



Innovations pour le collage des matières à faible énergie de surface

Introduction

Pour les fabricants de pièces en plastique, il existe désormais plus d'options que jamais pour lier les différentes pièces les unes aux autres. Par le passé, les plastiques à faible énergie de surface, comme la polyoléfine thermoplastique (TPO), le polypropylène (PP) et les polyéthylènes (par ex. le HDPE), étaient assemblés mécaniquement ou à l'aide d'une soudure au solvant, puisque les liaisons adhésives ne fonctionnaient pas bien pour ces matériaux. Les fixations mécaniques (comme les agrafes, les vis, etc.) peuvent être utilisées avec n'importe quel matériau, mais elles nécessitent des étapes supplémentaires pour mouler ou créer des éléments en vue de la fixation, peuvent engendrer une accumulation de tension qui peut causer la fissure ou la défaillance prématurée du plastique et rendent souvent les surfaces inesthétiques. La soudure au solvant a l'inconvénient de se reposer sur l'utilisation de produits dangereux et toxiques.

Ces dix dernières années, de nouveaux adhésifs et rubans adhésifs ont fait leur apparition et permettent un collage solide de la plupart de ces plastiques à faible énergie de surface. Ils permettent aux fabricants de profiter de nombreux avantages, notamment la flexibilité de conception, la répartition de la tension, la liaison de différents matériaux, l'utilisation de matériaux plus légers et plus fins ainsi qu'une apparence soignée de la liaison.

Principes fondamentaux du collage : pourquoi les matières à faible énergie de surface sont-elles difficiles à lier?

La liaison adhésive des métaux, des surfaces peintes et des plastiques est devenue monnaie courante grâce à une large variété de technologies de collage disponibles, notamment avec les adhésifs structuraux (époxydes, acryliques, à l'uréthane), les adhésifs non structuraux (adhésifs thermofusibles, de contact) et les adhésifs autocollants (bandes adhésives à peler et coller). Mais jusqu'à présent, ces solutions adhésives n'étaient pas utilisées pour lier des matériaux thermoplastiques plus résistants, comme le TPO, le PP et le polyéthylène en raison de leurs propriétés de surface.

Pour qu'un adhésif soit efficace, il doit adhérer à la surface du substrat. L'adhésion dépend grandement du phénomène de surface : l'adhésif doit s'étaler et interagir correctement avec la surface des deux pièces à lier. L'adhésif doit être mis en contact étroit avec la surface du substrat. On parle alors de « mouillage » de la surface, c'est-à-dire la capacité de l'adhésif à s'étaler sur la surface. Tandis que les adhésifs utilisent différents mécanismes pour s'étaler et créer le contact (les adhésifs structuraux sont des liquides à faible viscosité avant le séchage, les adhésifs thermofusibles sont chauffés afin d'obtenir un produit fluide lors de l'application et les adhésifs autocollants utilisent leur viscoélasticité intrinsèque pour se répandre), il n'en reste pas moins que la capacité de l'adhésif à mouiller le substrat est cruciale. En plus de la composition chimique de la surface, la texture, la porosité et toute contamination ou barrière qui enveloppe la surface du substrat (telles que les démoulants, les adjuvants qui remontent à la surface ou les contaminants provenant de manipulations) peuvent affecter la capacité des adhésifs à s'étaler et à créer un contact étroit.

Même lorsqu'elles sont débarrassées de ces barrières et contaminants, certaines surfaces telles que le TPO, le PP et le PE ne sont pas mouillées par les adhésifs. Cette défaillance est

causée par un phénomène que nous appelons « énergie de surface ». L'énergie de surface représente le trop-plein d'énergie qui existe à la surface (par opposition à la masse) d'une matière solide. Cette énergie excédentaire provient de l'incapacité des molécules situées à la surface du matériau à interagir avec autant de molécules voisines que celles présentes dans la masse, et accumulent alors un excès d'énergie d'interaction.

