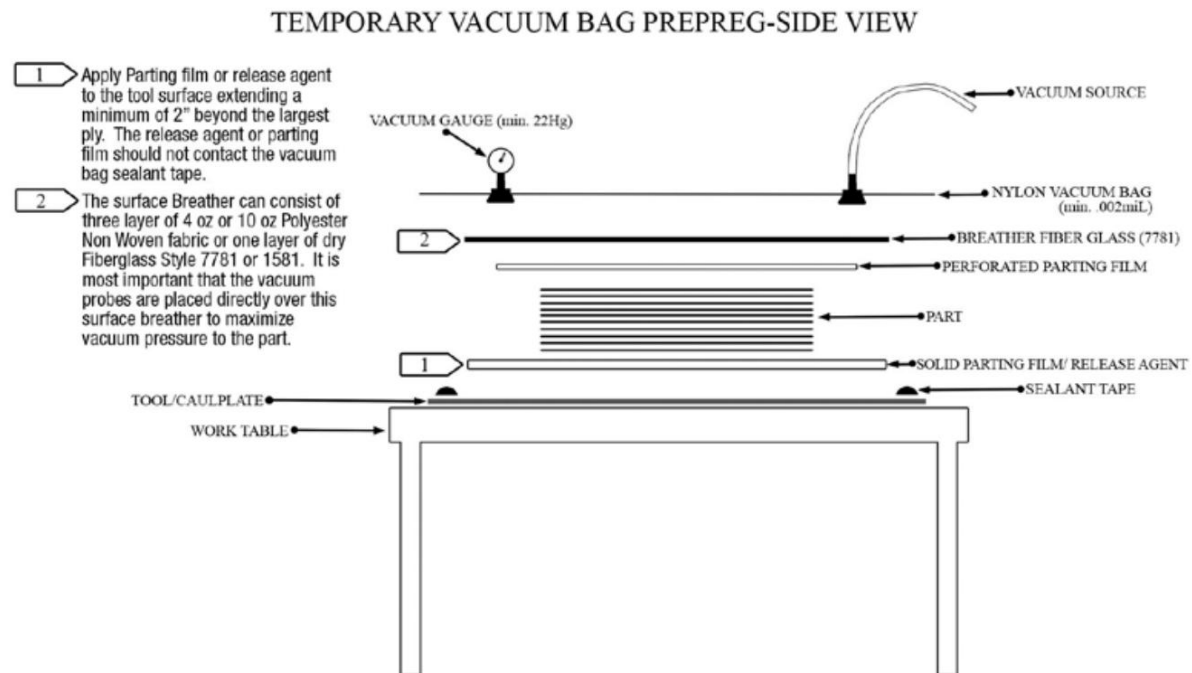


Figure 24. Préimprégné temporaire pour sac sous vide (vue latérale)

Ensachage sous vide permanent

1. La première étape de l'application du sac final consiste à vérifier que le périmètre de l'outil sur lequel vous appliquerez le ruban d'étanchéité pour ensachage sous vide est soigneusement nettoyé. Vous ne voulez pas qu'aucun corps étranger entre en contact avec ce sceau. Ne retirez pas le papier de support du ruban d'étanchéité tant que vous n'êtes pas prêt à appliquer le film d'ensachage final en nylon.
2. Appliquez le respirateur de bord en continu sur tous les côtés de la superposition. Le respirateur de bord doit être à 0,75 pouce du plus grand pli. Le matériau respirant des bords peut être une couche de matériau respirant de 4 onces ou 10 onces ou vous pouvez également utiliser des couches de fibre de verre sèche, de préférence de style 7781.
3. Appliquer une couche de film de séparation perforé (FEP-P) sur l'ensemble de la stratification en s'étendant à mi-hauteur jusqu'au respirateur de bord. Il est très important de ne pas dépasser le bord respirant.
Tirez fermement sur le film de séparation en le maintenant en place avec du ruban adhésif. Plus le film est serré, plus la partie finale sera lisse. Ce n'est pas grave si la bande flash qui maintient le film de séparation dépasse le respirateur de bord dans quelques zones.
4. Appliquez une couche de matériau de purge/renflard (couche pelable en nylon ou une couche de fibre de verre sèche style 120) sur le (FEP-P). Ce matériau de purge/renflard doit s'étendre au-delà du bord extérieur du respirateur de bord. Pour les superpositions humides, utilisez une couche de matériau de purge pour cinq couches de tissu humide. Pour les préimprégnés, un seul pli suffit.
5. Placez une couche de film de séparation solide (FEP-NP) sur les plis de purge s'étendant à mi-hauteur.
sur le respirateur de bord. Maintenez à nouveau le matériau fermement pour minimiser tout froissement.

6. Lorsque vous utilisez des fils de thermocouple (fils TC), placez un TC de chaque côté de la pièce, en collant l'extrémité soudée du fil sur le dessus du film de séparation solide au bord de la pièce. Assurez-vous que le fil a suffisamment de jeu afin qu'il ne soit pas arraché pendant le compactage sous vide. Retirez un petit morceau de papier support du ruban d'étanchéité et fixez le fil au ruban d'étanchéité, puis appliquez un petit morceau supplémentaire de ruban d'étanchéité sur le fil et appuyez fermement pour maintenir une bonne étanchéité. Il est également recommandé d'utiliser des fils TC pour surveiller tous les matériaux susceptibles de chauffer plus ou moins vite. N'oubliez pas que ces fils TC vont vous fournir des données que vous utiliserez pour déterminer l'heure de début du processus de guérison. Un minimum de deux TC par pièce doivent être utilisés, mais utilisez-en autant que bon vous semble... il n'y a pas trop d'informations lorsqu'il s'agit de gérer le traitement.

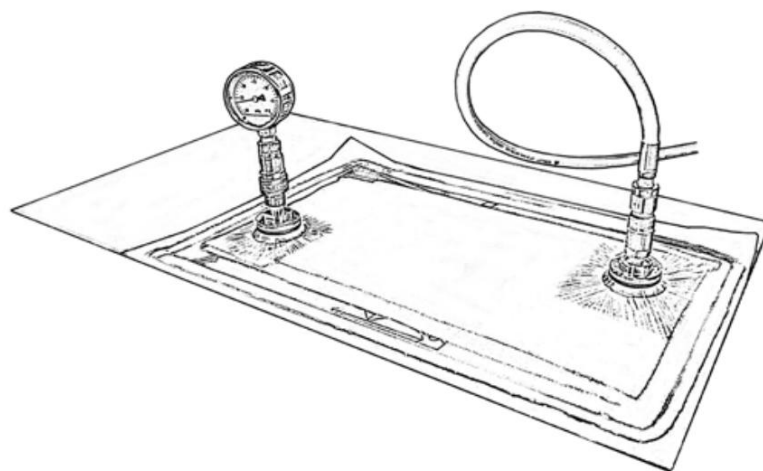


Figure 25. Les coussinets de sonde à vide maintiennent les bases à vide auxquelles les dessus de sonde sont fixés. Des flexibles et des jauges complètent l'ensemble du vide.

7. Appliquez une plaque de calfeutrage métallique, de préférence en aluminium .016 à .032, sur les parties plates. Cela aidera à maintenir une surface plane pendant le processus de durcissement. Pour les pièces profilées intégrant du nid d'abeille dans votre structure, utilisez un tampon de pression en caoutchouc de la même taille que le plus grand pli. Pour les pièces extrêmement profilées, utilisez un tampon de pression personnalisé ou aucun tampon de pression du tout. Ce n'est pas obligatoire, mais cela aide à minimiser les marques sur la surface côté sac causées par les plis ou les ponts dans les matériaux d'ensachage.
8. Appliquez une couche de matériau respirant final (reniflard en polyester de 4 ou 10 onces, ou deux couches de fibre de verre sèche style 7781) sur la plaque de calfeutrage ou le tampon de pression. Ce matériau respirant doit s'étendre jusqu'au bord intérieur du sac sous vide à environ 0,5 pouce du ruban d'étanchéité.

9. Placez deux sondes à vide aux extrémités opposées de l'outil. Si vous posez sur un très grand outil, placez une sonde à vide tous les 6 pieds linéaires autour de la périphérie de l'outil, à pas plus d'un pied du bord de la pièce et à pas plus de deux pouces de la pièce.

Les coussinets de sonde peuvent être constitués de trois couches de polyester respirant ou de plusieurs couches de fibre de verre sèche.



L'ensachage sous vide utilise la pression atmosphérique pour développer une pression de serrage ferme et uniforme sur toute la surface.

10. Placez la base de la sonde sur tous les coussinets de la sonde. S'assurer que la sonde la base et les joints en silicone sont propres et exempts de débris.
11. Retirez une petite zone du papier support du ruban d'étanchéité. Appliquez le dernier sac sous vide en nylon, en commençant par un bord au milieu, en tirant les plis hors du sac, mais pas trop serré pour que le sac soit étiré. Retirez le papier de support du côté opposé et faites le tour du sac jusqu'à ce que tous les côtés du sac soient scellés sans plis ni plis dans le matériau d'ensachage. Si le sac sous vide se regroupe et que vous constatez qu'il y a un excès de matériau, vous devrez incorporer un pli dans le sac pour absorber l'excès de matériau d'ensachage qui peut être dû à un contour de la pièce ou de l'outil.
12. Une fois que le sac est en place et que vous êtes sûr qu'il est scellé, vous pouvez découper une fente dans l'une des bases de la sonde au-dessus du trou de la base de la sonde. C'est ici que vous insérerez le dessus de la sonde à vide. Tournez doucement le haut de la sonde dans le sens des aiguilles d'une montre pour serrer d'environ un demi à trois quarts de tour. Assurez-vous de ne pas trop serrer. Cela étirerait le sac sous vide et provoquerait éventuellement une fuite.
13. Appliquez le tuyau d'aspiration sur le dessus de la sonde. Pendant que l'aspirateur aspire l'air du sac, prenez le temps de lisser les plis qui pourraient se former. Recherchez également de petites fuites sur le bord du ruban d'étanchéité. Une fois que vous êtes sûr que le sac sous vide est en place et ne bougera pas, coupez et fixez les dessus de sonde à vide supplémentaires.
14. Fixez un vacuomètre à une sonde à vide en face de l'endroit où le tuyau d'aspiration est connecté. Vous devriez tirer entre 25" Hg et 29" Hg selon l'endroit où vous vous trouvez. Au niveau de la mer, vous devriez être capable de tirer 29" Hg.
15. Effectuez un contrôle d'intégrité des fuites sur votre sac sous vide en tirant le vide complet, puis retirez la source de vide de la pièce. Vous ne devriez pas perdre plus de deux pouces de mercure en cinq minutes. Si vous le faites, vous avez une fuite dans votre sac sous vide ou éventuellement dans votre outil. Si votre sac sous vide tient, vous êtes maintenant prêt à durcir votre pièce.

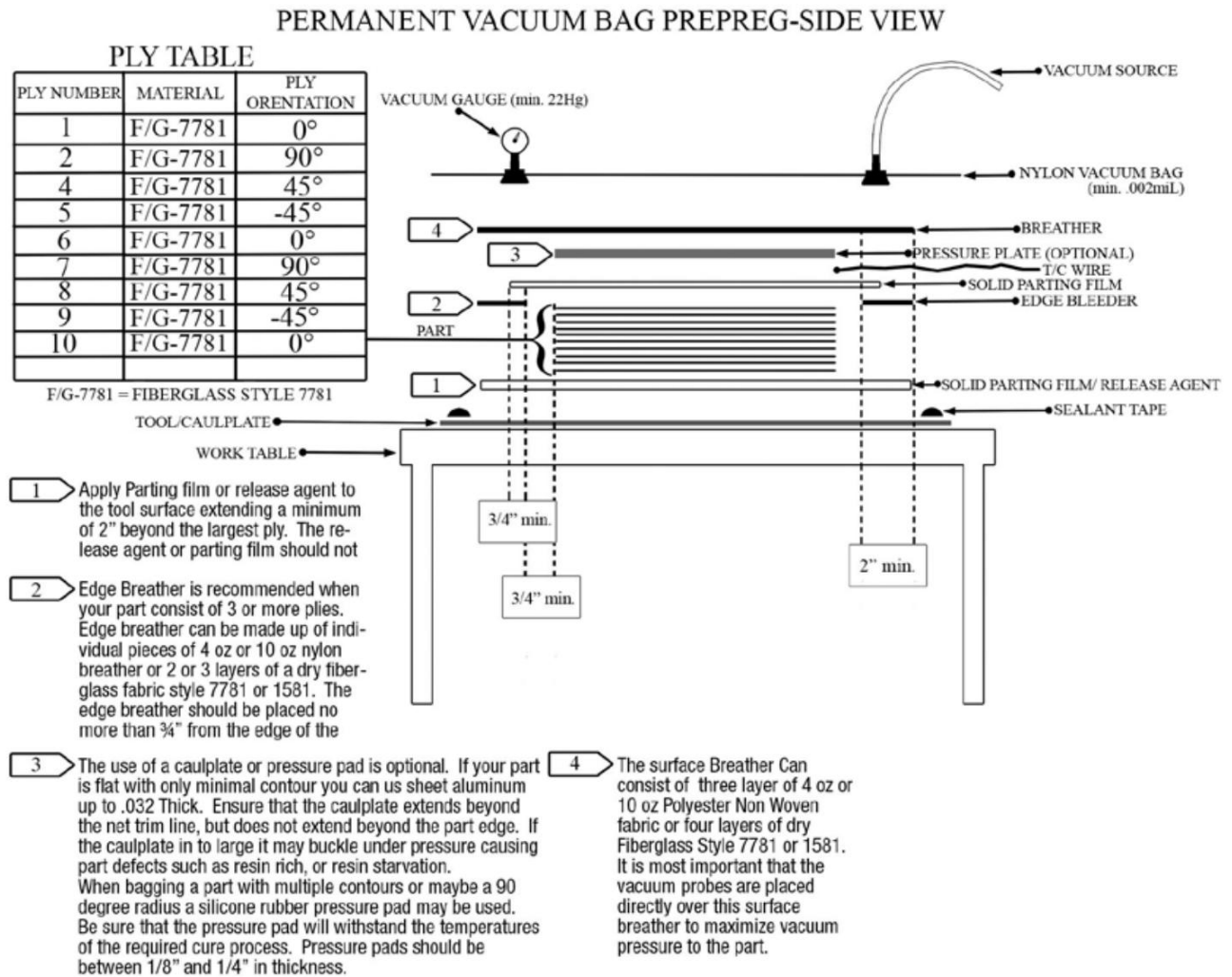


Figure 26. Préimprégné permanent pour sac sous vide (vue latérale)

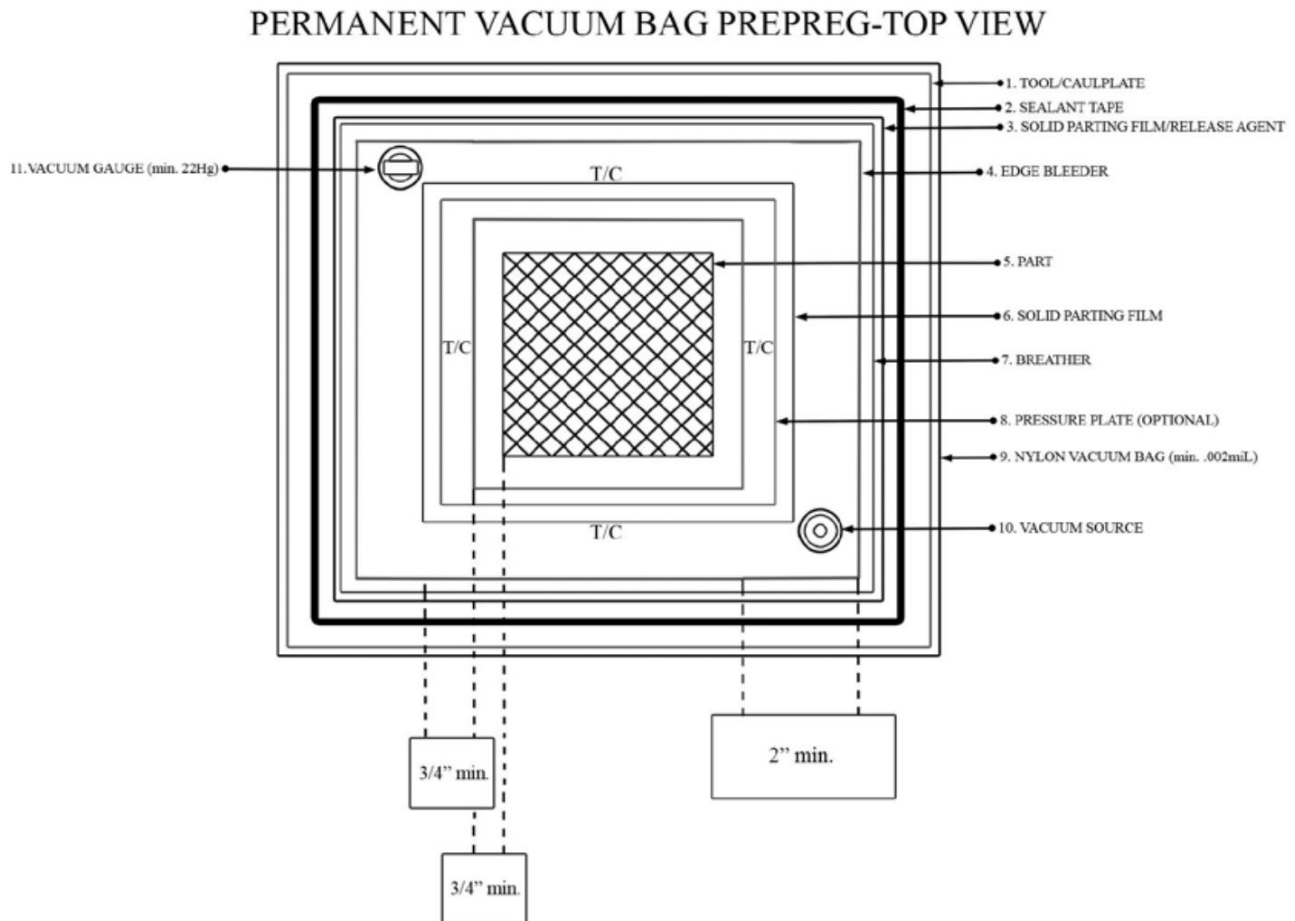


Figure 27. Préimprégné permanent pour sac sous vide (vue de dessus)

