Les Cahiers du RSA
Le magazine des Aviateurs Constructeurs et Restaurateurs d'Aéronefs

Secrets de constructeurs

AC 43.13-1B - Méthodes, techniques et pratiques acceptables. Inspection et réparation des aéronefs. Version française.

Chapitre 3. COMPOSITES & PLEXIGLAS

FÉDÉRATION RSA
La passion de l'aviation

Hors Série web diffusé sur www.rsafrance.com - Décembre 2020

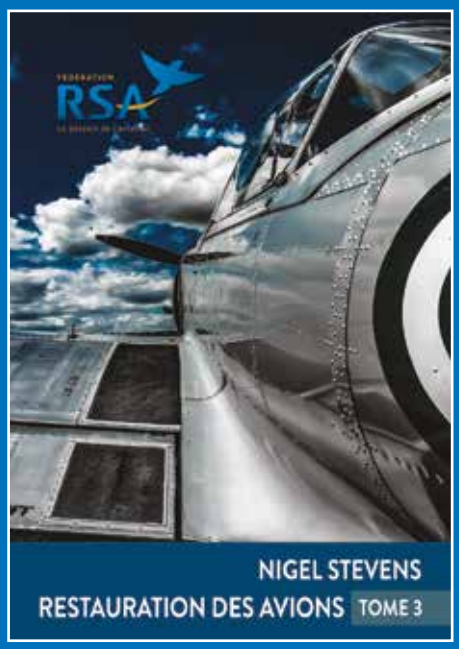
FÉDÉRATION RSA
La passion de l'aviation

www.rsafrance.com

De grandes amitiés naissent dans nos hangars. Construire ou restaurer, ça ne rassemble pas que des bouts de bois !

Un catalogue gratuit de 700 pages pour choisir votre construction

La force d'un réseau de 2200 membres pour apprendre et partager



Trois tomes de référence pour votre projet de restauration

Quel sera votre prochain défi aéronautique ? Découvrez-vous une grande passion auprès des Clubs RSA et sur www.rsafrance.com

Fédération française des constructeurs et restaurateurs d'aéronefs

Fédération RSA - 46, rue Sauffroy - 75017 Paris - Tél.: +33 (0)1 42 28 25 54 (lundi au jeudi)
www.rsafrance.com - info@rsafrance.com

FÉDÉRATION RSA
La passion de l'aviation

Les Cahiers du RSA
Revue trimestrielle éditée par la Fédération française des constructeurs et des collectionneurs d'aéronefs.

Fondateur
Sylvain Badez
Directeur de la publication
Dominique Simon
Rédacteur en Chef
Patrick Cottereau
Rédacteur en Chef Adjoint
Nicolas Souchon

Ont participé à ce numéro :
Dominique Simon, Pascal Teil, Michel Suire pour la relecture de la traduction réalisée par Patrick Cottereau

Photo de couverture : PC

et les photographes bénévoles.
Mis en page par la rédaction.

Fédération RSA
(Réseau du Sport de l'Air)
46, rue Sauffroy, 75017 Paris

Tél. : 01 42 28 25 54
www.rsafrance.com
info@rsafrance.com

Publicité & articles
cahiers@rsafrance.com

Informations sur
www.rsafrance.com

Revue fédérale envoyée à tous les membres de la Fédération RSA.

Commission paritaire
62631
ISSN : 0295-9003

Dépot légal
A parution

Hors série web
Diffusion décembre 2020

Toutes les marques citées sont la propriété de leurs détenteurs respectifs. La Fédération RSA ne peut en aucun cas être tenue pour responsable de l'application des pratiques citées dans Les Cahiers du RSA.

Présentation

Le document AC43.13-1B est édité gratuitement par l'administration américaine (FAA), depuis la fin des années 80, afin de diffuser les bonnes pratiques d'inspection et de réparation des aéronefs.

Cette circulaire consultative (AC pour Advisory Circular) contient des méthodes, techniques et pratiques acceptables pour l'inspection et la réparation des zones non pressurisées des aéronefs civils, uniquement lorsqu'il n'existe pas d'instructions de réparation ou d'entretien du constructeur. Ces informations concernent généralement les réparations mineures. Les réparations identifiées dans cette circulaire ne peuvent être utilisées que comme base pour l'approbation des réparations majeures. Les informations relatives aux réparations peuvent également être utilisées comme référentiel, et le chapitre, la page et le paragraphe de l'AC cités dans vos dossiers d'intervention lorsque :

a. vous avez déterminé qu'elles sont appropriées pour le matériel à réparer ;

b. elles sont directement applicables à la réparation effectuée ; et

c. elles ne sont pas contraires aux recommandations du constructeur.

Notez que l'AC 43.13-1B annule et remplace l'AC 43.13-1A de 1988. Notez également l'existence de l'AC 43.13-2B qui traite de la modification des aéronefs.

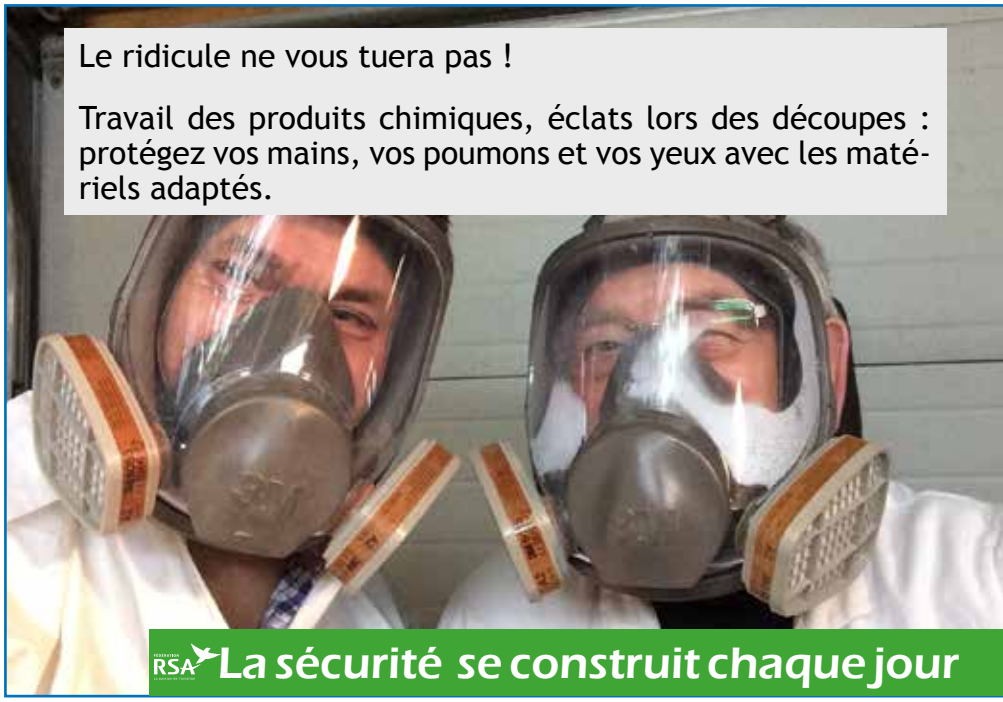
Constatant qu'il n'existe pas d'équivalent en Europe, et ce document étant incontournable dans le milieu de la maintenance aéronautique, la Fédération RSA vous propose ici une version traduite en Français, gardant en page gauche la version anglaise pour référence.

Afin de ne pas attendre la traduction des 646 pages du document original, nous vous proposons une mise à disposition par Chapitre, le Chapitre 1 sur les structures en bois et 2 sur l'entoilage ayant été traduit en juin et novembre 2020, voici le Chapitre 3 concernant les composites et plexiglas. Les suivants concerneront les structures en métal (4), l'inspection non destructive (5), la corrosion sa détection et sa protection (6), l'acastillage - câbles de contrôle et tendeurs (7), le groupe motopropulseur (8), les composants et systèmes (9), la pesée et le centrage (10), les systèmes électriques (11), l'avionique (12) pour terminer avec les facteurs humains (13).

Nous remercions ici tous les contributeurs qui, outre atlantique, ont permis la compilation de dizaines d'années de savoir-faire, et l'équipe RSA qui m'a aidé pour la relecture.

Entretenez et réparez sérieusement !

Patrick Cottereau



CONTENTS (CONTINUED)

Paragraph Page

CHAPTER 3. FIBERGLASS AND PLASTICS

SECTION 1. REPAIR OF LIGHT LOAD LAMINATE STRUCTURES

3-1. General....3-1
3-2. Fiberglass Laminate Repairs....3-1
Figure 3-1. Typical Laminate (Facing) Repair....3-2
Figure 3-2. Typical Core and Facing Repair....3-2
Figure 3-3. Typical Stepped Joint Repair....3-3
3-3. Repairing Holes....3-3
Figure 3-4. Preparing the Fiberglass Sandwich....3-3
Figure 3-5. Scarfed Repair to a Nonstructural Laminated Fiberglass Component....3-4
Figure 3-6. Balanced Layup Same as Original Number of Plies, Plus One Extra Ply....3-4
Figure 3-7. Typical Scarf Joint Repair....3-5
Figure 3-8. Carefully Cut Through Each Layer of Fiberglass Cloth and Remove it From the Damaged Area....3-5
3-4. Sample Bagging and Curing Process....3-5
Figure 3-9. Sample Bagging Layup Cross Section....3-6
3-5.—3-9. [RESERVED.]....3-8

SECTION 2. METALLIC SANDWICH SECONDARY STRUCTURE REPAIRS

3-10. Repairs to Metallic Sandwich Secondary Structure....3-9
Figure 3-10. Typical Types of Core Replacement....3-10
Figure 3-11. Typical Undercut Core Material Cavity....3-10
Figure 3-12. Cross Section of Bonded and Bolted Overlap Repairs....3-11
Figure 3-13. Honeycomb Core Removal....3-11
Figure 3-14. Removing Honeycomb Core from a Tapered Control Surface....3-11
Figure 3-15. Removal of Core with Core Knife....3-11
Figure 3-16. Details of Core Repair....3-12
3-11. Finishing....3-12
3-12.—3-17. [RESERVED.]....3-13

SECTION 3. TRANSPARENT PLASTICS

3-18. General....3-15
3-19. Storage and Handling....3-15
3-20. Forming Procedures and Techniques....3-15
3-21. Heating....3-16
Figure 3-17. Hanging of Acrylic Sheets....3-16
3-22. Forms....3-16
3-23. Forming Methods....3-17
Table 3-1. Typical Temperatures for Forming Acrylic Sheets....3-17
Figure 3-18. Drill Having an Included Angle of Approximately 150°, Used to Drill Acrylic Plastics....3-18
Figure 3-19. Unibit Drill for Drilling Acrylic Plastics....3-18
Figure 3-20. Applying Pressure to Acrylic Plastics....3-19

Sommaire du Chapitre 3

Page	Rubrique
	SECTION 1. RÉPARATION DES STRUCTURES LÉGÈREMENT CHARGÉES
9	3-1. GÉNÉRALITÉS.
9	3-2. RÉPARATION DES COMPOSITES.
11	3-3. RÉPARATION DES TROUS.
17	3-4. PROCESSUS DE MISE SOUS VIDE ET D'ÉTUVAGE.
	3-5.- 3-9. [RÉSERVÉ.]
	SECTION 2. RÉPARATIONS DES STRUCTURES SECONDAIRES EN SANDWICHS MÉTALLIQUES
25	3-10. RÉPARATION DES STRUCTURES SECONDAIRES EN SANDWICH MÉTALLIQUES.
31	3-11. FINITION.
	3-12.- 3-17. [RÉSERVÉ.]
	SECTION 3. PLASTIQUES TRANSPARENTS
35	3-18. GÉNÉRALITÉS.
35	3-19. STOCKAGE ET MANIPULATION.
35	3-20. TECHNIQUES ET PROCÉDURES DE MISE EN FORME.
37	3-21. MISE EN CHAUFFE.
37	3-22. MISE EN FORME.
39	3-23. MÉTHODES DE MISE EN FORME.
43	3-24. RÉPARATION DES PLASTIQUES.
47	3-25. NETTOYAGE ET POLISSAGE DES PLASTIQUES TRANSPARENTS.
47	3-26. PANNEAUX DE REMPLACEMENT.
49	3-27. PROCÉDURES D'INSTALLATION.
	3-28. - 3-39. [RÉSERVÉ.]

CONTENTS (CONTINUED)

Paragraph Page

3-24. Repair of Plastics 3-19
Figure 3-21. Stop-Drilling Cracks 3-20
Figure 3-22. Surface Patches 3-20
Figure 3-23. Plug Patch Repair 3-21
3-25. Cleaning and Polishing Transparent Plastic 3-21
3-26. Replacement Panels 3-21
3-27. Installation Procedures 3-22
3-28.—3-39. [RESERVED.] 3-22

SECTION 4. WINDSHIELDS, ENCLOSURES, AND WINDOWS

3-40. General 3-23
Figure 3-24. Temporary Repairs to Cracked Windshields or Windows 3-24
3-41. Protection 3-24
3-42. Windshield Installation 3-24
3-43.—3-47. [RESERVED.] 3-25

SECTION 4. PARE-BRISE, PORTES ET FENÊTRES

51 3-40. GÉNÉRALITÉS.
53 3-41. PROTECTION.
53 3-42. INSTALLATION DU PARE-BRISE.
3-43. - 3-47. [RÉSERVÉ].

CHAPTER 3. FIBERGLASS AND PLASTICS

SECTION 1. REPAIR OF LIGHT LOAD LAMINATE STRUCTURES

3-1. GENERAL. There is a wide variation in the composition and structural application of laminates, and it is essential that these factors be given major consideration when any restoration activities are undertaken. To a similar extent, there also exist many types of laminate structure repairs that may or may not be suitable for a given condition. For this reason, it is important that the aircraft or component manufacturer's repair data be reviewed when determining what specific type of repair is permissible and appropriate for the damage at hand.

NOTE: Review Material Safety Data Sheets for material to be used. When handling materials, prepreg fabrics, or parts with prepared surfaces, observe shelf life. Latex gloves and approved masks must be worn.

a. The materials used in the repair of laminate structures must preserve the strength, weight, aerodynamic characteristics, or electrical properties of the original part or assembly. Preservation is best accomplished by replacing damaged material with material of identical chemical composition or a substitute approved by the manufacturer.

b. To eliminate dangerous stress concentrations, avoid abrupt changes in cross-sectional areas. When possible, for scarf joints and facings, make small patches round or oval-shaped, and round the corners of large repairs. Smooth and properly contour aerodynamic surfaces.

c. Test specimens should be prepared during the actual repair. These can then be subjected to a destructive test to establish the quality of the adhesive bond in the repaired part. To make this determination valid, the specimens must be assembled with the same adhesive batch mixture and subjected to curing pressure, temperature, and time identical to those in the actual repair.

3-2. FIBERGLASS LAMINATE REPAIRS. The following repairs are applicable to fiberglass laminate used for non-structural fairing, covers, cowlings, honeycomb panel facings, etc. Prior to undertaking the repair, remove any paint by using normal dry sanding methods. Bead blasting may be used but caution must be exercised not to abrade the surfaces excessively.

NOTE: Chemical paint strippers must not be used.

NOTE: These repairs are not to be used on radomes or advanced composite components, such as graphite (carbon fiber) or Kevlar.

CAUTION: Sanding fiberglass laminates gives off a fine dust that may cause skin and/or respiratory irritation unless suitable skin and respiration protection is used. Sanding also creates static charges that attract dirt or other contaminants.

a. Check for voids and delamination by tap testing. (See chapter 5.) When the surface of a fiberglass laminated structure is scratched, pitted, or eroded; first wash with detergent and water to remove all of the dirt, wax, or oxide film. Then scrub the surface with an acceptable cleaner. After the surface is thoroughly cleaned, sand it with 280-grit sandpaper, and again use an acceptable cleanser to remove any sanding residue and moisture. This is

Section 1. RÉPARATION DES STRUCTURES LÉGÈREMENT CHARGÉES

3-1. GÉNÉRALITÉS. Il existe une grande variation dans la composition et l'application structurelle des stratifiés, et il est essentiel que ces facteurs soient pris en considération lors de toute activité de restauration. Dans une même mesure, il existe également de nombreux types de réparations de la structure des stratifiés qui peuvent ou non convenir à un état donné. Pour cette raison, il est important que les données de réparation de l'aéronef ou de l'équipementier soient examinées pour déterminer quel type de réparation spécifique est autorisé et approprié pour le dommage en question.

REMARQUE : Examinez les fiches de données de sécurité pour savoir quel matériel doit être utilisé. Lorsque vous manipulez des matériaux, des toiles pré-imprégnées ou des pièces dont les surfaces sont préparées, respectez la durée de vie. Des gants en latex et des masques approuvés doivent être portés.

a. Les matériaux utilisés pour la réparation des structures stratifiées doivent préserver la résistance, le poids, les caractéristiques aérodynamiques ou les propriétés électriques de la pièce ou de l'assemblage d'origine. La meilleure façon d'assurer cette préservation est de remplacer le matériau endommagé par un matériau de composition chimique identique ou un substitut approuvé par le fabricant.

b. Pour éliminer les concentrations de contraintes dangereuses, il faut éviter les changements brusques de section transversale. Dans la mesure du possible, pour les assemblages par recouvrement, et les revêtements, faites de petites pièces rondes ou ovales, et arrondissez les coins des grosses réparations. Lissez et contournez correctement les surfaces aérodynamiques.

c. Les éprouvettes doivent être préparées pendant la réparation proprement dite. Elles peuvent ensuite être soumises à un essai destructif pour établir la qualité de l'adhérence dans la partie réparée. Pour que cette détermination soit valable, les échantillons doivent être assemblés avec le même mélange de lots d'adhésif et soumis à une pression, une température et un temps de durcissement identiques à ceux de la réparation proprement dite.

3-2. RÉPARATIONS DE STRATIFIÉS EN FIBRE DE VERRE. Les réparations suivantes sont applicables au stratifié en fibre de verre utilisé pour les carénages non structurels, les caches, les capots, les panneaux en nid d'abeille, etc. Avant d'entreprendre la réparation, enlevez toute peinture en utilisant les méthodes normales de ponçage à sec. Il est possible d'utiliser le microbillage, mais il faut veiller à ne pas abraser excessivement les surfaces.

NOTE : Les décapants chimiques ne doivent pas être utilisés.

NOTE : Ces réparations ne doivent pas être utilisées sur les radômes ou les pièces en composites de pointe, tels que le graphite (fibre de carbone) ou le Kevlar.

ATTENTION : Le ponçage des laminés en fibre de verre dégage une fine poussière qui peut provoquer une irritation de la peau et/ou des voies respiratoires, à moins qu'une protection adéquate de la peau et de la respiration ne soit utilisée. Le ponçage crée également des charges statiques qui attirent la saleté ou d'autres contaminants.

a. Vérifiez les vides et le délaminage en effectuant un test au robinet. (Voir chapitre 5.) Lorsque la surface d'une structure stratifiée en fibre de verre est rayée, piquée ou érodée, il faut d'abord la laver avec un détergent et de l'eau pour éliminer toute la saleté, la cire ou le film d'oxyde. Ensuite, frottez la surface avec un nettoyant acceptable. Une fois la surface bien nettoyée, poncez-la avec un papier de verre de grain 280, puis utilisez à nouveau un nettoyant acceptable pour éliminer tout résidu de ponçage et l'humidité.

essential, as any moisture remaining on the surface will inhibit the cure of the resin. Dry the fiberglass laminate thoroughly prior to bonding repair. Mix enough resin, using the manufacturer's instructions, to completely cover the damaged area, and apply one or two coats. Cover the resin with a peel ply to exclude all air from the resin while it is curing. After the resin has cured, remove the film and file or sand the surface to conform to the original shape of the part. Ensure that all edges of the laminate part are sealed to prevent water absorption. Then refinish it to match the rest of the structure.

b. Superficial scars, scratches, surface abrasion, or rain erosion can generally be repaired by applying one or more coats of a suitable low temperature resin, catalyzed to cure at room temperature, to the abraded surface. The number of coats required will depend upon the type of resin and the severity of the damage.

(1) Damage not exceeding the first layer or ply of fiberglass laminate can be repaired by filling with a putty consisting of a compatible room-temperature-setting resin and clean short glass fibers. Before the resin sets, apply a sheet of peel ply over the repair area and work out any bubbles and excess resin. After the resin has cured, sand off any excess and prepare the area for refinishing.

(2) Damage deep enough to seriously affect the strength of the laminate (usually more than the first ply or layer of fabric) may be repaired as illustrated in figure 3-1. Coat the sanded area with room-temperature-setting resin and apply contoured pieces of glass fabric soaked in resin. Apply a peel ply sheet over the repair and work out any bubbles and excess resin. After the resin has cured, scrape off the excess resin and sand the surface of the repair to the original contour.

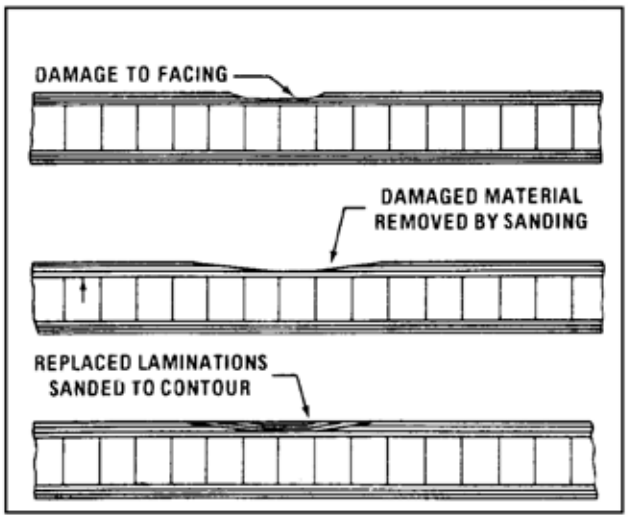


FIGURE 3-1. Typical laminate (facing) repair.

(3) Damage that extends completely through one facing and into the core requires the replacement of the damaged core and facing. A method for accomplishing this type of repair is shown in figure 3-2. An alternate method for repairing the facing is shown in figure 3-3. The damaged portion is carefully trimmed out to a circular or oval shape and the core material is removed completely to the opposite facing. Exercise caution so as not to damage the opposite facing or to start delamination between the facings and the core around the damage.

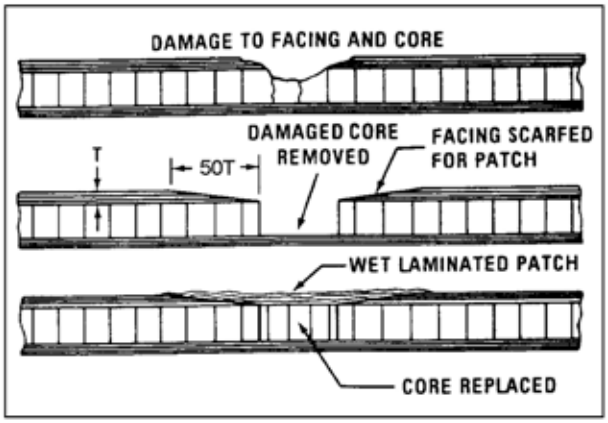


FIGURE 3-2. Typical core and facing repair.