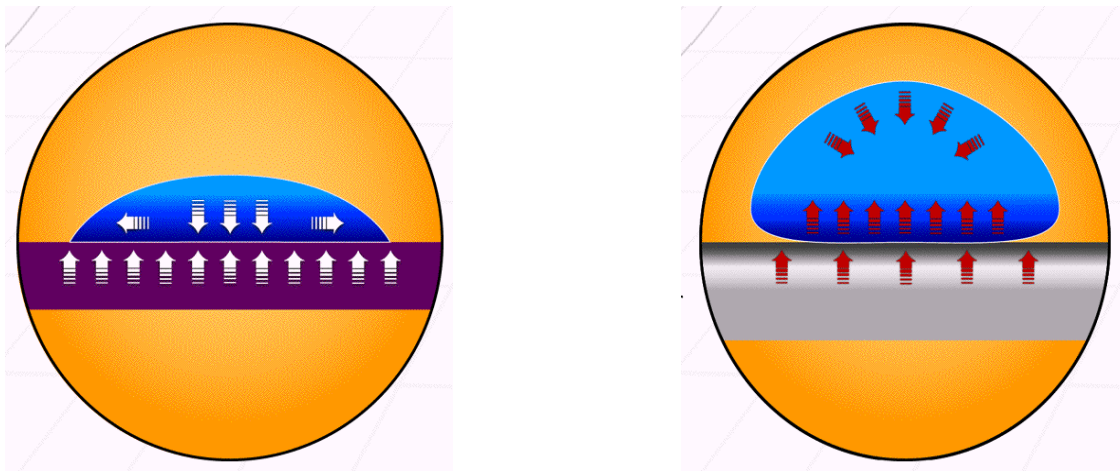
L'énergie de surface d'une matière solide varie selon sa composition chimique comme indiqué dans le tableau ci-dessous. À noter que les métaux et le verre ont une forte énergie de surface et sont donc plus faciles à lier, tandis que les plastiques ont une énergie de surface plus faible et sont plus difficiles à encoller. Les plastiques qui posent le plus de problèmes sont ceux qui possèdent une faible énergie de surface, comme illustré dans les premières lignes du tableau ci-dessous.

Surface solide	énergie de surface critique (mN/m)
Poly(tétrafluoroéthylène) (PTFE)	18,5
Silicone	24
Poly(fluorure de vinylidène)	25
Polyéthylène (PE)	31
Polypropylène (PP)	31
Polystyrène	33
Poly(chlorure de vinyle) (PVC)	39
Nylon-6,6	43
Poly(téréphtalate d'éthylène) (PET, Polyester)	43
Aluminium	~500
Verre	~1000
Oxyde de fer	~1350

Énergie de surface de substances courantes

Tableau adapté de: *Adhesion and Adhesives: Science and Technology*; Anthony J. Kinloch, New York: Chapman and Hall (1987).

Un concept similaire bien connu est l'énergie de surface (ou la tension de surface) d'un liquide, qui est la quantité d'énergie excédentaire à la surface d'un liquide. L'énergie de surface se crée, car les molécules du volume de liquide ont une énergie plus faible que celles de la surface. Lorsqu'un liquide est placé sur une surface solide, ce qui se passe va dépendre de l'énergie relative de surface du liquide par rapport à l'énergie de surface du solide. Si le liquide possède une énergie de surface supérieure à celle des forces d'attraction entre le liquide et la surface du solide, alors le liquide préférera conserver sa forme sphérique. Les gouttes de pluie perlent sur une voiture lustrée, car l'énergie de surface de l'eau est supérieure à celle de la cire. Lorsque ce phénomène se produit entre un adhésif et un substrat, l'adhésif ne s'étale pas et ne crée pas de contact étroit avec la surface à coller ; les molécules du liquide ont tendance à rester associées les unes aux autres plutôt qu'à la surface. Il en résulte une perte des performances d'adhérence. À l'inverse, si l'énergie de surface de l'adhésif est inférieure à celle du substrat, l'adhésif se répand et mouille le substrat, permettant ainsi le contact étroit nécessaire à une liaison solide.

