

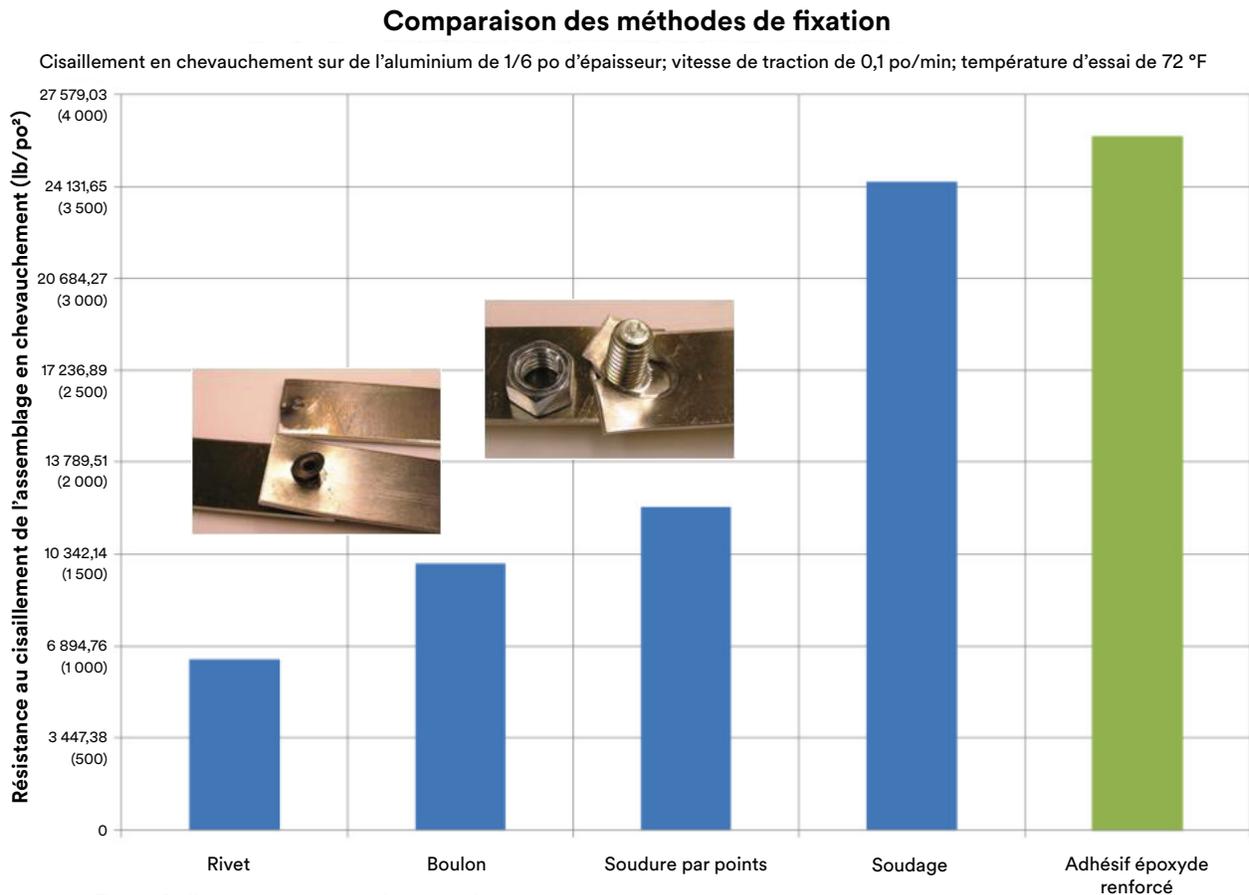


Adhésifs acryliques structuraux

Caractéristiques et progrès récents

Les adhésifs structuraux peuvent remplacer les soudures, les boulons, les vis, les soudures par points et d'autres accessoires de fixation traditionnels dans une grande variété d'utilisations industrielles. Les adhésifs structuraux époxydes ont toujours été utilisés pour ces types d'utilisations en raison de leur résistance élevée et de leur durabilité exceptionnelle. Cependant, pour de nombreuses raisons qui les rendent plus faciles à utiliser dans un environnement de production, les adhésifs structuraux acryliques deviennent le choix préféré pour de nombreux assemblages de liaison permanente. Cet article présente les caractéristiques et les avantages des adhésifs acryliques par rapport aux adhésifs époxydes, décrit les trois principaux types d'adhésifs structuraux acryliques, puis présente une famille d'adhésifs acryliques relativement nouveaux (issus d'une technologie de durcissement breveté) offrant des avantages considérables par rapport aux adhésifs structuraux acryliques traditionnels.

Les adhésifs structuraux présentent de nombreux avantages potentiels par rapport aux techniques de fixation mécanique traditionnelles comme les soudures, les rivets, les vis, les soudures par points et les boulons. La liste comprend des caractéristiques comme 1) répartir uniformément la charge sur toute région à lier pour minimiser les concentrations de contraintes; 2) éliminer la nécessité de percer des trous, de retravailler les substrats déformés, d'enlever des revêtements protecteurs ou de réparer des matériaux endommagés mécaniquement; 3) permettre l'utilisation de matériaux plus légers; 4) réduire le coût total de la main-d'œuvre; 5) fournir un joint contre la pénétration de l'humidité; 6) lier des matériaux différents; 7) réduire le potentiel de corrosion galvanique et 8) permettre des conceptions uniques et une apparence améliorée en raison des plans de collage cachés. Le graphique ci-dessous montre les résistances au cisaillement de l'assemblage en chevauchement les plus élevées possibles avec les adhésifs structuraux par rapport à plusieurs dispositifs de fixation mécanique, sur la même surface de liaison.