C'est essentiel, car toute humidité restant à la surface empêchera le durcissement de la résine. Séchez soigneusement le composite en fibres de verre avant de le coller pour le réparer. Mélangez suffisamment de résine, en suivant les instructions du fabricant, pour recouvrir complètement la zone endommagée, et appliquez une ou deux couches. Couvrez la résine d'un tissu d'arrachage pour exclure tout air de la résine pendant qu'elle durcit. Une fois que la résine a durci, enlevez le film et limez ou poncez la surface pour qu'elle se conforme à la forme originale de la pièce. Veillez à ce que tous les bords de la pièce stratifiée soient scellés pour éviter l'absorption d'eau. Ensuite, remettez la pièce en état pour qu'elle s'harmonise avec le reste de la structure.

b. Les craquelures, éraflures, abrasions superficielles ou érosion par la pluie peuvent généralement être réparées en appliquant une ou plusieurs couches d'une résine appropriée à basse température, catalysée pour durcir à température ambiante, sur la surface poncée. Le nombre de couches nécessaires dépend du type de résine et de l'importance des dommages.

(1) Les dommages ne dépassant pas la première couche ou le premier pli du stratifié de fibres de verre peuvent être réparés en remplissant avec un mastic composé d'une résine compatible avec la température ambiante et de fibres de verre courtes et propres. Avant que la résine ne durcisse, appliquez un tissu d'arrachage sur la zone de réparation et éliminez les bulles et l'excès de résine. Une fois que la résine a durci, poncez l'excédent et préparez la zone pour la retouche.

(2) Les dommages suffisamment profonds pour affecter sérieusement la résistance du stratifié (généralement plus que la première couche ou la première couche de fibre) peuvent être réparés comme illustré dans la figure 3-1. Enduisez la zone poncée avec de la résine durcissant à température ambiante et appliquez des patches de fibre de verre profilés mouillés à la résine. Appliquez un tissu d'arrachage sur la réparation et éliminez les bulles et l'excès de résine. Une fois que la résine a durci, grattez l'excédent de résine et poncez la surface de la réparation pour qu'elle retrouve son contour d'origine.

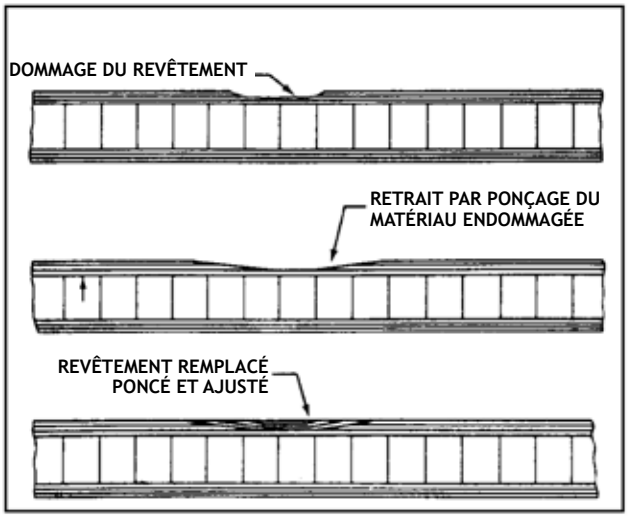


FIGURE 3-1. Réparation typique d'un stratifié (revêtement).

(3) Les dommages qui s'étendent complètement à travers le revêtement et dans l'âme nécessitent le remplacement de l'âme et du revêtement endommagés. Une méthode pour réaliser ce type de réparation est illustrée à la figure 3-2. Une autre méthode de réparation du revêtement est illustrée à la figure 3-3. La partie endommagée est soigneusement découpée pour obtenir une forme circulaire ou ovale et le matériau de l'âme est complètement enlevé jusqu'à la face opposée. Faites attention à ne pas endommager le revêtement opposé ou à ne pas provoquer de délamination entre les revêtements et l'âme autour du dommage.

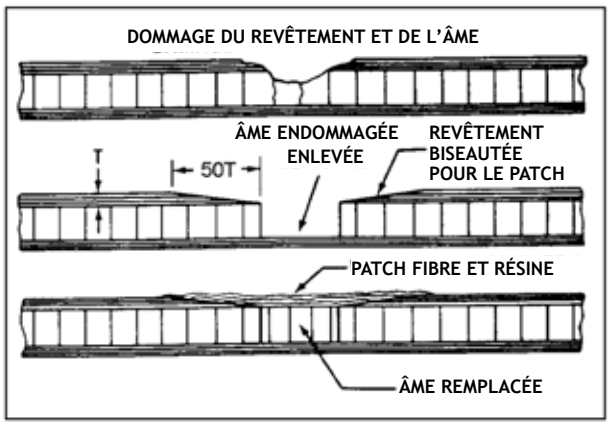


FIGURE 3-2. Réparation typique de l'âme et du revêtement.

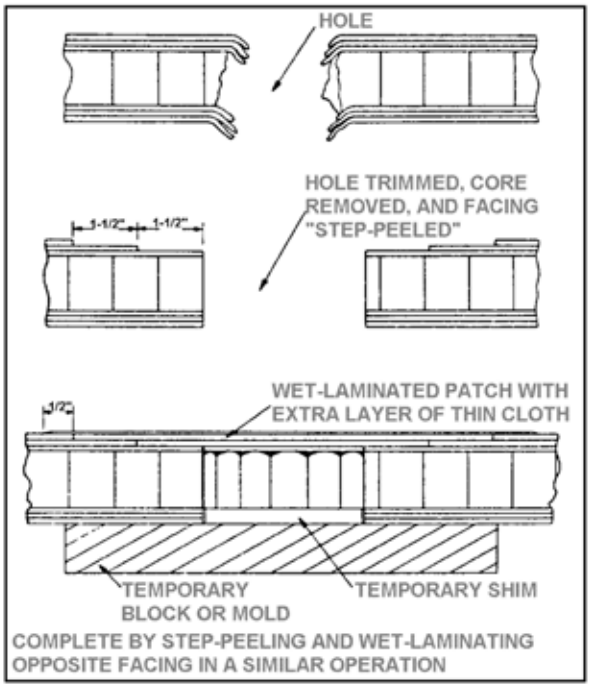


FIGURE 3-3. Typical stepped joint repair.

c. Use replacement core stock of the same material and density as the original (or an acceptable substitute) and cut it to fit snugly in the trimmed hole. Observe the direction of the original core. When all of the pieces of replacement facing laminations are cut and soaked in resin, coat all surfaces of the hole and the scarfed area with resin. Then coat all surfaces of the core replacement with resin and insert it into the hole. After all of the pieces of resin-impregnated glass-fabric facing are in place and lined up with the original fiber-orientation, cover the entire area with a piece of peel ply and carefully work down the layers of fabric to remove any air bubbles and excess resin. Apply light pressure by means of sand bags or a vacuum bag. When the resin has cured, sand the repair to match the original contour and refinish the surface.

3-3. REPAIRING HOLES.

a. Scarf Method. If the damaged area is less than 3 inches in diameter, the damage may be removed by either sanding with a power sander or hand sanding with 180-grit sandpaper.

(1) Scarf back the edges of the hole about 50 times the thickness of the face ply. Thoroughly clean out all of the sanding residue with a cloth wet with an acceptable cleanser.

(2) Prepare the patches by (see figure 3-4) laying the proper weight fiberglass cloth impregnated with resin on a piece of peel ply. A weight of resin equal to the weight of the patch provides a 50-percent ratio.

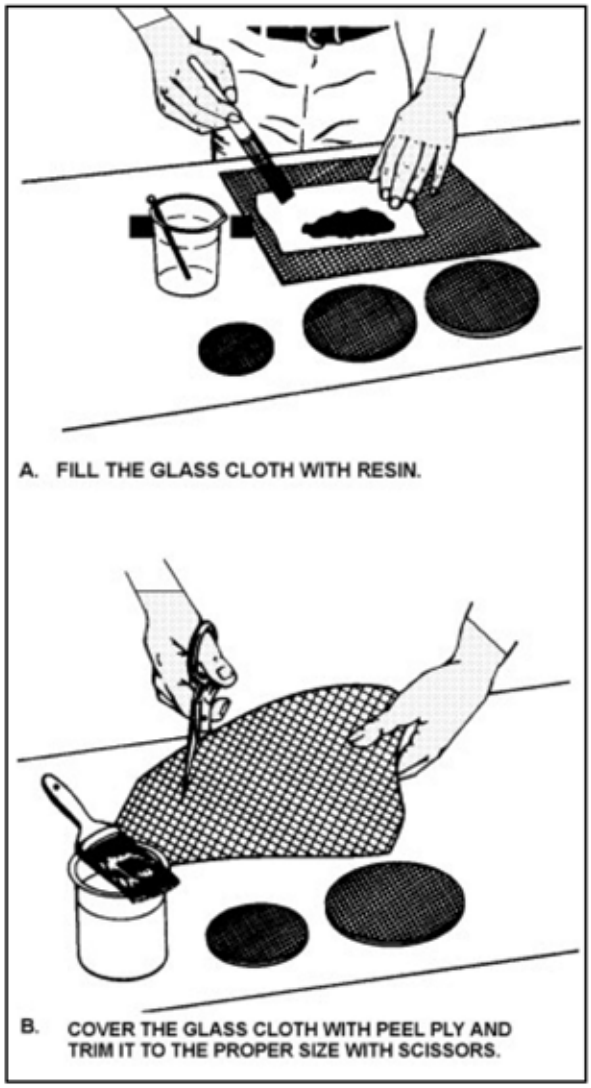


FIGURE 3-4. Preparing the fiberglass sandwich.

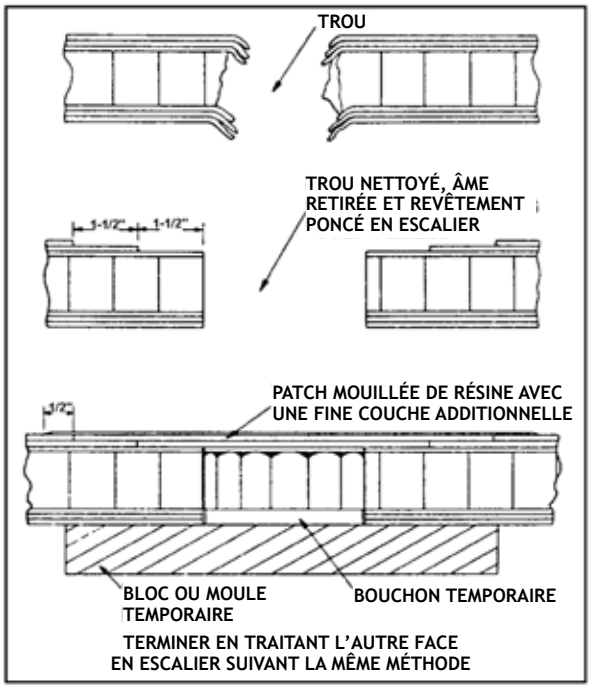


FIGURE 3-3. Réparation typique en escalier.

c. Utilisez une âme de remplacement de même matériau et de même densité que l'original (ou un substitut acceptable) et coupez-la pour qu'elle s'ajuste parfaitement dans le trou découpé. Observez la forme générale de l'âme d'origine. Lorsque toutes les pièces de remplacement des tissus de revêtement sont coupées et trempées dans la résine, enduisez de résine toutes les surfaces du trou et de la zone échancrée. Ensuite, enduisez toutes les surfaces de l'âme de remplacement avec de la résine et insérez-la dans le trou. Une fois que tous les morceaux de revêtement en fibres de verre imprégné de résine sont en place et alignés avec l'orientation des fibres d'origine, recouvrez toute la zone d'un morceau de tissu d'arrachage et travaillez soigneusement les couches de tissu pour éliminer les bulles d'air et l'excès de résine. Appliquez une légère pression au moyen de sacs de sable ou d'une mise sous vide. Lorsque la résine a durci, poncez la réparation pour qu'elle corresponde au contour d'origine et finissez l'état de surface.

3-3. RÉPARATION DES TROUS.

a. Méthode de l'enture. Si la zone endommagée a moins de 75 mm de diamètre, les dommages peuvent être éliminés soit par ponçage avec une ponceuse électrique, soit par ponçage manuel avec du papier de verre de grain 180.

(1) Biseautez les bords du trou environ 50 fois l'épaisseur du revêtement. Nettoyez soigneusement tous les résidus de ponçage à l'aide d'un chiffon imbibé d'un produit nettoyant acceptable.

(2) Préparez les patches (voir figure 3-4) en posant sur un morceau de tissu de fibre de verre imprégné de résine, d'un poids approprié. Un poids de résine égal au poids du patch permet d'obtenir un rapport de 50 %.

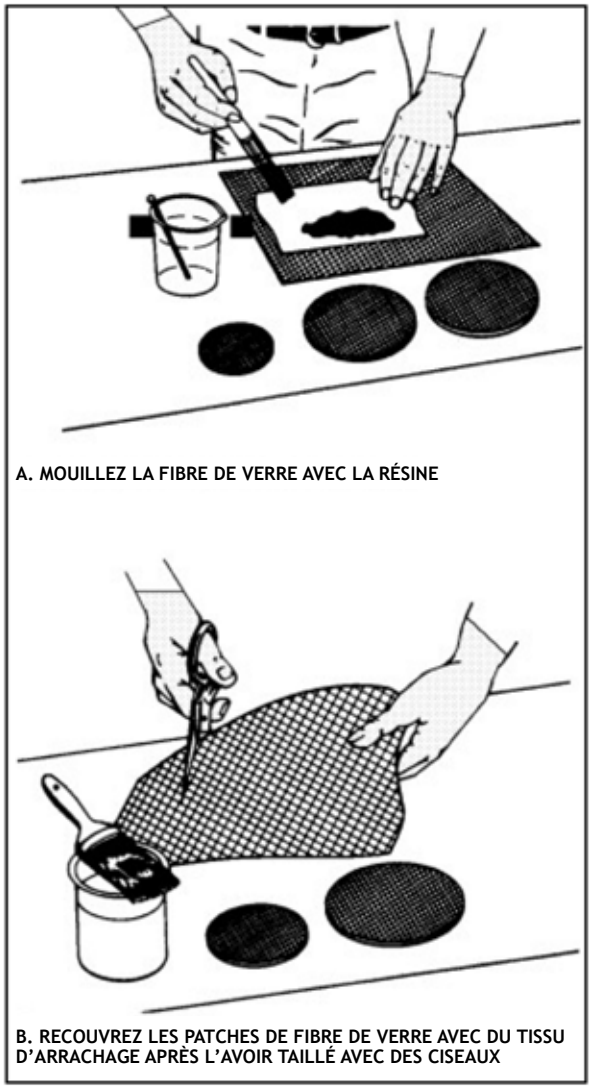


FIGURE 3-4. Préparation du sandwich en fibre de verre.

(3) Make a sandwich by laying a second layer of peel ply over the patch before cutting it to the required size and shape. Sandwiching will prevent the patch from raveling when cut. Brush a good coat of resin over the scarfed area. Remove one piece of peel ply from the first patch and lay the patch in place. Work all of the air out of the resin and remove the top peel ply. Cut the next larger patch so it will overlap the first patch by at least one-half inch. Remove one piece of peel ply from this patch and center the patch over the first one. Work all of the air out of the resin. Continue laying in patches, each overlapping the one below it by at least one-half inch, until you have the required number of layers (see figures 3-5 and 3-6) plus an extra ply to restore original strength to the repaired area.

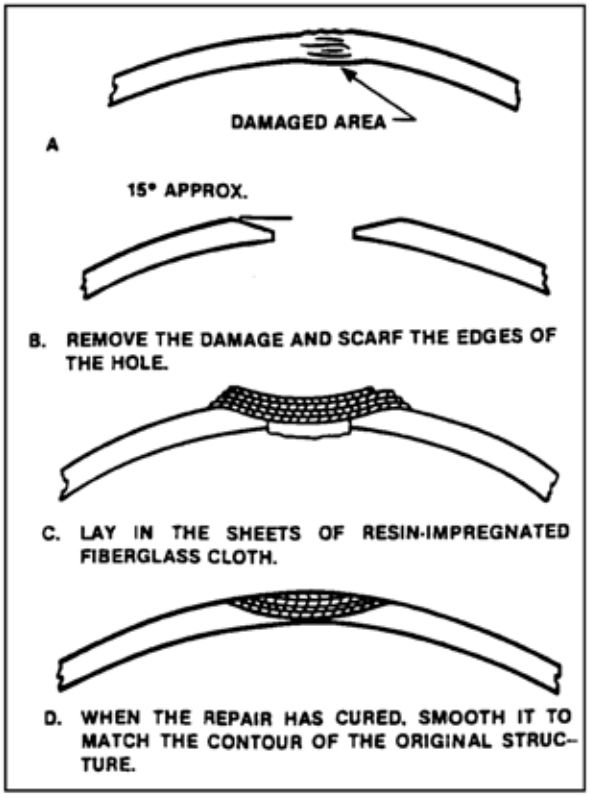


FIGURE 3-5. Scarfed repair to a nonstructural laminated fiberglass component.

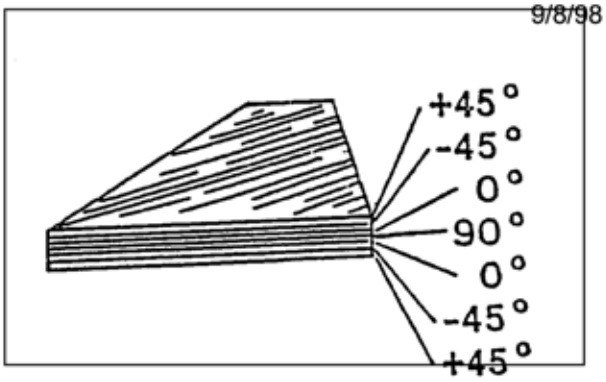


FIGURE 3-6. Symmetrical layup same as original number of plies, plus one extra ply.

(4) Cover the entire repair with peel ply and carefully work out all of the air bubbles from the resin. Apply pressure over the repair with tape or sandbags and allow it to cure. After the repair has cured, remove the excess resin by filing or sanding the surface to the contour of the original part. Smooth the surface with fine sandpaper and refinish it to match the original part.

(5) An alternate layup method that works equally well is to place the larger patch over the scarfed area first, and then each subsequent smaller patch over this. Both types of repair are finished in exactly the same way.

(6) The scarfed joint method (see figure 3-7) is normally used on small punctures up to 3 or 4 inches in maximum dimension and in facings that are made of thin fabric that is difficult to peel.

b. Step-Joint Method. The scarf method of repairing a laminated fiberglass face sheet of a honeycomb structure is the easiest method to use. In this type of repair, the damage is outlined with a compass. If a square or rectangular repair is more appropriate then the damage is outlined using a straight-edge and a compass to round out the corners.

(3) Faites un sandwich en posant une deuxième couche de tissu d'arrachage sur le patch avant de la couper à la taille et à la forme requises. Le sandwich empêchera le patch de s'effriter lorsqu'il sera découpé. Passez une bonne quantité de résine sur la zone échancrée. Enlevez un morceau de tissu d'arrachage du premier patch et mettez le patch en place. Faites sortir tout l'air de la résine et retirez le tissu d'arrachage. Coupez le patch suivant plus grand de manière à ce qu'il chevauche le précédent d'au moins 12 mm. Retirez le tissu d'arrachage de ce patch et centrez la pièce sur la première. Faites sortir tout l'air de la résine. Continuez à poser des patches, chacun recouvrant celui du dessous d'au moins 12 mm, jusqu'à ce que vous ayez le nombre de couches requis (voir figures 3-5 et 3-6) plus une couche supplémentaire pour restaurer la résistance d'origine de la zone réparée.

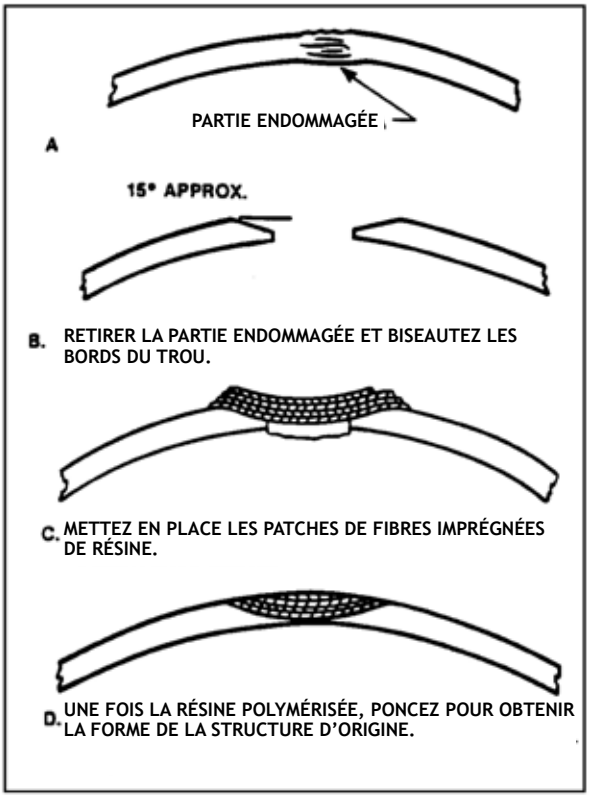


FIGURE 3-5. Réparation en enture d'un composant non structurel stratifié en fibres de verre.

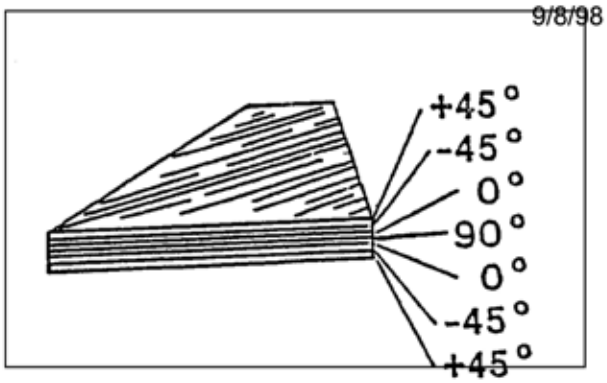


FIGURE 3-6. Décalage symétrique des fibres, identique au nombre de couches d'origine, plus une couche supplémentaire.

(4) Recouvrez toute la réparation d'un tissu d'arrachage et éliminez soigneusement toutes les bulles d'air de la résine. Appliquez une pression sur la réparation avec du ruban adhésif ou des sacs de sable et laissez durcir. Une fois que la réparation a durci, enlevez l'excès de résine en limant ou en ponçant le revêtement pour qu'il épouse le contour de la pièce d'origine. Lissez le revêtement avec du papier de verre fin et finissez le revêtement pour qu'il corresponde à la pièce d'origine.

(5) Une autre méthode de superposition qui fonctionne tout aussi bien consiste à placer d'abord la grande pièce sur la zone poncée, puis chaque petite pièce suivante par-dessus. Les deux types de réparation sont terminées exactement de la même manière.

(6) La méthode de l'enture (voir figure 3-7) est normalement utilisée pour les petites perforations jusqu'à 75 à 100 mm de dimension maximale et pour les revêtements qui sont faits de tissu fin difficile à peler.

b. Méthode étagée. La méthode étagée pour réparer un revêtement en fibre de verre d'une structure en nid d'abeille est la méthode la plus facile à utiliser. Dans ce type de réparation, les dommages sont marqués à l'aide d'un compas. Si une réparation carrée ou rectangulaire est plus appropriée, le dommage est alors détouré dans ses parties droites avec un réglet et avec un compas pour les angles arrondis.