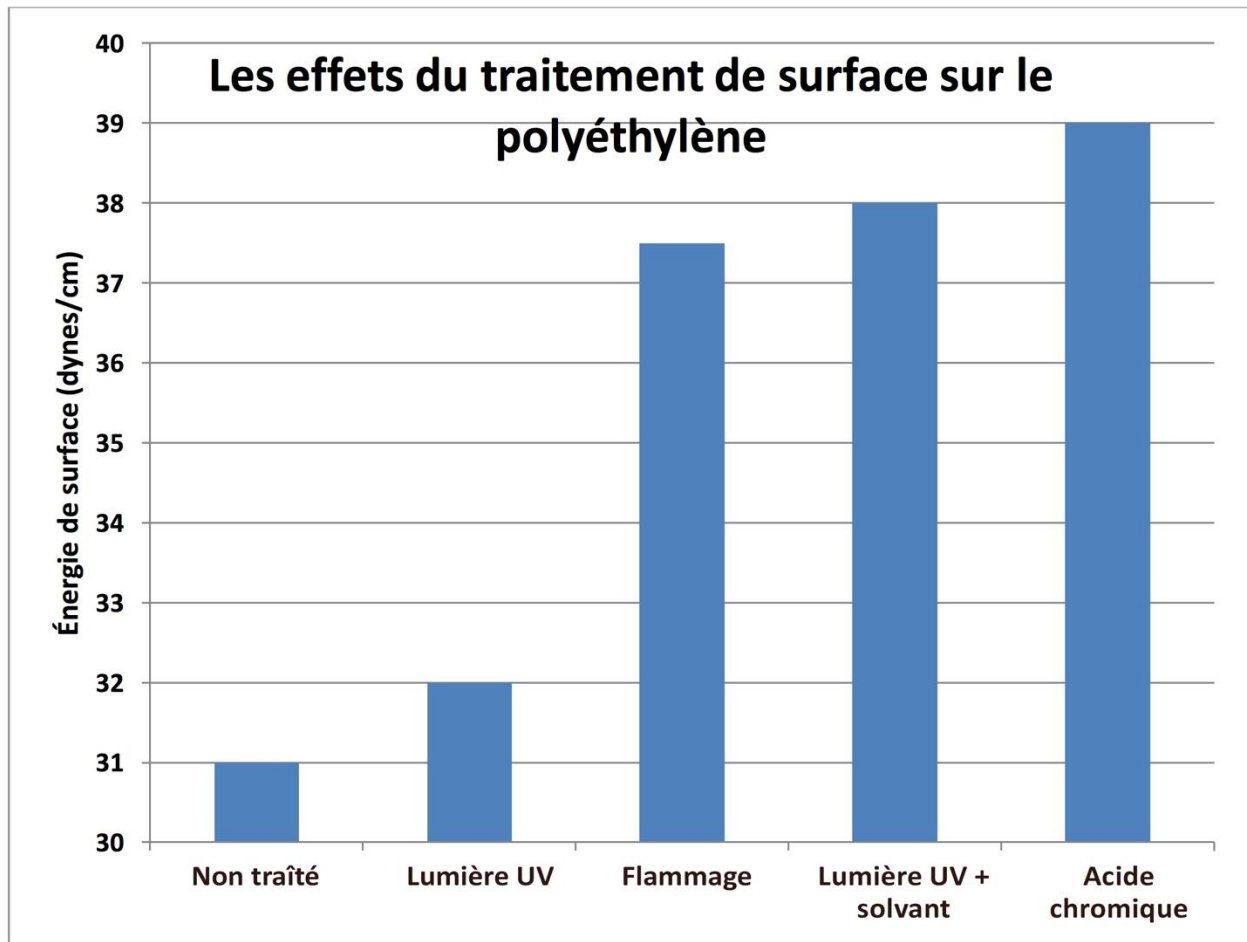


La surface solide a une forte énergie de surface ; le liquide se répand et « mouille » la surface. *La surface solide a une faible énergie de surface, l'adhésif perle sur la surface.*