Il existe en fait plusieurs types d'adhésifs structuraux qui offrent une excellente résistance à l'arrachement et une durabilité exceptionnelle à long terme, mais pour la plupart des utilisations industrielles, les types les plus courants sont les adhésifs structuraux époxydes et acryliques à deux composants. Ces adhésifs ont deux composants (composant B = base et composant A = accélérateur) mélangés pour amorcer le durcissement qui se produit à température ordinaire. Ils peuvent être fluides (pour faciliter l'écoulement et l'imprégnation des surfaces) jusqu'à pâteux (pour éviter l'affaissement durant l'application). De plus, ils sont généralement offerts en un vaste choix de délais de durcissement, de couleurs et de propriétés mécaniques qui peuvent influencer la façon dont ils adhèrent à certains matériaux. Ces adhésifs sont utilisés dans des applications telles que 1) la liaison de panneaux latéraux et de revêtements de sol dans des camions et des wagons; 2) l'assemblage de la structure et des surfaces dans des meubles; 3) la liaison de panneaux de plancher et de drains dans de grandes unités de traitement d'air; 4) la construction des boîtiers d'ordinateurs portables et 5) l'assemblage d'équipement de sport tel que des bâtons de golf, des bâtons de baseball et des planches à neige.

Les adhésifs structuraux acryliques et époxydes conviennent à ces utilisations, mais ces deux compositions chimiques adhésives présentent également des différences importantes au niveau de leurs caractéristiques d'utilisation et de leur rendement final. Les adhésifs époxydes possèdent également les avantages suivants :

1. Résistance à la rupture et rendement général les plus élevés
2. Meilleure durabilité (résistance aux températures élevées, aux solvants et aux environnements rigoureux)
3. Plus grande variété de propriétés (durée d'application, délai de durcissement, viscosité, souplesse, ténacité)
4. Excellente adhérence aux métaux, au verre et au bois
5. Durée de conservation prolongée à température ordinaire

Si un adhésif structural époxyde adhère bien aux matériaux qui sont liés avec une préparation de surface donnée, le produit époxyde fournira habituellement le rendement et la durabilité les plus élevés de tous les adhésifs structuraux. Le graphique ci-dessous montre la force de rétention d'une liaison sur de l'aluminium soumise à une résistance au cisaillement de l'assemblage en chevauchement après une exposition à une grande variété de solvants et de conditions environnementales. L'adhésif époxyde offre une meilleure résistance que l'adhésif structural acrylique (et les deux sont meilleurs qu'un adhésif à l'uréthane).

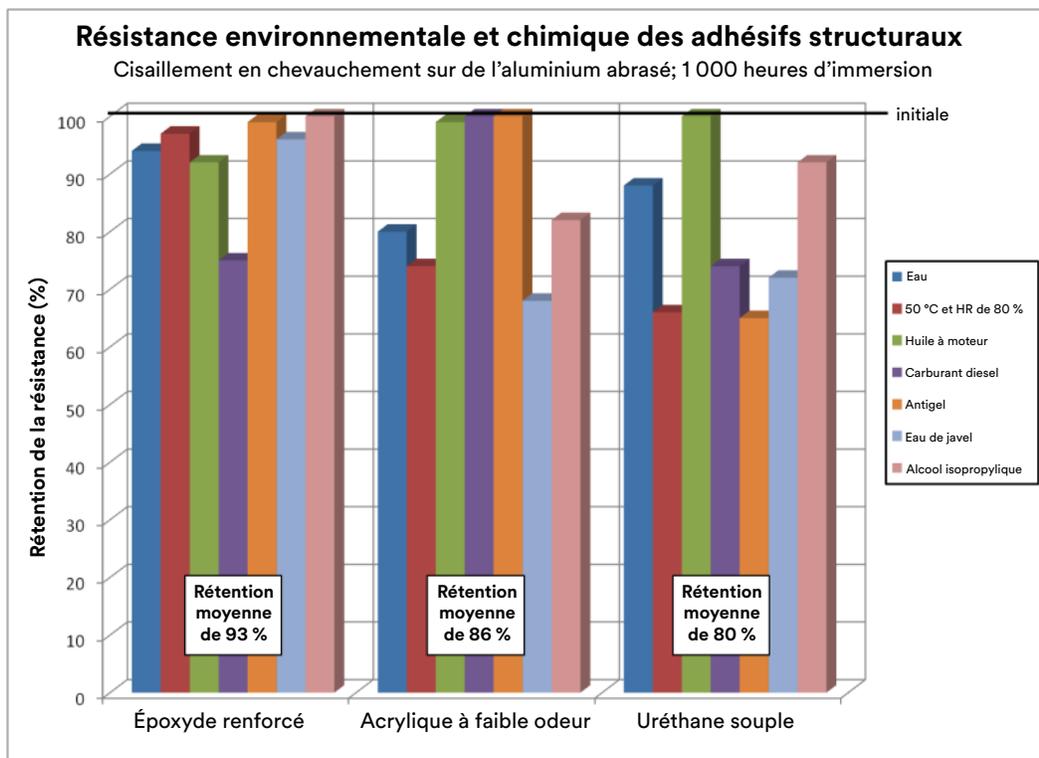


Figure 2 : Rétention de la résistance après une exposition à une variété de solvants et d'environnements