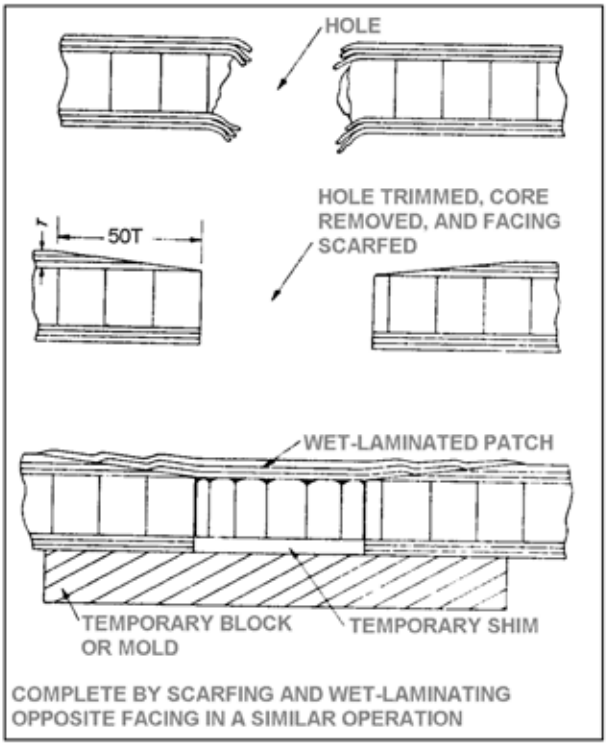


FIGURE 3-7. Typical scarf joint repair.

(1) The configuration of the repair should be that which will remove the least amount of sound material. Extend the cleaned-out area for a distance equal to the number of plies to be removed, less 1 inch. For example, if you must remove three plies, extend the repair for 2 inches beyond the cleaned-out area. Each layer should be 1 inch beyond the layer below. Use a sharp knife or other type of cutter to cut through the top layer, being careful not to damage the underneath layer. Use several passes with the knife rather than one deep cut. (See figure 3-8.)

(2) Begin with one corner of the patch and carefully pry it loose and peel it up until all of the layer is removed. Next, mark the exposed layer 1/2 inch inside the opening and carefully cut and remove it. Continue until you have removed all of the damaged or delaminated layers.

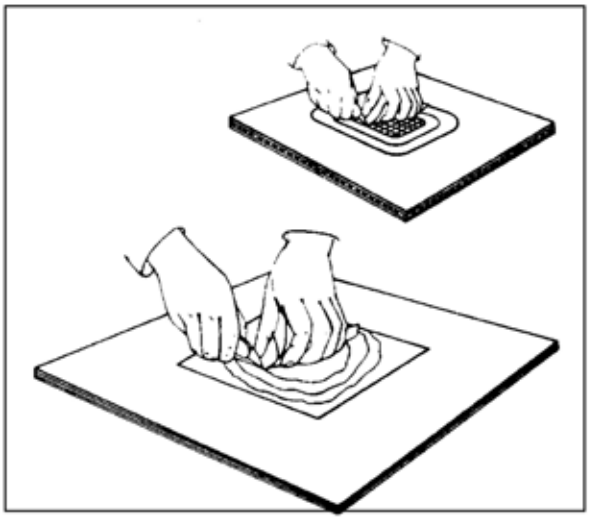


FIGURE 3-8. Carefully cut through each layer of fiberglass cloth and remove it from the damaged area.

(3) Lightly sand, then scrub the entire area with an acceptable cleanser. Prepare the patches exactly as you did for the scarf method, cutting each layer to exactly the size of the material removed. Brush in a coat of resin, lay in the patch of the smallest size, and carefully work out all of the air bubbles from the resin. Now, lay in the next larger size patch to lock the first layer of fiberglass cloth into place. Repeat the process until the damage area is filled.

(4) Butt the top layer of cloth to the opening in the face ply and cover the entire repair with peel ply. Carefully work all of the air bubbles out of the resin and put pressure on the repair with either sandbags, or another appropriate method, such as vacuum bagging. (See figure 3-9.) After the top repair has hardened, repeat the process on the bottom.

3-4. SAMPLE BAGGING AND CURING PROCESS. Figure 3-9 shows a typical bagging arrangement for a localized repair in which patch plies of prepreg are cured with a layer of adhesive, and a heating blanket is used to supply heat.

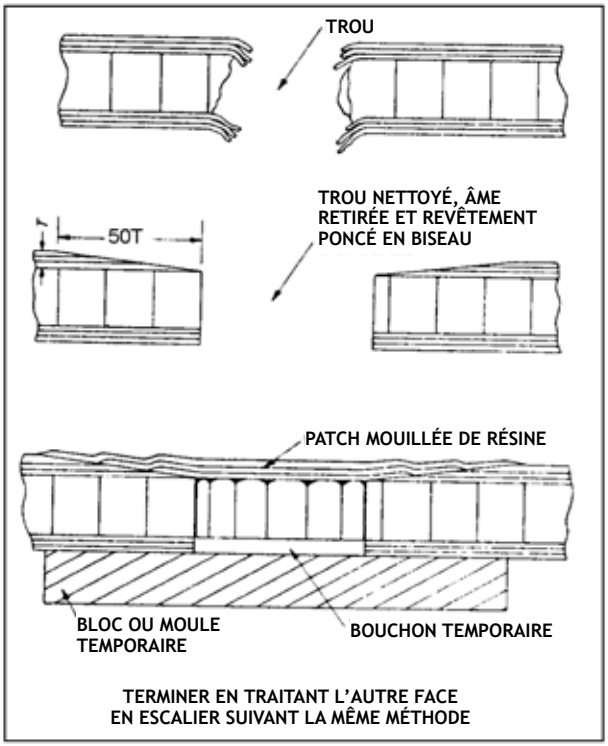


FIGURE 3-7. Réparation typique en enture.

(1) La configuration de la réparation doit être celle qui enlèvera le moins de matière. Étendez la zone nettoyée sur une distance égale au nombre de couches à enlever, moins 25 mm. Par exemple, si vous devez enlever trois couches, étendez la réparation sur une distance de 50 mm au-delà de la zone nettoyée. Chaque couche doit dépasser de 25 mm la couche inférieure. Utilisez un bistouri aiguisé ou un autre type de cutter pour couper la couche supérieure, en faisant attention à ne pas endommager la couche inférieure. Utilisez plusieurs passes avec le couteau plutôt qu'une seule coupe profonde. (Voir figure 3-8).

(2) Commencez par un coin du patch, détachez-le avec précaution et retirez-le jusqu'à ce que toute la couche soit enlevée. Ensuite, marquez la couche exposée de 12 mm à l'intérieur de l'ouverture, puis coupez-la et retirez-la avec précaution. Continuez jusqu'à ce que vous ayez enlevé toutes les couches endommagées ou délaminées.

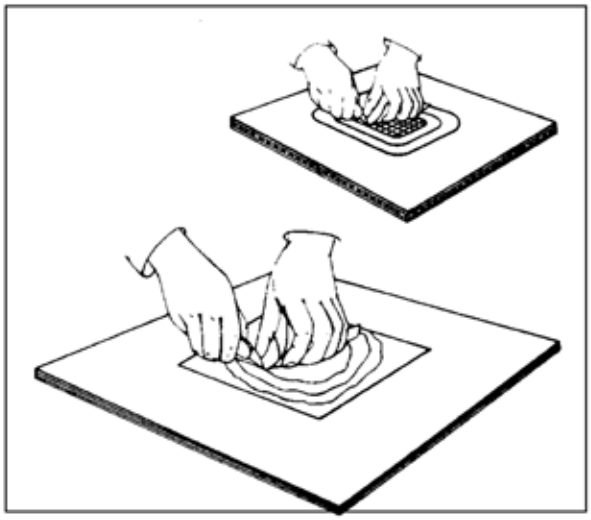


FIGURE 3-8. Coupez soigneusement chaque couche de tissu de fibre de verre et retirez-la de la zone endommagée.

(3) Poncez légèrement, puis frottez toute la zone avec un nettoyant acceptable. Préparez les patches exactement comme vous l'avez fait pour la méthode de l'enture, en coupant chaque couche à la taille exacte de la matière enlevée. Passez de la résine au pinceau, poser le patch de la plus petite taille et éliminer soigneusement toutes les bulles d'air de la résine. Ensuite, posez le patch de plus grande taille pour fixer la précédente couche de fibres de verre. Répétez le processus jusqu'à ce que la zone endommagée soit remplie.

(4) Appliquez une couche additionnelle de fibres de verre sur l'ensemble et couvrez toute la réparation avec un tissu d'arrachage. Retirez soigneusement toutes les bulles d'air de la résine et exercez une pression sur la réparation avec des sacs de sable ou une autre méthode appropriée, comme une mise sous vide. (Voir figure 3-9.) Une fois que la réparation supérieure a durci, répétez le processus pour la réparation inférieure.

3-4. PROCESSUS DE MISE SOUS VIDE ET D'ÉTUVAGE. La figure 3-9 montre un dispositif typique de mise sous vide pour une réparation localisée dans laquelle des couches imprégnées sont durcies sous une couche d'adhésif, et une nappe chauffante est utilisée pour fournir de la chaleur.

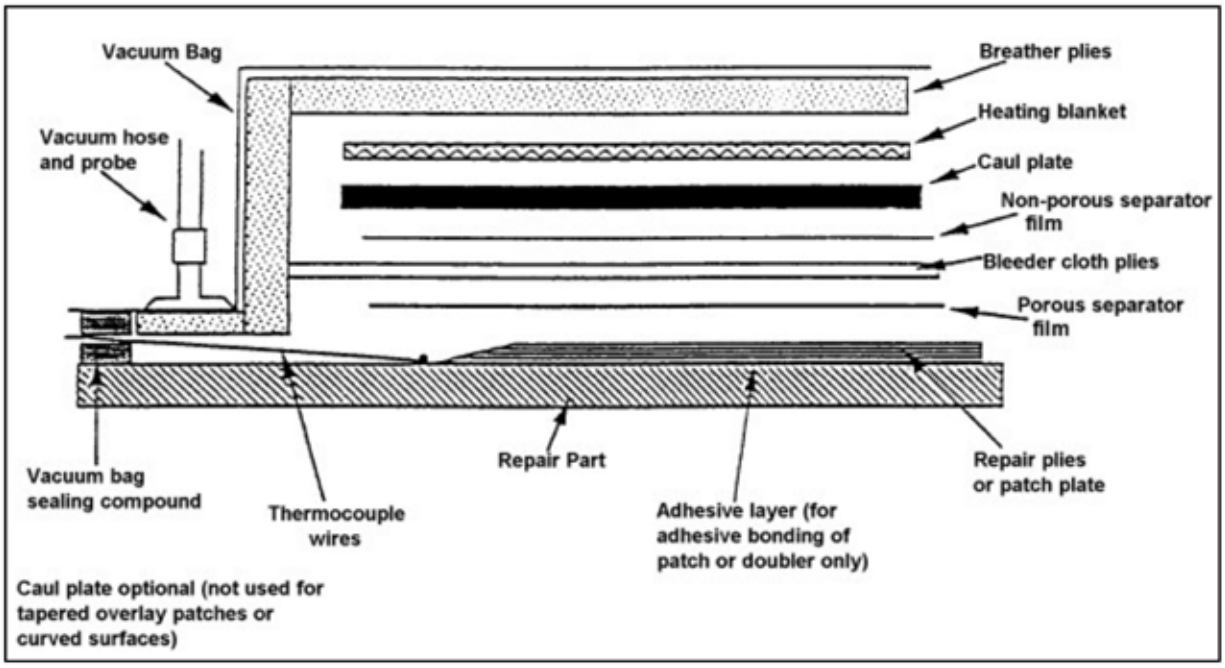


FIGURE 3-9. Sample bagging layup cross section.

a. The materials used for most bonded repairs require elevated temperatures and pressure, during their cure, to develop full strength. The following paragraphs describe the operations required to enclose the repair in a vacuum bag. When the part to be cured can be placed in an autoclave, additional pressure and heat can be applied. For cured-in-place parts, vacuum pressure and portable heat blankets usually suffice.

(1) When selecting materials, especially the parting agent film, the temperature at which the repair is to be cured must be known. Polyvinyl alcohol (PVA) film is ideal when the bonding temperature does not exceed 250 °F. PVA film has very high tear resistance and may be heat-sealed effectively. When the bond temperature is not above 180 °F, polyvinyl chloride film can be used. For temperatures up to 450 °F, a polyvinyl fluoride film is used. These three types of films are available in a variety of weights and widths. Most nylon bagging films are used for temperatures up to 400 °F.

(2) When all repair details are in place and ready to be cured, they are enclosed in a bag of plastic film or thin rubber. Air is removed from the bag by a vacuum source so that atmospheric pressure exerts a pressure on the repair as it is cured.

(3) To provide a path to draw off the air initially inside the bag, layers of fiberglass cloth or similar noncontaminating materials, known as breather plies, are placed inside the bag. When prepreg is being cured as part of the repair, it is sometimes necessary to bleed off excess resin. To do this, layers of fiberglass cloth or similar materials known as bleeder plies are placed over the prepreg. Some repairs have been made with a net resin prepreg that does not require bleeding, and therefore does not require bleeder plies. Porous separator plies or film are used between the prepreg and the bleeder and nonporous separator plies or film are used between the bleeder and breather plies to control the flow of resin.

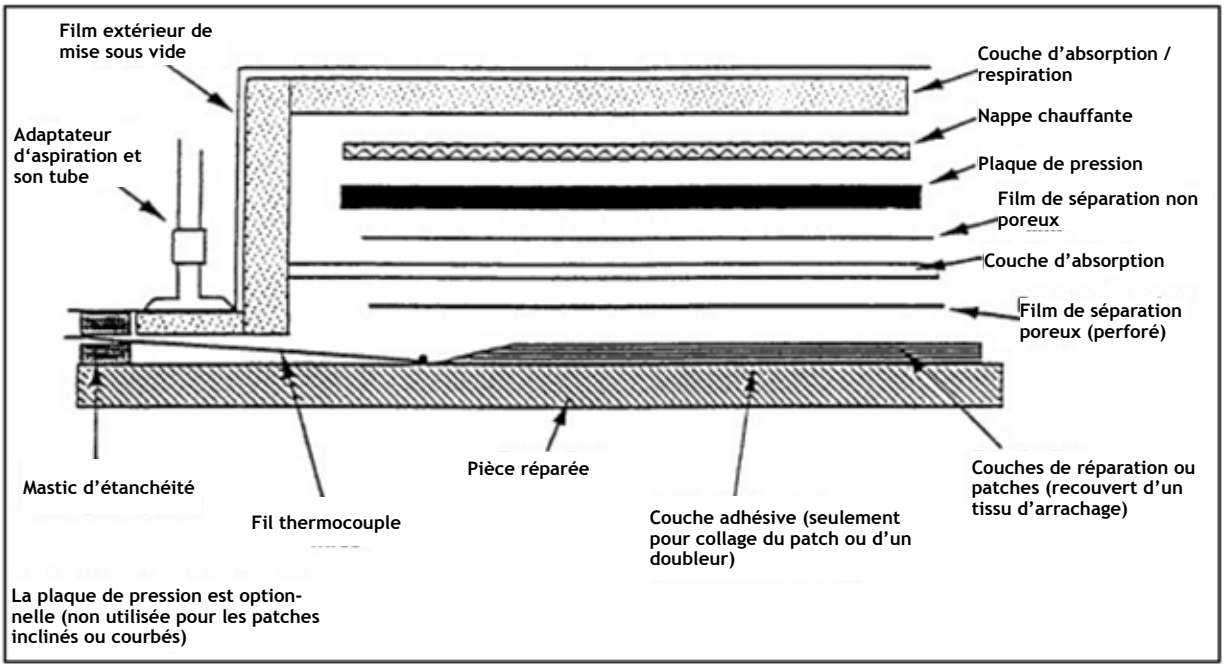


FIGURE 3-9. Exemple de section transversale de mise sous vide.

a. Les matériaux utilisés pour la plupart des réparations collées nécessitent des températures et des pressions élevées, pendant leur durcissement, pour développer leur pleine résistance. Les paragraphes suivants décrivent les opérations nécessaires pour mettre la réparation sous vide. Lorsque la pièce à durcir peut être placée dans un autoclave, une pression et une chaleur supplémentaires peuvent être appliquées. Pour les pièces polymérisées sur place, la pression sous vide et les nappes chauffantes portables suffisent généralement.

(1) Lors de la sélection des matériaux, en particulier du film d'agent démoulant, la température à laquelle la réparation doit polymériser doit être connue. Le film d'alcool polyvinylique (PVA) est idéal lorsque la température de collage ne dépasse pas 120°C. Le film PVA a une très grande résistance à la déchirure et peut être facilement thermosoudé. Lorsque la température de collage n'est pas supérieure à 80°C, le film de chlorure de polyvinyle peut être utilisé. Pour des températures allant jusqu'à 230°C, un film de fluorure de polyvinyle est utilisé. Ces trois types de films sont disponibles dans une variété d'épaisseurs et de largeurs. La plupart des films de mise sous vide en nylon sont utilisés pour des températures allant jusqu'à 200°C.

(2) Lorsque tous les éléments de la réparation sont en place et prêts à être traités, ils sont enfermés sous un film plastique ou de caoutchouc fin. L'air est retiré par une pompe à vide, de sorte que la pression atmosphérique exerce une pression sur la réparation au fur et à mesure qu'elle polymérise.

(3) Pour aspirer l'air et mettre sous vide, des couches de tissu de fibres de verre ou de matériaux similaires non-contaminants, appelés plis de respiration, sont mis en place. Lorsque les fibres imprégnées de la réparation polymérisent, il est parfois nécessaire d'avoir éliminé l'excès de résine. Pour ce faire, des couches de tissu de fibre de verre ou de matériaux similaires, appelées « plis de purge », sont placées sur le tissu imprégné. Certaines réparations effectuées avec une imprégnation de résine juste suffisante, ne nécessitent pas d'évacuer un excès, et donc sans nécessiter une purge. Afin de contrôler le flux de résine, on utilise des couches de séparation poreuses entre les couches de film de purge et le tissu d'absorption.

(4) Small parts may be envelope bagged (i.e., enclosing the entire part in the bag). Larger parts with localized repairs can be bagged by sealing the surface completely around the repair areas with sealing tape and applying the bagging material to the sealing tape.

CAUTION: The whole panel must be vacuum bagged to prevent delamination in sandwich skins when using an oven or autoclave. Contoured parts must be restrained with tooling to prevent warpage.

b. When the heat for curing the repair is provided by a heat blanket, the blanket can be either inside or outside the vacuum bag. However, the blanket should be covered to minimize heat loss, and the blanket should be separated from direct contact with most bagging materials by layers of fiberglass cloth.

(1) This will prevent localized overheating that could damage the bag. It is sometimes helpful to place a thin aluminum sheet under the heating blanket to minimize localized heating. A thin rubber blanket can help smooth the surface of the material being cured. A pressure plate should be used when two or more heat blankets are applied to the same repair.

NOTE: Understanding that various resins behave differently during cure, the choice of bagging arrangements will often vary with the material being cured.

(2) The procedure for the bagging arrangement is as follows:

(a) Place a peel ply over the patch material to provide a surface finish for subsequent bonding or painting if not previously accomplished. Place a layer of porous separator cloth over the patch, extending beyond the prepreg and the adhesive. Smooth to avoid wrinkles.

(b) With the patch material in place, place the end of the thermocouple wire next to the edge of the prepreg. Tape the wire to the structure inside the bag with heat-resistant tape. The tape should not be in contact with the prepreg or the adhesive.

(c) Place bleeder plies as shown, extending 2 to 3 inches beyond the patch. The number of bleeder plies needed will vary with the type of resin and the resin content required.

(d) Place a layer of nonporous parting film over the bleeder plies, cut 1 inch smaller than the bleeder plies. This layer is intended to stop resin flow from bleeder plies into breather plies while still providing an airflow path when vacuum is applied.

(e) If a pressure plate is used, place it over the previous separator ply. The plate is frequently perforated with small holes to permit airflow to the breather plies. Bleeder plies may be necessary when using a pressure plate.

NOTE: Pressure on the repair will be reduced if the pressure plate does not conform to the repair.

(f) Place the heat blanket over the assembly, making sure it extends 3 to 4 inches beyond the material to be cured.

(g) One or more thermocouples should be in contact with the heat blanket to monitor its temperature. Additional thermocouples should be placed near the curing repair to monitor the temperature of the curing resin.

(h) When using a heat blanket as the heat source, four to six layers of fiberglass surface breather or the equivalent should be

(4) Les petites pièces peuvent être mises sous enveloppe (c'est-à-dire que toute la pièce est placée dans un sac à vide). Les pièces plus grandes comportant des réparations localisées peuvent être mises sous vide en scellant complètement le revêtement autour des zones de réparation avec du mastic d'étanchéité et en appliquant la mise sous vide sur un ruban de mastic.

> **ATTENTION : L'ensemble du panneau doit être mis sous vide pour éviter le délaminage des peaux de sandwich lors de l'utilisation d'un four ou d'un autoclave. Les pièces profilées doivent être maintenues à l'aide d'un outillage pour éviter tout gauchissement.**

b. Lorsque la chaleur nécessaire à la polymérisation de la réparation est apportée par une nappe chauffante, celle-ci peut se trouver à l'intérieur ou à l'extérieur de la mise sous vide. Cependant, la nappe doit être recouverte pour minimiser la perte de chaleur, et la nappe doit être séparée du contact direct avec la plupart des matériaux de mise sous vide par des couches de fibres de verre.

(1) Cela permettra d'éviter une surchauffe localisée qui pourrait endommager le sac. Il est parfois utile de placer une fine feuille d'aluminium sous la nappe chauffante pour minimiser l'échauffement localisé. Une fine couverture de caoutchouc peut aider à lisser le revêtement du matériau à mettre sous vide. Une plaque de pression doit être utilisée lorsque deux ou plusieurs nappes chauffantes sont appliquées sur la même réparation.

> **REMARQUE : Sachant que les diverses résines se comportent différemment pendant la polymérisation, le choix des dispositifs de mise sous vide varie souvent en fonction du matériau à polymériser.**

(2) La procédure à suivre pour la mise sous vide est la suivante :

(a) Placez un tissu d'arrachage sur la pièce afin d'obtenir une surface apte au collage ou à la peinture si cela n'a pas été fait auparavant. Placez une couche de séparateur poreux (film perforé) sur le patch, plus grand que le tissu imprégné et l'adhésif. Lissez pour éviter les plis.

(b) Une fois le matériau de réparation en place, placez l'extrémité du fil de thermocouple à côté du bord du tissu imprégné. Fixez le fil à la structure à l'intérieur du sac avec du ruban adhésif résistant à la chaleur. Le ruban adhésif ne doit pas être en contact avec le tissu imprégné ou l'adhésif.

(c) Placez les couches d'absorption comme indiqué, en les prolongeant de 50 à 75 mm au-delà du patch. Le nombre de plis de purge nécessaires varie selon le type de résine et la teneur en résine requise.

(d) Placez un film de séparation non poreux sur les plis de purge, coupez 25 mm plus petit que les plis de purge. Cette couche est destinée à empêcher l'écoulement de la résine des couches de purge vers les couches de respiration tout en offrant une voie d'écoulement de l'air lorsque le vide est appliqué.