Par conséquent, les matériaux à haute énergie de surface, comme les métaux et le verre, sont plus faciles à lier avec une multitude d'adhésifs qui seront fortement attirés par la matière solide. Les matériaux à énergie de surface moyenne, comme le polyester et le PVC peuvent être liés grâce à de nombreux adhésifs, mais les matériaux à faible énergie de surface sont très difficiles à lier. Le mouillage devient difficile, à moins que la surface ne soit modifiée. Puisque la surface non modifiée présente une faible énergie de surface, l'énergie de surface de l'adhésif liquide est susceptible d'être plus élevée que celle du solide.

Bien que certains adhésifs soient disponibles pour lier les matériaux à faible énergie de surface, une autre méthode consiste à utiliser des techniques de modification de surface qui change la composition chimique de la surface afin d'augmenter l'énergie de surface et permettre l'utilisation d'un plus grand nombre d'adhésifs. Ces techniques comprennent le flammage, le traitement corona, le traitement par plasma, le décapage à l'acide ou l'utilisation de promoteurs d'adhésion à base de solvant qui contiennent des résines avec une énergie de surface plus élevée qui fusionnent avec le substrat à faible énergie de surface lorsque le solvant fait gonfler la surface. Une fois la surface modifiée, l'adhésif se répand plus facilement

et mouille la surface traitée afin de rendre la liaison possible. Bien qu'elle soit nécessaire dans certains cas, la modification de surface engendre généralement une augmentation du coût et de la complexité et peut poser des problèmes environnementaux ou de sécurité.



Augmentation de l'énergie de surface du polyéthylène après l'utilisation de plusieurs méthodes courantes de traitement de surface.

Graphique adapté de: **Rauhut, H.W.** *Adhesives Age* 13 (1), p. 34 (1970).

Des nouvelles méthodes pour lier les plastiques à faible énergie de surface

La technologie a fait de tels progrès que des adhésifs capables d'offrir une liaison solide sur des substrats à faible énergie de surface, comme le TPO, le PP et le PE, sans traitement de surface, sont désormais disponibles. Des promoteurs d'adhésion faciles à utiliser sont également disponibles en complément de certains types d'adhésifs afin d'augmenter l'adhérence et d'élargir les possibilités.

Adhésifs structuraux:

L'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} et l'adhésif structural pour plastiques DP8010 bleu Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} sont spécifiquement formulés pour lier les plastiques à faible énergie de surface (ainsi que les plastiques à haute énergie de surface et les métaux). Ces deux produits sont des adhésifs à deux composants, sans solvant, à durcissement à température ambiante disponibles en cartouche Duo-pak facile à utiliser ou, pour les plus grandes applications, en grands contenants. Ils sont capables de résister à de nombreux produits chimiques, à l'eau, à l'humidité et à la corrosion. Habituellement, un simple nettoyage au solvant (pour retirer les contaminants de surface) suffit pour préparer la surface. Parfois, une légère abrasion ou un revêtement mat appliqué aux surfaces à coller peut améliorer la solidité de la liaison.