Cependant, il existe plusieurs détails sur l'utilisation d'adhésifs structuraux époxydes qui représentent des inconvénients pour cette composition chimique adhésive, plus particulièrement par rapport aux adhésifs acryliques :

1. Surfaces propres, rugueuses et sèches requises (préparation méticuleuse des surfaces)
2. Délai de durcissement beaucoup plus long (pour la même durée d'application)
3. Adhérence plus faible aux plastiques et aux systèmes de peinture courants

La préparation type des surfaces pour les adhésifs époxydes dans la plupart des utilisations industrielles comprend : 1) un nettoyage au solvant avec de l'acétone ou de l'alcool isopropylique pour éliminer les huiles, les contaminants et les empreintes digitales et 2) un sablage ou une légère abrasion avec du papier abrasif ou des Tampons Scotch-Brite^{MC}, suivi d'un nettoyage au solvant pour éliminer les débris d'abrasion. Inversement, les adhésifs structuraux acryliques fournissent souvent le même niveau de résistance à la rupture avec une préparation des surfaces nulle ou minimale, y compris la liaison à des surfaces légèrement huileuses comme l'acier laminé à froid recouvert d'huile de finition pour laminoir. Le graphique ci-dessous montre cette différence considérable dans l'effet de la préparation des surfaces. Les résultats pour la résistance au cisaillement de l'assemblage en chevauchement de pièces en aluminium telles qu'elles ont été reçues augmentent considérablement avec l'adhésif époxyde, d'environ 6 894,76 kPa (1 000 lb/po²) sans préparation des surfaces jusqu'à près de 37 921,17 kPa (5 500 lb/po²) avec le mordantage chimique de la surface en aluminium. D'autre part, la force d'adhérence et la résistance à la rupture avec l'adhésif acrylique étaient généralement constantes pour toutes les techniques de préparation des surfaces, avec toute la rupture cohésive souhaitable de l'adhésif pendant les essais.