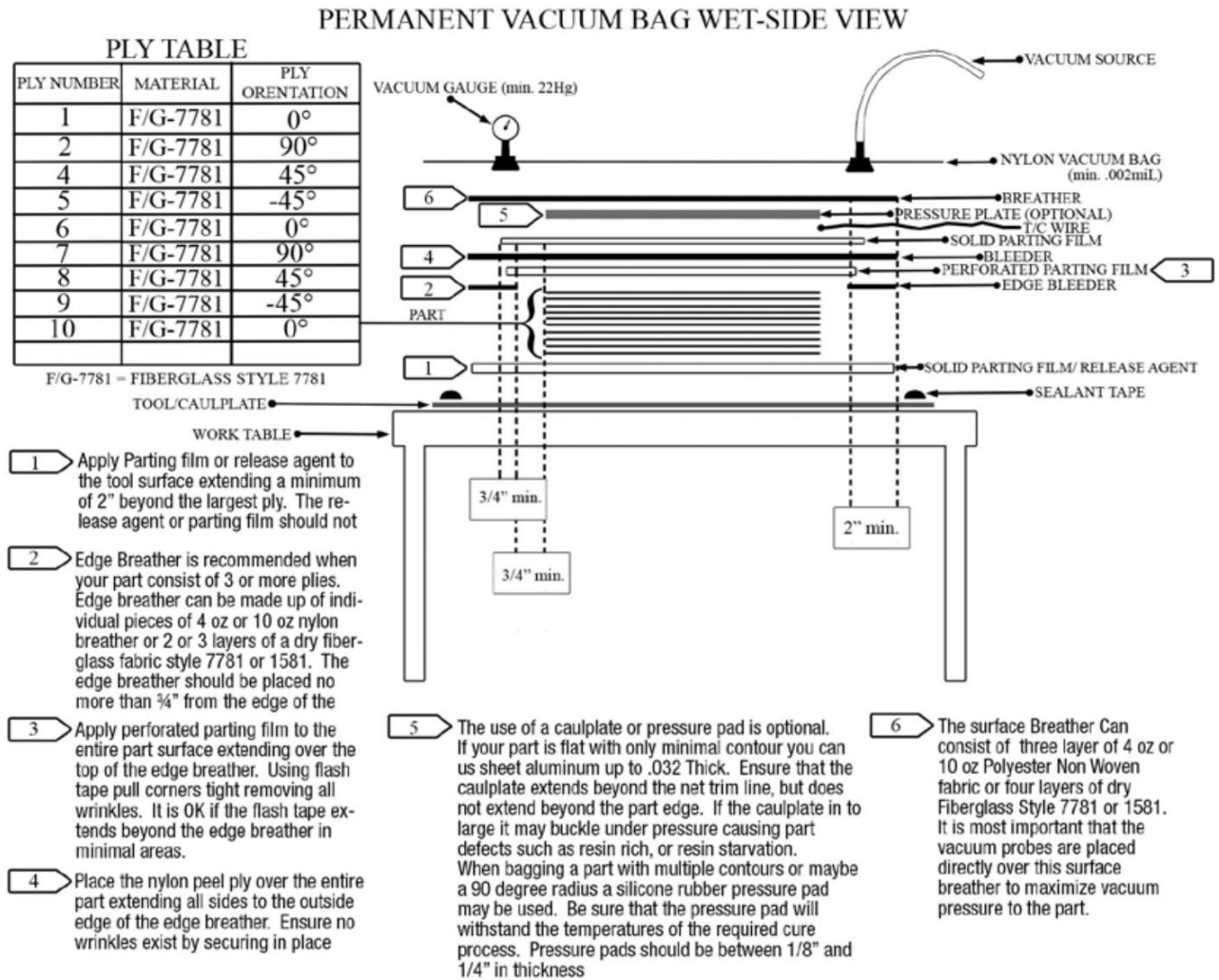


Figure 28. Couche humide permanente du sac sous vide (vue latérale)

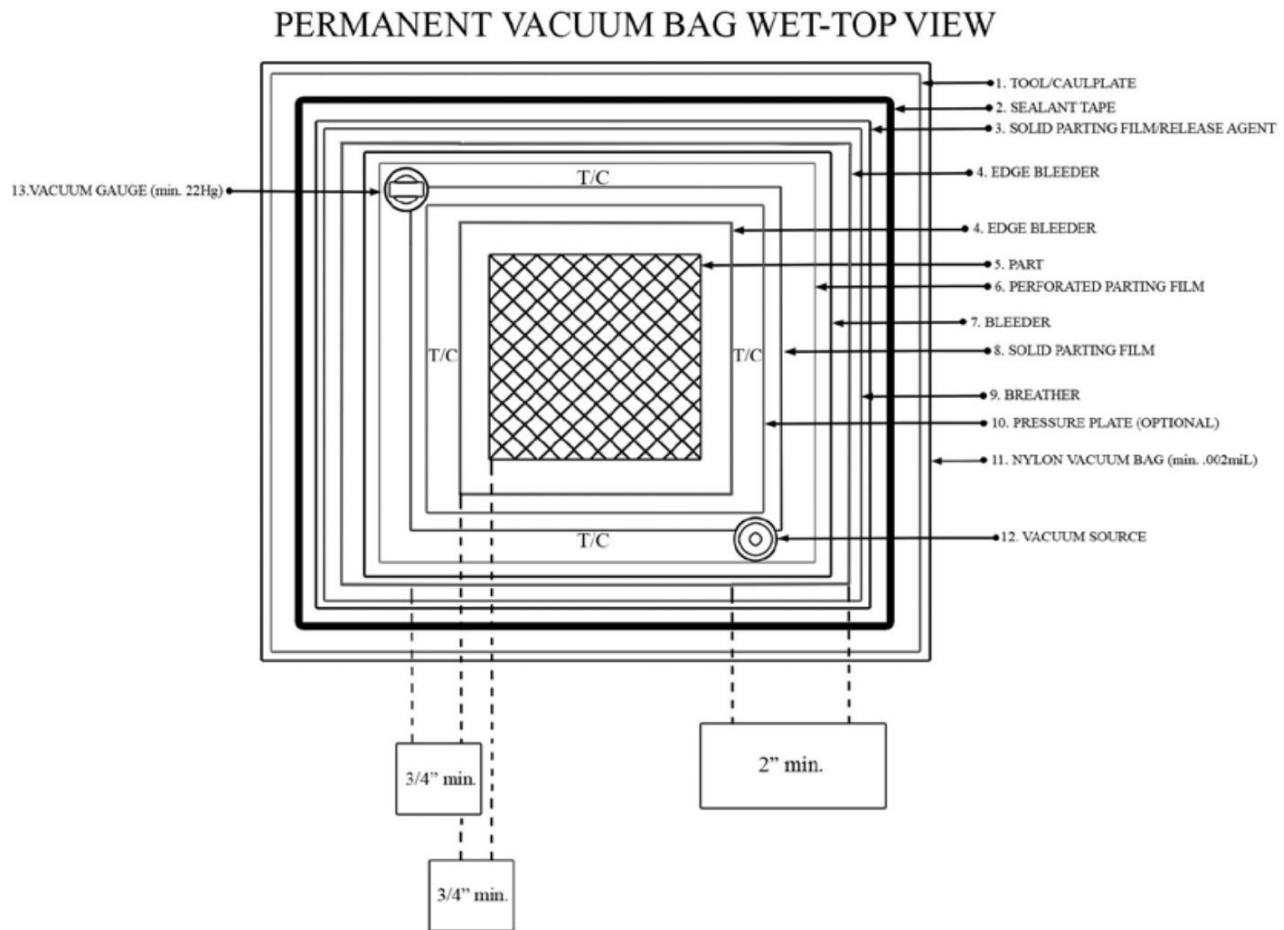


Figure 29. Couche humide permanente du sac sous vide (vue de dessus)

Le processus de guérison

Avant de nous lancer dans le processus de durcissement, je souhaite passer un peu de temps à parler de ce que signifie durcir les matériaux composites. Avant tout, nous devons comprendre que les composites ne durcissent pas de l'intérieur vers l'extérieur. Nous ne cuisons pas au micro-ondes un dîner télé ou un Hot Pocket. Le durcissement des composites avancés est l'un des facteurs les plus critiques du processus de fabrication. L'investissement dans la recherche et le développement (R&D), l'ingénierie, la planification et la fabrication d'outillage, sans parler du coût associé au temps et aux matériaux, dépend d'une cure de bonne qualité.

Le processus de durcissement nécessite une compréhension du transfert de chaleur et de la gestion de cette chaleur ainsi que de la gestion du vide pendant tout le cycle de durcissement.

Tous les matériaux composites, que vous choisissiez des matériaux à stratification humide ou préimprégnés, nécessitent une pression sous vide avant, pendant et après le durcissement jusqu'à ce que la température de la pièce et de l'outil tombe en dessous de 135°F.

Couches humides durcies à température ambiante

La fiche technique du fournisseur indiquera le temps de durcissement du matériau spécifique sélectionné.

Le temps de durcissement dépendra des conditions de temps et de température. Il est important de considérer que la température ambiante peut être de 75 °F, mais que la plaque de calfeutrage en aluminium de 0,5 pouce que vous avez peut-être sélectionnée comme outil peut être de 56 °F. Il est toujours bon de surveiller la température de votre outil ainsi que la température du matériau pendant le cycle de durcissement. Vous pouvez toujours augmenter la température de l'outil en utilisant une lampe chauffante pour aider à atteindre la température de durcissement requise. Assurez-vous de surveiller cette source de chaleur pour vous assurer de ne pas surchauffer la pièce. Une surchauffe peut entraîner une défaillance catastrophique des pièces et des outils. N'augmentez jamais la température de durcissement d'une couche humide jusqu'à ce que le temps de gel/la durée de vie en pot soit écoulé. Une élévation prématurée de la température peut avoir un effet négatif sur certains systèmes de résine. Mon expérience a été de laisser le matériau faire ce pour quoi il est conçu naturellement. Les systèmes de résine doivent couler et gélifier à des taux spécifiques qui répondent à nos besoins. Au cours de ce processus, les résines dégazeront tous les composés volatils tels que l'humidité et l'air introduits pendant le processus de mélange. En règle générale, une résine à durcissement plus rapide sera plus fragile qu'une résine à durcissement plus lent, en fonction des additifs que vous pouvez introduire dans le mélange.

Durcissement des composites au four ou en autoclave

Déterminer votre cycle de guérison nécessitera quelques mathématiques de base. Vous devrez obtenir certaines informations à partir de la fiche technique du fournisseur de matériel. Pour cet exercice, nous allons utiliser la recette de durcissement suivante pour démontrer le cycle de durcissement requis pour effectuer un durcissement au four standard sur de la fibre de verre et du graphite à basse température fabriqués par Hexcel® en utilisant le système de résine F155.

Durcir le matériau à 260°F +/- 10°F pendant 90 minutes

Le cycle de durcissement commence par une montée en puissance jusqu'à la température souhaitée (260°F), celle-ci doit être d'au moins 1° par minute et ne doit pas dépasser 5° par minute. J'aime utiliser 3° par minute comme objectif. Si

la température ambiante actuelle est de 72°F et mon objectif est de 260°, nous soustrairons 72° de 260° = 188°. Si nous voulons augmenter notre four jusqu'à 260°F et que nous sommes actuellement à 72°F, nous devons diviser 188° par 3° par minute = 67 minutes pour monter à 260°F à partir de 72°F (ambiante).

Le segment suivant du profil de durcissement est le segment de maintien ou de trempage. Vous maintiendrez la température à 260°F pendant 90 minutes. Le cycle de trempage ne démarre que lorsque le fil TC le plus froid atteint 260°F. Si vous avez des pièces dans le four qui sont en retard en température, mettez simplement le durcissement en attente.

Maintenir la température à 260° n'aura aucun effet négatif sur les pièces. Une fois que toutes les pièces ont atteint le point de consigne de 260°, vous pouvez alors reprendre le cycle de durcissement.

Une fois les 90 minutes de trempage écoulées, il est temps de commencer le segment de refroidissement. Si les pièces sont à 260° et que vous souhaitez refroidir à 135°, vous pouvez calculer ce temps en soustrayant 135° à 260° = 125°.

Vous souhaitez refroidir à raison de 1° à 5° par minute. Encore une fois, j'aime utiliser 3° par minute comme objectif. Une chute de 125° à 3° par minute prendra 41 minutes.

Une fois que la température de la pièce et de l'outil atteint 135 °F ou moins, vous pouvez alors éteindre le four et retirer l'aspirateur si nécessaire. N'oubliez pas que 135° est toujours

assez chaud alors soyez prudent lors de la manipulation.



Pour faciliter le retrait du matériau d'ensachage et du ruban d'étanchéité, refroidir la pièce à température ambiante. Sinon certains un effort supplémentaire pour le nettoyage avant la prochaine utilisation de l'outil sera nécessaire.

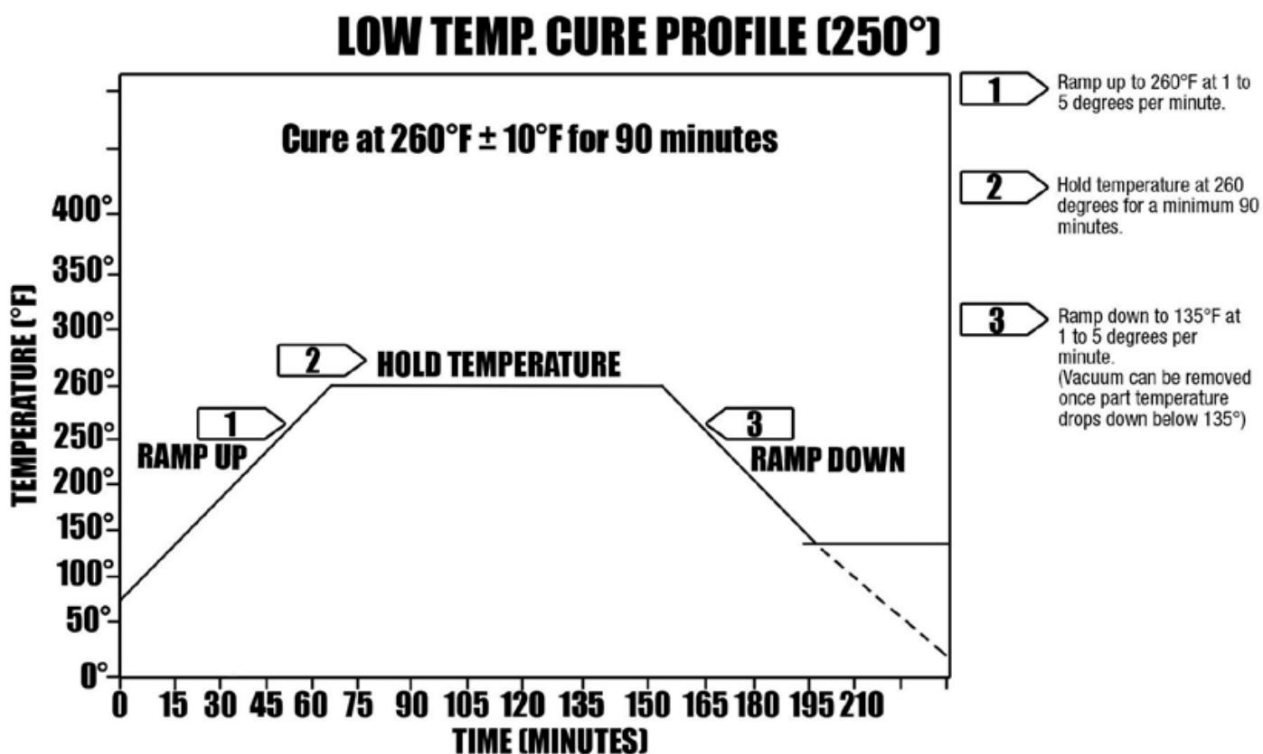


Figure 30. Profil de durcissement à basse température

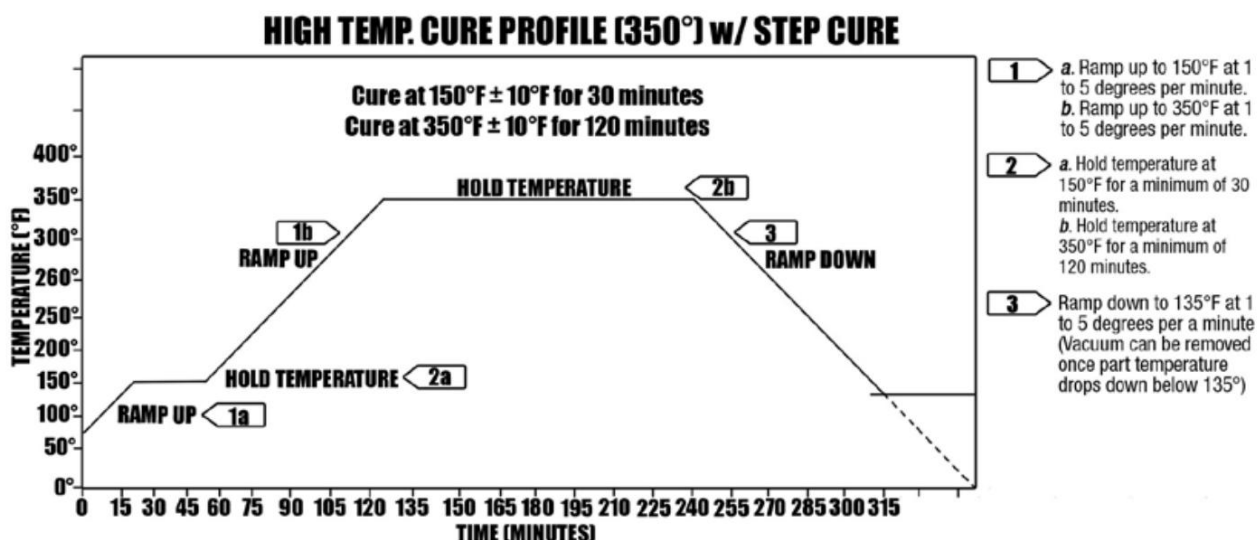


Figure 31. Profil de durcissement à haute température

Déboguer la pièce

Cette prochaine étape est assez simple. Vous souhaitez déballer la pièce une fois qu'elle a été correctement durcie et refroidie. La meilleure façon de procéder est de découper le sac en nylon supérieur autour du bord du ruban d'étanchéité. Cela vous permettra de retirer les différentes couches de matériau d'ensachage. Veillez à ne pas endommager la pièce en tirant sur un matériau qui pourrait être lié à la pièce elle-même. Si vous constatez que de la résine a adhéré à une partie du matériau d'ensachage, coupez simplement le matériau d'ensachage aussi court que possible avec vos ciseaux.