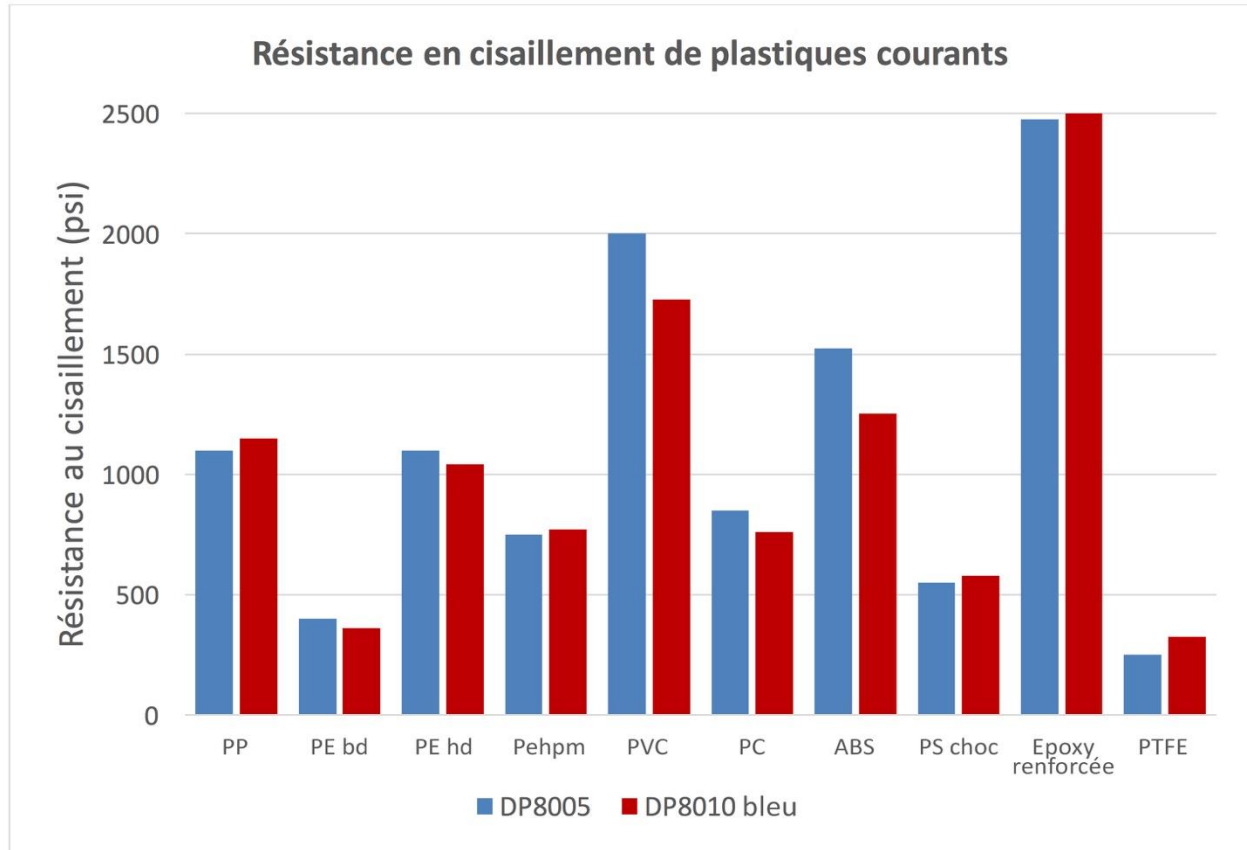


Application de l'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} dans une cartouche Duo-pak avec buse de mélange jetable sur une pièce en plastique

La force d'adhésion des adhésifs structuraux, comme l'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} et l'adhésif structural pour plastiques DP8010 bleu Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC}, est habituellement mesurée à l'aide d'un test de résistance en cisaillement. Les substrats sont collés l'un à l'autre avec un chevauchement contrôlé et les techniciens de laboratoire laissent l'adhésif durcir complètement. Après durcissement, l'adhésif est tiré en cisaillement à une vitesse constante et la force maximale avant la rupture est mesurée. Par convention, un adhésif est considéré comme structural s'il est capable de supporter plus de 1 000 psi (7 MPa) lors du test de résistance en cisaillement. Pour atteindre cette force de résistance, l'adhésif doit posséder un fort pouvoir d'adhérence aux substrats.