(e) Si une plaque de pression est utilisée, placez-la sur la couche de séparation précédente. La plaque est souvent perforée de petits trous pour permettre la circulation de l'air vers les couches en liaison avec la pompe à vide. Des couches de purge peuvent être nécessaires en cas d'utilisation d'une plaque de pression.

> **NOTE : La pression sur la réparation sera insuffisante si la plaque de pression n'est pas adaptée à la réparation.**

(f) Placez la nappe chauffante sur l'ensemble, en vous assurant qu'elle dépasse de 75 à 100 mm le matériau à polymériser.

(g) Un ou plusieurs thermocouples doivent être en contact avec la nappe chauffante pour contrôler sa température. Des thermocouples supplémentaires doivent être placés près de la réparation pour contrôler la température de la résine en polymérisation.

(h) Lorsque l'on utilise une nappe chauffante comme source de chaleur, quatre à six couches de revêtement en fibre de verre ou l'équivalent doivent être utilisées sur la nappe chauffante. Cela permettra d'isoler et d'éviter d'endommager le film de mise sous vide. Il faut assurer une continuité pour le passage de l'air entre la couche de purge et la pompe à vide.

used over the heat blanket. This will insulate and prevent damage to the nylon bagging film. Ensure that the breather plies are in contact with the bleeder plies so that an air passage exists.

(i) Place a bead of sealing tape against the parent material around the edge of the breather plies. Seal the thermocouple wires to prevent vacuum leakage.

NOTE: Two layers of sealing tape may be required in order to provide a good seal.

(j) Cover with a suitable vacuum bag, smoothed to minimize wrinkles. Press the bag firmly onto the sealing tape to obtain an air-tight seal. Place pleats in vacuum bag to allow the bag material to stretch.

(k) Install two vacuum probes or sniffers through openings cut in the bag. One will be used for the vacuum gauge and the other will be connected to the vacuum source. The vacuum probe must sit on the breather plies, but must not touch the patch or adhesive.

NOTE: Place the vacuum gauge on the opposite side of the vacuum port, where applicable. Do not place vacuum probes near repair area.

(l) Connect the vacuum source and smooth the bag by hand pressure as the air is removed. Check for leaks and reseal as necessary. A minimum vacuum of 22 inches of mercury is required.

(m) Place insulating material over the vacuum bag to prevent heat loss.

(n) Apply power to the heat blanket and control its temperature as specified for the material being cured.

(o) Observe cure time requirements established by the product manufacturer.

3-5.—3-9. [RESERVED.]

(i) Placez un cordon de ruban adhésif d'étanchéité contre le matériau de base autour du bord des plis de respiration. Scellez les fils du thermocouple pour éviter les fuites de vide.

> **NOTE : Deux couches de mastic peuvent être nécessaires pour assurer une bonne étanchéité.**

(j) Recouvrir d'un film de mise sous vide approprié, lissé pour minimiser les plis. Pressez fermement le film sur le mastic d'étanchéité pour obtenir une fermeture hermétique. Placez les plis dans le sac à vide pour permettre au film de s'étirer.

(k) Installez deux connections pour le vide par des ouvertures découpées dans le film extérieur. L'un d'eux servira à mesurer la dépression et l'autre sera connecté à la pompe à vide. La sonde à vide doit reposer sur les plis de respiration, mais ne doit pas toucher le patch ou l'adhésif.

> **REMARQUE : Placez la sonde à vide du côté opposé à l'orifice de vide, le cas échéant. Ne placez pas les sondes à vide près de la zone de réparation.**

(l) Branchez la pompe à vide et lissez le film par pression manuelle au fur et à mesure que l'air est évacué. Vérifiez s'il y a des fuites et fermez-les si nécessaire. Un vide minimum de 70 hPa (ou 0.75 Bar) est nécessaire.

(m) Placez un matériau isolant sur la mise sous vide pour éviter une perte de chaleur.

(n) Mettez la nappe chauffante sous tension et contrôlez sa température comme indiqué pour le matériau à polymériser.

(o) Respecter les exigences en matière de durée de polymérisation établies par le fabricant du produit.

3-5.- 3-9. [RÉSERVÉ.]

SECTION 2. METALLIC SANDWICH SECONDARY STRUCTURE REPAIRS

3-10. REPAIRS TO METALLIC SANDWICH SECONDARY STRUCTURE. Magnesium, titanium, or stainless steel facings require special procedures that are not included in the following methods of repair. Aluminum alloys such as 7075-T6, 2024-T3, and 2014-T6 are commonly used for the repair of facings for sandwich structural parts having aluminum facings. For maximum corrosion resistance, use only clad aluminum for repairs to clad aluminum alloy facings.

a. Dents, scratches, or fractures, not exceeding 1/4 inch in largest dimension in aluminum facings, may be repaired with a suitable filler such as viscous epoxy resin. Dents that are delaminated shall not be filled but repaired. Thoroughly clean the repair area with fine sandpaper and acetone before applying the filler. After the resin has partially cured, remove any excess resin with a sharp plastic scraper. When the resin has completely cured, sand to the original contour. If the damage included a fracture, reclean the area around the filled hole and apply a surface patch.

b. Fractures or punctures in one facing and partial damage to the core of an aluminum-faced laminate may be repaired by several different methods. The technique used will depend upon the size of the damage, the strength required, and the aerodynamic loads of the area involved. If the repair requires aerodynamic smoothness, the facing surrounding the repair core cavity may have to be step cut to one-half its thickness. This can be done by using a router with an end mill bit and a template.

c. Damage that extends completely through the core and both facings may be repaired using the same general techniques as those used for repairing fiberglass laminates when both facings are accessible.

d. After locating the extent of the total damaged area by tapping or other nondestructive test methods, remove the damaged facing and that portion of the core material that is also affected. The depth to which the core must be removed will depend upon the type of core material and the method of repair. The replacement core material must be the same material and core cell size as the original. Fabricate core material to shape, keeping the same core ribbon or grain direction. When a substitution is permissible, wood or glass-fabric honey-comb cores are sometimes used in the repair of aluminum honeycomb cores, as they are generally easier to shape. Typical types of core replacements are shown in figure 3-10. Resin fills can be used to replace the core and facing where smaller core damage exists. Phenolic microballoons, low-density insulating materials, and/or other ingredients are added to lower the density and give greater flexibility.

e. For the repair of larger holes in which it is inconvenient to use a face patch because of aerodynamic smoothness requirements in that area, both the core and facing are sometimes replaced with glass-fiber fabric discs and resin. Undercut the core, as shown in figure 3-11, in order to obtain a better bonding of the fill with the facing. Fill the core cavity with accurately shaped resin-saturated glass cloth discs, and press each ply down to remove any air bubbles. Special care should be taken that the final plies fit well against the underside of the top facing. When the core cavity is filled, close the cutout in the facing with resin-impregnated glass fiber fabric discs that have been precut to size.

f. Overlap repairs, typically called scab patches, have a long history of use in repairing aircraft structures. These repairs simply cover the damaged area with patch material. Overlap repairs can be bonded and/or mechanically

Section 2. RÉPARATIONS DES SANDWICHS MÉTALLIQUES DES STRUCTURES SECONDAIRES

3-10. RÉPARATION DE LA STRUCTURE SECONDAIRE EN SANDWICH MÉTALLIQUE. Les revêtements en magnésium, titane ou acier inoxydable nécessitent des procédures spéciales qui ne sont pas incluses dans les méthodes de réparation présentées ici. Les alliages d'aluminium tels que 7075-T6, 2024-T3 et 2014-T6 sont couramment utilisés pour la réparation des revêtements des pièces structurelles en sandwich ayant des revêtements en aluminium. Pour une résistance maximale à la corrosion, n'utilisez que de l'aluminium « Alclad » pour la réparation des revêtements en alliage d'aluminium « Alclad ».

a. Les bosses, éraflures ou fissures, dont la plus grande dimension ne dépasse pas 6 mm dans les revêtements en aluminium, peuvent être réparées avec un produit de remplissage approprié tel qu'un mastic époxy. Les bosses qui sont délaminées ne doivent pas être comblées mais réparées. Nettoyez soigneusement la zone de réparation avec du papier de verre fin et de l'acétone avant d'appliquer le mastic époxy. Une fois que la résine a partiellement durci, enlevez tout excès de résine avec un grattoir en plastique pointu. Lorsque la résine a complètement durci, poncez pour retrouver la forme d'origine. Si le dommage comprenait une cassure ou une crique, nettoyez la zone autour du trou rempli et appliquez un patch de surface.

b. Les criques ou les perforations d'un revêtement et les dommages partiels au cœur d'un stratifié à revêtement d'aluminium peuvent être réparés par plusieurs méthodes différentes. La technique utilisée dépendra de l'importance des dommages, de la résistance requise et des charges aérodynamiques de la zone concernée. Si la réparation nécessite un fini aérodynamique, le revêtement entourant la cavité du noyau de réparation peut devoir être découpé par étapes à la moitié de son épaisseur. Cela peut se faire à l'aide d'une défonceuse équipée d'une fraise à lamer et d'un gabarit.

c. Les dommages qui s'étendent complètement à travers l'âme et les deux revêtements peuvent être réparés en utilisant les mêmes techniques générales que celles utilisées pour la réparation des composites en fibres de verre lorsque les deux revêtements sont accessibles.

d. Après avoir localisé l'étendue de la zone endommagée par tapotement ou par d'autres méthodes d'essai non destructives, retirez le revêtement endommagé et la partie du matériau de l'âme qui est également affectée. La profondeur à laquelle l'âme doit être retirée dépend du type de matériau d'âme et de la méthode de réparation. Le matériau de remplacement de l'âme doit être le même matériau et comporter la même taille de cellules que l'original. Fabriquez le morceau de remplacement en conservant la même direction des fibres. Lorsqu'une substitution est autorisée, les âmes en bois ou en nid d'abeille de fibres de verre sont parfois utilisés pour la réparation des âmes en nid d'abeille en aluminium, car ils sont généralement plus faciles à façonner. Les remplacements d'âme les plus courants sont illustrés à la figure 3-10. Des remplissages en résine peuvent être utilisés pour remplacer l'âme et le revêtement lorsque l'âme est moins endommagée. Des microballons phénoliques, des mousses isolantes de faible densité et/ou d'autres ingrédients sont ajoutés pour diminuer la densité et donner une plus grande flexibilité.

e. Pour la réparation de trous plus grands dans lesquels il est peu pratique d'utiliser une pièce de revêtement en raison des exigences de fini aérodynamique dans cette zone, l'âme et le revêtement sont parfois remplacés par des disques en fibres de verre et de la résine. L'âme est découpée, comme le montre la figure 3-11, afin d'obtenir une meilleure adhérence du remplissage avec le revêtement. Remplissez la cavité de l'âme avec des disques en tissu de verre saturé de résine de forme précise, et appuyez sur chaque couche pour éliminer les bulles d'air. Il convient de veiller tout particulièrement à ce que les dernières couches s'ajustent bien à la face intérieure du revêtement supérieur. Lorsque la cavité centrale est remplie, fermer la découpe dans le revêtement avec des disques de fibres de verre imprégnés de résine prédécoupés sur mesure.

f. Les réparations par chevauchement, généralement appelées « scab patches », sont utilisées depuis longtemps pour réparer les structures des avions. Ces réparations consistent simplement à recouvrir la zone endommagée avec du matériel de rapiéçage. Les réparations par chevauchement peuvent être collées et/ou fixées mécaniquement. La figure 3-12 montre une coupe transversale d'une réparation typique collée et fixée mécaniquement. La zone endommagée peut, ou non, avoir besoin d'être remplie.

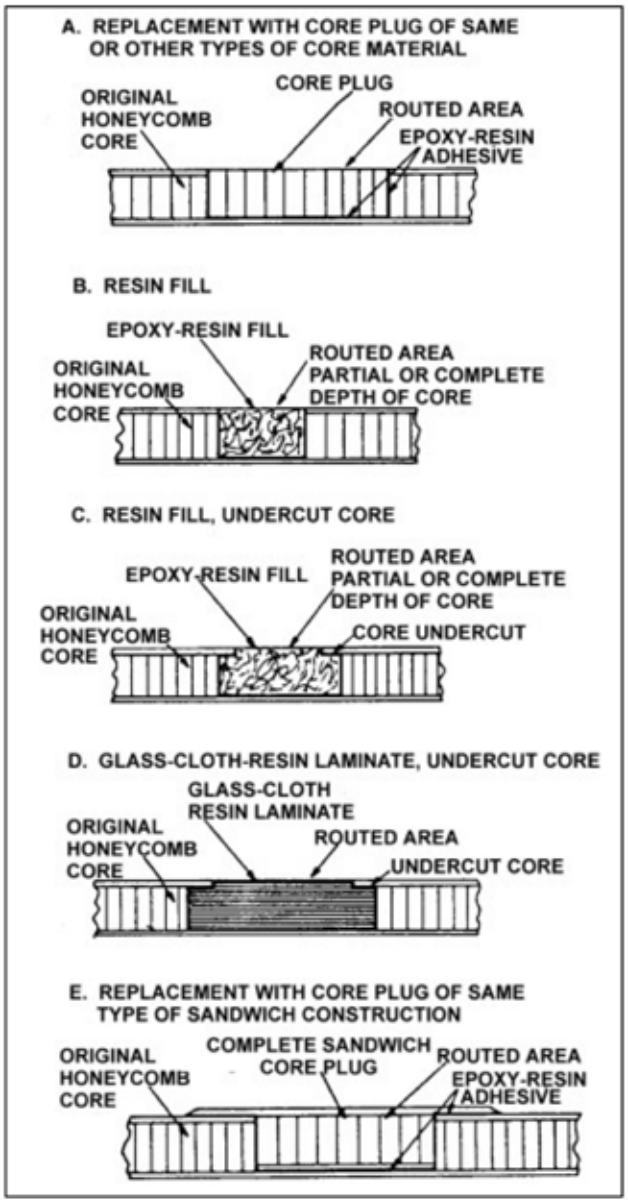


FIGURE 3-10. Typical types of core replacement.

fastened. Figure 3-12 shows a cross-section of a typical bonded and mechanically fastened repair. The damaged area may or may not need to be filled.

(1) Bonded overlap repairs work well on most structures. The overlap repair consists of a solid patch material such as metal, precured laminates, prepreg or wet layup material co-cured in place.

(2) Bolt or blind rivet. Mechanically fastened, bolted, or blind rivet repairs are primarily used for thick structures. Primary concerns include bolt/rivet spacing, fastener diameter, number of fasteners, and sealant type.

g. Core potting is the process of filling the core cutout with a curable paste filler material. If the damage is sustained in an area with an already-potted core, the replacement core should also be potted. In other cases, if the honeycomb or foam core is damaged, it may be potted rather than plugged if the damaged area is small (1 inch or less). Remove the face sheet with a power router, using a router template to prevent injury to undamaged face skin. The router may be adjusted to remove one of the face skins only, a face skin and part of the core, a face skin and all of the core, or both the face skins and the core. (See figure 3-13.)

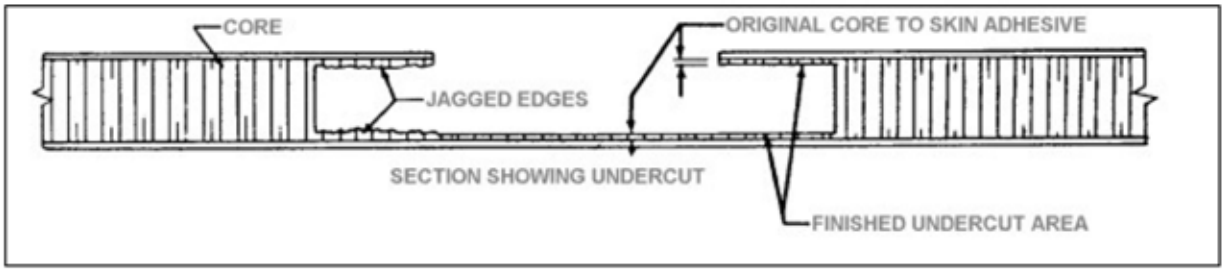


FIGURE 3-11. Typical undercut core material cavity.

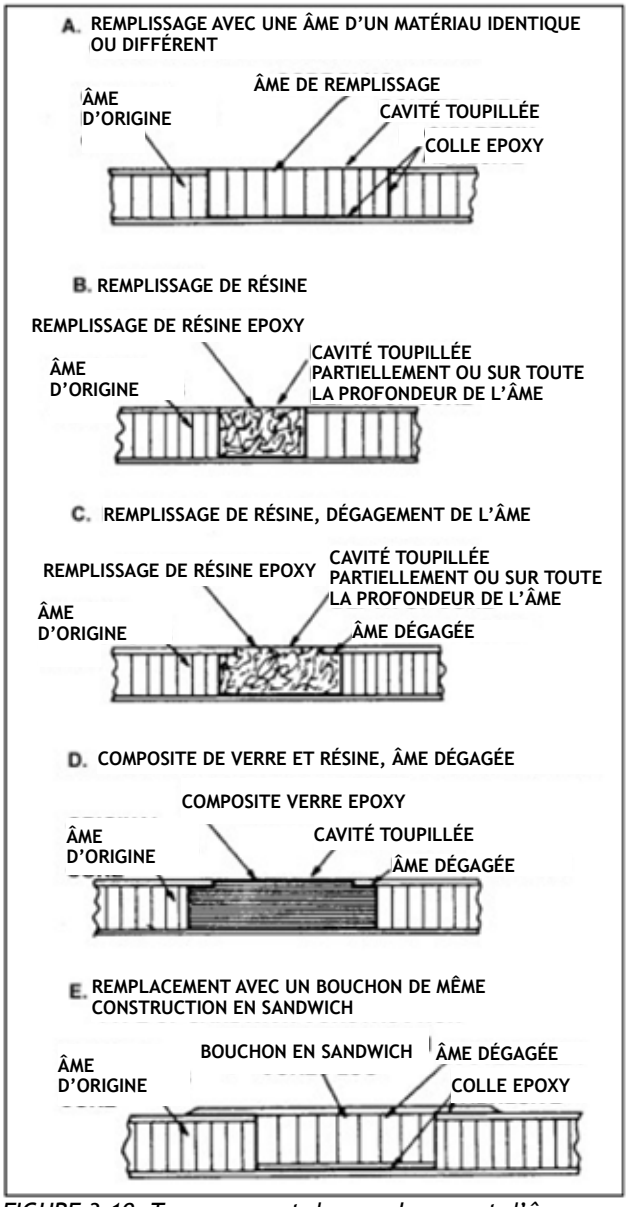


FIGURE 3-10. Types courant de remplacement d'âme.

(1) Les réparations par chevauchement collé fonctionnent bien sur la plupart des structures. La réparation par chevauchement consiste en un matériau de rapiéçage solide tel que du métal, des composites polymérisés, du tissu préimprégné ou du matériau de stratification polymérisé sur place.

(2) Boulon ou rivet aveugle. Les réparations par boulonnage, boulon ou rivet aveugle sont principalement utilisées pour les structures épaisses. Les principales préoccupations concernent l'espacement entre les boulons et les rivets, le diamètre des attaches, le nombre d'attaches et le type de produit d'étanchéité.

g. Le remplissage des âmes est le processus de remplissage de la découpe de l'âme avec un matériau de remplissage en pâte polymérisable. Si le dommage est subi dans une zone où l'âme a déjà été moulé sur place, l'âme de remplacement doit également être moulée. Dans d'autres cas, si l'âme en nid d'abeille ou en mousse est endommagée, elle peut être remplie plutôt que bouchée si la zone endommagée est petite (25 mm ou moins). Retirez le revêtement à l'aide d'une toupie électrique, en utilisant un gabarit pour éviter de blesser la partie du revêtement non endommagé. La toupie peut être réglée pour enlever une seule des peaux du revêtement, le revêtement et une partie de l'âme, le revêtement et toute l'âme, ou les deux revêtements et l'âme. (Voir la figure 3-13).

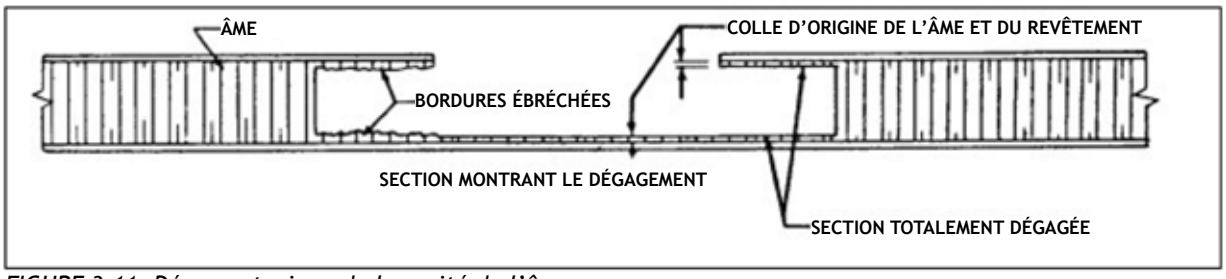


FIGURE 3-11. Découpe typique de la cavité de l'âme.

(1) It may be necessary when routing a tapered section such as an aileron to use a wedge-shaped block between the routing template and the upper surface. This will allow the router to cut the core material parallel with the lower surface. (See figure 3-14.)

(2) Select the appropriate potting adhesive as recommended by the manufacturer. Mix a sufficient quantity of filler to fill the hole and add microballoons if they are needed to serve as a filler. When the resin and filler are thoroughly mixed according to the manufacturer's recommendations, pour the mixture into the hole filling all of the cells, then work out all of the bubbles with a toothpick. If performing an overlay repair fill the core cavity to slightly above the part's surface. If performing a flush repair, fill the core cavity to slightly above the original core.

(3) Cure the compound according to the manufacturer's directions. Trim the top of the cured potting compound flush with the surface, for the type of repair you are performing.

h. A core plug repair replaces damaged core material with a shaped piece of similar core material.

(1) Complete removal of core material to the opposite face generally requires some hand-cutting with a core knife. Figure 3-15 shows core material being removed with a core knife. The core can be peeled away from the skin bond using duckbill pliers. Sanding is then required to remove irregular accumulations of adhesive from the undamaged inner face. Remove only enough adhesive to produce a smooth finish.

CAUTION: Care should be used when peeling core material from thin-skin sandwich face sheets, because the skin can be damaged by pulling on the core.

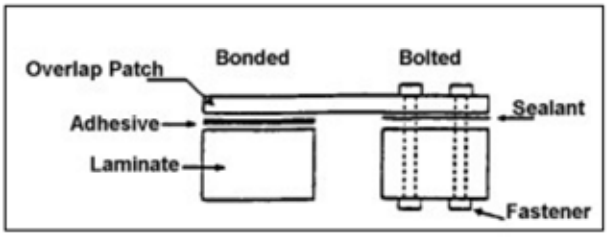


FIGURE 3-12. Cross section of bonded and bolted overlap repairs.

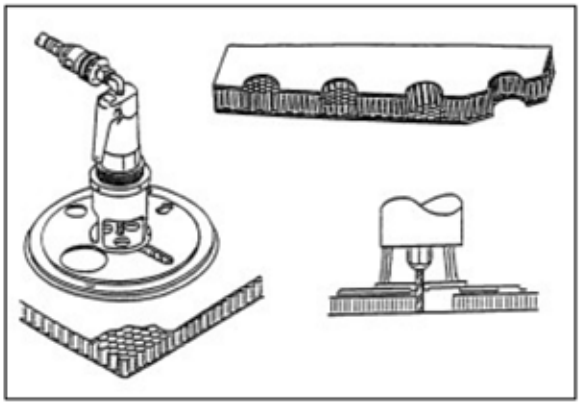


FIGURE 3-13. Honeycomb core removal.