Une fois la pièce retirée de l'outil, prenez le temps de localiser la base de la sonde à vide et le dessus de la sonde. Je ne peux pas vous dire combien de sondes ont été jetées par erreur à la poubelle avec les matériaux d'ensachage usagés. Il est facile de manquer les sondes lorsque vous êtes pris dans l'attente de voir votre pièce finie.

La pièce déballée peut présenter des bords de solin en résine très tranchants. Ces bords tranchants doivent être recouverts de ruban adhésif pour protéger le bord de la pièce du délaminage causé par un impact inattendu, et protéger l'individu des lacérations lors de la remise de la pièce avant et pendant le processus de découpe.

Découper la pièce

Le détourage des pièces composites nécessitera des fraises et des forets différents de ceux utilisés pour la découpe. bois et métal.

Le processus de détourage dépend de la taille de la pièce, de son épaisseur, du type de matériau et de la configuration finale de la pièce à découper.

Une petite partie peut être coupée à l'aide d'une meuleuse manuelle, tandis qu'une plus grande partie peut être coupée avec une scie à ruban, une scie à table ou une toupie de table. Une pièce à contours multiples nécessitant un bord de précision serait découpée à l'aide d'un « gabarit de découpe » ou d'un « dispositif de découpe ». Ce gabarit est un gabarit/outil principal qui est fixé à la pièce fabriquée avec des broches de réglage et/ou des pinces de verrouillage situées à des points de réglage prédéterminés. Cela permet à la pièce d'être découpée sur une façonneuse ou une toupie de table avec précision et en temps opportun. Une fois la pièce retirée de l'outil de finition, il ne reste que quelques « languettes de réglage » qui peuvent être facilement retirées à la main pendant le processus d'ébavurage. Le gabarit de garniture peut également être utilisé pour localiser des trous pilotes ou pour localiser des assemblages supplémentaires.

Malgré ce que vous avez pu entendre ou lire dans d'autres publications ou sur Internet, vous n'avez pas besoin de disques diamantés coûteux pour couper des pièces composites ! Vous pouvez obtenir les résultats souhaités en utilisant l'équipement et les méthodes standard utilisés dans la plupart des ateliers de menuiserie et de métallurgie. Il est important de savoir que vous ne pouvez pas utiliser les lames ou les mèches standard généralement utilisées pour couper des pièces en bois ou en métal, elles s'émousseront très rapidement et produiront une qualité médiocre.

Comprenez que si vous fabriquez quotidiennement des pièces composites, vous souhaitez équiper votre atelier des outils les plus efficaces pour fournir des pièces de la plus haute qualité au coût le plus économique. Cela peut inclure l'utilisation de fraises diamantées coûteuses ou d'éventuelles fraises spéciales très coûteuses pour vos fraiseuses CNC. Vous pouvez équiper l'équipement existant de votre atelier avec des lames, des couteaux et des mèches pour répondre à la plupart de vos besoins quotidiens en matière de fabrication d'outils pour prendre en charge votre fabrication composite ainsi que pour prendre en charge votre découpe composite et l'usinage général de vos pièces composites. N'oubliez pas de suivre toutes les procédures de sécurité lorsque vous travaillez avec des équipements standard et modifiés. Considérer ce qui suit:

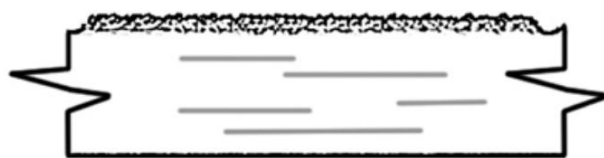
Scies à ruban

Une lame à dents fines sera plus économique, mais lorsque vous coupez un matériau très épais (plus de 0,25 pouce, vous souhaitez peut-être utiliser un liquide de refroidissement pour minimiser l'échauffement de la lame.

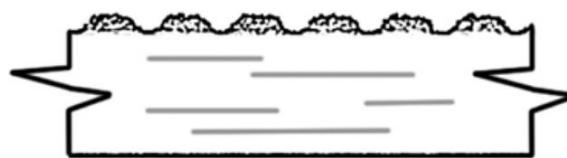
Une scie à ruban conçue pour couper uniquement des composites doit être équipée d'une lame en carbure de tungstène. Cette lame comporte de petits morceaux de carbure liés à la lame en acier. Je recommande un bord continu pour de meilleurs résultats, en particulier sur les produits de 0,25 pouce ou moins d'épaisseur. Un bord à arcades est un meilleur choix pour les pièces extrêmement épaisses. Gardez à l'esprit que ces lames sont plus chères et s'abîmeront très rapidement lorsqu'elles seront utilisées sur du métal et du bois. Mais lorsqu'ils sont correctement entretenus et utilisés uniquement sur des composites, ils offrent la meilleure finition en réduisant le délaminage et la rupture des fibres pendant le processus de découpe. Si vous choisissez ce type de lame de coupe pour votre scie à ruban, je vous recommande d'afficher une pancarte mettant en garde contre la coupe d'autre chose que des composites.

Avec une lame à grain moyen ou à dents fines, vous souhaitez peut-être commencer entre 1 000 et 2 000 SFPM.

Différents matériaux fonctionneront différemment selon des avances et des vitesses spécifiques. Une vitesse lente est toujours une bonne idée. Laissez le coupeur faire le travail. Ne forcez jamais l'introduction d'une pièce composite dans un cutter. L'accumulation de chaleur est votre pire ennemi. Une chaleur extrême provoquera une séparation des plis pouvant entraîner d'autres problèmes ou éventuellement la mise au rebut de la pièce.



Lame en carbure à bord continu



Lame en carbure à bord rainuré

Routeurs et façonneurs

Vous trouverez sur le marché un large choix de fraises conçues pour l'usinage des composites, certaines très chères et d'autres très économiques. Je vous suggère de commencer avec un coupeur PDC à faible coût pour la coupe générale des stratifiés solides.

De nombreux fabricants d'outils de coupe ont suggéré que le meilleur diamètre pour garantir une finition lisse pour le processus de fraisage composite est de 3/8 pouces, bien qu'il soit courant de voir des diamètres aussi petits que 1/8 pouces. Les fraises plus petites nécessitent généralement une configuration en spirale pour obtenir une finition de bord optimale, mais les diamètres plus grands nécessitent des cannelures droites pour fournir la finition souhaitée. Les meilleurs forets à flûte droite pour les grands diamètres sont généralement des outils à faible hélice et à cannelures multiples, avec quelques variations en fonction de la méthode de fabrication de la structure composite à découper.

Il existe de nombreuses fraises différentes conçues pour les composites, tout comme il existe des fraises à bois conçues pour des résultats particuliers. Certaines de ces fraises peuvent être utilisées pour produire un rayon sur le bord, tandis que d'autres tracent un bord fini cranté et appliquent en même temps un chanfrein supérieur. De tels bits de routeur peuvent résoudre des problèmes ou, lorsqu'ils sont mal utilisés, peuvent avoir des effets négatifs sur la qualité des pièces. C'est toujours une bonne politique de vérifier le résultat sur un échantillon de test avant de l'utiliser sur une pièce finale.



Le SFPM (pieds de surface par minute) peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{GDF} = \text{stock} \times \text{diamètre (po)} \times 0,2618 \times \text{tr/min}$$

Voici des exemples de couteaux couramment utilisés dans le processus de détournage de fabrication de composites.

Forage

Vous ne devez pas utiliser de forets hélicoïdaux standard pour percer des composites. Les mèches en acier standard produiront de la chaleur, elles s'émousseront rapidement et votre pièce nécessitera un support important pour éviter l'éclatement des fibres. Même si vous utilisez des forets en carbure monobloc, ils ne dureront qu'une fraction du temps par rapport à un bon alésoir conique.



Couteau creux : ces couteaux sont généralement utilisés pour couper verticalement les nids d'abeilles, produisant une finition nette.



Fraise au carbone—Ce type de fraise produit une finition supérieure par rapport à une fraise standard, mais coûte généralement plus cher.

Plusieurs fabricants produisent des forets spécialement conçus pour le perçage des composites. Ils coûtent plus cher que les mèches standard, mais chaque mèche percera plus de trous pour moins d'argent avant de devoir être affûtée ou remplacée. Ceci est un exemple de penny malin, de livre insensé. Sans parler de tout le facteur qualité et efficacité.

Alésoirs coniques

L'alésoir a trois cannelures droites. Le premier demi-pouce du foret est légèrement effilé, avec une conicité plus prononcée juste à la pointe. C'est un bon choix pour un foret standard pour votre atelier de composites.



HSS Twist avec foret étagé : Un bon choix pour les débuts de perçage ou les avant-trous.



Lorsque vous percez une structure composite comportant des raccords ou une forme de métal pris en sandwich entre les plis, percez d'abord un trou pilote avec une perceuse à pointe de carbure ou une perceuse à grande vitesse.

Ensuite, amenez-le à sa taille réelle avec un alésoir à 3 étapes ou un alésoir à double marge. Sur les composites de 0,25" ou plus d'épaisseur, je préfère utiliser un trou pilote et un alésoir à trois étapes pour empêcher le foret étagé de « se charger » (car ils ne peuvent pas se nettoyer comme un foret hélicoïdal standard) et cela réduit la rupture des fibres sur un matériau composite sans support ou sur le matériau extrêmement fin est inférieure à 0,25".

Finition/Ébavurage des pièces

Une fois que la pièce a été découpée et percée pour répondre à votre configuration de conception, vous devrez ébavurer toutes les arêtes vives ou rugueuses qui subsistent après le processus de découpe. Cela peut être fait à la main ou à l'aide d'une ponceuse électrique. Je vous recommande de réaliser toutes les finitions des bords en

main. La raison en est que vous pouvez accidentellement modifier la configuration des pièces d'un simple glissement du poignet. Les composites sont beaucoup plus tendres que les métaux et même certains bois. Les coupes très grossières avec des bords irréguliers peuvent nécessiter un papier de verre plus agressif de grain 150, et une coupe plus fine avec des défauts de bord minimes nécessiterait une légère éraflure avec un tampon Scotch-Brite™ fin à moyen.

Bien que vous puissiez commencer avec un grain plus coursier pour estomper les différences dans la ligne de coupe, vous finirez toujours tous les bords composites avec une finition lisse et fine (grain 320 ou plus fin).

Lors de la finition des pièces, vous aurez l'occasion de résoudre de nombreux problèmes pouvant aller des contaminants à la qualité des outils de coupe. C'est votre chance d'amener la pièce finale aux normes de qualité préalablement définies sur votre dessin.

Gardez toujours votre ponceuse à disque à un angle de 15°. Lors du ponçage du bord de la pièce, assurez-vous que le disque tourne dans le même sens que le pli de surface dans lequel vous poncez. Cela aidera à prévenir toute cassure supplémentaire de fibres qui pourrait être présente.

Lors du ponçage en bloc, poncez toujours parallèlement au bord de la pièce, cela minimisera la possibilité de délaminage des plis qui auraient pu être partiellement délaminés pendant le processus de coupe ou de manipulation.

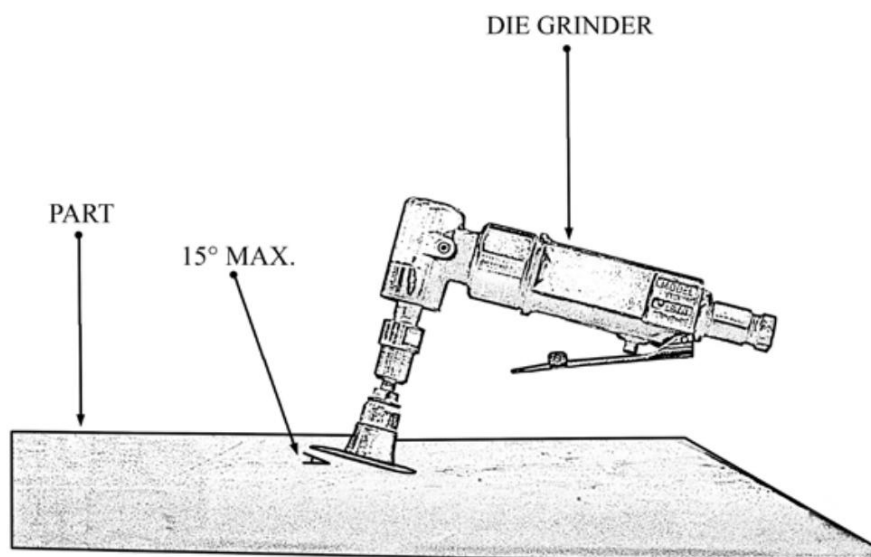


Figure 32. Angle de ponçage approprié avec une meuleuse droite

Il faut être très attentif à ne pas trop poncer lors de la finition de la pièce.

Utilisez toujours un disque abrasif en oxyde d'aluminium et du papier abrasif autant que possible, cela minimisera le transfert de contaminants sur vos pièces avant de peindre ou d'appliquer des films protecteurs. Certains papiers abrasifs sont fabriqués à partir de silicones de qualité inférieure qui peuvent se transférer sur votre pièce pendant le processus de ponçage. Les disques abrasifs de 2 pouces sont les plus efficaces pour maintenir le contrôle et la qualité.

Je suggérerais l'utilisation d'une ponceuse à disque à angle droit de 97° capable d'au moins 20 000 tr/min.

Les dommages causés par des techniques de ponçage inappropriées ou simplement par un simple ponçage excessif sont assez courants. Aiguiser vos compétences sur un échantillon de pièce avant de passer aux pièces de nature plus critique. La finition des pièces est une compétence formée qui peut être acquise par essais et erreurs. Vous êtes désormais conscient de tout le temps et de l'énergie consacrés à la conception et à la fabrication des pièces. Veuillez prendre votre temps pour terminer soigneusement la partie finale et votre investissement sera récompensé.

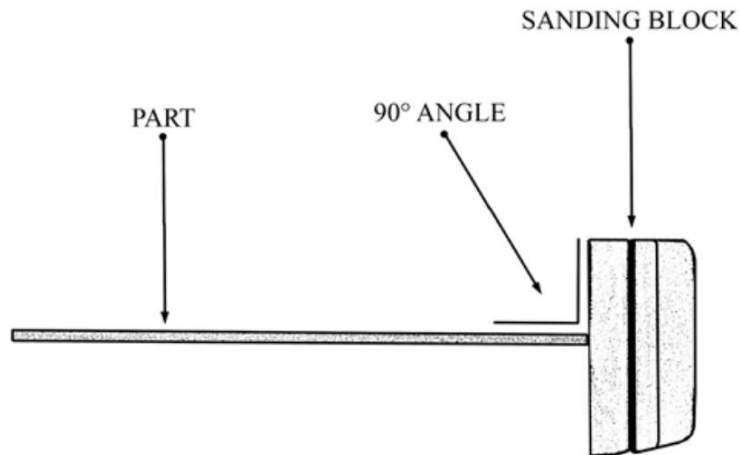


Figure 33. Angle de ponçage approprié avec un bloc de ponçage

Les compétences à emporter

___ Cause/Effet	___ Fixation d'objectifs
___ Problème/Solution	___ Observer
___ Comparer/Contraste	___ Originalité
___ Classer	___ Prédire
___ Idée principale	___ Raisonnement
___ Évaluation	___ Précision
___ Séquence	___ Persistance
___ Modèles	

Testez vos connaissances : chapitre 8

1. Lors de la préparation d'une stratification humide, votre teneur en résine par rapport aux fibres doit généralement être
 - un. 50%
 - b. 30%
 - c. 20%
 - d. 40%
2. Votre _____ et _____ doit rester dans des tasses séparées jusqu'au moment de commencer le processus de mélange.
3. La règle des 40 % n'est pas une formule exacte pour tous les systèmes de résine et tous les types de tissus disponibles.
sur le marché.
 - un. vrai
 - b. FAUX
4. Une fois que votre résine et votre catalyseur sont mélangés, le temps presse : c'est ce qu'on appelle
 - un. temps de mélange
 - b. temps de durcissement
 - c. temps ouvert
 - d. temps de marteau
5. Vous n'êtes PAS prêt à démarrer le processus de mixage avant
 - un. vous avez vos matériaux d'ensachage sous vide, vos sondes et vos lignes préparées et prêtes
 - b. vous avez pré-organisé votre espace de travail
 - c. vous avez fait un essai à travers le processus
 - d. tout ce qui précède
6. Vous souhaitez appliquer le _____ pour évacuer l'air éventuel, et compacter les plis de matière tout en le matériau est visqueux.
 - un. sac d'aspirateur
 - b. matériau en nylon
 - c. résine
 - d. film de séparation solide
7. Votre tissu sec doit être placé entre deux morceaux de tissu _____.
8. La durée minimale de mélange doit être _____.
 - un. 30 secondes
 - b. 5 minutes
 - c. 2 minutes
 - d. 2 secondes

Un guide complet sur les composites

9. Lorsque vous mélangez votre résine, « fouetter » plutôt que de remuer doucement provoque des effets indésirables.
résultat? _____

10. Quels types de gobelets conviennent le mieux pour mélanger la résine ?

- un. sans cire
- b. doublé de cire
- c. polystyrène
- d. aucune des réponses ci-dessus

11. Lorsque vous ajoutez la résine au tissu, commencez par

- un. 100%
- b. 90%
- c. 80%
- d. 70%

12. La résine réservée est utilisée pour

- un. élimination, pas nécessaire
- b. saturation du tissu
- c. retoucher les zones sèches
- d. avant JC

13. Balayer trop de résine sur le tissu provoque _____.

14. Lors du balayage de la résine, la technique idéale est de a. balayer la

- résine des bords extérieurs vers
- b. balayer la résine du bas du tissu vers le haut
- c. balayer la résine du milieu du tissu vers les bords
- d. balayer la résine du haut du tissu vers le bas

15. Lors de la découpe de tissus, il est toujours important de commencer le processus de découpe par

_____.

16. Les plis doivent toujours être disposés correctement _____ et _____.

17. Quelle est la première étape pour préparer un drapage composite avancé ?

18. Lors de la décongélation des matériaux, ils doivent atteindre

- un. température ambiante
- b. 75°F ou moins
- c. tout ce qui précède

19. Lorsque vous vérifiez si le matériau est décongelé, placez votre main nue sur le matériau pendant trente
secondes pour vérifier _____.