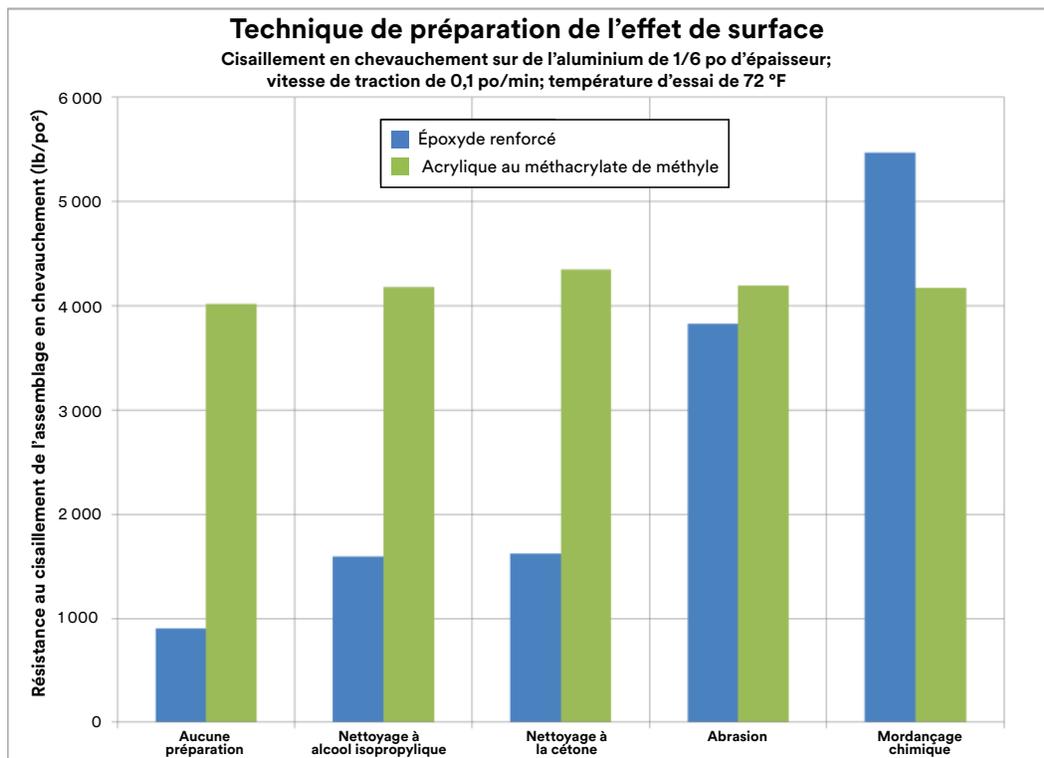


Figure 3 : Effet de la préparation des surfaces sur la résistance à la rupture

Pour les adhésifs structuraux qui présentent la même durée d'application ou le même délai de collage (temps nécessaire pour mélanger et appliquer l'adhésif puis assembler les pièces), un adhésif époxyde durcit beaucoup plus lentement qu'un adhésif acrylique. Un « époxyde 5 minutes » présente une durée d'application d'environ 5 minutes, mais nécessite habituellement 20 minutes pour atteindre la « prise complète », soit 344,738 kPa (50 lb/po²) de résistance au cisaillement de l'assemblage en chevauchement et environ 2 à 3 heures pour atteindre la « résistance structurale », soit 6 894,76 kPa (1 000 lb/po²) de résistance au cisaillement de l'assemblage en chevauchement. Certains adhésifs structuraux acryliques avec la même durée d'application de 5 minutes durcissent beaucoup plus rapidement et fournissent une résistance structurale en seulement 10 à 15 minutes. Le graphique de la page suivante démontre cette énorme différence dans le délai de durcissement en montrant l'accroissement de la résistance au cisaillement de l'assemblage en chevauchement comme une fonction du délai de durcissement depuis le mélange des deux composants et la mise en place de la liaison.

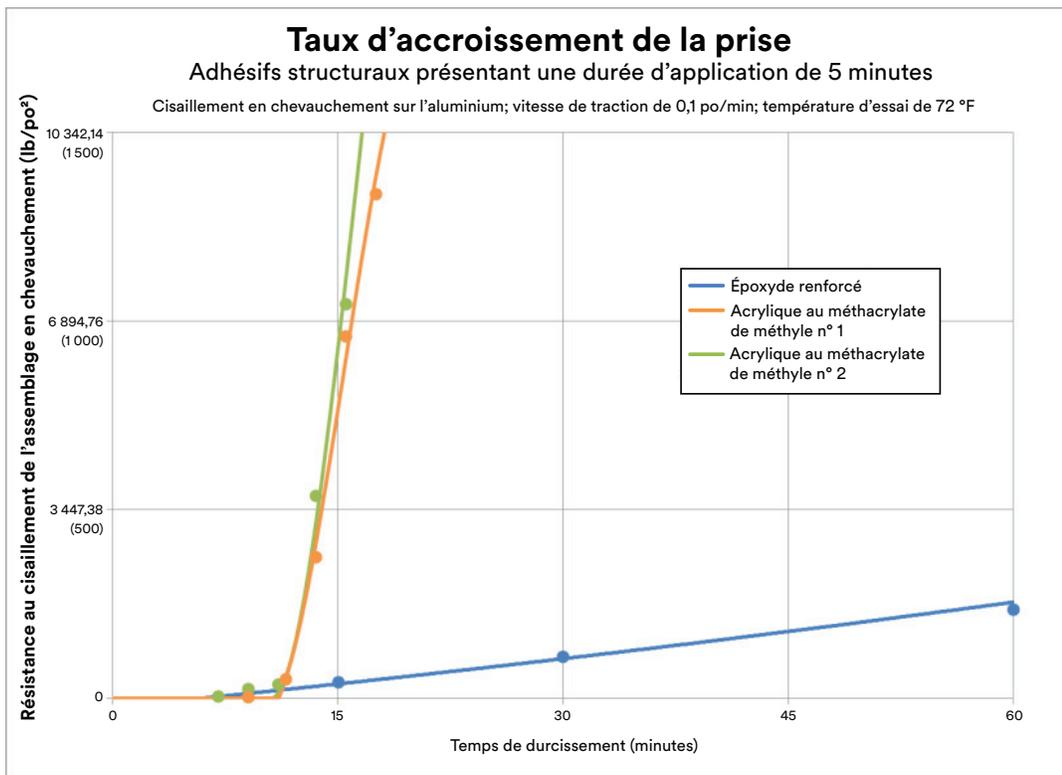


Figure 4 : Taux d'accroissement de la prise des adhésifs structuraux acryliques par rapport aux adhésifs structuraux époxydes

Avec une préparation de surface adéquate, les adhésifs structuraux époxydes offrent généralement une excellente adhérence aux métaux nus, au verre et à certains types de matériaux composites, de plastiques, de peintures en poudre et de peintures. Cependant, les adhésifs structuraux acryliques lieront habituellement tous ces matériaux, en plus de nombreux types de matériaux polymères. Il existe même des formulations uniques qui lient les plastiques à faible énergie de surface tels que le polyéthylène, le polypropylène et le PTFE sans recourir à des techniques de préparation des surfaces complexes. Les adhésifs acryliques lient également plus de types de revêtements en poudre et de systèmes de peinture qui deviennent de plus en plus courants et qui sont plus difficiles à lier. Les seuls matériaux qui peuvent parfois être problématiques pour les adhésifs acryliques sont les bois nus, les caoutchoucs souples et le béton. Les adhésifs époxydes donnent souvent de meilleurs résultats sur ces surfaces.