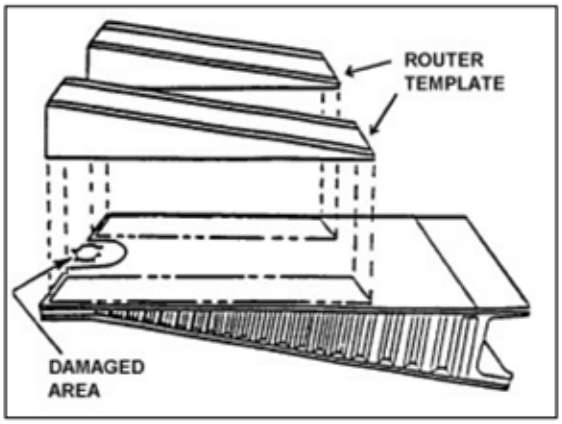


FIGURE 3.14 — Removing honeycomb core from a tapered control surface.

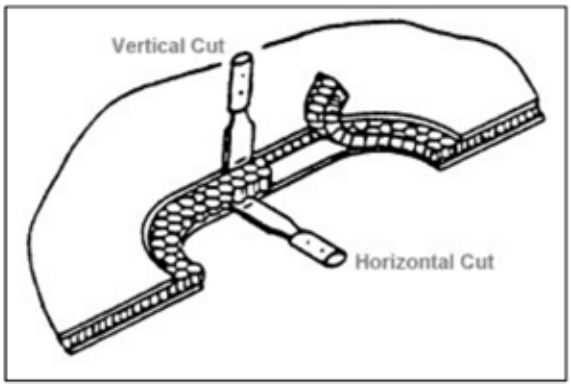


FIGURE 3-15. Removal of core with core knife.

(1) Il peut être nécessaire, lors du défonçage d'une section conique telle qu'un aileron, d'utiliser un bloc en forme de coin entre le gabarit de défonçage et le revêtement supérieur. Cela permettra à la défonceuse de couper le matériau de l'âme parallèlement à la surface inférieure. (Voir la figure 3-14).

(2) Choisissez l'adhésif de remplissage approprié, recommandé par le constructeur. Mélangez une quantité de mastic permettant de remplir le trou et ajoutez du microballon si nécessaire pour servir de mastic. Lorsque la résine et la charge sont bien mélangées selon les recommandations du fabricant, versez le mélange dans le trou remplissant toutes les cellules, puis éliminez toutes les bulles à l'aide d'un cure-dent. Si vous effectuez une réparation par recouvrement, remplissez la cavité du noyau jusqu'à un niveau légèrement supérieur au revêtement de la pièce. Si vous effectuez une réparation par affleurement, remplissez la cavité centrale jusqu'à ce qu'elle soit légèrement au-dessus du noyau d'origine.

(3) Traitez le composite selon les instructions du constructeur. Coupez la partie supérieure de la masse d'âme polymérisée au ras du revêtement, pour le type de réparation effectué.

h. La réparation d'un bouchon d'âme remplace le matériau d'âme endommagé par une pièce façonnée de matériau similaire.

(1) L'enlèvement complet de l'âme jusqu'à la face opposée nécessite généralement une coupe manuelle à l'aide d'une lame. La figure 3-15 montre le découpage du matériau d'âme avec une lame. L'âme peut être détachée du revêtement à l'aide d'une pince à bouts plats. Un ponçage est ensuite nécessaire pour enlever les accumulations irrégulières d'adhésif de la face interne non endommagée. N'enlever que la quantité d'adhésif nécessaire pour obtenir un fini lisse.

ATTENTION : Il faut faire attention en retirant l'âme des revêtements du sandwich à peau mince, car le revêtement peut être endommagé en tirant sur l'âme.

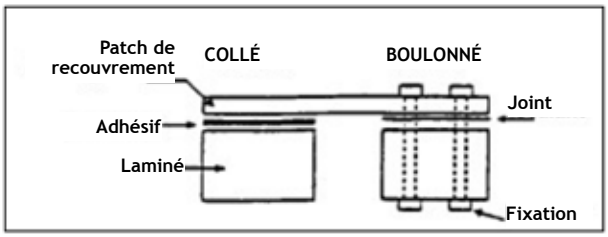


FIGURE 3-12. Vue en coupe d'une réparation par recouvrement collée ou boulonnée.

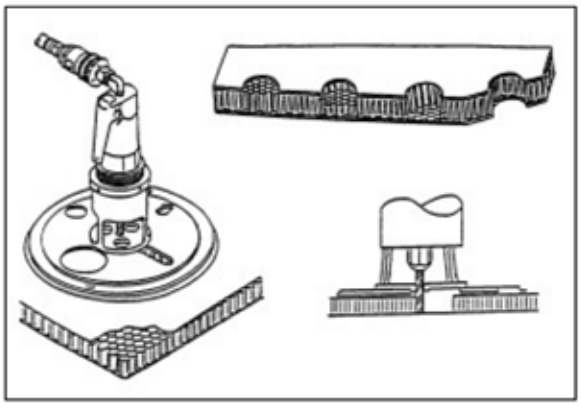


FIGURE 3-13. Retrait de l'âme en nid d'abeille.

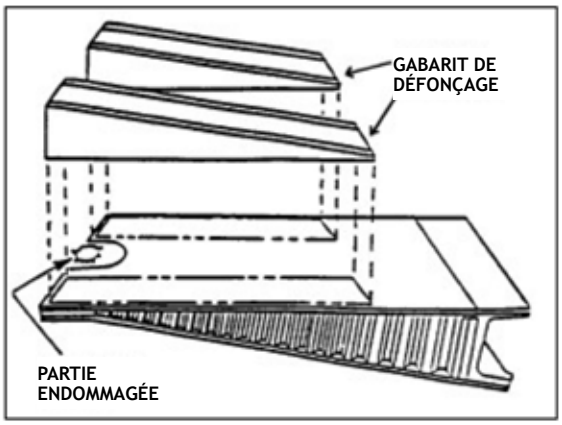


FIGURE 3-14. Retrait de l'âme en nid d'abeille d'une gouverne effilée.

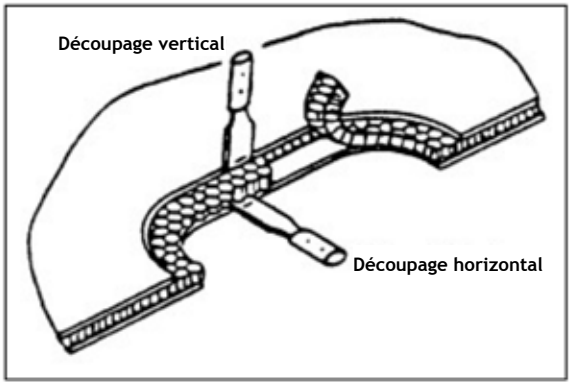


FIGURE 3-15. Retrait de l'âme avec une lame.

(2) A core plug should be fabricated as follows. Select the core density. Cell size and ribbon direction and thickness should be at least the same as that used in the original construction. Trim the sides of the plug to a loose fit in the routed cavity. Trim the plug height so the top of the plug sits .001 inch higher than the level of the original surface. The core will compress and set during cure thereby requiring the extra height. Carefully remove the trimmed core plug from the machined cavity. Use a vacuum cleaning device to remove any dust or particles remaining on the core plug or in the repair area. Clean the core plug by rinsing with an approved solvent and wrap the plug in a clean polyethylene bag until needed for assembly.

CAUTION: When handling film adhesives, prepreg fabrics, or parts with prepared surfaces, latex gloves must be worn.

(3) Using a film adhesive, the core plug should be installed as follows. Select the appropriate adhesive film. Cut one disk of adhesive to the same shape and size as the perimeter of the repair cutout if the repair extends through the entire core thickness. Cut two disks if a partial depth core repair is being made. Cut one strip of core splice adhesive to wrap around the core perimeter to its full depth. For a partial depth core repair, also cut out a fiberglass or aluminum disk, again matching the size and the shape of the repair cutout. Figure 3-16 shows the details of a partial depth core repair. Preassemble the pieces.

(4) Wipe the bottom and sides of the cutout area with solvent. Allow the area to dry. Insert the core plug assembly with splice adhesive applied to the perimeter into the core cutout. Ensure the core plug ribbon direction matches that of the parent core. In the case of a partial depth core repair, the plug and disk may be cured to save time. Some restraining method, such as vacuum bagging, may be desirable over the core splice adhesive as this material usually foams up and out during cure. Cure the adhesive according to the manufacturer's directions and allow the area to cool.

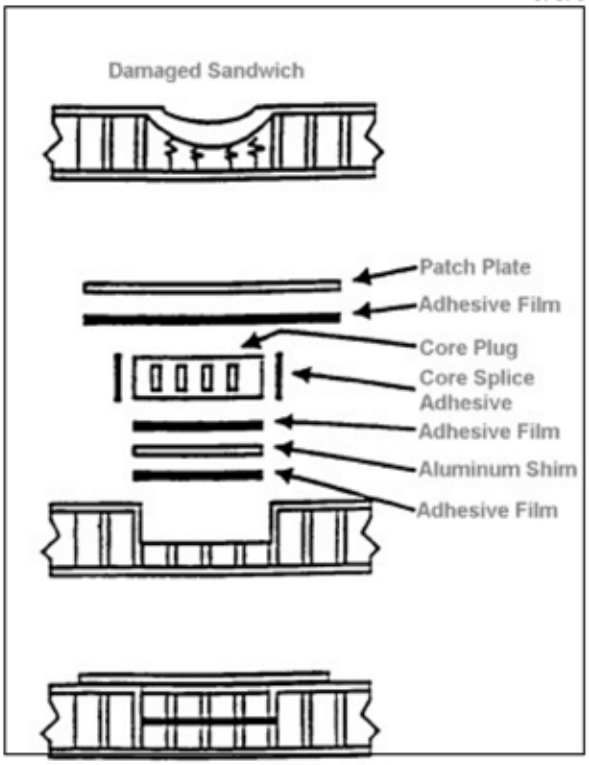


FIGURE 3-16. Details of core repair.

(5) Trim the top of the cured core plug flush with either the original core or the mold line, depending on the type of laminate repair to be performed. Proceed with laminate repair.

3-11. FINISHING. The type of finish coating applied to a metallic sandwich repair will normally be determined by the exposed material and the application of the part or assembly. Rain erosion of plastic parts, the need for electrical or dielectric properties, and/or the necessity for anti-corrosion coatings must be considered when the choice of finish is made. Plastic-faced parts such as radomes are finished primarily for rain erosion while aluminum- or other metal-faced laminates are

(2) Un bouchon d'âme doit être fabriqué comme suit. Sélectionnez la densité de l'âme. La taille des cellules, la direction et l'épaisseur doivent être au moins identiques à celles utilisées dans la construction d'origine. Ajustez les côtés du bouchon de manière à ce qu'il soit bien ajusté dans la cavité. Ajustez la hauteur du bouchon pour que le haut du bouchon soit 2/10e mm plus haut que le niveau du revêtement d'origine. Le noyau se comprimera et se durcira pendant la polymérisation, ce qui nécessitera une hauteur supplémentaire. Retirez avec précaution le bouchon d'âme de la cavité usinée. Utilisez un aspirateur pour enlever la poussière ou les particules qui restent sur le bouchon ou dans la zone de réparation. Nettoyez le bouchon en le rinçant avec un solvant approuvé et emballez le bouchon dans un sac de polyéthylène propre jusqu'à ce qu'il soit nécessaire à l'assemblage.

ATTENTION : Lors de la manipulation de films adhésifs, de toiles pré-imprégnées ou de pièces dont le revêtement est préparé, il faut porter des gants en latex.

(3) À l'aide d'un film adhésif, il faut installer le bouchon d'âme comme suit. Choisissez le film adhésif approprié. Découpez un disque d'adhésif de la même forme et de la même taille que le périmètre de la découpe de réparation si la réparation s'étend sur toute l'épaisseur du noyau. Découpez deux disques si la réparation s'étend sur une partie de l'épaisseur de l'âme. Découpez une bande d'adhésif de jonction de l'âme pour l'enrouler autour du périmètre de l'âme sur toute sa profondeur. Pour une réparation partielle de l'âme, découpez également un disque en fibres de verre ou en aluminium, en faisant correspondre la taille et la forme de la découpe de réparation. La figure 3-16 montre les détails d'une réparation partielle de l'âme. Pré-assemblez les pièces.

(4) Essuyez le fond et les côtés de la zone de la découpe avec du solvant. Laissez la zone sécher. Insérez l'assemblage de l'âme avec l'adhésif de raccord appliqué sur le périmètre dans la découpe de l'âme. Assurez-vous que la direction du matériau du bouchon d'âme correspond à celle de l'âme d'origine. Dans le cas d'une réparation de profondeur partielle, le bouchon et le disque peuvent être collés pour gagner du temps. Certaines méthodes de maintien en place, telles que la mise sous vide, peuvent être utilisées sur la résine de collage de l'âme, car ce matériau se met généralement à mousser pendant la polymérisation. Laissez l'adhésif polymériser selon les instructions du fabricant et attendez que la zone refroidisse.

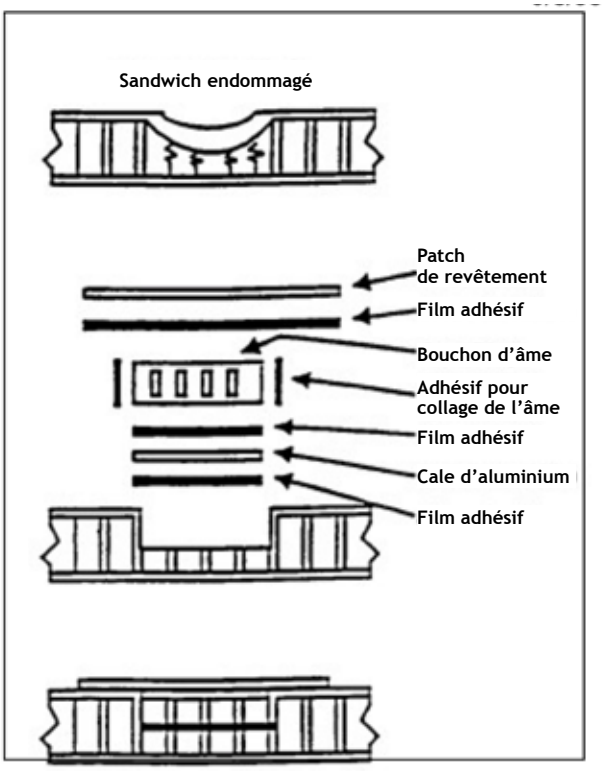


FIGURE 3-16. Détails de la réparation de l'âme.

(5) Ajustez le haut du bouchon d'âme durci au ras de l'âme d'origine ou de la ligne de moulage, selon le type de réparation à effectuer. Procédez à la réparation du revêtement stratifié.

3-11. FINITION. Le type de finition appliqué à une réparation en sandwich métallique sera normalement déterminé par le matériau utilisé et par l'usage de la pièce ou de l'assemblage. L'érosion par la pluie des pièces en plastique, la nécessité de propriétés électriques ou diélectriques, et/ou la nécessité de revêtements anticorrosion doivent être prises en compte lors du choix de la finition. Les pièces en plastique telles que les radômes sont principalement sensibles à l'érosion par la pluie, tandis que les revêtements métalliques doivent être protégés contre la corrosion.

finished for corrosion protection. For coatings to perform their function properly, it is essential that they be applied to surfaces that are clean, free of voids, and smooth. The edges of all parts not protected by a bonding of aluminum or glass-fabric laminate must be sealed to reduce the rate of moisture absorption.

3-12.—3-17. [RESERVED.]

Pour que les protections remplissent correctement leur fonction, il est essentiel qu'elles soient appliqués sur des surfaces propres, exemptes de creux et lisses. Les bords de toutes les parties qui ne sont pas protégées par un composite d'aluminium ou de fibres de verre doivent être scellés pour réduire le taux d'absorption d'humidité.

3-12.- 3-17. [RÉSERVÉ].

SECTION 3. TRANSPARENT PLASTICS

3-18. GENERAL. Plastics cover a broad field of organic synthetic resin and may be divided into two main classifications – thermoplastics and thermosetting plastics.

a. Thermoplastics. Thermoplastics may be softened by heat and can be dissolved in various organic solvents. Two kinds of transparent thermoplastic materials are commonly employed in windows, canopies, etc. These materials are known as acrylic plastics and cellulose acetate plastics.

(1) Cellulose acetate was used in the past but since it is dimensionally unstable and turns yellow after it has been installed for a time, it has just about passed from the scene and is not considered an acceptable substitute for acrylic.

(2) Acrylic plastics are known by the trade names of Lucite or Plexiglas and by the British as Perspex and meet the military specifications of MIL-P-5425 for regular acrylic, MIL-P-8184 for craze-resistant acrylic.

b. Thermosetting Plastics. These plastics do not soften appreciably under heat but may char and blister at temperatures of 240 to 260 °C (400 to 500 °F). Most of the molded products of synthetic resin composition, such as phenolic, urea-formaldehyde, and melamine formaldehyde resins, belong to the thermosetting group. Once the plastic becomes hard, additional heat will not change it back into a liquid as it would with a thermoplastic.

3-19. STORAGE AND HANDLING. Because transparent thermoplastic sheets soften and deform when they are heated, they must be stored where the temperature will never become excessive. Store them in a cool, dry location away from heating coils, radiators, or steam pipes, and away from such fumes as are found in paint spray booths or paint storage areas.

a. Paper-masked transparent sheets must be kept out of the direct rays of the sun, because sunlight will accelerate deterioration of the adhesive, causing it to bond to the plastic and making it difficult to remove.

b. Plastic sheets should be stored with the masking paper in place, in bins that are tilted at a ten-degree angle from the vertical. This will prevent their buckling. If the sheets are stored horizontally, take care to avoid getting dirt and chips between them. Stacks of sheets must never be over 18 inches high, with the smallest sheets stacked on top of the larger ones so there will be no unsupported overhang. Leave the masking paper on the sheets as long as possible, and take care not to scratch or gouge the sheets by sliding them against each other or across rough or dirty tables.

c. Formed sections should be stored with ample support so they will not lose their shape. Vertical nesting should be avoided. Protect formed parts from temperatures higher than 120 °F (49 °C), and leave their protective coating in place until they are installed on the aircraft.

3-20. FORMING PROCEDURES AND TECHNIQUES. Transparent acrylic plastics get soft and pliable when they are heated to their forming temperatures and can be formed to almost any shape. When they cool, they retain the shape to which they were formed. Acrylic plastic may be cold-bent into a single curvature if the material is thin and the bending radius is at least 180 times the thickness of the sheet. Cold bending beyond these limits

3-18. GÉNÉRALITÉS. Les plastiques couvrent un large domaine des résines synthétiques organiques et peuvent être divisés en deux grandes catégories : les thermoplastiques et les thermodurcissables.

a. Thermoplastiques. Les thermoplastiques peuvent être ramollis par la chaleur et peuvent être dissous dans divers solvants organiques. Deux types de matériaux thermoplastiques transparents sont couramment utilisés pour les fenêtres, les verrières, etc. Ces matériaux sont connus sous le nom de plastiques acryliques et de plastiques d'acétate de cellulose.

(1) L'acétate de cellulose[1] a été utilisé dans le passé, mais comme il est dimensionnellement instable et qu'il jaunit avec le temps, il n'est plus utilisé et n'est pas considéré comme un substitut acceptable de l'acrylique.

(2) Les plastiques acryliques[2] sont connus sous les noms commerciaux de Lucite ou Plexiglas et par les Britanniques sous le nom de Perspex et répondent aux spécifications militaires de la norme MIL-P-5425 pour l'acrylique ordinaire, MIL-P-8184 pour l'acrylique résistant aux craquelures[3].

b. Plastiques thermodurcissables. Ces plastiques ne ramollissent pas sensiblement à la chaleur mais peuvent carboniser et se boursoufler à des températures de 240 à 260°C. La plupart des produits moulés à base de résine synthétique, tels que les résines phénoliques, urée-formaldéhyde et mélamine-formaldéhyde, appartiennent au groupe des thermodurcissables. Une fois que le plastique a durci, l'application de chaleur ne le fera pas revenir à l'état liquide comme elle le ferait avec un thermoplastique.

3-19. STOCKAGE ET MANIPULATION.

Comme les feuilles thermoplastiques transparentes se ramollissent et se déforment lorsqu'elles sont chauffées, elles doivent être stockées à un endroit où la température ne sera jamais excessive. Stockez-les dans un endroit frais et sec, loin des chauffages, des radiateurs ou des tuyaux de vapeur, et loin des effluves que l'on trouve dans les cabines de peinture au pistolet ou les zones de stockage de peinture.

a. Les feuilles transparentes masquées avec du papier doivent être maintenues à l'abri des rayons directs du soleil, car la lumière du soleil accélère la détérioration de l'adhésif, qui se colle alors au plastique et devient difficile à enlever.

b. Les feuilles de plastique doivent être stockées avec le papier de masquage en place, dans des bacs inclinés à un angle de dix degrés par rapport à la verticale. Cela évitera qu'elles ne se déforment. Si les feuilles sont stockées à l'horizontale, veillez à ne pas laisser de saleté ou d'éclats entre elles. Les piles de feuilles ne doivent jamais dépasser 45 cm de hauteur, les plus petites feuilles étant empilées par-dessus les plus grandes, de sorte qu'il n'y ait pas de surplomb non soutenu. Laissez le papier de masquage sur les feuilles aussi longtemps que possible, et veillez à ne pas rayer ou creuser les feuilles en les faisant glisser les unes contre les autres ou sur des tables rugueuses ou sales.

c. Les pièces formées doivent être rangées avec un support suffisant pour ne pas se déformer. Les emboîtements verticaux doivent être évités. Protégez les pièces formées des températures supérieures à 49°C et laissez leur revêtement protecteur en place jusqu'à leur installation sur l'avion.

3-20. PROCÉDURES ET TECHNIQUES DE FORMAGE.

Les plastiques acryliques transparents deviennent souples et flexibles lorsqu'ils sont chauffés à leur température de formage et peuvent être modelés dans presque toutes les formes. Lorsqu'ils refroidissent, ils reviennent à l'état solide et conservent la forme souhaitée. L'acrylique peut être travaillé à froid selon une seule courbure si le matériau est mince et si le rayon de pliage est au moins 180 fois l'épaisseur de la feuille. La flexion à froid[4] au-delà de ces limites imposera une telle contrainte au revêtement du plastique que de minuscules fissures ou fêlures, appelées craquelures, se formeront.

1 NDT: Que vous connaissez sûrement sous la marque commerciale « Rhodoïd® ».
2 NDT: L'acrylique ou PMMA pour polyméthacrylate de méthyle, par exemple de marques Plexiglas®, Altuglas®, Perspex® ou Setacryl®.
3 NDT: Aussi appelées « crazing »

4 NDT: Le Polycarbonate, par exemple de marques Makrolon®, Margard®, Palsun® ou Lexan®, peut être plié à froid comme une tôle de métal, mais ne dispose pas des mêmes caractéristiques optiques ou de résistance aux hydrocarbures que l'acrylique (PMMA). En revanche, il est très résistant aux chocs, notamment pour faire un pare-brise léger.

will impose so much stress on the surface of the plastic that tiny fissures or cracks, called crazing, will form.