20. Lors de la décongélation du matériel, accélérez le processus en utilisant

- un. fours
- b. lampes chauffantes
- c. Chauffe-eau
- d. aucune des réponses ci-dessus

21. Lors de la décongélation de gros rouleaux lourds avec le matériau soutenu à chaque extrémité, qu'est-ce que cela permet ?

(Remplir les espaces vides)

- un. _____
- b. _____

22. Les petits rouleaux pré-équipés sont idéaux car

- un. temps de décongélation plus rapide
- b. commodité
- c. un B
- d. aucune des réponses ci-dessus

23. Marquez tous vos modèles en nylon avec le type applicable. _____, _____ et _____ si

24. Pourquoi devriez-vous revoir votre pile de plis ?

25. Si vous posez moins de six épaisseurs sur un outil plat, vous n'aurez peut-être même pas besoin de poser temporairement
mettre les plis sous vide.

- un. vrai
- b. FAUX

26. Mettez toujours sous vide temporairement les éléments suivants :

- un. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____

27. Lors d'un ensachage sous vide temporaire, appliquez une couche de _____ au dessus de
l'ensemble du drapage s'étendant à mi-chemin sur le respirateur de bord.

28. Placez une couche de _____ sur les plis de purge s'étendant à mi-chemin
respirateur de bord.

29. Jusqu'à ce que la pièce et l'outil tombent en dessous de 135°F _____ est requis.

30. _____ peut provoquer une défaillance catastrophique des pièces et des outils.

Un guide complet sur les composites

31. Concevoir un profil de guérison basé sur les informations suivantes :

- un. la température ambiante est de 65°F
- b. la montée en puissance est de 4° par minute
- c. maintenir la température. à 375°F pendant 120 minutes
- d. la décélération est de 2° par minute
- e. le durcissement final est de 135°F

Les questions 32 à 34 sont basées sur le profil de guérison.

32. Combien de temps faudra-t-il pour atteindre 375°F ?

33. Combien de temps faudra-t-il pour descendre à 135°F ?

34. Quelle est la durée totale de durcissement ?

35. Vous voulez _____ la pièce après qu'elle ait été correctement durcie et refroidie.

36. La pièce déballée peut avoir des bords très _____ de solins en résine.

- un. fort
- b. rond
- c. doux
- d. pointu

37. Le détournage des pièces composites nécessitera _____ ainsi que celles _____ différent de
utilisées pour couper le bois et le métal.

38. Une scie à ruban destinée à couper des composites ne devrait pas être équipée d'un carbure de tungstène
lame à grains.

- un. vrai
- b. FAUX

39. De nombreux fabricants d'outils de coupe ont suggéré que le meilleur diamètre pour garantir une
une finition lisse pour le processus de routage composite est _____.

- un. 1/2 pouce
- b. 5 centimètres
- c. 3/8 pouces
- d. 1 pouce

40. _____ les forets en acier produiront de la chaleur, ils s'émousseront rapidement et votre pièce nécessitera
un support important pour éviter l'éclatement des fibres.

41. L'alésoir est doté de _____ cannelures droites.

- un. 3
- b. 2
- c. 5
- d. 1

42. Les coupes très grossières avec des bords irréguliers peuvent nécessiter un papier de verre plus agressif de grain 150.

- un. vrai
- b. FAUX

43. Une coupe plus fine avec un minimum de défauts de bord nécessiterait un léger éraflure avec _____.

Assurance qualité

9

Objectifs

- A. Quels sont les facteurs critiques
- B. Défauts associés à la fabrication des composites
- C. Contrôle des produits et des processus
- D. Méthodes d'inspection

Facteurs critiques

De nombreux facteurs doivent être pris en compte lorsqu'on discute de l'assurance qualité de la fabrication des composites. Si l'on ne répond pas aux exigences minimales en matière de contrôle et de conception des matériaux, le processus de durcissement et de découpe devient un point discutable. Tout comme si nous avons conçu et fabriqué la pièce correctement, mais que par inadvertance, la couche était trop ou pas assez durcie, la pièce pourrait être perdue à cause de défaillances catastrophiques irréparables.

Lorsque vous évaluez la qualité d'une pièce, vous confirmez essentiellement que la forme, l'ajustement et la fonction des pièces n'ont pas été compromis par des problèmes de non-conformité.

Pour fournir une assurance qualité, vous devez assurer la responsabilité.

1. La pièce répond-elle aux exigences établies par l'ingénieur de conception ? (Exemple: exigences dimensionnelles, structurelles et esthétiques.)
2. La pièce a-t-elle été fabriquée conformément au plan de processus des ingénieurs de fabrication ?
(Exemple : matériau et environnement contrôlés, opérations suivies, orientation des plis et processus de durcissement.)
3. Avez-vous assuré que vos objectifs qualité ont été confirmés et vérifiés ? Ceci est établi en fournissant des preuves de responsabilité grâce à la traçabilité. Ceci est documenté dans les principaux éléments de fabrication ci-dessous :
 - un. conception et planification
 - b. examen des matériaux
 - c. contrôle de processus
 - d. processus de guérison vérifié
 - e. configuration finale de la pièce

Défauts associés aux composites

Presque tous les défauts de fabrication des composites sont liés à des problèmes de non-conformité qui ont un impact négatif sur la qualité des pièces et/ou les performances de conception. Le tableau suivant fournit un aperçu général de certains des défauts les plus courants et des stratégies d'atténuation.

Tableau 6. Défauts du composite et recommandations de réparation.

Défaut	Cause possible	Réparation suggérée
Rayures et abrasions superficielles	Mauvaise manipulation, ponçage excessif	Poncez légèrement avec du Scotch-Brite™ de qualité moyenne. Si les fibres sont exposées, remplissez-les de résine applicable et poncez pour mélanger tout excès de résine ; sceller au besoin.
Plis plis	Mouvement du matériau pendant le durcissement ; techniques d'ensachage inappropriées	Poncer pour éliminer les plis, remplacer les plis poncés.
Pontage dans le rayon	Compactage inadéquat lors du dépôt ; pontage dans le sac pendant le processus de durcissement	Poncer jusqu'au contour souhaité ; remplissez tous les vides avec le système de résine applicable ; poncer lisse ; remplacez tous les plis qui ont été retirés ou endommagés au cours du processus.
Dépression de surface	Marquage d'outil ; manque localisé matl. pendant le processus d'ensachage	Remplissez et équilibrez avec le système de résine applicable.
Déformation de la pièce	Orientation incorrecte des plis ; pile de plis non équilibrée	Si la pièce est relativement plate et inférieure à 0,15", vous pouvez la corriger avec des plis supplémentaires dans le but d'équilibrer le drapage. Mais cette condition mettra généralement au rebut la pièce en fonction de son application.
Piqûres sur la surface côté outil	Accumulation d'agent de séparation ; faible débit de résine/ teneur en résine/fibre faible ; marquage d'outil	Poncez pour enlever, veillez à ne pas poncer dans les fibres. Remplissez et équilibrez avec le système de résine applicable.
Distorsion des plis	Matériau mal compacté ou ancré ; mouvement des plis pendant le guérir	Généralement, cette condition est soit une utilisation telle quelle, soit un problème de mise au rebut. Si la différence est simplement un défaut visuel, vous pouvez abraser la surface de la pièce et ajouter une couche supplémentaire tant que l'ajustement et la fonction de la pièce ne sont pas affectés.
Crevaision	Dommages de manutention, dégâts d'impact	Remplissez et percez correctement avec le système de résine applicable, remplacez les couches structurelles si nécessaire.
Inclusion de matières étrangères (FMI)	Support matériel non retiré avant la mise en place ; zone de travail pas propre	Poncer pour enlever le FMI ; remplacer tous les plis endommagés au besoin ; remplir et égaliser selon les besoins.

Rupture de fibres et délamination des bords	IMF ; dommages causés par un impact ; échec du processus de coupe	Enlevez les débris; injecter avec le système de résine applicable ; serrer et guérir ; poncer l'excédent de résine et sceller si nécessaire.
Bordure dépareillée	Mouvement de pièce pendant le processus de coupe	Sable pour mélanger dans des limites acceptables ; sceller au besoin.
Manque de résine	Ingestion d'humidité dans le matériau ; manque d'écoulement de résine ; fuite du sac sous vide	Nettoyer, enduire avec le système de résine applicable, durcir, poncer l'excès de résine et sceller si nécessaire.
Écrasement du noyau	Défaillance du produit ; dommages causés par un impact ; pression excessive pendant le processus de durcissement	Poncer pour exposer l'écrasement du noyau, si la zone est inférieure à 1" de diamètre ; remplir et égaliser avec du composé d'enrobage ; remplacer les plis, durcir, retoucher au besoin.
Dépressions centrales	Ponçage excessif	Remplissez de composé d'empotage; poncer la zone environnante au besoin ; veillez à ne pas endommager le noyau environnant.
Cellules en nid d'abeille déchirées	Manutention; échec du processus d'usinage	Remplissez de composé d'empotage; poncer la zone environnante au besoin ; veillez à ne pas endommager le noyau environnant.
Crêtes de résine ou accumulation excessive de résine	Rides dans le matériau d'ensachage et/ou saignement insuffisant pendant le durcissement processus	Si les crêtes de résine ne contiennent pas de fibres, poncez pour les enlever ; scellez toute abrasion si nécessaire. Une richesse minimale en résine est généralement acceptable, des quantités excessives seront sujettes à des éclats.

Contrôle des produits et des processus

Nous voulons nous assurer que toutes les spécifications de nos clients ont été respectées. Nous y parviendrons en surveillant les matériaux, les processus et les procédures qui font partie de l'assurance qualité. programme de ance.

Matériaux

Confirmez que tous les matériaux utilisés sont conformes à la conception et aux obligations contractuelles du client. Confirmez que les matériaux sont stockés et manipulés correctement pendant le processus de fabrication.

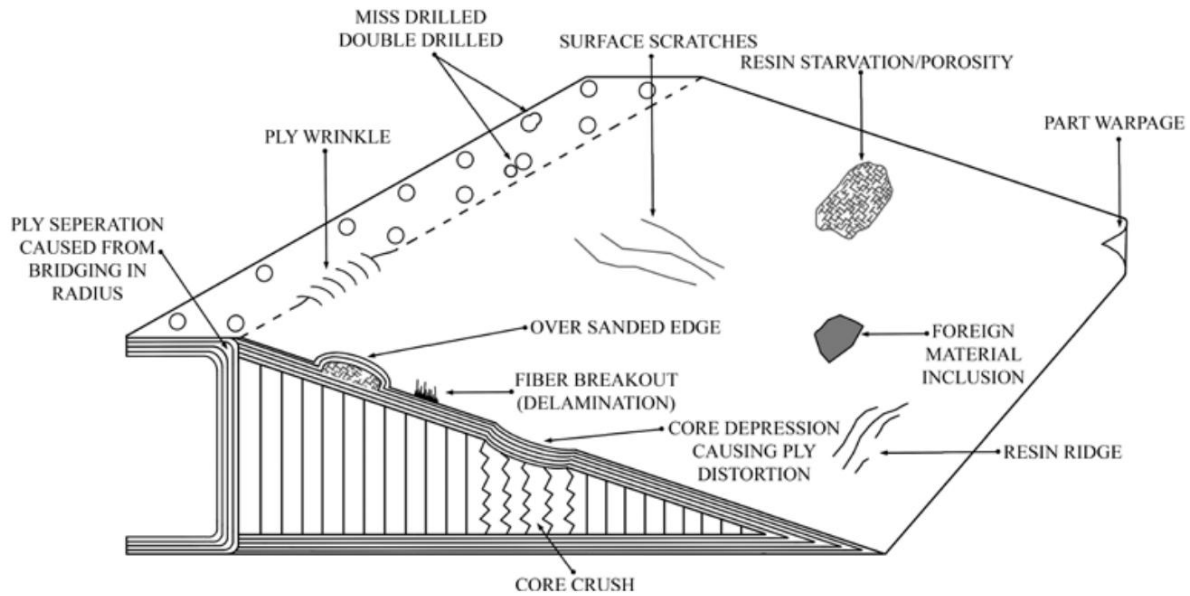


Figure 34. Défauts courants dans une structure composite

Processus à confirmer •L'outil

a été correctement préparé avec l'agent de séparation avant la mise en place.

•La pièce a été posée avec le matériau approprié, dans le bon ordre et dans la bonne orientation. •Le processus d'ensachage correct a été sélectionné pour l'application particulière. •La pièce a été durcie correctement. •La pièce a été découpée en utilisant le processus correct. •Tout défaut non conforme reste dans les limites acceptables. •Toutes les corrections en cours sont acceptables. •La pièce finale répond à tous les objectifs de conception et d'ingénierie.

Méthodes d'inspection

Inspection visuelle Une

inspection visuelle des pièces vous permet d'identifier la plupart des problèmes de qualité associés aux pièces fabriquées en composite. Afin d'effectuer adéquatement une inspection de pièces composites de bonne qualité, vous avez besoin de quelques outils de base, tels que, sans toutefois

s'y limiter :

•Pièce de monnaie •Micromètre de 0 à 1"

• Jauge à bille

• Échelle 6"

• Lampe de

poche • Jauges de

rayon • Loupe • Miroir

à poignée

Lors de l'inspection visuelle, vous recherchez des défauts non conformes affectant la qualité de la pièce, tels que des fissures, un délaminage des bords, des trous surdimensionnés/sous-dimensionnés, la configuration générale de la pièce, des plis, des dépressions et des anomalies d'apparence générale.

Test du robinet

Manuel : s'effectue en tapotant légèrement un disque métallique (pièce de monnaie) sur la zone d'inspection pour identifier les zones de délaminage et de décollement, en tapotant sur le stratifié en question. Lorsque vous collez sur du stratifié solide, la pièce de monnaie émettra un son plus aigu. Lorsque vous tapotez sur une zone de stratifié décollé, vous remarquerez un son sourd et grave. Cette méthode est plus efficace lorsqu'elle est utilisée sur des pièces à structure légère ou sur des stratifiés pris en sandwich.



Deux éléments clés de l'assurance qualité
« adapté à l'objectif » et
« bon du premier coup »

Les marteaux-piqueurs électroniques sont utilisés pour afficher les écarts entre les stratifiés solides et les stratifiés décollés. Cette méthode est plus fiable car elle ne dépend pas de l'interprétation de l'écart sonore par l'inspecteur.



Figure 35. Une pièce de monnaie peut détecter les vides dans la structure

Inspection Non Destructive (NDI)

L'inspection non destructive est aussi parfois appelée NDI. Ces méthodes d'inspection sont principalement utilisées pour vérifier les objectifs de qualité internes des pièces sans endommager ni altérer la configuration de la pièce fabriquée. Il existe plusieurs méthodes d'inspection non destructive, certaines méthodes sont utilisées pour identifier les défauts de la ligne de liaison et d'autres peuvent être utilisées pour identifier l'ingestion d'eau.

L'équipement NDI est disponible dans de très grands systèmes complexes conçus pour les fabricants de grandes pièces et, ces dernières années, certaines unités portables ont été mises à disposition sur le marché.

Voici quelques exemples de méthodes NDI :

1. Les ultrasons consistent en un signal haute fréquence utilisé pour identifier les défauts internes qui ne sont pas détectables lors d'une inspection visuelle de routine. Il existe deux méthodes principales de test par ultrasons :

- Ultrasons à écho pulsé qui utilise généralement un transducteur pour envoyer un signal à travers la pièce inspectée. Lorsque le signal rebondit sur une décollement ou un autre défaut de type vide, nous pouvons mesurer la perte de signal pour déterminer la profondeur du défaut.
- Les ultrasons par transmission (TTU) sont également utilisés pour localiser les défauts qui ne sont pas détectables lors d'une inspection visuelle de routine. Cette méthode utilise généralement deux transducteurs, un de chaque côté de la pièce. Un signal est envoyé d'un transducteur à un autre : lorsque les transducteurs passent sur une zone défectueuse, la perte de signal est mesurée et comparée à une norme de référence pour caractériser les zones défectueuses.

2. La radiographie (rayons X) est utilisée pour détecter les décolllements, les délaminages, les fissures internes et ingestion d'humidité. Ce n'est pas une méthode courante en raison de l'exposition. sûr aux risques pour la santé.

3. La shearographie utilise la technologie laser pour identifier les défauts internes tels que les décolllements et les délaminages. Les unités de shearographie portables deviennent de plus en plus disponibles à mesure que la technologie progresse et que les prix baissent.



La Société américaine pour les produits non destructifs les tests fournissent des contacts, des programmes et des informations sur l'industrie. www.asnt.org

Les compétences à emporter

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| ___ Cause/Effet | ___ Établissement d'objectifs |
| ___ Problème/Solution | ___ Observer |
| ___ Comparer/Contraste | ___ Originalité |
| ___ Classer | ___ Prédire |
| ___ Idée principale | ___ Raisonnement |
| ___ Évaluation | ___ Précision |
| ___ Séquence | ___ Persistance |
| ___ Motifs | |

Testez vos connaissances : chapitre 9

1. Si nous ne répondons pas aux exigences minimales de contrôle et de conception des matériaux, le durcissement ou le processus de coupe devient un point de _____.