Alors que presque tous les adhésifs structuraux acryliques sur le marché contiennent aujourd'hui le même monomère actif, l'utilisateur final devrait savoir qu'il existe en réalité trois grandes familles d'adhésifs acryliques dotés de caractéristiques très différentes :

1. Méthacrylate de méthyle
 - a. Excellente adhérence et résistance aux chocs, plus particulièrement sur les métaux
 - b. Forte odeur, inflammable
2. Acrylique à faible odeur
 - a. Excellente adhérence et résistance aux chocs, plus particulièrement sur les plastiques
 - b. Faible odeur, ininflammable
3. Acrylique à faible énergie de surface
 - a. Excellente adhérence aux plastiques à faible énergie de surface : polyéthylène, polypropylène, oléfine thermoplastique et PTFE

Tous ces types d'adhésifs structuraux acryliques offrent une résistance à la rupture et une durabilité exceptionnelles, presque autant que les adhésifs époxydes, mais avec l'avantage d'avoir un délai de durcissement plus court, d'être moins sensibles à la préparation des surfaces et de lier plus de types de matériaux. Les deux graphiques de la page suivante montrent les résistances au cisaillement de l'assemblage en chevauchement types de plusieurs matériaux différents, avec des valeurs d'adhérence élevées et tous les modes de rupture cohésive (division de l'adhésif durcit) sur les métaux et le composite époxyde, ainsi que tous les modes de défaillance du substrat (essai de rupture des panneaux) sur les plastiques et les composites de polyester. Toutes les différences dans les valeurs mesurées sont dues à la force de cohésion ou aux propriétés mécaniques de l'adhésif lui-même, mais tous les résultats montrent une excellente adhérence aux divers matériaux mentionnés.

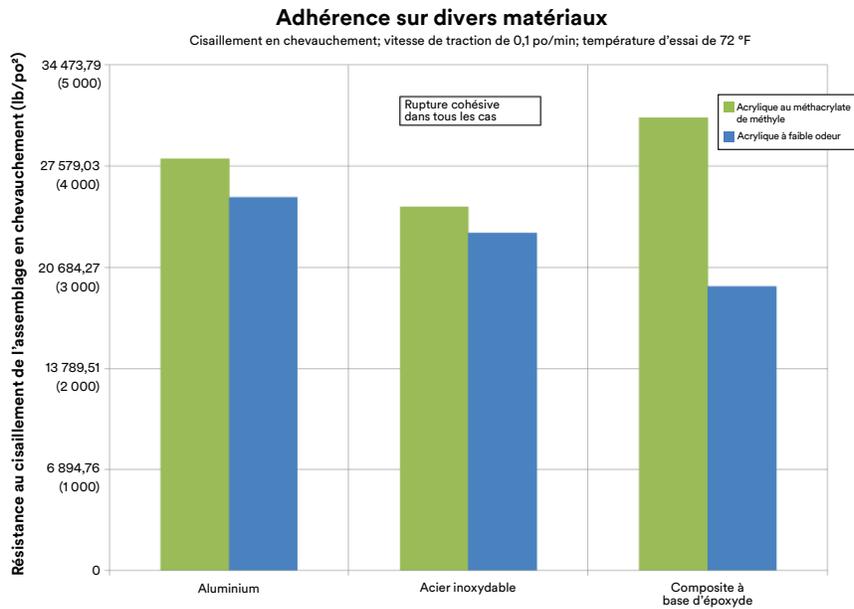


Figure 5 : Force de liaison aux métaux et au composite à base d'époxyde

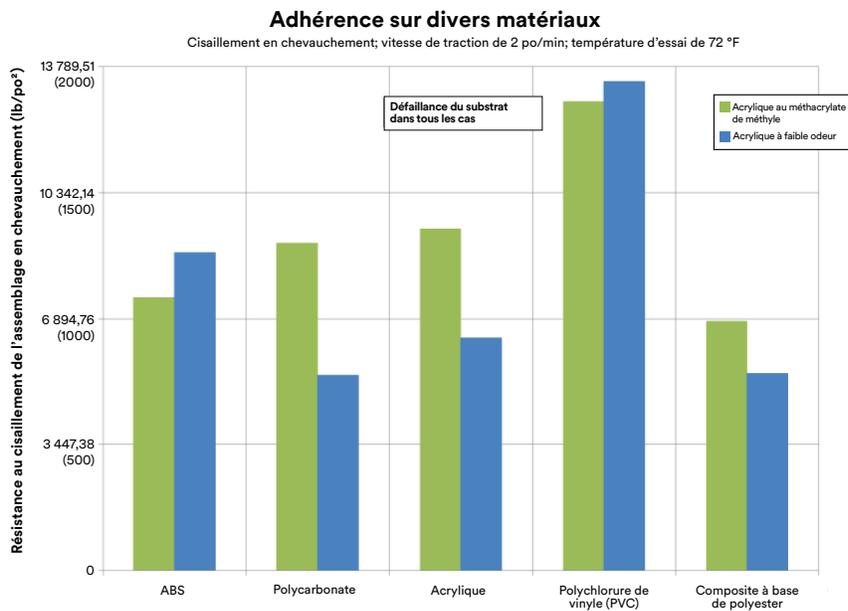


Figure 6 : Force de liaison aux plastiques et au composite à base de polyester

Bien sûr, les adhésifs acryliques ne sont pas parfaits non plus et il existe certains aspects négatifs de ces produits qui sont particulièrement liés à la famille des adhésifs acryliques au méthacrylate de méthyle. Ces inconvénients potentiels comprennent :