3-21. HEATING. Before heating any transparent plastic material, remove all of the masking paper and adhesive from the sheet. If the sheet is dusty or dirty, wash it with clean water and rinse it well. Dry the sheet thoroughly by blotting it with soft absorbent paper towels.

NOTE: Wear cotton gloves when handling the plastic to eliminate finger marks on the soft surface.

a. For the best results when hot-forming acrylics, use the temperatures recommended by the manufacturer. A forced-air oven should be used–one that is capable of operating over a temperature range of 120 to 374 °F (49 to 190 °C). If the part gets too hot during the forming process, bubbles may form on the surface and impair the optical qualities of the sheet.

b. For uniform heating, it is best to hang the sheets vertically by grasping them by their edges with spring clips and suspending the clips in a rack. (See figure 3-17.) If the piece is too small to hold with clips, or if there is not enough trim area, lay the sheets on shelves or racks covered with soft felt or flannel. Be sure there is enough open space to allow the air to circulate around the sheet and heat it evenly.

c. Small forming jobs, such as landing light covers, may be heated in a kitchen baking oven. Infrared heat lamps may be used if they are arranged on 7-or 8-inch centers and enough of them are used in a bank to heat the sheet evenly. Place the lamps about 18 inches from the material.

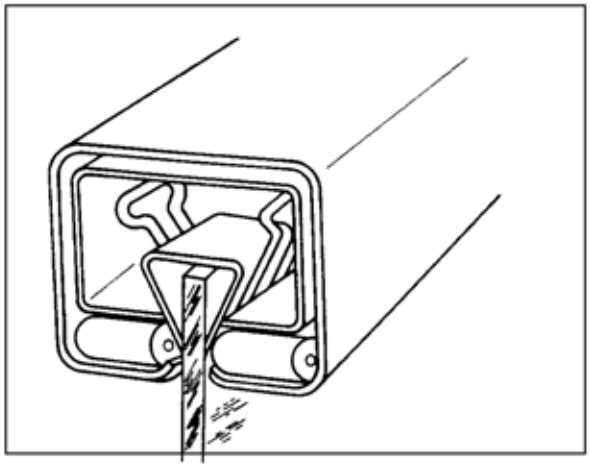


FIGURE 3-17. Hanging of acrylic sheets.

d. Never use hot water or steam directly on the plastic to heat it, because this will likely cause the acrylic to become milky or cloudy.

3-22. FORMS. Heated acrylic plastic will mold with almost no pressure, so the forms used can be of very simple construction. Forms made of pressed wood, plywood, or plaster are adequate to form simple curves, but reinforced plastic or plaster may be needed to shape complex or compound curves.

a. Since hot plastic conforms to any waviness or unevenness, the form used must be completely smooth. To ensure this, sand the form and cover it with soft cloth such as outing flannel or billiard felt.

b. The mold should be large enough to extend beyond the trim line of the part, and provisions should be made for holding the hot plastic snug against the mold as it cools.

c. A mold can be made for a complex part by using the damaged part itself. If the part is broken, tape the pieces together, wax or grease the inside so the plaster will not stick to it, and support the entire part in sand. Fill the part with plaster and allow it to harden, and

3-21. MISE EN CHAUFFE. Avant de chauffer toute matière plastique transparente, retirez le papier de masquage et son adhésif. Si la feuille est poussiéreuse ou sale, lavez-la à l'eau claire et rincez-la bien. Séchez soigneusement la feuille en la tamponnant avec des serviettes en papier absorbant doux.

> **REMARQUE : Portez des gants en coton pour la manipulation du plastique afin d'éliminer les traces de doigt sur le revêtement souple.**

a. Pour obtenir les meilleurs résultats lors du formage à chaud des acryliques, utilisez les températures recommandées par le fabricant. Il faut utiliser un four à air pulsé, capable de fonctionner à une température comprise entre 49 et 190°C. Si la pièce devient trop chaude pendant le processus de formage, des bulles peuvent se former sur le revêtement et nuire aux qualités optiques de la feuille.

b. Pour un chauffage uniforme, il est préférable de suspendre les feuilles verticalement en les saisissant par les bords avec des pinces à ressort et en suspendant les pinces dans un support. (Voir figure 3-17.) Si la pièce est trop petite pour être maintenue par des clips, ou s'il n'y a pas assez de surface d'accrochage, étendez les feuilles sur des étagères ou des supports recouverts de feutre doux ou de flanelle. Assurez-vous qu'il y a suffisamment d'espace libre pour permettre à l'air de circuler autour de la feuille et de la chauffer uniformément.

c. Les petits travaux de formage, comme les verrines de phare d'atterrissage, peuvent être chauffés dans un four de cuisine. Des lampes à infrarouge peuvent être utilisées si elles sont espacées de 18 à 20 cm et si un nombre suffisant d'entre elles est utilisé dans une grande caisse pour chauffer la feuille de manière uniforme. Placez les lampes à environ 45 cm du matériau.

d. N'utilisez jamais d'eau chaude ou de vapeur directement sur le plastique pour le chauffer, car cela risquerait de rendre l'acrylique laiteux ou trouble.

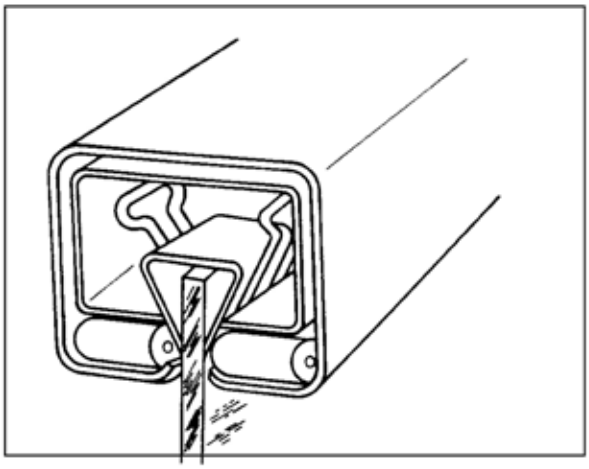


FIGURE 3-17. Suspension des feuilles d'acrylique.

3-22. MISE EN FORME. Le plastique acrylique chauffé se moule presque sans pression, de sorte que les formes utilisées peuvent être de construction très simple. Les formes en aggloméré, en contre-plaqué ou en plâtre sont adéquates pour former des courbes simples, mais du plastique renforcé ou du plâtre peut être nécessaire pour former des courbes complexes ou composées.

a. Comme le plastique chaud s'adapte à toute ondulation ou irrégularité, la forme utilisée doit être complètement lisse. Pour ce faire, il faut poncer la forme et la recouvrir d'un tissu doux comme de la flanelle ou du feutre de billard.

b. Le moule doit être suffisamment grand pour dépasser la ligne de coupe de la pièce, et des dispositions doivent être prises pour maintenir le plastique chaud contre le moule lorsqu'il refroidit.

c. Un moule peut être réalisé pour une pièce complexe en utilisant la pièce endommagée elle-même. Si la pièce est cassée, scotchez les pièces ensemble, cirez ou graissez l'intérieur pour que le plâtre n'y adhère pas, et soutenez toute la pièce dans un bac de sable. Remplissez la pièce de plâtre et laissez-la durcir, puis retirez-la du moule. Lissez les aspérités et recouvrez-les d'un chiffon doux. Il est maintenant prêt à être utilisé pour former la nouvelle pièce.

then remove it from the mold. Smooth out any roughness and cover it with soft cloth. It is now ready to use to form the new part.

3-23. FORMING METHODS. (See table 3-1.)

a. Simple Curve Forming. Heat the plastic material to the recommended temperature, remove it from the heat source, and carefully drape it over the prepared form. Carefully press the hot plastic to the form and either hold or clamp the sheet in place until it cools. This process may take from ten minutes to one-half hour. Do not force-cool it.

b. Compound-Curve Forming. This type of forming is normally used for such parts as canopies or complex wingtip light covers, and it requires a great deal of specialized equipment. There are four commonly used methods, each having its advantages and disadvantages.

c. Stretch Forming. Preheated acrylic sheets are stretched mechanically over the form in much the same way as is done with the simple curved piece. Special care must be taken to preserve uniform thickness of the material, since some parts will have to stretch more than others.

d. Male And Female Die Forming. This requires expensive matching male and female dies. The heated plastic sheet is placed between the dies which are then mated. When the plastic cools, the dies are opened.

e. Vacuum-Forming Without Forms. Many aircraft canopies are formed by this method. In this process a clamp with an opening of the desired shape is placed over a vacuum box and the heated sheet of plastic is clamped in place. When the air in the box is evacuated, the outside air pressure will force the hot plastic through the opening and form the concave canopy. It is the surface tension of the plastic that shapes the canopy.

f. Vacuum-Forming With A Female Form. If the shape needed is other than that which would be formed by surface tension, a female mold, or form must be used. It is placed below the plastic sheet and the vacuum pump is connected. When air from the form is evacuated, the outside air pressure will force the hot plastic sheet into the mold and fill it.

g. Sawing And Drilling.

(1) Several types of saws can be used with transparent plastics, however circular saws are the best for straight cuts. The blades

TABLE 3-1. Typical temperatures for forming acrylic sheets.

Thickness of sheet (in.)	0.125		0.250		0.125		0.250	
Type of forming	Regular acrylic plastic. MIL-P-6886				Heat-resistant acrylic plastic, MIL-P-5425, and craze-resistant acrylic plastic, MIL-P-8184			
	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
Simple curve	113	235	110	230	135	275	135	275
Stretch forming (dry mold cover)	140	284	135	275	160	320	150	302
Male and female forming	140	284	135	275	180	356	170	338
Vacuum forming without form	140	284	135	275	150	302	145	293
Vacuum forming with female form	145	293	140	284	180	356	170	338

3-23. MÉTHODES DE MISE EN FORME.

(Voir tableau 3-1.)

a. Réalisation de formes développables. Chauffer le matériau plastique à la température recommandée, le retirer de la source de chaleur et le draper soigneusement sur la forme préparée. Pressez délicatement le plastique chaud sur la forme et maintenez ou serrez la feuille en place jusqu'à ce qu'elle refroidisse. Ce processus peut prendre de 10 à 30 minutes. Ne précipitez pas le refroidissement.

b. Réalisation de formes non développables. Ce type de formage est normalement utilisé pour des pièces telles que des verrières ou des verrines de feux de navigation en bout d'aile, et il nécessite beaucoup d'équipement spécialisé. Il existe quatre méthodes couramment utilisées, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients.

c. Formage par étirement. Des feuilles d'acrylique préchauffées sont étirées mécaniquement sur la forme de la même manière que pour une pièce développable. Un soin particulier doit être apporté à la préservation de l'épaisseur uniforme du matériau, car certaines parties vont s'étirer plus que d'autres.

d. Moulage avec des matrices mâle et femelle. Cela nécessite des matrices mâles et femelles assorties très coûteuses. La feuille de plastique chauffée est placée entre les matrices qui sont ensuite emboîtées. Lorsque le plastique refroidit, les matrices sont ouvertes.

e. Formage sous vide sans moule. De nombreuses verrières d'avion sont formées par cette méthode. Dans ce processus, un support avec une ouverture de la forme désirée est placée sur une boîte à vide et la feuille de plastique chauffée est serrée en place. Lorsque l'air dans la boîte est aspiré, la pression de l'air extérieur va forcer le plastique chaud à passer par l'ouverture et former une verrière concave. C'est la tension de surface du plastique qui donne sa forme à la verrière.

f. Formage sous vide avec un moule femelle. Si la forme nécessaire est différente de celle qui serait formée par la tension de surface, un moule femelle doit être utilisé. Il est placé sous la feuille de plastique et la pompe à vide est connectée. Lorsque l'air de la forme est aspiré, la pression de l'air extérieur pousse la feuille de plastique chaude dans le moule.

g. Sciage et perçage.

(1) Plusieurs types de scies peuvent être utilisés pour les plastiques transparents, mais les scies circulaires sont les meilleures pour les coupes droites[1].

1 NDT : Évitez absolument d'utiliser une scie sauteuse car elle engendrera des criques, voire des cassures lors de la coupe. Pour les découpes compliquées, une Dremel® équipée d'une mini scie circulaire fait très bien l'affaire.

Tableau 3-1. Températures typiques pour le formage de l'acrylique.

Épaisseur (mm)	3.2	6.4	3.2	6.4
Type de mise en forme	Acrylique standard MIL-P-6886		Acrylique résistant à la chaleur MIL-P-5425, et acrylique résistant aux craquelures MIL-P-8184	
	°C	°C	°C	°C
Développable	113	110	135	135
Non-développable par étirement sur master	140	135	160	150
Moulage mâle/femelle	140	135	180	170
Formage sous vide sans moule	140	135	150	145
Formage sous vide avec un moule femelle	145	140	180	170

should be hollow-ground or have some set to prevent binding. After the teeth are set, they should be side-dressed to produce a smooth edge on the cut. Band saws are recommended for cutting flat acrylic sheets when the cuts must be curved or where the sheet is cut to a rough dimension to be trimmed later. Close control of size and shape may be obtained by band sawing a piece to within 1/16 inch of the desired size, as marked by a scribed line on the plastic, and then sanding it to the correct size with a drum or belt sander.

(2) Unlike soft metal, acrylic plastic is a very poor conductor of heat. Make provisions for removing the heat when drilling. Deep holes need cooling, and a water-soluble cutting oil is a satisfactory coolant since it has no tendency to attack the plastic.

(a) The drill used on acrylics must be carefully ground and free from nicks and burrs that would affect the surface finish. Grind the drill with a greater included angle than would be used for soft metal. The rake angle should be zero in order to scrape, not cut. (See figure 3-18.)

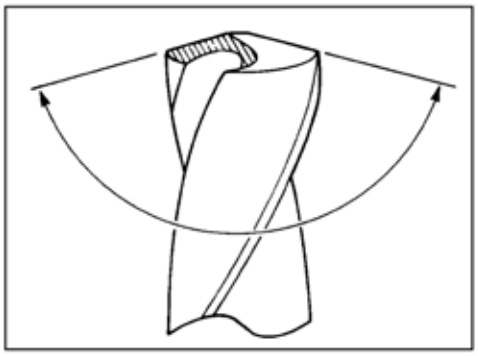


FIGURE 3-18. Drill having an included angle of approximately 150°, used to drill acrylic plastics.

(b) The patented Unibit (see figure 3-19) is good for drilling small holes in aircraft windshields and windows. It can cut holes from 1/8-to 1/2–inch in 1/32–inch increments and produces good smooth holes with no stress cracks around their edges.

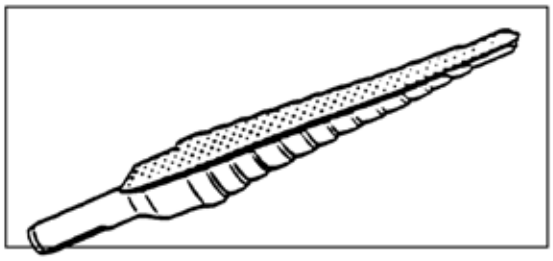


FIGURE 3-19. Unibit drill for drilling acrylic plastics.

h. Polymerizable Cements. Polymerizable cements are those in which a catalyst is added to an already thick monomerpolymer syrup to promote rapid hardening. Cement PS-30 and Weld-On 40 are polymerizable cements of this type. They are suitable for cementing all types of PLEXIGLAS acrylic cast sheet and parts molded from PLEXIGLAS molding pellets. At room temperature, the cements harden (polymerize) in the container in about 45 minutes after mixing the components. They will harden more rapidly at higher temperatures. The cement joints are usually hard enough for handling within 4 hours after assembly. The joints may be machined within 4 hours after assembly, but it is better to wait 24 hours.

(1) PS-30 and Weld-On 40 joints retain excellent appearance and color stability after outdoor exposure. These cements produce clear, transparent joints and should be used when the color and appearance of the joints are important.

(2) PS-30 and Weld-On 40 should be used at temperatures no lower than 65 °F. If cementing is done in a room cooler than 65 °F, it will require a longer time to harden and the joint strength will be reduced.

(a) The cement should be prepared with the correct proportions of components as given in the manufacturer's instructions and thoroughly mixed, making sure neither the mixing container nor mixing paddle adds color or affects the hardening of the cement.

Les lames doivent avoir de la voie, ou présenter un jeu, pour éviter le grippage. Une fois que les lames sont ajustées, il faut les tailler sur le côté pour obtenir un bord lisse sur la coupe. Les scies à ruban sont recommandées pour couper des feuilles d'acrylique plates lorsque les coupes doivent être courbées ou lorsque la feuille est coupée à une dimension grossière pour être ajustée ultérieurement. Un contrôle étroit de la taille et de la forme peut être obtenu en sciant une pièce à un centimètre près de la taille souhaitée, telle qu'elle est indiquée par une ligne tracée sur le plastique, puis en la ponçant à la bonne taille avec un cylindre de ponçage ou une ponceuse à bande.

(2) Contrairement au métal, le plastique acrylique est un très mauvais conducteur de chaleur. Prenez des dispositions pour éliminer la chaleur lors du perçage. Les trous profonds doivent être refroidis, et une huile de coupe soluble dans l'eau est un liquide de refroidissement satisfaisant car elle n'a pas tendance à attaquer le plastique.

(a) Les forets utilisés sur les acryliques doivent être soigneusement meulés et exempte d'entailles et de bavures qui affecteraient le revêtement de la surface. Meulez la mèche avec un angle plus grand que celui qui serait utilisé pour le métal. L'angle de coupe doit être nul afin de racler et non de couper. (Voir la figure 3-18)[1].

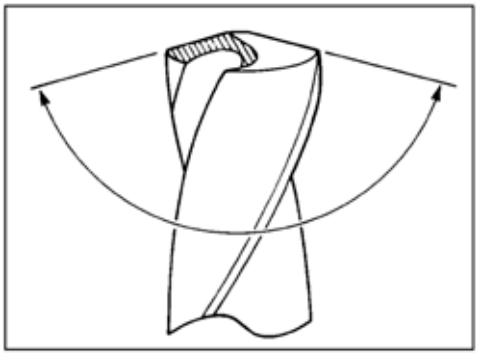


FIGURE 3-18. Foret ayant un angle d'environ 150°, utilisé pour percer le plastique acrylique.

(b) Le foret étagé breveté Unibit (voir figure 3-19) permet de percer de petits trous dans les pare-brise et les fenêtres. Il peut découper des trous de 1/8 à 1/2 pouce (3 à 12 mm) par incréments de 1/32 pouce[2] (0,8 mm) et produit de bons trous lisses sans fissures de contrainte sur leurs bords.

1 NDT : Si vous ne vous sentez pas modifier un forêt, il en existe des spécifiques, par exemple chez Aircraft Spruce sous la dénomination « Drills for acrylic ».

2 NDT : Il en existe également au format métrique.

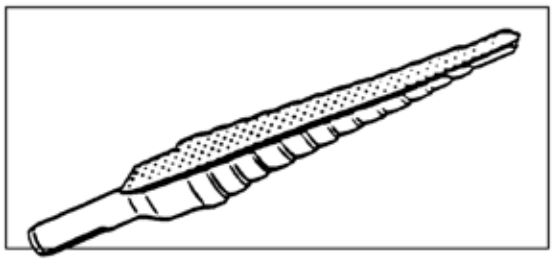


FIGURE 3-19. Foret étagé « Unibit » pour le perçage des plastiques acryliques. (Aussi appelé « Fraise étagée » ou « carotte »)

h. Colles polymérisables. Les colles polymérisables sont formées d'un catalyseur ajouté à un sirop de monomère-polymère favorisant un durcissement rapide. Les colles PS-30 et Weld-On 40[3] en sont des exemples. Ils conviennent au collage de tous les types de plaques acryliques coulées en PLEXIGLAS et de pièces moulées à partir de granulés de moulage en PLEXIGLAS. À température ambiante, les colles polymérisent en 45 minutes environ après le mélange des composants. Ils durcissent plus rapidement à des températures plus élevées. Les jonctions sont généralement assez dures pour être manipulées dans les 4 heures suivant l'assemblage. Elles peuvent être usinées dans les 4 heures suivant l'assemblage, mais il est préférable d'attendre 24 heures.

(1) Les colles PS-30 et Weld-On 40 conservent un excellent aspect et une grande stabilité des couleurs après une exposition à l'extérieur. Ces colles produisent des joints clairs et transparents et doivent être utilisées lorsque la couleur et l'apparence des joints sont importantes.

(2) La PS-30 et la Weld-On 40 doivent être utilisées à des températures non inférieures à 18°C. Si le collage est effectué dans une pièce plus froide que 18°C, la polymérisation sera plus longue et la résistance du joint sera réduite.

(a) La colle doit être préparée avec les proportions exactes de composants, comme indiqué dans les instructions du fabricant, et mélangée soigneusement, en s'assurant que ni le récipient ni la tige de mélange n'ajoutent de couleur ou n'affectent la polymérisation.

Il est préférable d'utiliser des récipients de mélange en verre ou en polyéthylène propres.

3 NDT : Chez Aircraft Spruce, Weld-On référence 03-00107.

Clean glass or polyethylene mixing containers are preferred.

(b) Because of their short pot life (approximately 45 minutes) Cement PS-30 and Weld-On 40 must be used quickly once the components are mixed. Time consumed in preparation shortens the effective working time, making it necessary to have everything ready to be cemented before the cements are mixed. For better handling pour cement within 20 minutes of mixing.

(c) For maximum joint strength, the final cement joint should be free of bubbles. It will usually be sufficient to allow the mixed cement to stand for 10 minutes before cementing to allow bubbles to rise to the surface. (See figure 3-20.)

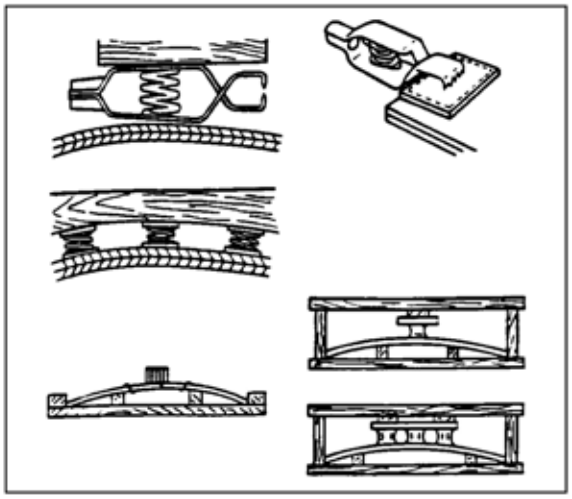


FIGURE 3-20. Applying pressure to acrylic plastics.

(d) The gap joint technique can only be used with colorless PLEXIGLAS acrylic or in cases in which joints will be hidden. If inconspicuous joints in colored PLEXIGLAS acrylic are needed, the parts must be fitted closely, using closed V groove, butt, or arc joints.

(3) Cement forms or dams may be made with masking tape as long as the adhesive surface does not contact the cement. This is easily done with a strip of cellophane tape placed over the masking tape adhesive. The tape must be chosen carefully. The adhesive on ordinary cellophane tape prevents the cure of PS-30 and Weld-On 40. Before actual fabrication of parts, sample joints should be tried to ensure that the tape system used will not harm the cement. Since it is important for all of the cement to remain in the gap, only contact pressure should be used.