2. Quels sont les cinq objectifs de qualité ?

3. Les rayures et abrasions de surface sont causées par une mauvaise manipulation et un ponçage excessif.

un. vrai

b. FAUX

4. Pour réparer une dépression de surface, vous devez

5. La déformation de la pièce peut être causée par _____.

un. ponçage excessif b. échec

du processus d'usinage c. orientation

incorrecte des plis d. mouvement de la

pièce

6. La distorsion des plis est causée par le marquage de l'outil.

un. vrai

b. FAUX

7. Une crevaison est généralement causée par _____, _____.

8. Des corps étrangers peuvent apparaître lorsque le support du matériau n'est pas retiré avant la superposition ou le

la zone de travail n'est pas maintenue propre.

un. vrai

b. FAUX

9. Comment réparer une dépression centrale ?

10. Les cellules en nid d'abeille déchirées sont causées par :

Un guide complet sur les composites

11. Vous devez confirmer que tous les matériaux utilisés sont conformes à la conception et aux obligations contractuelles du client.
- un. vrai
 - b. FAUX
12. Peu importe le processus d'ensachage choisi pour une application particulière.
- un. vrai
 - b. FAUX
13. Confirmez que le _____ a été guéri correctement.
- un. four
 - b. congélateur
 - c. partie
 - d. résine
14. Vous devez _____ que la pièce finale répond à tous les objectifs de conception.
15. Un _____ vous permet d'identifier la plupart des problèmes de qualité associés aux pièces fabriquées en composite.
16. Énumérez quelques outils de base pour effectuer adéquatement une inspection de pièces composites de bonne qualité
- _____
- _____
- _____
17. Énumérez les deux types de tests de tapotement et expliquez chacun
1. _____
- _____
2. _____
- _____
18. L'inspection non destructive est également appelée _____
19. Les méthodes d'inspection non destructives sont principalement utilisées pour :
- _____
- _____
20. Nommez trois exemples de méthodes d'inspection non destructives.
- un. _____
 - b. _____
 - c. _____

Annexe A

Le programme 8-S pour la vie et le travail

Il existe plusieurs programmes associés à l'amélioration continue des processus. La production Lean, Six Sigma, 5 POURQUOI, l'analyse des métriques et la cartographie de la chaîne de valeur peuvent faire partie de votre vocabulaire, surtout si vous travaillez pour une organisation répondant à des normes de conception et de production de classe mondiale. Le programme 8-S présenté ici est en fait une extension du programme 5-S plus connu. Ce programme constitue la base pour créer des méthodes et des processus fiables.

Bien que destinés au travail, de nombreux concepts sont applicables à notre propre vie. Même la pratique de quelques-unes de ces techniques peut conduire à une existence plus sereine et plus épanouissante sur le plan personnel.

Le protocole 8-S

Tri

Séparez le nécessaire du inutile et éliminez tous les outils, pièces et instructions inutiles. Parcourez tous les outils, matériaux, etc. dans l'usine et la zone de travail. Ne conservez que les éléments essentiels et éliminez ce qui n'est pas nécessaire. Hiérarchisez les choses selon les exigences et conservez-les dans des endroits facilement accessibles. Tout le reste est stocké ou jeté.

Redresser Chaque

chose et chaque chose à sa place n'est pas seulement un cliché bien connu, mais un élément essentiel de presque toutes les organisations. Imaginez un magasin, une école ou un lieu de travail où les objets sont placés au hasard n'importe où par tout le monde. Nous passons tout notre temps à chercher des choses. L'emplacement de chaque élément doit être clairement indiqué.

Balayage

Le balayage implique trois activités clés :

1. Balayage visuel et physique de la zone de travail pour confirmer que « tout est à sa place »
tel que déterminé lors du lissage.
2. Balayage visuel et physique de la zone de travail pour identifier (et corriger) les problèmes sporadiques et violations chroniques de la sécurité.
3. Balayage visuel et physique de la zone de travail pour identifier (et corriger) les problèmes chroniques de ménage.

Standardisation

Une fois que les choses sont réglées à la satisfaction de tous, l'étape suivante consiste à documenter une procédure standard pour l'entretien de la zone. Tous les postes de travail pour un travail particulier doivent être identiques.

Cohérence et productivité vont de pair. Tous les employés effectuant le même travail devraient pouvoir travailler dans n'importe quel poste avec les mêmes outils qui se trouvent au même endroit dans chaque poste. Chacun doit savoir exactement quelles sont ses responsabilités en matière de respect des trois premiers.

Sécurité

La plupart des entreprises maintiennent des programmes et des procédures de sécurité bien définis, nous les considérons donc comme un autre élément « S » essentiel. Le respect de toutes les précautions et procédures de sécurité est une condition nécessaire au succès de l'atelier.

Sécurité

Pour faire de la sécurité un investissement plutôt qu'une dépense, le septième « S » identifie et traite les risques pour les principales catégories d'entreprises, notamment les immobilisations, le matériel, le capital humain, le capital de marque, la propriété intellectuelle, les technologies de l'information, les actifs en transit et les approvisionnement prolongé chaîne.

Satisfaction

La satisfaction des employés et leur engagement dans les activités d'amélioration continue garantissent que les améliorations seront durables et améliorées. L'intellect, les talents et les ressources non utilisés peuvent constituer le gaspillage le plus préjudiciable dans toute organisation.

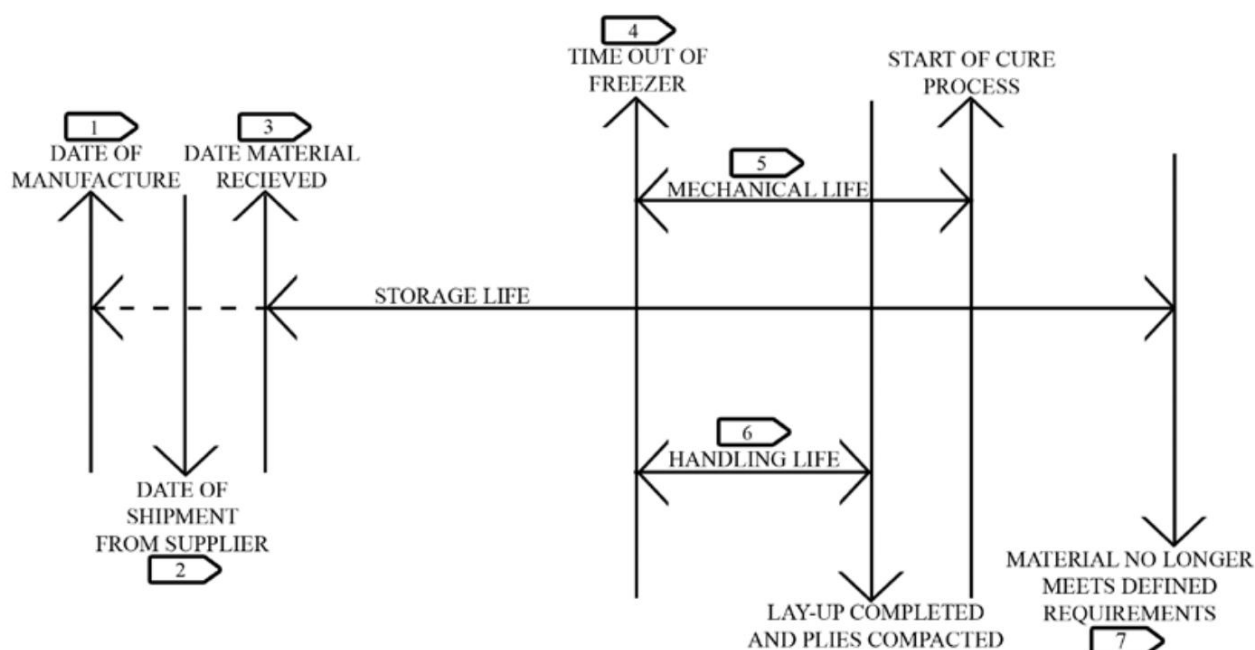
Maintenir II

suffit de respecter tous les accords 8-S Une fois que les sept S précédents ont été établis, ils deviennent la nouvelle façon de fonctionner. Restez concentré sur cette nouvelle méthode et ne permettez pas un retour progressif aux anciennes méthodes. Tout en réfléchissant à la nouvelle méthode, réfléchissez à des façons encore meilleures de vous améliorer. Lorsqu'un problème survient, comme une suggestion d'amélioration, une nouvelle façon de travailler, un nouvel outil ou une nouvelle exigence de résultat, examinez les quatre premiers S et apportez les modifications appropriées. Cela doit être pris comme une habitude et être continuellement amélioré.

Lorsque des changements affectent le programme 8-S tels que de nouveaux équipements, produits ou règles de travail, il est essentiel d'apporter des modifications aux protocoles 8-S et de proposer une formation. Il est important de suivre une formation continue sur le respect des normes 8-S si l'organisation veut être compétitive sur le marché mondial. économie.

Appendice B

MATERIAL SHELF LIFE DEFINED



- 1** The **Date of Manufacture** is generally defined as the date the material is chemically formulated and/or impregnated. This date is used by many companies in the industry to capture the original quality data when the material was made. Any additional testing of the material during its existence will be compared to the original test data. This will allow the user to verify that the material is within their acceptable quality criteria prior to use in production parts.
- 2** Material Manufacturers Technical Data Sheets (TDS) may state that the recommended shelf life is from the (DOS) **Date of Shipment**. This is not always the most reliable information due to the fact that the material may have been manufactured and stored for several months prior to shipping to the customer's facility.
- 3** The **Date of Receipt** is primarily used by fabricators to control shelf life and maintain inventory on a first in first out basis. In many cases the recipient will perform purchasing test to verify that the material meets their contractual obligation that may be controlled by their primary customer's product, or process specification.
- 4** **Time out of Freezer** is critical in controlling the quality of your shelf life sensitive material. All materials will have a limit associated with the amount of time the material can be exposed to ambient temperature. The time that a particular material can be out of freezer will be determined by the material manufactures (TDS) or possibly a material specification, or even a process specification that may have more stringent requirements than the material manufacture.
- 5** **Mechanical Life** is the total time that the material is exposed to ambient temperature prior to the start of cure.
- 6** **Handling Life**, sometimes referred to as work life is the total time that the material is being work within the fabrication process. Once the material has been placed in its final position on the tool and vacuum bagged the handling time clock can stop. In the fabrication of large or complex Lay-Up assemblies the part will remain under vacuum until additional details (cured or uncured) can be processed for final placement on the part for final bagging and cure.
- 7** When the Material no longer meets your process requirements will depend on many factors. Are you fabricating test samples, are you using the material for training, or maybe you are fabricating parts for a customer that builds commercial spacecraft that you or I may use one day to travel to the outer limits of space. You can see that different applications will have more stringent requirements than others. Material expiration dates are defined by several authorities. The Manufactures of the raw materials, The Customers material specifications, as well as the internal or external Process Specifications that you may be working to. Material may expire under the standards of one set of criteria but may be acceptable under other circumstances that only require material to meet the most basic requirements. The bottom line is that you need to be in compliance with the storage, processing and handling of time sensitive material. Know your requirements and control your material shelf life to meet those requirements.

FICHE DE JOURNAL DES MATÉRIAUX

[illegible]

Glossaire des termes

UN

A-STAGE—L'étape initiale de la résine telle que produite par le fabricant. Le stade A est celui où peu de réactions se sont produites.

ABRASION—Égratignez la surface en ponçant, etc. Dans les composites, l'abrasion n'endommage pas le premier pli.

ABRASIFS—Une substance lissante telle que la pierre ponce, la silice ou la poudre de diamant. Les abrasifs sont utilisés pour le meulage ou le polissage.

ABSORPTION—L'absorption d'un liquide dans les fibres d'une substance.

ACCÉLÉRATEUR—Un additif à la résine polyester qui réagit avec le catalyseur pour accélérer la polymérisation. Cet additif est requis dans les résines durcies à température ambiante. Voir **PROMOTEUR**.

ACÉTONE—Un solvant du groupe cétone utilisé pour dissoudre les résines polyester. Utilisé dans une large mesure pour le nettoyage des outils dans les opérations de fibre de verre.

ADHÉRENCE—La capacité de adhérer fermement à quelque chose. Deux surfaces maintenues ensemble à une interface soit par des produits chimiques ou par une force mécanique.

ADHÉSIF—Une substance utilisée pour coller des objets ensemble—peut être un liquide, un film ou une pâte.

FILM ADHÉSIF—Une fine feuille transparente qui adhère à une surface.

FLASH ADHÉSIF— L'adhésif durci s'est détaché autour des extrémités d'un assemblage.

ADDITIF—N'importe quel nombre de matériaux ajoutés pour modifier les propriétés des résines polymères. Les catégories d'additifs comprennent les réactifs, les charges, les modificateurs de viscosité, les pigments et autres.

COMPOSITES AVANCÉS : matériaux dotés d'une résistance et d'une rigidité supérieures, généralement applicables à l'aérospatiale.

ALLIGATORING – Un défaut cosmétique visible dans le gelcoat exposé qui ressemble à une peau ridée ou d'alligator.

AMBIANT—L'environnement immédiat.

TRIOXYDE D'ANTIMOINE —Additif ignifuge à utiliser avec les résines.

ARAMIDE—Fibres synthétiques résistantes à la chaleur et résistantes utilisées dans les applications militaires et aérospatiales. Aussi utilisé dans les gilets pare-balles et les composites balistiques.

TEMPS D'ASSEMBLAGE —Le temps entre l'application de l'adhésif et l'application de chaleur à un assemblage.

AUTOCLAVE—Un grand récipient fermé qui utilise la pression pour durcir les pièces collées et les stratifiés.

B

ÉTAPE B—L'étape intermédiaire dans la réaction des systèmes de résine en deux parties. Le matériau est généralement ramolli mais pas entièrement dissous.

ENSACHAGE : appliquer une couche imperméable de film sur une pièce non durcie et sceller les bords de manière à ce qu'un le vide peut être tiré.

MOULAGE DE SAC—Un film hermétique utilisé pour appliquer la force atmosphérique à un stratifié. Voir **SAC SOUS VIDE** **SAC DE MOULAGE** et **PRESSION**.

CÔTÉ DU SAC —Le côté de la pièce qui est durci contre le sac sous vide.

CONCEPTION ÉQUILIBRÉE - Dans la conception équilibrée d'enroulement de filament, il s'agit d'un modèle d'enroulement conçu de sorte que le les contraintes dans tous les filaments sont égales.

DURETÉ BARCOL : mesure de la dureté de surface réalisée avec un instrument Barcol Impressor conformément à la norme ASTM D-2583. La valeur de dureté peut être utilisée comme indication du degré de durcissement des stratifiés FRP.

CRÈME BARRIÈRE— Crème utilisée pour protéger la peau du contact avec les résines.

LOT (LOT) : quantité de matériau produite en une seule fois, généralement attribuée à un numéro de lot ou de lot par le fabricant.

PEROXYDE DE BENZOYLE (BPO)—Un initiateur pour le durcissement de la résine polyester. Le BPO est utilisé avec des accélérateurs d'aniline ou lorsque la chaleur est utilisée pour durcir la résine.

BIAIS—La direction diagonale du tissu—angle de 45°. En utilisant le biais, le matériau peut être façonné en formes profilées.

BI-DIRECTIONNEL : fibres de renforcement disposées dans deux directions, généralement à angle droit par rapport à l'un l'autre.

LIANT—Un adhésif soluble dans la résine qui fixe les fibres aléatoires dans un tapis à brins coupés ou mèche continue.

BISMALEIMIDE—Polyamide à base de maléimide utilisé dans les composites structuraux haute performance qui nécessitent des utilisations à des températures plus élevées et une résistance accrue.

TISSU DE PURGE—Une couche de matériau utilisée lors de la fabrication de pièces composites. Il permet aux gaz et à la résine de s'échapper. Le tissu de purge est retiré après le durcissement et ne fait pas partie du produit fini.

SAIGNEMENT : excès de résine qui atteint la surface d'un enroulement. Trouvé principalement dans les filaments enroulement.

BLISTER—Un défaut indésirable entre les couches de stratifié ou entre le film de gelcoat et stratifié. Une élévation arrondie qui ressemble à la forme d'une ampoule sur la peau.

STRUCTURE LIÉE—Une structure résultant d'un assemblage de pièces fixées les unes aux autres à l'aide d'adhésifs structuraux. Les adhésifs sont ensuite durcis par chaleur, pression ou les deux.

PLIS DE LIAISON —Le pli qui entre en contact avec l'âme en nid d'abeilles.

FORCE DE LIAISON—La quantité de force d'adhésion.

RUPTURE : fibres susceptibles de se briser ou de se séparer suite à la découpe ou au perçage des pièces composites. bord.

RENIFLARD (TISSU DE RENIFLARD)—Un tissu à tissage lâche utilisé pour assurer la ventilation sous vide. Le tissu respirant n'entre pas en contact avec la résine et est retiré une fois le processus de durcissement terminé. Cela ne fait pas partie du composite final.

PONT : plis de tissu sur un bord incurvé qui n'entrent pas en contact complet avec le matériau central, provoquant un effet de pont.

BOUCLEMENT— Défaillance caractérisée par une déflexion instable du matériau due à la compression. Le matériau dévie vers le haut ou vers le bas.

JOINT BOUT À BOUT : type de joint de bord dans lequel les faces de bord de deux adhérents sont à angle droit par rapport aux autres faces des adhérents.

C

C-STAGE—L'étape finale du durcissement d'un système de résine mixte thermodurcie. La résine ne peut pas être ramollie par la chaleur à ce stade.

FIBRE DE CARBONE — Une fibre légère, à haute résistance et à haute rigidité. Utilisé comme matériau de renforcement.

COULÉE – Processus consistant à verser un mélange de résine, de charges et/ou de fibres dans un moule, par opposition à accumulation de couches par stratification. Cette technique produit des propriétés physiques différentes de celles du laminage.

CATALYSEUR—Techniquement considéré comme un initiateur, le catalyseur est la substance ajoutée à la résine ou au gelcoat pour initier le durcissement ou la réaction chimique.

RÉSINE CATALYSÉE —Mélange de résine après avoir été mélangé avec un durcisseur. Cela peut encore être réalisable.

DÉFAILLANCE CATASTROPHIQUE —Défaillance totalement imprévisible entraînant une perte totale de matériel et éventuellement d'outillage ou d'autres équipements.

CAULK—Un matériau élastique utilisé pour protéger les joints ou les connexions des éléments externes, en particulier l'humidité.

PLAQUE DE CAUL —Plaque métallique lisse sans imperfections de surface—fournit une surface lisse pour le stratifié fini. Principalement utilisé pendant le processus de durcissement.

CAVITÉ : espace entre un ensemble de moules mâle et femelle dans lequel la pièce est formée. Parfois utilisé pour désigner un moule féminin.

CELLULE : dans le noyau en nid d'abeilles, la cellule est l'unité unique en nid d'abeilles, généralement de forme hexagonale.

TAILLE DE LA CELLULE : diamètre d'un cercle dans une cellule d'un noyau en nid d'abeille.

CENTIPOISE— Unité de mesure utilisée pour décrire la viscosité d'un liquide. La viscosité est mesurée avec un viscosimètre Brookfield pour la plupart des applications de résine polyester.

FRAIRIE—Un phénomène de surface indiquant la dégradation d'une surface cosmétique. Le farinage est un film poudreux qui apparaît plus clair que la couleur d'origine.

TAPIS DE BRINS HACHÉS—Un renfort en fibre de verre constitué de brins courts de fibres disposés en un motif aléatoire et maintenus ensemble avec un classeur. Le tapis est généralement utilisé en rouleaux constitués d'un matériau de 3/4 oz/pi² à 2 oz/pi² de matériau.