1. Forte odeur (nécessité d'une plus grande ventilation, possibilité de problèmes de santé chez les travailleurs)
2. Inflammabilité (doit être entreposé dans une armoire d'entreposage ininflammable)
3. Les adhésifs durcis sont naturellement rigides (doivent être renforcés)
4. Limites de température élevée plus basses (93,3 à 121,1 °C [200 à 250 °F] pour les acryliques par rapport à 148 à 176,6 °C [300 à 350 °F] pour les époxydes)
5. Entreposage réfrigéré (requis ou recommandé)
6. Durée de conservation plus courte (6 à 12 mois pour les acryliques par rapport à 15 à 24 mois pour les époxydes)

Le graphique ci-dessous montre un exemple de ces limites, avec des adhésifs structuraux acryliques types dotés de limites de température d'utilisation maximale inférieures à celles des adhésifs époxydes.

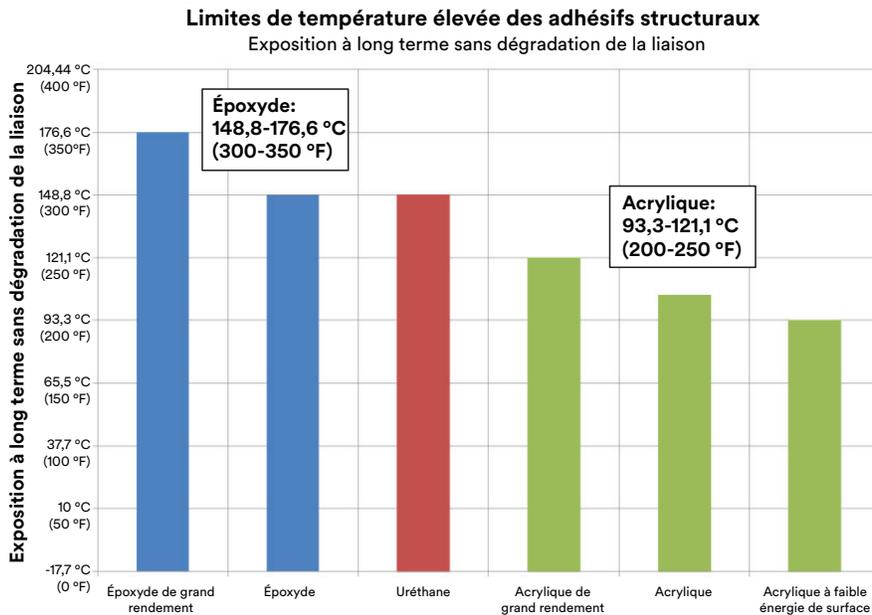


Figure 7 : Limites de température d'utilisation maximale continue pour différentes compositions chimiques adhésives

Pour résoudre ces problèmes avec des adhésifs acryliques standard, améliorer leur rendement général et les rendre encore plus conviviaux en milieu de production, 3M a inventé une nouvelle gamme « d'adhésifs acryliques structuraux de prochaine génération ». Ces adhésifs acryliques utilisent des accélérateurs fondés sur un système de durcissement utilisé dans les produits de restauration dentaire, mais modifié pour les utilisations industrielles. Ce durcissement confère de nombreuses caractéristiques uniques à ces nouveaux adhésifs structuraux acryliques, notamment :

1. Ténacité, résistance au pelage et résistance aux chocs élevées
2. Résistance plus élevée à la chaleur (jusqu'à 148,8 °C [300 °F] de température d'utilisation maximale)
3. Entreposage à température ordinaire
4. Durée de conservation de 18 mois
5. Indicateur de couleur du rapport de mélange adéquat et du mélange approprié des deux composants
6. Billes de verres pour maîtriser l'épaisseur du plan de collage

Les produits de cette nouvelle gamme d'adhésifs comprennent les familles « d'adhésifs acryliques au méthacrylate de méthyle » et « d'adhésifs acryliques à faible odeur », mais pas les produits « acryliques à faible énergie de surface » qui lient encore de façon unique les polyoléfines et le PTFE sans préparation supplémentaire des surfaces. Les graphiques de la page suivante présentent certaines des caractéristiques de rendement uniques de ces adhésifs. Ces deux essais sont des mesures de la « ténacité » de l'adhésif durci, c'est-à-dire sa capacité à absorber l'énergie sous les chocs ou les charges de pelage, ainsi que sa force de cohésion interne.