(4) Bubbles will tend to float to the top of the cement bead in a gap joint after the cement is poured. These cause no problem if the bead is machined off. A small wire (not copper), or similar objects may be used to lift some bubbles out of the joint; however, the cement joint should be disturbed as little as possible.

(5) Polymerizable cements shrink as the cement hardens. Therefore, the freshly poured cement bead should be left above the surfaces being cemented to compensate for the shrinkage. If it is necessary for appearances, the bead may be machined off after the cement has set.

3-24. REPAIR OF PLASTICS. Replace, rather than repair extensively damaged transparent plastic, whenever possible, since even a carefully patched part is not the equal of a new section, either optically or structurally. At the first sign of crack development, drill a small hole with a # 30 or a 1/8-inch drill at the extreme ends of the cracks as shown in figure 3-21. This serves to localize the cracks and to prevent further splitting by distributing the strain over a large area. If the cracks are small, stopping them with drilled holes will usually suffice until replacement or more permanent repairs can be made. The following repairs are permissible; however, they are not to be located in the pilot's line of vision during landing or normal flight.

(b) En raison de leur courte durée de vie en pot (environ 45 minutes), les colles PS-30 et Weld-On 40 doivent être utilisées rapidement une fois les composants mélangés. Le temps de préparation réduit le temps de travail effectif, ce qui rend nécessaire d'avoir tout prêt à être mis en place avant de faire le mélange. Pour une meilleure manipulation, utilisez la colle dans les 20 minutes qui suivent son mélange.

(c) Pour une résistance maximale du joint, il doit être exempt de bulles. Il suffit généralement de laisser reposer la colle mélangée pendant 10 minutes avant l'utilisation pour permettre aux bulles de remonter à la surface. (Voir figure 3-20).

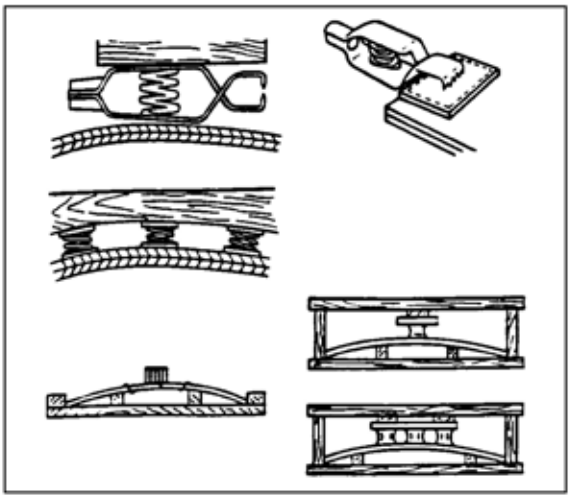


FIGURE 3-20. Application d'une pression sur des plastiques acryliques.

(d) La technique du joint creux ne peut être utilisée qu'avec de l'acrylique PLEXIGLAS incolore ou dans les cas où les joints seront cachés. Si des joints discrets sont nécessaires dans du PLEXIGLAS acrylique coloré, les pièces doivent être étroitement ajustées, en utilisant des joints fermés en V, en bout ou en arc.

(3) Les coffrages ou les protections peuvent être réalisés avec du ruban de masquage tant qu'il n'est pas en contact avec la colle. Ceci peut se faire facilement à l'aide d'une bande de cellophane placée sur l'adhésif du ruban de masquage. Le ruban adhésif doit être choisi avec soin. L'adhésif du ruban de cellophane ordinaire empêche la polymérisation des PS-30 et Weld-On 40. Avant de procéder à la fabrication des pièces, il convient d'essayer des échantillons de joints pour s'assurer que le système de ruban adhésif utilisé n'endommagera pas le collage. Comme il est important que toute la colle reste dans le joint, seule une pression de contact doit être utilisée.

(4) Les bulles auront tendance à flotter vers le haut du cordon de colle dans un joint creux après que la colle ait été coulée. Ces bulles ne posent aucun problème si le cordon est usiné. Un petit fil (pas en cuivre) ou un objet similaire peut être utilisé pour soulever quelques bulles hors du joint ; cependant, le joint doit être perturbé le moins possible.

(5) Les colles polymérisables se rétractent au cours de leur polymérisation. Par conséquent, le cordon de colle fraîchement coulé doit être laissé au-dessus des revêtements pour compenser le retrait. Si cela est nécessaire pour améliorer son apparence, le cordon peut être usiné après la prise.

3-24. RÉPARATION DES PLASTIQUES. Dans la mesure du possible, remplacer plutôt que réparer les plastiques transparents fortement endommagés, car même une pièce soigneusement réparée ne peut être aussi bonne qu'une nouvelle pièce, que ce soit sur le plan optique ou structurel. Au premier signe d'apparition de fissures, percez un petit trou avec un foret n°30 ou de 3 mm aux extrémités des fissures, comme le montre la figure 3-21. Cela permet de fixer les fissures et d'éviter qu'elles ne se fendent davantage en répartissant la contrainte sur une plus grande surface. Si les fissures sont petites, il suffit généralement de les stopper avec des trous jusqu'à ce qu'elles soient remplacées ou que des réparations plus permanentes puissent être effectuées. Les réparations suivantes sont autorisées, mais elles ne doivent pas être situées dans le champ de vision du pilote en phase d'atterrissage ou de vol normal.

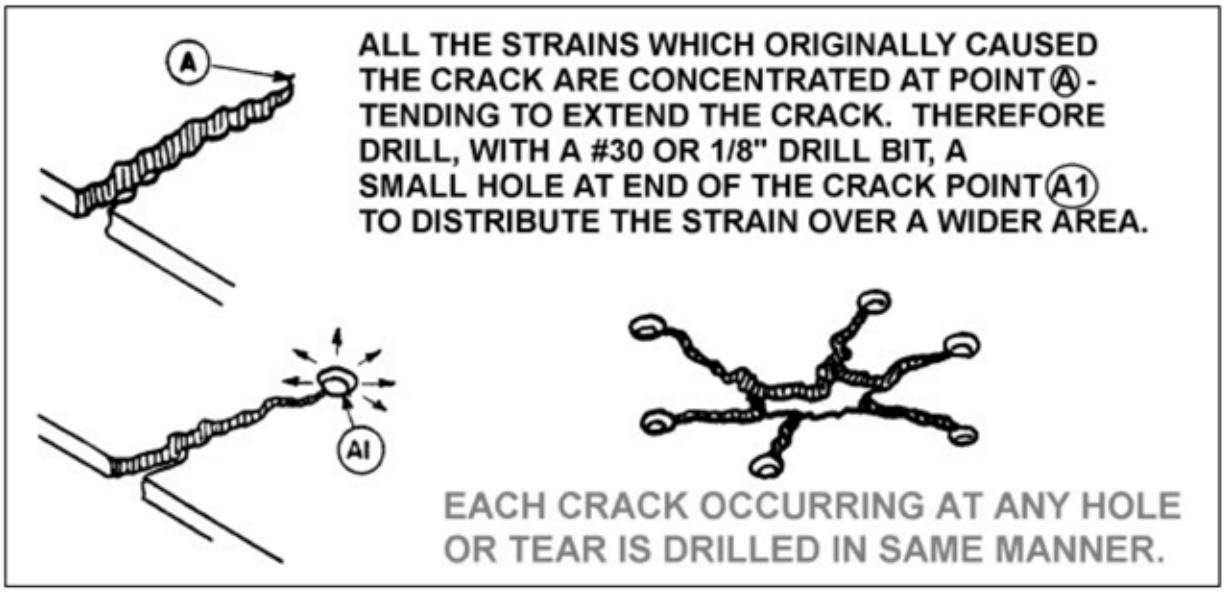


FIGURE 3-21. Stop-drilling cracks.

a. Surface Patch. If a surface patch is to be installed, trim away the damaged area and round all corners. Cut a piece of plastic of sufficient size to cover the damaged area and extend at least 3/4 inch on each side of the crack or hole. Bevel the edges as shown in figure 3-22. If the section to be repaired is curved, shape the patch to the same contour by heating it in an oil bath at a temperature of 248 to 302 °F, or it may be heated on a hot-plate until soft. Boiling water should not be used for heating. Coat the patch evenly with plastic solvent adhesive and immediately place it over the hole. Maintain a uniform pressure of 5 to 10 psi on the patch for a minimum of 3 hours. Allow the patch to dry 24 to 36 hours before sanding or polishing.

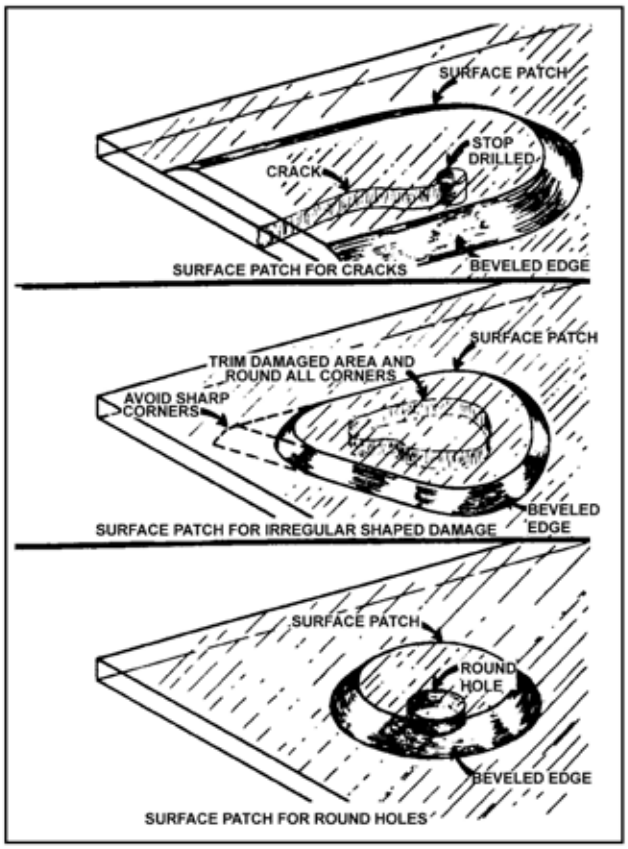


FIGURE 3-22. Surface patches.

b. Plug Patch. When using inserted patches to repair holes in plastic structures, trim the holes to a perfect circle or oval and bevel the edges slightly. Make the patch slightly thicker than the material being

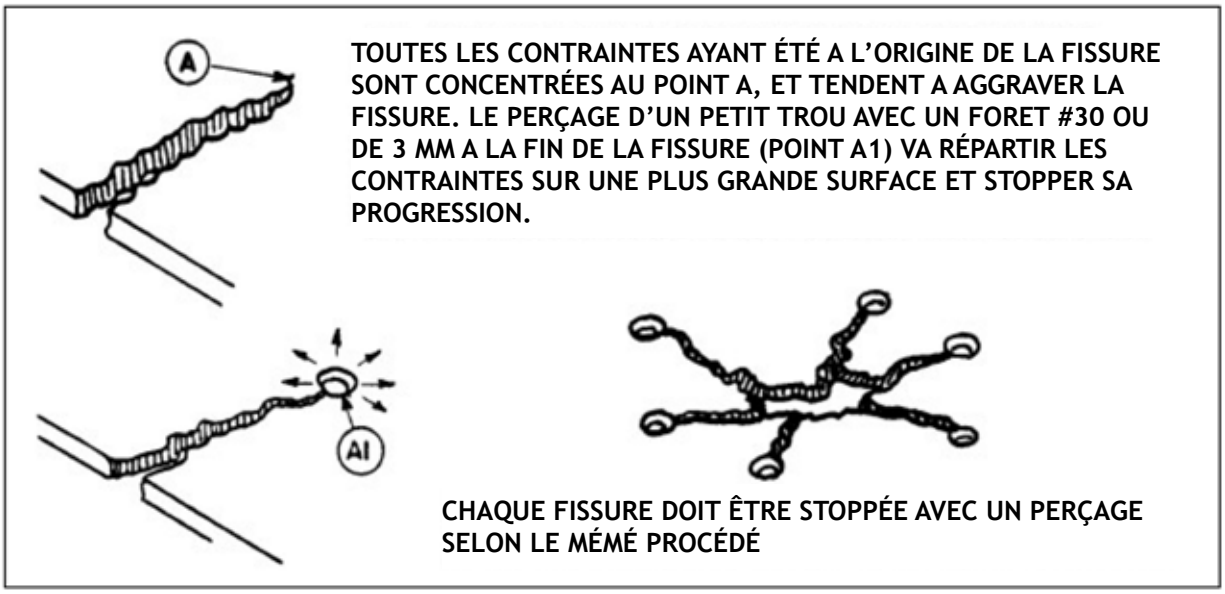


FIGURE 3-21. Perçage pour arrêter des fissures.

a. Patch de surface. Si un patch de surface doit être installé, découpez la zone endommagée et arrondissez tous les coins. Découpez un morceau de plastique de taille suffisante pour couvrir la zone endommagée et étendez au moins 19 mm de chaque côté de la fissure ou du trou. Biseautez les bords comme indiqué sur la figure 3-22. Si la partie à réparer est incurvée, donnez à la pièce le même contour en la chauffant dans un bain d'huile à une température de 120 à 150°C, ou bien chauffez-la sur une plaque chauffante jusqu'à ce qu'elle soit souple. L'eau bouillante ne doit pas être utilisée pour le chauffage. Enduisez le patch uniformément d'un adhésif à base de solvant pour plastique et placez-le immédiatement sur le trou. Maintenez une pression uniforme de 350 à 700 g/cm^2 sur le patch pendant au moins 3 heures. Laissez sécher le patch pendant 24 à 36 heures avant de le poncer ou de le polir.

b. Patch bouchon. Lorsque vous utilisez des patches insérés pour réparer des trous dans des structures en plastique, coupez les trous en un cercle ou un ovale parfait et biseauter légèrement les bords. La pièce doit être légèrement plus épaisse que le matériau à réparer et ses bords doivent être biseautés.

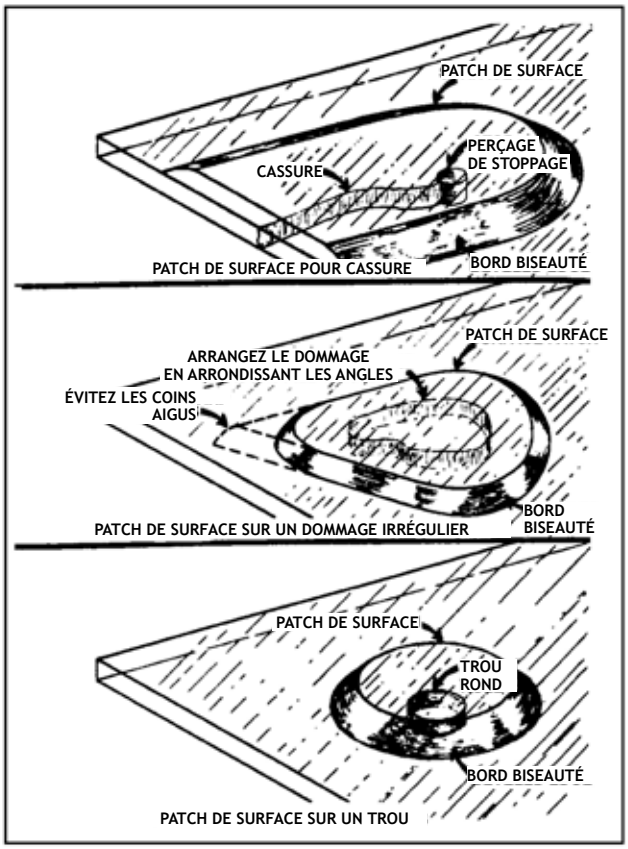


FIGURE 3-22. Patches de surface.

repaired and similarly bevel its edges. Install patches in accordance with figure 3-23. Heat the plug until soft and press it into the hole without cement and allow to cool to make a perfect fit. Remove the plug, coat the edges with adhesive, and then reinsert in the hole. Maintain a firm light pressure until the cement has set. Sand or file the edges level with the surface, then buff and polish.

FIGURE 3-23. Plug patch repair.

3-25. CLEANING AND POLISHING TRANSPARENT PLASTIC. Plastics have many advantages over glass for aircraft use, but they lack the surface hardness of glass and care must be exercised while servicing the aircraft to avoid scratching or otherwise damaging the surface.

a. Clean the plastic by washing it with plenty of water and mild soap, using a clean, soft, grit-free cloth, sponge, or bare hands. Do not use gasoline, alcohol, benzene, acetone, carbon tetrachloride, fire extinguisher or deicing fluids, lacquer thinners, or window cleaning sprays. These will soften the plastic and cause crazing.

b. Plastics should not be rubbed with a dry cloth since this is likely to cause scratches, and also to build up an electrostatic charge that attracts dust particles to the surface. If after removing dirt and grease, no great amount of scratching is visible, finish the plastic with a good grade of commercial wax. Apply the wax in a thin even coat and bring to a high polish by rubbing lightly with a soft cloth.

c. Do not attempt hand polishing or buffing until the surface is clean. A soft, open-type cotton or flannel buffing wheel is suggested. Minor scratches may be removed by vigorously rubbing the affected area by hand, using a soft clean cloth dampened with a mixture of turpentine and chalk, or by applying automobile cleanser with a damp cloth. Remove the cleaner and polish with a soft, dry cloth. Acrylic and cellulose acetate plastics are thermoplastic. Friction created by buffing or polishing too long in one spot can generate sufficient heat to soften the surface. This condition will produce visual distortion and should be avoided.

3-26. REPLACEMENT PANELS. Use material equivalent to that originally used by the manufacturer of the aircraft for replacement panels. There are many types of transparent plastics on the market. Their properties vary greatly, particularly in regard to expansion characteristics, brittleness under low

Installez les patches conformément à la figure 3-23. Chauffez le bouchon jusqu'à ce qu'il soit mou et enfoncez-le dans le trou sans colle et laissez-le refroidir pour qu'il s'adapte parfaitement. Retirez le bouchon, enduisez les bords de colle, puis réinsérez le dans le trou. Maintenez une légère pression ferme jusqu'à ce que la colle ait polymérisée. Poncez ou limez les bords au niveau de la surface, puis polissez et lissez.

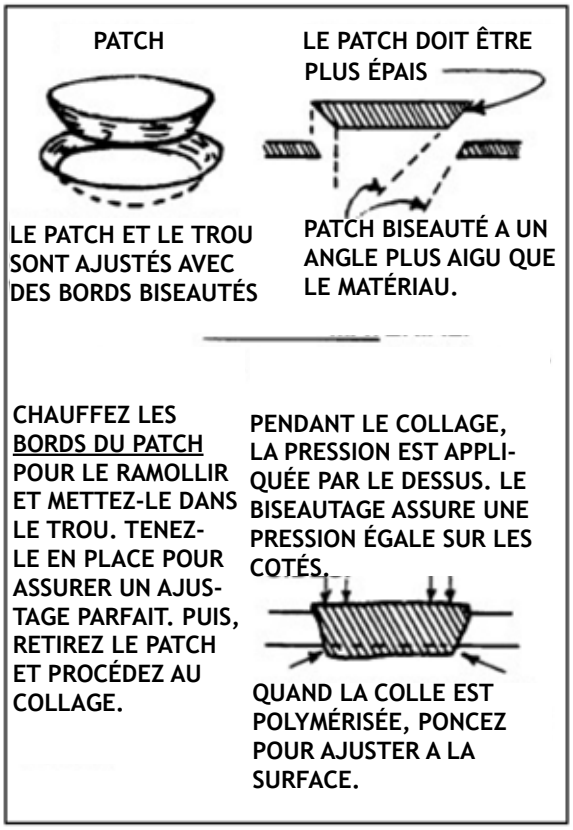


FIGURE 3-23. Patches bouchon.

3-25. NETTOYAGE ET POLISSAGE DU PLASTIQUE TRANSPARENT. Les plastiques utilisés dans les avions présentent de nombreux avantages par rapport au verre, mais ils n'ont pas la même dureté de surface et il faut faire attention lors de l'entretien des avions afin d'éviter de rayer ou d'endommager la surface.

a. Nettoyez le plastique en le lavant avec de l'eau et du savon doux, à l'aide d'un chiffon doux, et propre, sans gravier, d'une éponge ou à mains nues. N'utilisez pas d'essence, d'alcool, de benzène, d'acétone, de tétrachlorure de carbone, de liquide d'extincteur ou de liquide de dégivrage, de diluant à laque ou de spray de nettoyage des vitres. Ces produits ramollissent le plastique et provoquent des craquelures.

b. Les plastiques ne doivent pas être frottés avec un chiffon sec, car cela risque de provoquer des rayures et d'accumuler une charge électrostatique qui attire les particules de poussière à la surface. Si, après avoir enlevé la saleté et la graisse, on ne voit pas beaucoup de rayures, polissez le plastique avec une bonne cire du commerce. Appliquez la cire en une fine couche uniforme et frottez légèrement avec un chiffon doux.

c. N'essayez pas de polir ou de lustrer à la main tant que la surface n'est pas propre. Il est conseillé d'utiliser un disque de polissage doux en coton ou en flanelle. Les rayures mineures peuvent être éliminées en frottant vigoureusement la zone affectée à la main, à l'aide d'un chiffon doux et propre humidifié avec un mélange de térébenthine et de craie, ou en appliquant un produit de nettoyage automobile avec un chiffon humide. Retirez le nettoyant et polissez avec un chiffon doux et sec. Les plastiques acryliques et d'acétate de cellulose sont thermoplastiques. Le frottement créé par un polissage trop long à un endroit peut générer suffisamment de chaleur pour ramollir le revêtement. Cette situation produira une distorsion visuelle et doit être évitée.

3-26. PANNEAUX DE REMPLACEMENT. Pour les panneaux de remplacement, utilisez un matériau équivalent à celui utilisé à l'origine par le constructeur de l'avion. Il existe de nombreux types de plastiques transparents sur le marché. Leurs propriétés sont très variables, notamment en ce qui concerne les caractéristiques de dilatation, la fragilité à basse température, la résistance à la décoloration lors de l'exposition au soleil, l'adéquation des surfaces pour l'usage aéronautique, etc.

temperatures, resistance to discoloration when exposed to sunlight, surface checking, etc. Information on these properties is in MIL-HDBK-17A, Plastics for Flight Vehicles, Part II—Transparent Glazing Materials, available from the Government Printing Office (GPO). These properties are considered by aircraft manufacturers in selecting materials to be used in their designs and the use of substitutes having different characteristics may result in subsequent difficulties.