TISSU—Un renfort en fibre de verre fabriqué par le tissage de brins de fils de fibre de verre. Le tissu est disponible en divers poids mesurés en oz/yd² ou kg/m².

COCURED—Stratifiés durcis et liés à une autre surface préparée.

COEFFICIENT DE DILATATION THERMIQUE (CTE)—Le changement de longueur ou de volume par unité de longueur ou de volume produit par une augmentation de la température.

COHÉSION—La propension d'une substance à adhérer ou à se coller à elle-même. Également la force qui maintient une seule substance ensemble.

COIN TAP/COIN TEST—Un test de défauts utilisant une pièce de monnaie pour tapoter un stratifié à différents endroits. Un changement de hauteur ou de tonalité indique la présence d'un défaut.

STABILITÉ DE LA COULEUR—La capacité d'un revêtement de surface ou d'un pigment à résister à la dégradation due à l'exposition environnementale.

COMPOSITE—Une fibre de renforcement dans une matrice de résine dont les propriétés cumulatives sont supérieures à celles des matériaux individuels.

MOULE DE COMPRESSION—Un moule fermé, généralement en acier, utilisé pour former un composite sous chaleur et pression.

MODULE DE COMPRESSION : description d'une propriété mécanique qui mesure la compression d'un échantillon à une charge spécifiée.

RÉSISTANCE À LA COMPRESSION : la contrainte qu'un matériau donné peut supporter lorsqu'il est comprimé. La résistance à une force d'écrasement.

CONNEXION – Lorsque deux panneaux sont fixés l'un à l'autre ou qu'un panneau est fixé au bâtiment.

MOULAGE PAR CONTACT : fait référence à l'utilisation d'un moule unique ou ouvert sur lequel de la résine et des matériaux de renforcement peuvent être appliqués. Le moulage par contact se caractérise par une face cosmétique finie.

CONTAMINANT—Une impureté ou un corps étranger dans un matériau ou un environnement.

Un guide complet sur les composites

BRIN DE FILAMENT CONTINU—Un faisceau de fibres composé de nombreux filaments de verre. Aussi quand faisant référence aux armes à feu itinérantes ; un ensemble de ficelles comme de la fibre de verre ou du fil, qui passe par un hachoir pistolet pendant le processus de pulvérisation.

ROVING CONTINU – Un faisceau de filaments de verre qui sont alimentés par un pistolet hachoir dans le processus de pulvérisation.

STRATIFICATION CONTINUE : processus automatisé de formation de panneaux et de feuilles dans lequel le tissu ou le tapis passe à travers un bain de résine, est rassemblé entre les feuilles de revêtement et passe à travers une zone de chauffage pour durcir. Les rouleaux presseurs contrôlent l'épaisseur et la teneur en résine au fur et à mesure que les différentes couches sont rassemblées.

NOYAU : élément central d'une pièce sandwich, généralement en mousse ou en nid d'abeille.

CORROSION DU NOYAU – Oxydation ou autre événement chimique qui affecte négativement le noyau.

CORE CRUSH – Dommages au noyau dus à la compression.

DÉPRESSION DU Cœur – Une entaille dans le noyau.

ORIENTATION DU NOYAU—Le placement du noyau en nid d'abeilles consiste à aligner la direction du ruban, l'épaisseur de la profondeur des cellules, la taille des cellules et la direction transversale.

SÉPARATION DU NOYAU—La division ou la rupture des cellules du noyau en nid d'abeille.

ÉPISSAGE DU NOYAU : assemblage de segments d'un noyau en les collant ensemble, généralement avec un adhésif moussant.

STABILISATION DU NOYAU—Un processus qui rend les matériaux du noyau en nid d'abeille rigides, évitant ainsi toute déformation pendant l'usinage.

FOLLE—Fissuration du gelcoat ou de la résine due au stress.

RÉTICULATION—La liaison chimique des molécules qui, dans les polymères, se produit lors de la transition de durcissement d'un liquide à un solide.

STRATIFIÉ À PLIS CROISÉS—Un stratifié dont les plis sont généralement orientés à 0° et 90° uniquement.

ÉPISSAGE PAR ÉCRASEMENT : assemblage de segments de noyau en superposant chaque segment de deux à quatre cellules, puis en les conduisant ensemble.

CURE—L'achèvement du processus de réticulation au cours duquel un composite développe toute sa résistance. Généralement obtenu par application de chaleur et/ou de pression.

CYCLE DE DURCISSEMENT—Le cycle utilisé pour durcir un système de résine thermodurcissable ou un préimprégné. Le cycle comprend le temps, la température et la pression.

TEMPÉRATURE DE DURCISSEMENT—La température à laquelle la réaction chimique requise pour durcir un matériau particulier sera activée.

TEMPS DE DURCISSEMENT : temps entre l'introduction du catalyseur ou de l'initiateur dans un polymère et le durcissement final.

AGENT DE DURCISSEMENT—Un agent réactif au durcisseur qui provoque la polymérisation lorsqu'il est ajouté à la résine.

D

DEBOND—Une séparation délibérée d'un joint collé, généralement à des fins de réparation. Au Royaume-Uni, le débondement est souvent qualifié de dommage accidentel.

DÉBURR—Pour supprimer une arête vive et des imperfections mineures résultant de la coupe finale ou de l'usinage de partie. Généralement réalisé avec du papier de verre grain 320 Scotch-Brite™ de qualité moyenne.

DÉBULKING—Le compactage d'un stratifié épais sous chaleur, pression et vide pour éliminer la majeure partie de l'air afin d'assurer un placement correct sur l'outil et d'éviter les plis.

DÉFLASHING—Technique utilisée pour éliminer le flash (excès de matière indésirable) sur une moulure en plastique.

DÉLAMINATION – Les stratifiés de séparation ou les plis individuels causés par une défaillance mécanique, une défaillance lors de la coupe ou une contamination lors de l'assemblage.

DÉLAMINATION—La séparation des couches composites les unes des autres.

DENSITÉ—Une comparaison du poids par volume, mesuré en livres par pied cube.

RÉSISTANCE DIÉLECTRIQUE—La valeur d'un matériau en tant qu'isolant électrique ou la résistance à l'écoulement de courant électrique.

STABILITÉ DIMENSIONNELLE : description du changement de taille d'un objet pendant le processus de moulage ou dans des conditions de température variables ou sous diverses charges.

DISBOND—La séparation d'une liaison d'une structure à une autre.

DISTORSION – Un changement de forme par rapport à ce qui est prévu.

DOUBLER—Zone localisée de couches supplémentaires de renfort pour fournir de la résistance.

PLIS DOUBLES—Un pli partiel qui s'étend sur la bande de chant jusqu'à la structure existante, ce qui renforce la réparation. Peut également être ajouté là où les attaches sont appliquées.

DRAFT : angle des composants verticaux d'un moule qui permettent le retrait de la pièce.

DRAPE—La capacité d'un tissu à s'adapter à une surface profilée.

FIBRE SÈCHE – Une condition indésirable dans laquelle les fibres du matériau ne sont pas complètement saturées ou encapsulées. avec de la résine. Généralement associé à la porosité de la surface.

E

DÉLAMINATION DES BORDS : Séparation des pièces le long du bord une fois l'assemblage durci.

E-GLASS—Le E signifie électrique. Initialement formulé pour être utilisé dans les circuits électriques, le verre E est la formulation de verre la plus couramment utilisée dans les renforts en fibre de verre.

HUIT HARNAIS SATIN—Un type de tissage de tissu. Le tissu présente un motif de tissage sept par un dans lequel un fil de remplissage flotte sur sept fils de chaîne, puis sous un. Comme une patte d'oie, tisse-le semble différent d'un côté puis de l'autre. Très adaptable sur les courbes comme les radômes.

ÉLASTICITÉ— Propriété des matériaux dont ils retrouvent leur taille et leur forme d'origine après suppression d'une force provoquant une déformation.

ALLONGATION— Mesure standard de la quantité qu'un échantillon peut s'étirer en pourcentage de la longueur d'origine avant qu'il ne se brise ou ne se brise.

ENCAPSULATION : entourer complètement un objet de résine ou d'un composite de résine et de fibres.

Parfois utilisé spécifiquement en référence au boîtier de condensateurs ou de modules de circuits imprimés.

RÉSINE ÉPOXY—Une matrice de résine préférée utilisée dans les composites avancés, les préimprégnés ainsi que les systèmes de résine en deux parties. Utilisé en pose humide.

CHALEUR EXOTHERMIQUE— Chaleur développée en interne accompagnant une réaction chimique, telle que celle qui pourrait être créée lors du durcissement d'une résine thermodurcissable.

F

TISSU—Fibres individuelles tissées ensemble pour produire du tissu.

FABRICATEUR—Fabricant de produits en plastique renforcé.

FACE DE CHAÎNE DU TISSU —Le côté du tissu tissé où le plus grand nombre de fils est parallèle au bord cousu du tissu (lisière).

SURFACE DE FAYING—Les surfaces des matériaux en contact les uns avec les autres et joints ou sur le point d'être joints.

Un guide complet sur les composites

MOULE FEMELLE : moule concave utilisé pour définir avec précision la surface convexe d'une pièce moulée.

FIBRE—Matériau de renforcement qui est un composant majeur d'une matrice composite en raison de sa résistance et de sa rigidité élevées.

DIRECTION DES FIBRES/ORIENTATION DES FIBRES – Alignement des fibres conformément à un dessin.

FIBRE DE VERRE—Verre extrudé en filaments extrêmement fins. Ces filaments varient en diamètre et sont mesurés en microns. Les filaments de verre sont traités avec des liants spéciaux et traités semblable aux fibres textiles. Ces fibres se présentent sous de nombreuses formes telles que la mèche, la mèche tissée, le mat et brins continus.

FILAMENT : une seule fibre filiforme de verre extrudé. Généralement des microns de diamètre.

ENROULEMENT DE FILAMENT – Un processus qui consiste à enrouler un brin de filament de verre saturé de résine. autour d'un mandrin tournant.

CHARGES – Matériaux organiques ou inorganiques généralement inertes qui sont ajoutés aux plastiques, aux résines ou aux gelcoats pour modifier les propriétés, améliorer l'apparence, augmenter le volume ou réduire le coût de l'article en cours de production.

FILLER PLY : un patch supplémentaire utilisé pour épaissir ou remplir une dépression lors d'une réparation, ou un pli partiel utilisé pour remplir ou stabiliser une zone.

FILM ADHÉSIF—Un adhésif à base de résine synthétique, généralement du type thermodurcissable, sous la forme d'un mince film sec de résine avec ou sans papier, verre ou autre support.

IGNIFUGES —Composés mélangés à la résine pour réduire l'inflammabilité.

FISH EYE – L'effet d'une contamination de surface qui provoque une séparation circulaire d'une peinture ou d'un gel.
manteau.

RÉSINE IGNIFUGE—Une résine polyester spécialement formulée pour réduire la caractéristiques de propagation des flammes et/ou de génération de fumée.

INFLAMMABILITÉ—Une mesure de la vitesse à laquelle un matériau brûlera dans des conditions contrôlées. Tests ASTM D-635/UL E-84.

BRIDE—Une extension autour du périmètre d'un moule ou d'une pièce dans le but de démouler, de rigidifier ou de relier deux composants.

FLASH ou **FLASHING** : matériau supplémentaire attaché le long du bord de la pièce, dû à un écoulement excessif de résine. pendant le processus de durcissement, qui doit être retiré avant que la pièce ne soit terminée.

POINT D'ÉCLAIR—La température la plus basse à laquelle une substance dégage suffisamment de vapeurs pour former un mélange inflammable.

MODULE DE FLEXION—ASTM D-790. Une mesure technique qui détermine dans quelle mesure un échantillon se pliera lorsqu'une charge donnée est appliquée.

FLUX—Le mouvement de la résine lui permettant de remplir toutes les parties d'un moule.

FMI—Inclusion des matières étrangères.

MOUSSE—Un matériau plastique cellulaire léger contenant des vides remplis de gaz. Les mousses typiques comprennent uréthane, PVC et polyester.

ADHÉSIF MOUSSANT —Film adhésif qui relie l'âme en nid d'abeilles dans les assemblages collés. Contient un agent moussant qui se dilate lors d'un durcissement.

MOUSSE EN PLACE—Le processus de création de mousse par la combinaison de deux polymères liquides. Voir **IN SITU**.

OBJET ÉTRANGER—Tout objet causant des dommages à un avion tel que des débris, des pierres et des outils laissés dans un moteur ou d'autres matériaux aspirés par le flux d'air.

FRP : polymère renforcé de fibres, une matrice de matériau polymère renforcée par des fibres ou d'autres matériau de renfort. Historiquement, on appelle également GFRP (polymère renforcé de fibres de verre), CFRP (carbone polymère renforcé de fibres), AFRP (polymère renforcé de fibres d'aramide), FRP (plastiques renforcés de fibres), GRP (plastiques renforcés de verre) et RP (plastiques renforcés).

g

GEL—Le point irréversible auquel un polymère passe d'un liquide à un semi-solide. Parfois appelé stade « B ».

GEL COAT—Une couche de surface d'une résine polyester spécialisée, colorée ou transparente, offrant une amélioration esthétique et une résistance aux intempéries à un stratifié en fibre de verre.

TEMPS DE GEL : la durée entre la catalyse et l'étape de gel ou « B ».

GÉLATION—La formation d'un gel.

BON CÔTÉ : Côté d'un moulage en contact avec la surface du moule.

« VERT » – Résine qui n'a pas complètement durci et qui est encore plutôt molle et caoutchouteuse.

GRP—Plastiques renforcés de verre. Généralement à base de résine polyester. Voir FIBRE DE VERRE et FRP.

H

LAY-UP À LA MAIN : processus de constitution manuelle de couches de fibre de verre et de résine à l'aide de rouleaux à main, brosses et matériel de pulvérisation.

DURÉE DE VIE DE MANIPULATION – Période pendant laquelle un matériau n'est plus entreposé au froid et où il conserve sa capacité à être manipulé.

DURCISSEUR—Utilisé pour durcir et favoriser l'action de durcissement.

POINT DE DISTORSION CHALEUR—La température à laquelle la résistance d'un matériau commence à se dégrader.

DISSIPATEUR DE CHALEUR—Une méthode d'absorption ou de transfert de chaleur loin d'une pièce ou d'un élément critique. Une pièce métallique dans une structure composite agira comme un dissipateur thermique ; du graphite en vrac est également souvent utilisé.

RÉSINE HET-ACIDE —Résine polyester aux qualités de feu exceptionnelles.

NOYAU D'ABEILLE —Bandes de papier, de plastique, de métal, etc., assemblées pour former un motif en nid d'abeille. Utilisé comme noyau léger dans les moulures sandwich.

ASSEMBLAGE SANDWICH EN NID D'ABEILLE — Une structure composée de revêtements denses et à haute résistance qui sont liés à un noyau cellulaire léger en nid d'abeille.

»

DOMMAGES D'IMPACT – Non balistiques, les dommages d'impact proviennent d'un objet étranger.

IMPRÉGNER—Pour saturer de résine. L'application la plus courante consiste à saturer la fibre de verre avec un résine catalysée.

TISSU IMPRÉGNÉ —Tissu imprégné de résine.

INCLUSION – Matières étrangères visibles telles que des films, des particules et des copeaux.

INHIBITEUR—Un additif à la résine polyester ou au styrène utilisé pour ralentir la réaction chimique qui conduit au durcissement.

MOULAGE PAR INJECTION : donner au plastique la forme souhaitée en forçant le plastique ramolli par la chaleur dans une cavité froide sous pression.

INSERT—Un morceau de matériau placé dans un stratifié pendant ou avant le moulage pour servir un objectif défini.

Un guide complet sur les composites

INTUMESCENT—Une technologie ignifuge qui fait mousser un matériau autrement inflammable, formant une barrière isolante lorsqu'il est exposé à la chaleur.

IN-SITU - Dans la position qu'il occupera finalement, par exemple moulage ou formage de mousse.

ISOPHTALIQUE—Résine polyester à base d'acide isophtalique, dont les propriétés sont généralement supérieures à celles d'une résine polyester à usage général ou orthohtatique.

ISOTROPIQUE : description de propriétés de résistance égales dans toutes les orientations. Les composites isotropes sont généralement obtenus par orientation aléatoire des fibres.

J.

JACKSTRAWING—Un effet visuel de la fibre de verre devenant blanche dans un stratifié durci. Cela fait habituellement n'affecte pas la résistance d'un stratifié, mais pourrait être une indication d'incompatibilité des matériaux.

JIG—Tout dispositif permettant de maintenir des pièces en position, tout en les assemblant ou pour conserver leur forme.

JOINT : ligne ou distinction formée lorsque deux panneaux sont connectés. Également appelé couture.

K

KEVLAR®— Nom commercial déposé de DuPont, Kevlar® est une fibre aramide utilisée comme renfort fibre.

L

STRATIFIANT—Le produit du laminage. Composite constitué d'une ou plusieurs couches de polymère thermodurci et de renfort en fibres.

STRATIFIÉ—Pour placer dans un moule une série de couches de polymère et de renfort. Le processus d'application de matériaux FRP sur un moule. Se coucher.

STRATIFICATION—Application de couches de verre et de résine sur un moule. Également utilisé pour décrire une seule couche de stratifié.

COUCHE—Une seule couche de stratification ou de stratifié.

LAY-UP – Acte de constitution de couches successives de polymère et de renfort. Des couches de résine catalysée et de fibre de verre ou d'autres renforts sont appliquées sur un moule afin de fabriquer une pièce.

STRATIFIÉS BASSE PRESSION —Laminés, moulés et durcis en utilisant des pressions allant de 400 psi jusqu'à et y compris la pression obtenue par le simple contact des plis.

M

MOULE MÂLE : un moule convexe où la surface concave de la pièce est définie avec précision par le moule. surface.

MANDREL—Également connu sous le nom d'outil. Cette pièce est utilisée lors du drapage et constitue le composant central de tout produit composite fini. Utilisé dans le processus d'enroulement filamentaire.

MARK-OFF : preuve de détails intérieurs sur la surface extérieure d'un assemblage collé.

MASTER (PLUG) – Représentation à grande échelle de la pièce prévue, généralement conservée comme référence et de la pièce à partir de laquelle les moules de production sont fabriqués.

MAT—Fibres coupées maintenues ensemble avec un liant. Utilisé dans le processus de fabrication de moules.