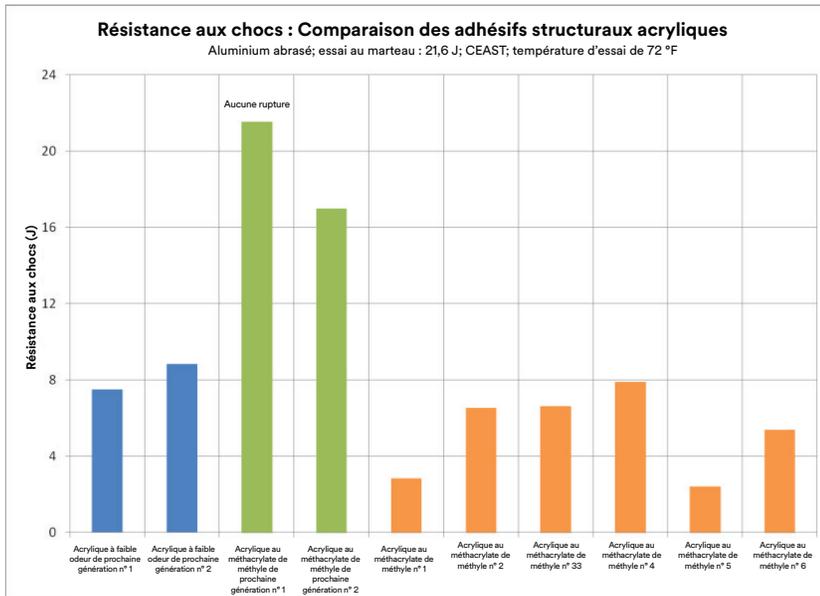


Figure 8 : Comparaison de la résistance aux chocs de divers adhésifs structuraux acryliques

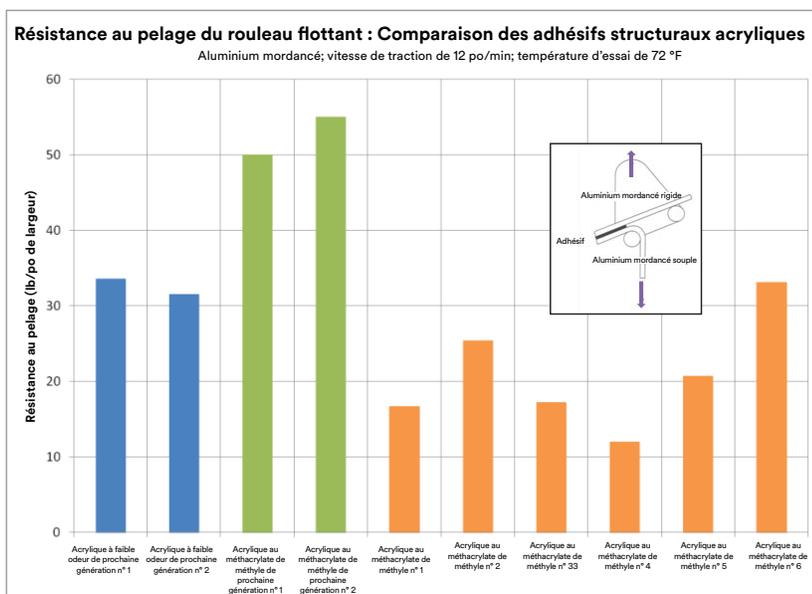


Figure 9 : Comparaison de la résistance au pelage de divers adhésifs structuraux acryliques

Qu'il s'agisse de l'étude de la résistance aux chocs ou de la résistance au pelage des adhésifs durcis, les nouveaux adhésifs « acryliques à faible odeur » présente un rendement équivalent ou supérieur à celui de presque tous les adhésifs structuraux acryliques concurrents, et les nouveaux adhésifs « acryliques au méthacrylate de méthyle » ont une ténacité nettement améliorée par rapport à ces mêmes produits. En fait, les échantillons de cisaillement par chevauchement d'aluminium liés soumis à l'essai aux chocs de pendule donneront typiquement des panneaux d'aluminium déformés, mais des liaisons adhésives complètement intactes.

En plus d'un excellent rendement, ces adhésifs acryliques structuraux de prochaine génération présentent également une durabilité exceptionnelle et une résistance à une grande variété de conditions environnementales. Le graphique ci-dessous montre la rétention de la résistance au cisaillement de l'assemblage en chevauchement sur les panneaux en aluminium et en PVC après avoir exposé les liaisons durcies pendant 1 000 heures consécutives (environ 6 semaines) à ces conditions, puis en exerçant une traction sur les échantillons peu de temps après leur retrait de l'environnement rigoureux, résultant en une excellente de la résistance dans presque tous les cas. À l'exception de quelques cas (comme l'exposition continue à l'acétone, à la méthyléthylcétone ou à l'eau à haute température), les nouveaux adhésifs acryliques offrent une résistance exceptionnelle aux solvants, aux produits chimiques et aux températures / à l'humidité élevées.