3-27. INSTALLATION PROCEDURES. When installing a replacement panel, use the same mounting method employed by the manufacturer of the aircraft. While the actual installation will vary from one type of aircraft to another, consider the following major principles when installing any replacement panel.

a. Never force a plastic panel out of shape to make it fit a frame. If a replacement panel does not fit easily into the mounting, obtain a new replacement or heat the whole panel and reform. When possible, cut and fit a new panel at ordinary room temperature.

b. In clamping or bolting plastic panels into their mountings, do not place the plastic under excessive compressive stress. It is easy to develop more than 1,000 psi on the plastic by over-torquing a nut and bolt. Tighten each nut to a firm fit, then back the nut off one full turn (until they are snug and can still be rotated with the fingers).

c. In bolted installations, use spacers, collars, shoulders, or stop-nuts to prevent tightening the bolt excessively. Whenever such devices are used by the aircraft manufacturer, retain them in the replacement installation. It is important that the original number of bolts, complete with washers, spacers, etc., be used. When rivets are used, provide adequate spacers or other satisfactory means to prevent excessive tightening of the frame to the plastic.

d. Mount plastic panels between rubber, cork, or other gasket material to make the installation waterproof, to reduce vibration, and to help to distribute compressive stresses on the plastic.

e. Plastics expand and contract considerably more than the metal channels in which they are mounted. Mount windshield panels to a sufficient depth in the channel to prevent it from falling out when the panel contracts at low temperatures or deforms under load. When the manufacturer's original design permits, mount panels to a minimum depth of 1-1/8 inch, and with a clearance of 1/8 inch between the plastic and bottom of the channel.

f. In installations involving bolts or rivets, make the holes through the plastic oversize by 1/8-inch diameter and center so that the plastic will not bind or crack at the edge of the holes. The use of slotted holes is also recommended.

3-28.—3-39. [RESERVED.]

Des informations sur ces propriétés figurent dans le document MIL-HDBK-17A, « Plastics for Flight Vehicles, Part II Transparent Glazing Materials », disponible auprès du Government Publishing Office (GPO[1]). Ces propriétés sont prises en compte par les constructeurs d'avions dans le choix des matériaux à utiliser dans leurs conceptions et l'utilisation de substituts ayant des caractéristiques différentes peut entraîner des difficultés ultérieures.

3-27. PROCÉDURES D'INSTALLATION. Lors de l'installation d'un panneau de remplacement, utilisez la même méthode de montage que celle employée par le constructeur de l'avion. Bien que l'installation réelle varie d'un type d'aéronef à l'autre, il faut tenir compte des grands principes suivants lors de l'installation de tout panneau de remplacement.

a. Ne jamais forcer un panneau en plastique pour qu'il s'adapte à un cadre. Si un panneau de remplacement ne s'adapte pas facilement au montage, obtenez un nouveau panneau de remplacement ou chauffez tout le panneau et reformez-le. Si possible, coupez et installez un nouveau panneau à la température ambiante ordinaire.

b. En serrant ou en boulonnant les panneaux en plastique dans leurs supports, ne soumettez pas le plastique à une contrainte de compression excessive. Il est facile de développer plus de 70 Bar sur le plastique en serrant trop fort un écrou et un boulon. Serrez chaque écrou à fond, puis retirez l'écrou d'un tour complet (jusqu'à ce qu'il soit bien serré et puisse encore être tourné avec les doigts).

c. Dans les installations boulonnées, utilisez des entretoises, des colliers, des épaulements ou des écrous frein pour éviter de serrer excessivement le boulon. Chaque fois que de tels dispositifs sont utilisés par le constructeur, conservez-les dans l'installation de remplacement. Il est important d'utiliser le nombre de boulons d'origine, avec les rondelles, les entretoises, etc. Lorsque des rivets sont utilisés, prévoir des entretoises adéquates ou d'autres moyens satisfaisants pour éviter un serrage excessif du cadre sur le plastique.

d. Monter les panneaux en plastique entre le caoutchouc, le liège ou tout autre matériau d'étanchéité pour rendre l'installation étanche, réduire les vibrations et aider à répartir les contraintes de compression sur le plastique.

e. Les plastiques se dilatent et se contractent beaucoup plus que les bâtis métalliques dans lesquels ils sont montés. Montez les panneaux de pare-brise à une profondeur suffisante pour éviter qu'ils ne tombent lorsque le panneau se contracte à basse température ou se déforme sous la charge. Lorsque la conception originale du constructeur le permet, montez les panneaux à une profondeur minimale de 28 mm, et avec un espace de 3 mm entre le plastique et le fond du logement.

f. Dans les installations comportant des boulons ou des rivets, faites des trous dans le plastique surdimensionnés de 3 mm de diamètre et centrez-les de manière à ce que le plastique ne serre pas sur la vis ou ne se fissure pas au bord des trous. L'utilisation de trous oblongs est également recommandée.

3-28.- 3-39. [RÉSERVÉ].

1 NDT : www.gpo.gov

SECTION 4. WINDSHIELDS, ENCLOSURES, AND WINDOWS

3-40. GENERAL. These repairs are applicable to plastic windshields, enclosures, and windows in *nonpressurized airplanes*. For pressurized airplanes, replace or repair plastic elements in accordance with the manufacturer's recommendation. When windshields and side windows made of acrylic plastics are damaged, they are usually replaced unless the damage is minor and a repair would not be in the line of vision. Repairs usually require a great deal of labor. Replacement parts are readily available, so replacement is normally more economical than repair.

a. Minor Repairs. There are times, however, when a windshield may be cracked and safety is not impaired. In that case, repairs can be made by stop-drilling the ends of the crack with a # 30 drill (1/8 inch) to prevent the concentration of stresses causing the crack to continue. Drill a series of number 40 holes a half-inch from the edge of the crack about a half-inch apart, and lace through these holes with brass safety wire (see figure 3-24) and seal with clear silicone to waterproof.

b. Temporary Repairs. One way to make a temporary repair is to stop-drill the ends of the crack, and then drill number 27 holes every inch or so in the crack. Use AN515-6 screws and AN365-632 nuts with AN960-6 washers on both sides of the plastic. This will hold the crack together and prevent further breakage until the windshield can be properly repaired or replaced. (See figure 3-24.)

c. Permanent Repairs. Windshields or side windows with small cracks that affect only the appearance rather than the airworthiness of a sheet, may be repaired by first stop-drilling the ends of the crack with a # 30 or a 1/8-inch drill. Then use a hypodermic syringe and needle to fill the crack with polymerizable cement such as PS-30 or Weld-On 40, and allow capillary action to fill the crack completely. Soak the end of a 1/8-inch acrylic rod in cement to form a cushion and insert it in the stop-drilled hole. Allow the repair to dry for about 30 minutes, and then trim the rod off flush with the sheet.

d. Polishing and Finishing. Scratches and repair marks, within certain limitations, can be removed from acrylic plastic. No sanding that could adversely affect the plastic's optical properties and distort the pilot's vision should be done on any portion of a windshield.

(1) If there are scratches or repair marks in an area that can be sanded, they may be removed by first sanding the area. Use 320- or 400-grit abrasive paper that is wrapped around a felt or rubber pad.

(2) Use circular rubbing motions, light pressure, and a mild liquid soap solution as a lubricant. After the sanding is complete, rinse the surface thoroughly with running water. Then, using a 500-grit paper, continue to sand lightly. Keep moving to higher grit paper and sand and rinse until all of the sanding or repair marks have been removed.

(3) After using the finest abrasive paper, use rubbing compound and buff in a circular motion to remove all traces of the sanding.

e. Cleaning. Acrylic windshields and windows may be cleaned by washing them with mild soap and running water. Rub the surface with your bare hands in a stream of water. Follow with the same procedure but with soap and water. After the soap and dirt have been flushed away, dry the surface with a soft, clean cloth or tissue and polish it with a

3-40. GÉNÉRALITÉS. Ces réparations s'appliquent aux pare-brise, verrines et fenêtres en plastique des *avions non pressurisés*. Pour les avions pressurisés, remplacer ou réparer les éléments en plastique conformément aux recommandations du constructeur. Lorsque les pare-brise et les vitres latérales en plastique acrylique sont endommagés, ils sont généralement remplacés, sauf si les dommages sont mineurs et qu'une réparation n'est pas dans le champ de vision. Les réparations nécessitent généralement beaucoup de travail. Les pièces de rechange sont facilement disponibles, de sorte que le remplacement est normalement plus économique que la réparation.

a. Réparations mineures. Il arrive cependant qu'un pare-brise soit fissuré et que la sécurité ne soit pas compromise. Dans ce cas, les réparations peuvent être effectuées en perçant les extrémités de la fissure avec un foret n°30 (3.2 mm) pour éviter la concentration des contraintes qui provoquent la poursuite de la fissure. Percez une série de trous avec un foret n°40 (2.5 mm) à 12 mm du bord de la fissure, à environ un 12 mm d'intervalle, et liez ces trous avec un fil frein en laiton (voir figure 3-24) et scellez-les avec du silicone transparent pour les rendre étanches.

b. Réparations temporaires. Une façon d'effectuer une réparation temporaire consiste à percer pour stopper l'extrémité de la fissure, puis à percer des trous de 3.7 mm environ (foret de #27) dans la fissure. Utilisez des vis AN515-6 et des écrous AN365-632 avec des rondelles AN960-6 sur les deux côtés du plastique. Cela permettra de maintenir la fissure et d'éviter d'autres ruptures jusqu'à ce que le pare-brise puisse être correctement réparé ou remplacé. (Voir la figure 3-24).

c. Réparations permanentes. Les pare-brise ou les vitres latérales présentant de petites fissure qui n'affectent que l'apparence plutôt que la navigabilité d'une feuille, peuvent être réparés en perçant d'abord des trous d'arrêt aux extrémités de la fissure avec un foret n°30 (3.2 mm). Ensuite, utilisez une seringue hypodermique et une aiguille pour remplir la fissure avec de la colle polymérisable comme la PS 30 ou la Weld-On 40 par capillarité. Trempez l'extrémité d'une tige acrylique de 3 mm dans la colle pour former un bouchon et insérez-la dans le trou d'arrêt. Laissez sécher la réparation pendant environ 30 minutes, puis coupez la tige au ras de la surface.

d. Polissage et finition. Les éraflures et les marques de réparation peuvent, dans certaines limites, être éliminées du plastique acrylique. Aucun ponçage susceptible de nuire aux propriétés optiques du plastique et de déformer la vision du pilote ne doit être effectué sur une partie quelconque du pare-brise.

(1) S'il y a des rayures ou des marques de réparation dans une zone qui peut être poncée, elles peuvent être éliminées en ponçant d'abord la zone. Utilisez un papier abrasif de grain 320 ou 400 enroulé autour d'un feutre ou d'un tampon en caoutchouc.

(2) Utilisez des mouvements de frottement circulaires, une légère pression et une solution de savon liquide doux comme lubrifiant. Une fois le ponçage terminé, rincez soigneusement la surface à l'eau courante. Puis, à l'aide d'un papier de grains 500, continuez à poncer légèrement. Continuez à utiliser un papier à grain plus élevé et poncez et rincez jusqu'à ce que toutes les marques de ponçage ou de réparation aient été éliminées.

(3) Après avoir utilisé le papier abrasif le plus fin, utilisez une pâte à polir et polissez d'un mouvement circulaire pour éliminer toute trace de ponçage.

e. Nettoyage. Les pare-brise et les vitres en acrylique peuvent être nettoyés en les lavant avec du savon doux et de l'eau courante. Frottez la surface à mains nues dans un jet d'eau. Procédez de la même manière, mais avec de l'eau et du savon. Une fois que le savon et la saleté ont été éliminés, séchez la surface avec un chiffon ou un mouchoir doux et propre et polissez-la avec un nettoyant pour pare-brise spécialement approuvé pour une utilisation sur les plastiques transparents aéronautiques. Ces produits peuvent être achetés auprès des fournisseurs spécialisés.

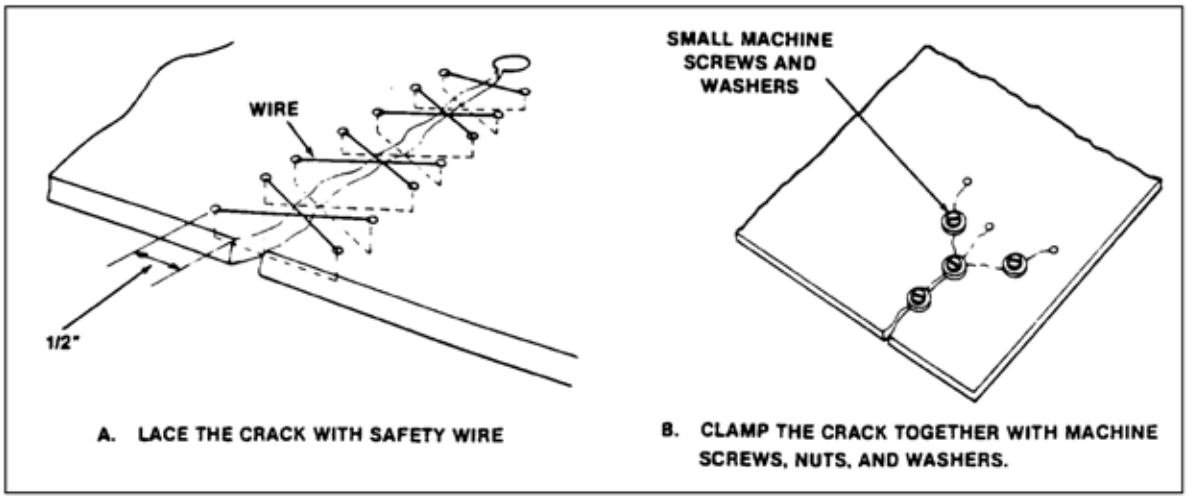


FIGURE 3-24. Temporary repairs to cracked windshields or windows.

windshield cleaner especially approved for use on aircraft transparent plastics. These cleaners may be purchased through aircraft supply houses.

f. Waxing. A thin coating of wax will fill any minute scratches that may be present and will cause rain to form droplets that are easily blown away by the wind.

3-41. PROTECTION. Acrylic windshields are often called "lifetime" windshields, to distinguish them from those made of the much shorter-lived acetate material. However, even acrylic must be protected from the ravages of the elements.

a. When an aircraft is parked in direct sunlight, the windshield will absorb heat and will actually become hotter than either the inside of the aircraft or the outside air. The sun will cause the inside of a closed aircraft to become extremely hot, and this heat is also absorbed by the plastic windshield.

b. To protect against this damage, it is wise to keep the aircraft in a hangar. If this is not possible, some type of shade should be provided to keep the sun from coming in direct contact with the windshield. Some aircraft owners use a close-fitting, opaque, reflective cover over the windshield. In many cases, this has done more harm than good. This cover may absorb moisture from the air and give off harmful vapors, and if it touches the surface of the plastic it can cause crazing or minute cracks to form in the windshield. Another hazard in using such a cover is that sand can blow up under the cover and scratch the plastic.

3-42. WINDSHIELD INSTALLATION. Aircraft windshields may be purchased either from the original aircraft manufacturer or from any of several FAA-PMA sources. These windshields are formed to the exact shape required, but are slightly larger than necessary so they may be trimmed to the exact size.

a. After removing the damaged windshield, clean all of the sealer from the grooves and cut the new windshield to fit. New windshields are covered with either protective paper or film to prevent damage during handling or installation. Carefully peel back just enough of this covering to make the installation. The windshield must fit in its channels with about 1/8- to 1/4-inch clearance to allow for expansion and contraction. If any holes are drilled in the plastic for screws, they should be about 1/8 inch oversize.

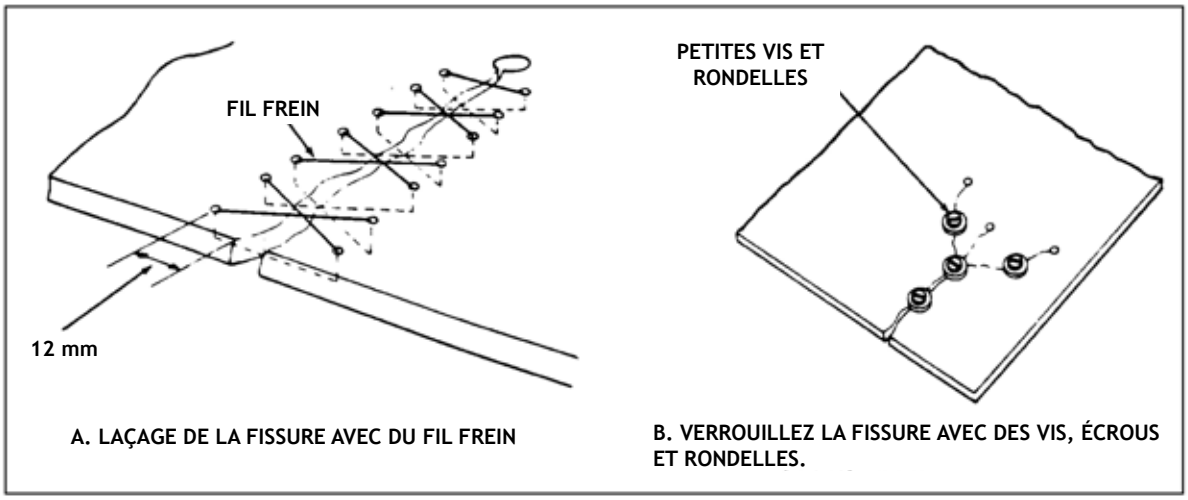


FIGURE 3-24. Réparations temporaires de pare-brise ou de fenêtres fissurés.

f. Polissage à la cire. Une fine couche de cire comblera les minuscules éraflures qui peuvent être présentes et fera en sorte que la pluie forme des gouttelettes qui seront facilement emportées par le vent relatif.

3-41. PROTECTION. Les pare-brise en acrylique sont souvent appelés « pare-brise à vie », pour les distinguer de ceux fabriqués en acétate, matériau à durée de vie beaucoup plus courte et qui nécessitent des remplacements. Cependant, même l'acrylique doit être protégé des ravages des éléments extérieurs.

a. Lorsqu'un avion est stationné en plein soleil, le pare-brise absorbe la chaleur et devient en fait plus chaud que l'intérieur de l'avion ou l'air extérieur. Le soleil rend l'intérieur d'un avion fermé extrêmement chaud, et cette chaleur est également absorbée par le pare-brise en plastique.

b. Pour se protéger contre ces dommages, il est sage de garder l'avion dans un hangar. Si cela n'est pas possible, il faut prévoir un type d'ombrage pour empêcher le soleil d'entrer en contact direct avec le pare-brise. Certains propriétaires d'avions utilisent une bâche de protection opaque et réfléchissante. Dans de nombreux cas, cela a fait plus de mal que de bien. Cette couverture peut absorber l'humidité de l'air et dégager des vapeurs nocives, et si elle touche la surface du plastique, elle peut provoquer des craquelures ou de minuscules fissures dans le pare-brise. Un autre danger lié à l'utilisation d'une telle housse est que le sable peut se loger sous la housse et rayer le plastique.

3-42. INSTALLATION DU PARE-BRISE. Les pare-brise d'avion peuvent être achetés soit auprès du constructeur d'origine de l'avion, soit auprès de l'un des nombreux fournisseurs disposant de FAA-PMA. Ces pare-brise sont formés à la forme exacte requise, mais sont légèrement plus grands que nécessaire, de sorte qu'ils peuvent être préalablement ajustés à la taille exacte.

a. Après avoir enlevé le pare-brise endommagé, nettoyez toutes les rainures du joint et découpez le nouveau pare-brise pour qu'il s'adapte. Les nouveaux pare-brise sont recouverts d'un papier ou d'un film protecteur permettant d'éviter les dommages lors de la manipulation ou de l'installation. Retirez avec précaution juste assez de ce revêtement pour procéder à l'installation. Le pare-brise doit s'emboîter dans ses rainures avec un jeu d'environ 3 à 6 mm pour permettre la dilatation et la contraction. Si des trous sont percés dans le plastique pour mettre des vis, ils doivent être surdimensionnés d'environ 3 mm.

b. Place the sealing tape around the edges of the windshield and install the windshield in its frame. Screws that go through the windshield should be tightened down snug and then backed out a full turn, so the plastic can shift as it expands and contracts.

c. Do not remove the protective paper or film until the windshield is installed and all of the securing screws are in place.

3-43.—3-47. [RESERVED.]

b. Placez le joint d'étanchéité autour des bords du pare-brise et installez le pare-brise dans son cadre. Les vis qui traversent le pare-brise doivent être bien serrées, puis desserrées d'un tour complet, afin que le plastique puisse se dilater et se contracter.

c. Ne retirez pas le papier ou le film de protection avant que le pare-brise ne soit installé et que toutes les vis de fixation ne soient en place.

3-43.- 3-47. [RÉSERVÉ].

Bibliographie

Les secrets de la construction des aéronefs légers

Auteur : Henri Fékété

Un ouvrage très complet sur la construction des aéronefs : calculs, plans, courbes, graphiques et exemples.

Ed. Publibook

www.publibook.com

Les Cahiers du RSA sont édités depuis 1948 et contiennent de nombreux articles relatifs à la construction composite.

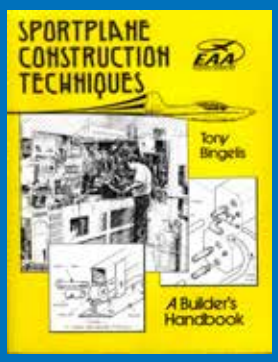
Tous les numéros sont accessibles aux membres de la Fédération RSA.

www.rsafrance.com

The sportplane builder
Auteur : Tony Bingelis

Longtemps une référence pour les constructeurs anglophones. Toutes les techniques de construction y sont présentées avec de nombreuses astuces.

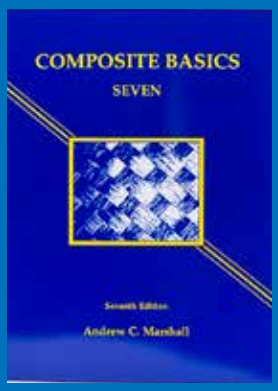
www.eaa.org



Sportplane construction techniques
Auteur : Tony Bingelis

Longtemps une référence pour les constructeurs anglophones. Toutes les techniques de construction y sont présentées.

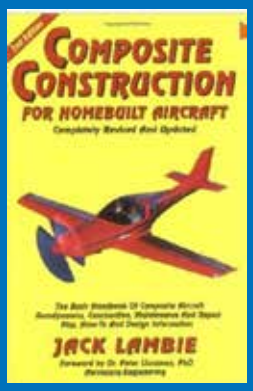
www.eaa.org



Composites basics (7 ed.)

Auteur : Andrew C. Marshall

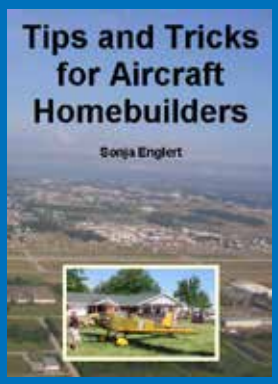
La septième édition de ce manuel expliquant la théorie et les techniques de mise en oeuvre des matériaux composites (verre, carbone, kevlar, résines, charges, ni d'abeille, etc.. www.eaa.org



Composite construction for homebuilt aircraft

Auteur : Jack Lambie (1996)

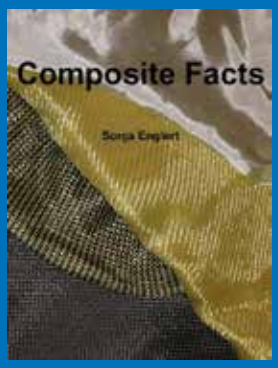
Un livre d'information générale sur la construction composite et les choix qui s'offrent à vous.



Tips and Tricks for Aircraft Homebuilders

Auteur : Sonja Engert

Très complet et plein d'astuces pour la construction en général. Livre PDF en Anglais à commander sur le site de l'auteur www.caro-engineering.com.



Composite Facts

Auteur : Sonja Englert

Très complet et plein d'astuces pour la construction composites. Livre PDF en Anglais à commander sur le site de l'auteur www.caro-engineering.com.

FÉDÉRATION RSA
La passion de l'aviation

Décembre 2020