MOULAGE MASSIF ASSORTI – Technique permettant de produire de longues séries de pièces identiques avec deux pièces finies. côtés.

MOULES ASSOCIÉS : Deux outils ou plus disposés dans un ensemble sous forme de moules mâle et femelle. Normalement utilisé dans une presse.

MATRICE—Le composant liquide d'un composite ou d'un stratifié. Généralement, la matrice est une résine.

PEROXYDE DE MEK (MEKP) – Peroxyde de méthyléthylcétone ; un initiateur souvent appelé catalyseur et utilisé pour initier la polymérisation d'une résine.

SOLVANT MEK —Méthyléthylcétone ; un liquide incolore et inflammable parfois utilisé pour le nettoyage procédures.

MICROBALLONS— Bulles microscopiques de verre, de céramique ou phénoliques, utilisées comme charge ou pour créer mousse syntaxique ou mélanges de mastic.

MIL (MIL THICKNESS) : unité utilisée pour mesurer l'épaisseur du film. Un mil équivaut à un millième de un pouce. (1 mil = 0,001").

FIBRES MOULÉES —Fibre de verre traitée par un broyeur à marteaux en longueurs de 1/32" à 1/8". Communément utilisé comme renfort dans le mastic polyester.

MODULE D'ÉLASTICITÉ—Un terme technique utilisé pour décrire la capacité d'un matériau à se plier sans perdre sa capacité à retrouver ses propriétés physiques d'origine.

ABSORPTION D'HUMIDITÉ— Capture de la vapeur d'eau de l'air par un matériau.

TENEUR EN HUMIDITÉ—La quantité d'humidité dans un matériau.

MOULE : outil utilisé pour fabriquer la forme de pièce souhaitée. Également utilisé pour décrire le processus de fabrication d'une pièce dans un moule.

MOULAGE—Le processus d'utilisation d'un moule pour former une pièce.

DÉMOULAGE – Une cire ou un lubrifiant polymère appliqué sur la surface du moule qui agit comme une barrière entre le moule et la pièce, empêchant ainsi la pièce de se lier au moule.

RETRAIT DU MOULE : retrait immédiat qui se produit lorsqu'une pièce moulée est retirée du moule et refroidie.

MONOMÈRE—Un des constituants de la résine polyester.

N

INSPECTION NON DESTRUCTIVE (NDI)—Une méthode d'inspection utilisant des méthodes non destructives telles que les ultrasons ou la radiographie pour déterminer s'il y a des anomalies dans une structure.

ESSAIS NON DESTRUCTIFS (END)—Considérés comme étant identiques à l'inspection non destructive. Le test des pièces de monnaie est considéré comme une méthode de contrôle non destructif.

TISSU NON TISSÉ—Une structure textile produite en comprimant faiblement ensemble des fibres, des fils, mèches, etc., avec ou sans support de toile canevas.

NPG GEL COAT — Le gelcoat au néopentylglycol a une meilleure résistance aux intempéries que le gelcoat non NPG.

Ô

PEAU D'ORANGE—Une finition enduite de gel ou peinte qui n'est pas lisse et dont le motif ressemble à celui d'un peau d'orange.

MOUSSE À CELLULES OUVERTES : matériau en mousse avec des cellules généralement interconnectées.

ORIENTATION – Pour la fabrication de composites, l'orientation est la direction ou le degré dans lequel le tissu est aligné avec l'outil. Par exemple, un drapage équilibré se compose de plis posés selon une orientation de 0°, +45°, -45° et 90°.

RÉSINE ORTHOPHTHALIQUE OU ORTHO— Résine polyester à base d'acide orthophtalique, également connue sous le nom de résine à usage général (GP).

Un guide complet sur les composites

DURÉE DE VIE – Durée totale autorisée, généralement déterminée par la fiche technique, pendant laquelle le matériau peut être exposé à des températures ambiantes avant d'être mis en sac sous vide.

OUT TIME : durée pendant laquelle un matériau est exposé aux températures ambiantes. Également appelé « temps ouvert ».

SURDURCISSEMENT—Le résultat d'un durcissement trop long à des températures élevées provoquant une décomposition thermique.

P.

AGENT DE DÉPARTEMENT—Un lubrifiant généralement de la cire ou du silicone utilisé pour recouvrir un moule afin d'empêcher la pièce moulée d'y adhérer. Également un matériau appliqué sur une ou les deux surfaces d'une feuille pour éviter le blocage. Voir également DÉMOULAGE et PVA.

LIGNE DE SÉPARATION : emplacement sur un produit moulé entre différents segments du moule utilisé pour fabriquer le produit.

MOTIF—Le modèle initial pour la fabrication de moules en fibre de verre. Voir BOUCHON.

COUPE PDC —Coupe compacte en diamant polycristallin utilisée dans le détournement et la fabrication de pièces.

PEEL PLY—Un pli de tissu extérieur amovible moulé sur la surface d'un stratifié pour fournir une surface propre pour le collage lorsqu'il est retiré.

RÉSISTANCE AU PELAGE—La quantité de force nécessaire à un composant pour résister à la contrainte appliquée lors du décollement de deux épaisseurs.

FILM DE SÉPARATION PERFORÉ : une couche de plastique mince perforé qui empêche les matériaux d'ensachage de coller à une pièce. La perforation évacue l'excès de résine. Le film de séparation est retiré après le durcissement.

PIGMENT—Un colorant ajouté au gelcoat ou à la résine.

SÉPARATION DES PIGMENTS – Se produit lorsque le pigment n'est pas complètement mélangé au gelcoat pendant la formulation ou que le gelcoat est mal mélangé avant utilisation. Il se caractérise par une couleur de surface non homogène.

PINHOLES—Petits trous sur la surface exposée recouverte de gel. Ils ont à peu près le diamètre des épingles communes et peuvent être facilement comptés. Causé par le moule utilisé.

TISSU PLAIN – Un motif de tissage dans lequel les fibres de chaîne et de remplissage alternent.

PLASTIQUES—Composés chimiques organiques appelés polymères qui peuvent être formulés pour produire un large éventail de propriétés.

PLUG : terme industriel composite désignant un modèle ou un modèle.

PLY—Une seule couche utilisée pour fabriquer un stratifié.

ORIENTATION DES PLIS— L'orientation du filament par rapport à l'outil. Généralement 0°, +45°, 90° ou -45°.

RÉSINE POLYESTER (INSATURÉE) : produit d'une réaction acide-glycol généralement mélangé à un monomère pour créer une résine polymère. Sous sa forme thermodurcissable, c'est la résine la plus couramment utilisée dans l'industrie des PRF.

POLYIMIDE— Résine polymère thermoplastique hautement résistante à la chaleur.

POLYMÈRE—Une molécule en chaîne composée de nombreux groupes identiques, que l'on trouve couramment dans les plastiques.

POLYMÉRISATION—La liaison chimique des molécules de polymère pendant la réaction de durcissement.

ALCOOL POLYVINYLIQUE (PVA) : un film de séparation appliqué sur un moule pour le démoulage des pièces.

POROSITÉ – Bulles de gaz ou vides piégés dans un film de gelcoat.

PRESSION POSITIVE —Pression au sein d'un système qui est supérieure à l'environnement qui entoure ce système. Pression supérieure à la pression atmosphérique normale.

POST-DURCISSEMENT—Pour durcir par application de chaleur après la fin de la réaction chimique exothermique.

POT LIFE—La durée pendant laquelle la résine catalysée reste liquide ou « exploitable ». Voir TEMPS DE GEL.

COMPOSÉ D'EMPOTAGE—Une résine qui a été épaissie par l'utilisation d'un agent de remplissage.

PRECURE—Durcissement total ou partiel d'une résine ou d'un adhésif avant l'application d'une pression.

PRÉFORME—Renfort fibreux préformé, fourni sans matrice, mais contenant souvent un liant pour faciliter la fabrication et conserver la forme.

PREMIX—Matériau de renforcement mélangé à de la résine, et généralement à un pigment, une charge et un catalyseur, avant d'être placé dans le moule.

PREPREG—Matériau de renforcement imprégné de résine avant le processus de moulage et durci par application de chaleur.

SAC À PRESSION—Une membrane qui s'adapte à l'intérieur d'un stratifié posé sur un moule. La membrane ou le sac est ensuite gonflé en appliquant une pression qui consolide et densifie le stratifié.

INTENSIFICATEUR DE PRESSION—Une couche de matériau flexible utilisée pour garantir l'application d'une quantité suffisante de pression vers un endroit. Également connu sous le nom de coussin de pression.

PRINT THROUGH : déformation de la surface d'une pièce qui permet au motif de l'âme ou du renfort en fibre de verre d'être visible à travers la surface. Également connu sous le nom d'impression, de télégraphie ou lire à travers.

PROMOTEUR—Un réactif qui accélère le durcissement de la résine. Voir ACCÉLÉRATEUR.

PROTOTYPE—Un modèle préliminaire à partir duquel d'autres formes sont développées.

PUCKERS – Zones locales sur le préimprégné où le matériau a cloqué et s'est éloigné du film antiadhésif.

PULTRUSION—Processus continu de fabrication de tiges composites, de tubes ou d'autres structures linéaires ayant des sections transversales constantes. Le procédé consiste à tirer une fibre de renfort matériau à travers un bain d'imprégnation de résine et dans une matrice de façonnage où la résine est ensuite durcie. Le processus de pultrusion produit des liens continus de matériau présentant des résistances unidirectionnelles élevées.

PONCTURE : rupture de la peau composite d'une structure sandwich qui peut ou non traverser le matériau d'âme ou traverser complètement l'épaisseur de la pièce.

MASTIC—Un mélange épaissi de résine obtenu en ajoutant des charges, des thixotropes et des fibres de renforcement.

PVA—Voir ALCOOL POLYVINYLIQUE.

Q

ASSURANCE QUALITÉ— Activités planifiées et systématiques mises en œuvre dans un système qualité afin que les exigences de qualité d'un produit soient remplies.

R.

RAMPE ET TREMPER—Un processus de durcissement dans lequel la température est lentement augmentée à un rythme donné jusqu'à la température de durcissement finale et maintenue pendant une durée spécifique. Après cela, le matériau est lentement abaissé à température ambiante.

COMPOSÉ DE MOULAGE RENFORCÉ —Composé constitué d'un polymère et d'une fibre de renfort ou charge fournie par le producteur de matières premières sous forme de matériaux prêts à l'emploi.

RENFORT—Une fibre qui, une fois encapsulée dans une matrice de résine polymère, forme un stratifié composite ou en fibre de verre. Désigne également un élément structurel conçu pour rigidifier une pièce moulée.

AGENT DE DÉMOULAGE—Un composé utilisé pour réduire la tension superficielle ou l'adhérence entre un moule et une pièce.

FILM DE LIBÉRATION—Une couche de film qui n'adhère pas à la résine en cours de durcissement.

RÉSINE—Un polymère liquide qui, une fois catalysé, durcit jusqu'à devenir solide.

Un guide complet sur les composites

CONTENU EN RÉSINE : quantité de matrice présente dans un composite qui peut être exprimée soit en pourcentage en poids, soit en pourcentage en volume.

POCHE DE RÉSINE—Une accumulation d'excès de résine dans une petite zone localisée entre les stratifications dans plastiques laminés, visibles sur les bords coupés ou les surfaces moulées.

RESIN RIDGE—Une accumulation sur la surface d'une pièce constituée uniquement de résine.

MOULAGE PAR TRANSFERT DE RÉSINE (RTM)—Un processus utilisant un jeu de moules à deux faces qui forme les deux surfaces du panneau. La face inférieure est un moule rigide. La face supérieure peut être un moule rigide ou flexible.

RICHE EN RÉSINE—Une zone présentant un excès de résine. Il en résulte généralement un stratifié plus cassant et plus lourd qu'un stratifié avec la bonne quantité de résine.

RESIN AFFAMED—Une zone qui contient une quantité insuffisante de résine. Caractérisé par des taches sèches, ou fibre visible à la surface.

SYSTÈME DE RÉSINE—Tous les ingrédients nécessaires pour créer les réactions chimiques nécessaires à la réticulation et au durcissement de la résine. Les catalyseurs et les durcisseurs sont considérés comme faisant partie du système de résine.

DÉCHIRURE DE LA RÉSINE —Séparation des pigments dans un gelcoat affectant l'apparence cosmétique.

RUBAN—Une longue bande étroite de fibre. Le rapport largeur/épaisseur est d'au moins 4:1.

DIRECTION DU RUBAN—Sur une âme en nid d'abeille, la direction d'un ruban continu.

ADHÉSIF DURCISSANT À TEMPÉRATURE AMBIANTE—Un adhésif qui durcit en une heure et atteint plus tard pleine puissance sans chauffage.

VULCANISATION À TEMPÉRATURE AMBIANTE (RTV)—Durcissement à température ambiante par réaction chimique. S'applique généralement aux silicones et autres caoutchoucs.

ROVING—Une collection de faisceaux de filaments continus en brins non torsadés. Utilisé en spray (hachage) processus.

S

S-GLASS—Également appelé plastique renforcé de verre. Le « S » signifie fibre de verre structurelle. Le verre S est un polymère renforcé de fibres constitué d'une matrice plastique renforcée par de fines fibres de verre.

PANNEAU SANDWICH—Une structure composite dans laquelle deux peaux extérieures rigides sont liées à un noyau relativement épais mais léger.

SCRIM—Tissu de renforcement solide. Utilisé dans le traitement de rubans ou d'autres matériaux de scène B pour faciliter la manipulation.

COUTURE—Voir JOINT.

COLLAGE SECONDAIRE—L'assemblage de deux ou plusieurs pièces composites déjà durcies à l'aide d'adhésifs.

STRUCTURE SECONDAIRE—Dans les applications aérospatiales et aéronautiques, structure qui n'est pas essentielle à la sécurité des vols.

AUTO-EXTINCTION—Cesse de brûler lorsque la source de flamme est retirée.

VIS AUTOTARAUDEUSES : vis durcies qui coupent leur propre filetage au fur et à mesure de leur réglage.

BORD DE LISIÈRE —Le bord d'un tissu tissé, le bord de lisière s'étend sur toute la longueur du tissu. Il est retiré pour des travaux de réparation et de fabrication.

SEPTUM—Adhésif et préimprégné durci entre deux morceaux de noyau.

MISE EN PLACE—Pour durcir, comme pour le durcissement d'une résine.

CISAILLEMENT—Un terme technique faisant référence aux forces appliquées normalement à la surface d'un matériau donné. Le mouvement entre les plis d'un stratifié est appelé cisaillement interlaminé.

DURÉE DE CONSERVATION —La durée de stockage autorisée avant qu'un produit ne soit utilisé.

SHIP LAP—Méthode d'assemblage de deux panneaux au moyen d'un panneau ayant une étagère encastrée pour recevoir l'autre panneau au-dessus, laissant une surface affleurante.

PEAU COAT – La première couche de stratifié à côté du gelcoat, généralement une couche de tapis à brins hachés.

GLISSEMENT – Mouvement indésirable des adhérents les uns par rapport aux autres pendant le processus de liaison.

SPÉCIFICATION—Une description détaillée de la conception et des matériaux nécessaires à la fabrication de quelque chose.

GRAVITÉ SPÉCIFIQUE—Le rapport entre la densité d'une substance donnée et la densité de l'eau.

MOULE SPLIT—Un moule ouvert fabriqué en deux morceaux ou plus.

PULVÉRISATION —Le processus de pulvérisation simultanée de fibres de verre, de résine et de catalyseur dans un moule à l'aide d'un pistolet hacheur.

NOYAU STABILISÉ —Noyau en nid d'abeille dans lequel les cellules ont été remplies de matériau de renforcement dans le but de soutenir les parois cellulaires pendant l'usinage.

EMPILAGE : séquence de laminage dans laquelle la surface de chaîne d'un pli est posée contre la surface de remplissage du pli précédent.

STAGE – Chauffage d'un système de résine prémélangée, comme dans un préimprégné, jusqu'à ce que le durcissement commence, mais en arrêtant la réaction avant que le point de gel ne soit atteint.

ZONE AFFAMÉE : zone d'une pièce en plastique qui contient une quantité de résine insuffisante pour mouiller complètement le renfort.

DURÉE DE STOCKAGE —La durée pendant laquelle une résine, un adhésif ou un préimprégné peut être stocké dans des conditions de température spécifiées et rester adapté à l'utilisation. Reportez-vous également à la DURÉE DE CONSERVATION.

ADHÉSIF STRUCTURAL—Un adhésif capable de supporter des charges d'une ampleur considérable.

LIAISON STRUCTURELLE : liaison qui relie les pièces porteuses de base d'un assemblage.

MONOMÈRE DE STYRÈNE—Un composant de résine polyester qui fournit des sites de réticulation et réduit le polyester à une viscosité réalisable.

FILM ADHÉSIF SUPPORTÉ – Un adhésif appliqué sous forme de feuille ou de film avec un support incorporé qui reste dans le lien lorsque l'adhésif est fourni et utilisé.

PRÉPARATION DE SURFACE—Prétraitements physiques et/ou chimiques pour améliorer la force d'adhérence d'un adhésif à appliquer sur une surface.

TAPIS DE SURFACE—Un tissu léger (10 à 30 mils d'épaisseur) de fibre de verre ou synthétique utilisé pour fournir une surface riche en résine. Voir VOILE.

SURFACTANT—Produits chimiques utilisés pour modifier ou changer la surface d'une couche de résine ou de polymère. Habituellement utilisé pour former un film sur une résine durcissante, produisant une surface non collante.

MOUSSE SYNTACTIQUE—Une mousse obtenue en mélangeant des microsphères avec une résine.

T

TACK – Adhésivité de l'adhésif d'un matériau préimprégné.

TACK FREE—Une surface qui n'est pas collante après durcissement.

RUBAN—Un tissu ou un tapis de renforcement de faible largeur.

PLIS CONIQUES —Plis qui s'effilent par incréments spécifiques ou un mélange de plis utilisés comme renforts.

TÉLÉGRAPHIE : fossettes du tissu dans l'âme en nid d'abeille.

MODÈLE : motif ou superposition utilisé comme guide pour la découpe et la pose des plis.

CHARGE DE TRACTION : une charge d'émoussement appliquée aux extrémités opposées d'un échantillon donné.

Un guide complet sur les composites

ALLONGEMENT EN TENSION—Un terme technique faisant référence à la quantité d'étirement qu'un échantillon subit lors d'une déformation en traction. ASTM D-638.