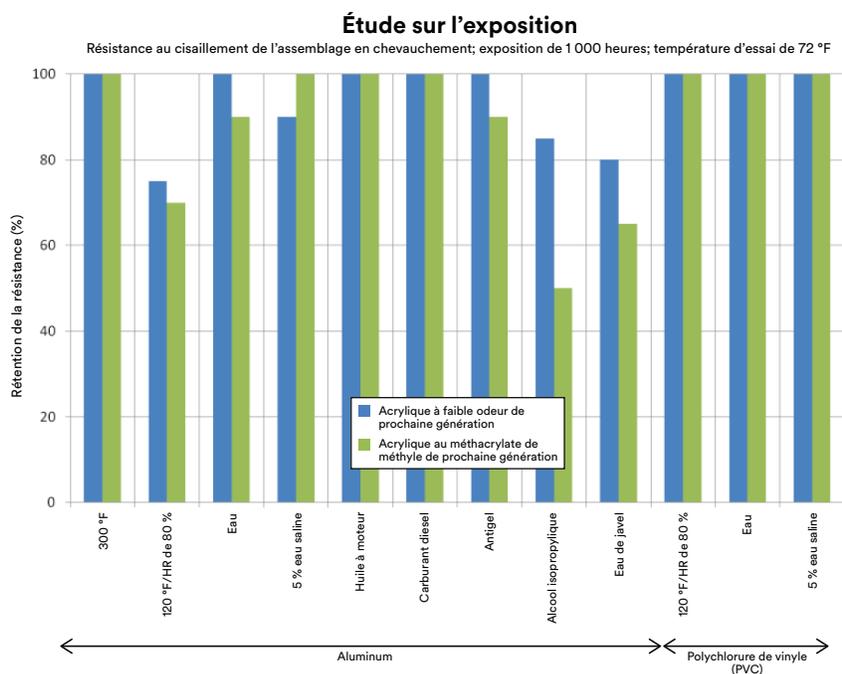


Figure 10 : Résistance au cisaillement de l'assemblage en chevauchement après une exposition prolongée à diverses conditions

Les adhésifs structuraux acryliques sont des produits faciles à utiliser, offerts dans diverses options de conditionnement. Ils sont généralement offerts en cartouches jumelées de petite et de grande taille qui nécessitent un applicateur manuel ou pneumatique et une buse de mélange statique qui se fixe à l'extrémité de la cartouche pour assurer un mélange complet des deux composants pendant la distribution. Les systèmes à cartouche minimisent le gaspillage d'adhésif et sont compacts et portatifs. Dans le cas contraire, les adhésifs acryliques sont également offerts en vrac pour des applications à plus grand volume, en utilisant un dispositif de distribution qui mesure le mélange provenant de fournisseurs de matériel qualifiés.

Sommaire

Les adhésifs acryliques structuraux sont des produits de liaison permanente extrêmement performants qui présentent un rendement et une durabilité semblables à celles des adhésifs époxydes. Avec le lancement des adhésifs acryliques structuraux de prochaine génération, ils ont maintenant de nombreuses caractéristiques uniques qui les rendent plus faciles à utiliser dans un processus de fabrication :

1. Moins sensible à la préparation adéquate des surfaces
2. Durcissement plus rapide
3. Adhérence à une plus grande variété de matériaux
4. Durée de conservation prolongée
5. Entreposage à température ordinaire
6. Option à faible odeur

Renseignements techniques : Les renseignements techniques, les recommandations et les autres énoncés fournis aux présentes sont basés sur des essais et des expériences que 3M juge dignes de confiance, mais dont l'exactitude et l'exhaustivité ne sont pas garanties.

Utilisation du produit : De nombreux facteurs indépendants de la volonté de 3M et connus uniquement par l'utilisateur peuvent affecter l'utilisation et le rendement d'un produit 3M dans le cadre d'une application donnée. Comme l'utilisateur est parfois seul à connaître ces facteurs et à y exercer un quelconque pouvoir, il incombe à l'utilisateur d'établir si le produit 3M convient à l'usage auquel il le destine et à la méthode d'application prévue.

Garantie, limite de recours et dénégalion de responsabilité : À moins qu'une garantie additionnelle ne soit spécifiquement énoncée sur l'emballage ou la documentation applicables du produit 3M, 3M garantit que chaque produit 3M est conforme aux spécifications applicables au moment de l'expédition. 3M N'OFFRE AUCUNE AUTRE GARANTIE OU CONDITION EXPLICITE OU IMPLICITE, Y COMPRIS, MAIS SANS S'Y LIMITER, TOUTE GARANTIE OU CONDITION IMPLICITES DE QUALITÉ MARCHANDE OU D'ADAPTATION À UN USAGE PARTICULIER, OU TOUTE GARANTIE OU CONDITION IMPLICITES DÉCOULANT DE LA CONDUITE DES AFFAIRES, DES PRATIQUES COURANTES ET DES USAGES DU COMMERCE. Si le produit 3M n'est pas conforme à cette garantie, le seul et unique recours est, au gré de 3M, d'obtenir le remplacement du produit 3M ou le remboursement de son prix d'achat.

Limite de responsabilité : À moins d'interdiction par la loi, 3M ne saurait être tenue responsable des pertes ou dommages directs, indirects, spéciaux, fortuits ou conséquents découlant de l'utilisation de ce produit 3M, quelle que soit la théorie juridique dont on se prévaut, y compris celles de responsabilité contractuelle, de violation de garantie, de négligence ou de responsabilité stricte.



Division des adhésifs et des rubans industriels de 3M

3M Canada

C.P. 5757

London (Ontario) N6A 4T1

1 800 364-3577

3M.ca/Adhésifsstructuraux

3M, Scotch-Weld et Scotch-Brite sont des marques de commerce de 3M, utilisées sous licence au Canada.
© 2018, 3M. Tous droits réservés. 1803-11573 F BA-18-25972