RÉSISTANCE À LA TRACTION—Une mesure de la charge de traction qu'un échantillon peut supporter. ASTM D-638.

COEFFICIENT THERMIQUE DE DILATATION—Mesure le changement dimensionnel d'un matériau lorsqu'il est chauffé ou refroidi. Mesuré en pouces par pouce par degré.

CONDUCTIVITÉ THERMIQUE—Mesure le transfert de chaleur à travers un matériau.

THERMOCOUPLE—Se compose de deux conducteurs de matériaux différents (généralement des alliages métalliques) qui produisent une tension à proximité du point où deux conducteurs sont en contact. La tension produite dépend, mais n'est pas nécessairement proportionnelle, de la différence de température de la jonction avec d'autres parties de ces conducteurs.

THERMOPLASTIQUES — Groupe de matières plastiques qui deviennent élastiques ou fondent lorsqu'elles sont chauffées et reviennent à leur état rigide à température ambiante. Les exemples sont le PVC, l'ABS, le polystyrène, les polycarbonates, le nylon, etc.

THERMODURCISSABLES : Matériaux qui subissent une réaction chimique de réticulation passant du liquide au solide ou semi-solide. Cette réaction est irréversible. Les thermodurcissables typiques sont les polyesters, les acryliques, les époxy et les phénoliques.

THIXOTROPIQUE : terme décrivant la rhéologie (ou les caractéristiques d'écoulement) d'un liquide qui résiste à l'écoulement ou au drainage pendant l'application.

INDICE THIXOTROPIQUE (TI) : mesure de la thixotropie à l'aide d'un viscosimètre Brookfield. La faible vitesse de viscosité divisée par la viscosité à grande vitesse.

TOLÉRANCE : les tolérances sont spécifiées pour permettre une marge de manœuvre raisonnable pour les imperfections et les défauts inhérents. Variabilité sans compromettre les performances.

OUTIL—Le moule utilisé dans la fabrication d'un composite. Généralement métalliques ou composites.

TISSU D'OUTILS—Un tissu composite pour produits larges qui est plus épais que le matériau utilisé pour fabriquer des pièces et moins coûteux en raison du moins de contrôles de qualité requis par rapport au tissu de qualité aéronautique.

RÉSINES D'OUTILS —Résines plastiques, principalement époxy et silicone, utilisées comme aides à l'outillage.

CÔTÉ OUTIL —Le côté de la pièce qui durcit contre l'outil.

TOOLING GEL COAT—Un gelcoat formulé pour les surfaces de moules.

TOXICITÉ— Qualité, degré relatif ou degré spécifique de toxicité ou de poison. Vérifiez toujours la fiche MSDS des matériaux pour les précautions.

TOW—Un faisceau non torsadé de filaments continus.

TRACEUR—Une fibre ou un fil ajouté à un préimprégné pour vérifier l'alignement des fibres afin de distinguer les fibres de chaîne des fibres de remplissage.

TEMPÉRATURE DE TRANSITION : température à laquelle les propriétés d'un matériau changent.

TRANSLUCIDE : laisse passer un pourcentage de lumière mais n'est pas optiquement clair comme le verre à vitre.

COLLAGE EN DEUX ÉTAPES : liaisons durcies en deux étapes primaires.

U

TESTS PAR ULTRASONS : des ondes ultrasoniques très courtes avec des fréquences centrales allant de 0,1 à 15 MHz et parfois jusqu'à 50 MHz sont lancées dans les matériaux pour détecter les défauts internes.

UNDERCURE – Trop peu de temps et/ou de température ou de pression pour un durcissement adéquat du moulage.

CONTRE-DÉPOUPE : zone d'une pièce ou d'un moule qui présente un angle aigu entre deux surfaces. Si une pièce présente une contre-dépouille, un moule fendu est nécessaire.

UNIDIRECTIONNEL – Force située principalement dans une seule direction. Un renfort de verre dans lequel la fibre est orienté dans une seule direction.

STABILISATEUR UV—Un composé chimique qui améliore la résistance à la dégradation due aux rayons ultraviolets.

V

SAC À VIDE – Couche extérieure pour sceller une partie de la réparation et faciliter l'application d'une pression sous vide pendant le durcissement. La plupart des sacs sous vide sont constitués de films en nylon .003. Les sacs peuvent également être une vessie en caoutchouc de silicone pour un aspirateur réutilisable Sacs.

ENSACHAGE SOUS VIDE— Procédé de moulage de plastiques renforcés dans lequel une feuille de matériau transparent flexible un matériau tel que le nylon ou le plastique Mylar® est placé sur la couche du moule et scellé. L'air est éliminé par vide et la pièce est placée dans un four ou un autoclave.

MOULAGE DE SAC SOUS VIDE — Processus permettant d'éliminer les vides et d'expulser l'air emprisonné et l'excès de résine des couches en faisant le vide à partir d'un film plastique qui recouvre un stratifié.

SCELLANTES DE SACS SOUS VIDE—Le ruban d'étanchéité utilisé autour du bord de l'outil pour sceller le sac à l'outil. Également appelé ruban adhésif, chromate, ruban d'ensachage, ruban d'ensachage sous vide ou ruban d'étanchéité.

VEIL—Un tapis ultra fin semblable à un tapis de surface. Généralement composé de verre et de fibres organiques.

VENT—Un petit trou dans un moule qui permet au gaz et à l'air de s'échapper lorsque le matériau de moulage entre.

VISCOSITÉ—Les propriétés liquides d'un matériau. Résistance à l'écoulement.

VOID : une zone vide dans le stratifié composite. Le terme vide est parfois utilisé à la place du délaminage.

SANS VIDE : un moulage ne contenant aucune cavité d'air emprisonnée, aucune ampoule ou vide.

VOLATILE—Matériaux qui s'évaporent facilement à des températures normales.

W

ABSORPTION D'EAU—La quantité d'eau qu'un stratifié va absorber.

WARP : le fil s'étendant dans le sens de la longueur dans un tissu tissé.

WARPAGE – Courbé ou déformé – distorsion dans un projet en plastique.

WARP CLOCK — Également appelée rosace — la norme pour déterminer l'orientation des plis. Des rosettes sont généralement apposées sur l'outil pour déterminer l'orientation du pli par rapport au mandrin de superposition. Généralement identifiant 0°/90° ainsi que +/-45°.

DIRECTION DE CHAÎNE—La direction le long de la longueur d'un tissu tissé.

FACE DE CHAÎNE —La face du tissu comportant le plus grand nombre de fibres ou de fils de chaîne.

SURFACE DE CHAÎNE—La surface d'un tissu qui comporte une majorité de fibres de chaîne tissées au-dessus des fibres de remplissage.

TEST DE RUPTURE D'EAU - Le processus de pulvérisation d'eau sur une pièce à coller pour s'assurer qu'il n'y a pas de contaminants sur la surface.

JET D'EAU—Un outil capable de trancher du métal ou d'autres matériaux à l'aide d'un jet d'eau à une vitesse et une pression élevées.

CIRE—Un composé utilisé comme agent de démoulage. Voir AGENT DE DÉMARRAGE.

TISSAGE—La manière dont un tissu est formé par des fils entrelacés.

TRAME—Les fils transversaux d'un métier à tisser sur et sous lesquels d'autres fils (chaîne) sont passés pour fabriquer du tissu.

Un guide complet sur les composites

WET LAY-UP—Il s'agit d'une méthode habituellement utilisée pour construire des bateaux en fibre de verre. Le tissu est posé à l'intérieur d'un moule et recouvert de résine.

« **WET-OUT** » : action de saturer un tissu de verre avec de la résine. C'est également une mesure de la vitesse à laquelle un tissu absorbe la résine.

GRILLE FILAIRE—Un écran métallique fin utilisé pour la protection contre la foudre. Le treillis métallique dissipe une charge électrique provenant de la foudre ou de l'accumulation d'électricité statique.

DURÉE DE VIE —La durée pendant laquelle un adhésif ou une résine liquide est utilisable.

TISSU TISSÉ—Un matériau construit en entrelaçant des fils, des fibres ou des filaments pour former des motifs de tissu.

TISSU ROVING TISSÉ —Tissus lourds tissés à partir de filaments continus sous forme de mèches. Généralement dans des poids compris entre 18 et 30 oz. par mètre carré.

RIDES—Une imperfection de surface sur les plastiques laminés qui ressemble à un pli ou à un pli. Cela peut également se produire lors du moulage de sacs sous vide lorsque le sac n'est pas placé correctement, provoquant un pli.

X

AXE X : l'axe ou la direction du stratifié utilisé comme référence 0° pour désigner l'angle d'un stratifié.

Oui

Y-AXIS : l'axe sur un stratifié qui est perpendiculaire à l'axe X.

FIL—Brins torsadés de mèches, utilisés pour tisser des renforts textiles.

Z

AXE Z : l'axe normal au plan du stratifié.

ZÉRO PURGE—Une procédure de fabrication de stratifié qui ne permet pas de perte de résine pendant le durcissement. Il s'agit également d'un préimprégné fabriqué avec la quantité de résine souhaitée dans la pièce finale, de sorte qu'aucune résine ne doive être éliminée pendant le durcissement.

Bibliographie

Aird, Forbes, « Fibre de verre et autres matériaux composites », HP Books, New York, NY, États-Unis, 2006.

Harris, Bryan, « Engineering Composite Materials », Institute of Materials, Londres, Royaume-Uni, 1999.

Hexcel, « Aerospace Selector Guide », publication de produits Hexcel, Dublin, CA USA, 2001.

Miller, Paul, D. Eng., PE, « Composites—Engineering Basics », United States Naval Academy, Actes de la conférence IBEX 2004, session 102, 25-27 octobre, Miami, FL, 2004.

Pfeiffer Vacuum, « Introduction to Vacuum Technology », publication technique Pfeiffer,
<http://www.pfeiffer-vacuum.com/know-how/introduction-to-vacuum-technology/general/technology.action?chapter=tec1.1>, Asslar, Allemagne, 2012.

Société 3M, <http://www.3M.com/composites>, St. Paul, MN 2012

Tuteur Vista, « Réactions exothermiques », <http://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/réaction-exothermique.html>, 2012

Indice

UN

Climatisation 28, 29, 46

ACMA 1, 2

hydrocarbure aliphatique 47

oxyde d'aluminium 93

température ambiante 68 anistropique

57 outil

d'application 10

applicateur 10

aramide 1, 2, 7, 120

rapport d'aspect 2

ASTM 54, 114, 118, 126

autoclaves 28, 29, 36, 40, 41, 79, 87, 127

B

papier support 10, 79, 80, 81, 82

stratification équilibrée 57,

58 pliage 54

purgeur/reniflard 80

ligne de liaison 29

fibre de bore 4

reniflards 64

flambage 54

Catalyseur C 74, 75, 95, 113, 115, 116, 121, 123, 125

plaque de

calfeutrage 81, 87 brins

coupés 56 coefficient de dilatation thermique
45, 46 compression 4, 46, 50, 54, 59, 114, 115,

116 conditionner l'outil 47

refroidir le segment 88

sertir 59

stratifié croisé 57 profil de

durcissement 88, 89, 98

système de durcissement 28

D

dépoussiérage

89 ébavurage 90

dermatite 9, 10

déshydratant 68,

71 décollage 76 alésoir double

marge 92 table aspirante

30, 31 ductile 58

E respirateur de bord

80, 97 époxy 1, 2, 6, 12, 74,

126 réaction exothermique 45, 48

F

FEP-NP80

FEP-P 80

polymère renforcé de fibres (FRP) 1, 6

FIFO 32

remplir et juste 102

plat-équipé 68

FMI 102, 103, 118

inclusion de matières étrangères 102

FRP1, 2, 6, 114, 119, 120, 122

G plastiques renforcés de verre

2, 7 graphite 1, 2, 7, 15, 32, 45, 46, 74, 79, 87, 119

PRV 2, 7, 119

bord angulé 90

H outillage dur 46

segment de

maintien 88 nid d'abeille 3, 59, 81, 92, 103, 107, 114, 115,
116, 118, 119,

124, 125 composites hybrides 59

I force de liaison interfaciale 58

Invar 45, 46

isopolyester 1

isotrope 57

K

Kevlar® 3, 34

énergie cinétique 3, 48 kit
32

kit 21, 37

L charges 54, 57, 58, 60, 117, 125

M

malléable 58

marquage 81, 102, 107

fiches de données de sécurité 12

matrice 1, 6, 58, 60, 61, 115, 117, 118, 119, 121, 123,
124

tapis 56

plan médian 58

démoulage 47, 74, 78

monolithique 58

FS 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 65, 126 collecte à

plusieurs sources 31

À

base de naphta N , rejets 47 Flux
thermique négatif 48
Nomex® 3, 63
Nid d'abeille Nomex® 63
inspection non destructive (NDI) 105

Ô

Cure au four 28
maître du four 12

P

agent de séparation 47, 48, 51, 104
film de séparation 10, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 95, 122
Coupeur PDC 91
film de séparation perforé 80
ensachage sous vide permanent 22
équipements de protection individuelle (EPI) 10, 12, 13, 14, 18
phénoliques 1, 121
armure toile 56 plis
82 plis 56,
57, 58, 61, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 93, 95, 97, 102, 103, 116, 117, 120 , 121, 122, 124, 125 coupe de plis 75, 77
polyester 1, 81, 82,
113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 125, 133 chimie des polymères
47 résine
à matrice polymère 1, 6
porosité 68, 117 durée de vie en
pot 75, 87 préimprégné
12, 28, 31, 36, 63,
64, 73, 78, 79, 80, 83, 84, 87, 123, 126, 128 tampon de pression 81, 123 apprêts 31,
64 preuve de concept
(POC) 53, 59 écho
impulsionnel ultrasonique 106

Q

stratifié quasi-isotrope 57

Radiographie R 106

montée en
puissance 87 manque de résine 76
rosace 127
itinérant 56

S

tissage satiné 56
SFPM 90, 91
cisaillement
54 cisaillement 106
article à durée de conservation
contrôlée 66 composites peau-
noyau 59 segment de
trempage 88 outillage souple 46

T

robinet pièce de monnaie
34, 104, 105 ensachage sous vide temporaire 22,
79, 97 traction
54 thermocouples 29
fils de thermocouple 81
thermoplastique 1, 6, 122
thermodurcissable 1, 6, 114,
120 par transmission ultrasonique (TTU) 106 outil 34, 45,
46 , 47, 102, 104 préparation des
outils 47, 51 gabarit de finition
90 armure
sergé 56

U

ultrasons 106
unidirectionnel 56, 57, 79, 123

V

sondes à vide 82 générateur
de vide venturi 23 vinylester 1 visqueux
74, 95

W

Fibres de chaîne 56, 126, 127
Fibres de trame 56, 60
Couche humide 28, 45, 64, 73, 85, 86, 87
Tissu tissé 56

A propos de l'auteur

Ayant travaillé dans presque tous les aspects de l'industrie depuis plus de 30 ans, Kevin Fochtman est un professionnel expérimenté possédant une vaste connaissance des composites avancés.

Dès l'âge de 16 ans, Kevin a commencé à travailler pour Hydro Swirl, une petite entreprise fabriquant des spas à jets sur mesure à Bell-ingham, dans l'État de Washington. À cette époque, les composites commerciaux en étaient à leurs balbutiements. Kevin a appris à utiliser des produits industriels en fibre de verre, à fabriquer des moules, à utiliser des pistolets à découper et à former sous vide des feuilles acryliques. Il plaisantait souvent en disant qu'à la fin de la journée, son pantalon pouvait tenir debout tout seul car il était recouvert de résine de fibre de verre.

Le prochain arrêt de Kevin, Industrial Fiberglass, où il a appris à tisser des brins secs de fibre de verre à l'aide d'un grand outil en téflon cubique tout en imprégnant la grille avec un système de résine polyester. L'entreprise fabriquait des fosses septiques et d'autres pièces composites industrielles, notamment des grilles composites.

Kevin a ensuite rejoint le plus grand constructeur aéronautique du monde, The Boeing Company, où il a passé plus de 15 ans. Il a débuté au Centre de Développement dans le cadre du programme de remplacement de l'aile A-6. Après avoir reçu son habilitation de sécurité, il a été transféré au programme B-2 Bomber où il a été exposé au monde des matériaux composites avancés et aux processus de fabrication de pointe. Kevin a passé plusieurs années à apprendre toutes les phases de la production : stratification manuelle des matériaux composites ; processus final d'ensachage sous vide ; débogage et préparation des outils ; atelier de finition et atelier d'outillage. Il a finalement réussi à intégrer l'atelier de réparation de composites où il a utilisé ses nouvelles compétences pour effectuer des réparations complexes sur les assemblages finaux. Occasionnellement, il se rendait à la base aérienne d'Edwards pour effectuer des réparations et des modifications sur les avions.

Au début des années 1990, Kevin a été transféré de Boeing Military à Boeing Commercial Aircraft à Renton, Washington, où il s'occupait des réparations de composites sur la chaîne d'assemblage des B737, B757 ainsi que sur la ligne de vol. En 1992, Kevin a été transféré au centre de fabrication de composites de Boeing, où il produisait d'importants composants composites pour le B777. Il a été promu au poste d'enquête sur l'assurance qualité où il a postulé ses années d'expérience pratique dans tous les aspects de la fabrication des composites. Il a travaillé avec des ingénieurs pour développer des méthodes de réparation complètes et, plus important encore, a appliqué ses compétences pour identifier la cause profonde des défauts associés aux divers écarts de fabrication.

Les activités actuelles de Kevin incluent la propriété de Pacific Coast Composites, une société de distribution spécialisée dans les petites et grandes quantités de composites avancés. En outre, il conseille le marché de l'éducation sur l'utilisation des composites et la création d'un atelier de composites.

Plus encore que les composites, Kevin a un grand intérêt à aider les gens. Sa passion et son enthousiasme pour l'industrie des composites lui ont valu de nombreuses récompenses et distinctions professionnelles. Plus récemment, il a été nommé conseiller de l'année par un district scolaire local en reconnaissance de son temps et de son dévouement envers les élèves et leur programme composite.

Lorsque Kevin n'est pas occupé à travailler avec des composites, il aime jouer du tambour, faire pousser des citrouilles géantes dans son jardin, passer du temps à l'extérieur et conduire sa Chevrolet 68.

Ce livre est l'aboutissement de plus de 30 ans de connaissances sur les composites. Alors que votre voyage commence, soyez assuré que Kevin et l'équipe ACES seront à vos côtés.