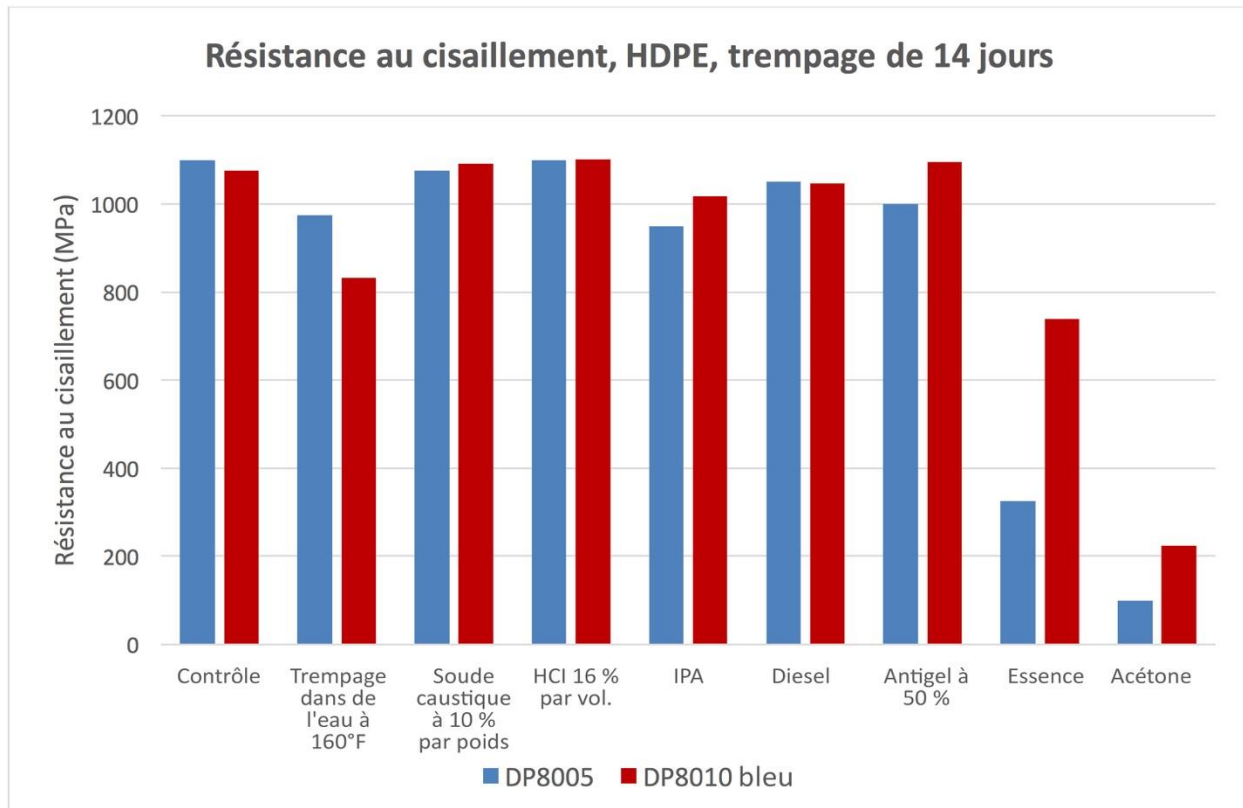
L'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} et l'adhésif structural pour plastiques DP8010 bleu Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} créent des liaisons structurales (supérieures à 1 000 psi en cisaillement) avec des plastiques à faible énergie de surface sans prétraitement.

Le graphique ci-dessous regroupe certaines données représentatives de la résistance en cisaillement des liaisons réalisées avec l'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} et l'adhésif structural pour plastiques DP8010 bleu Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} sur des substrats en plastique courants, y compris des plastiques à faible énergie de surface. À noter que pour plusieurs des substrats testés, le substrat lui-même n'a pas supporté la charge de 1 000 psi et a cassé avant que l'adhésif ne cède.



SF: rupture du substrat ; CF: rupture cohésive ; AF: rupture adhésive

Résistance des liaisons faites avec l'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} et l'adhésif structural pour plastiques DP8010 bleu Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} sur certains plastiques courants.



Résistance des liaisons faites avec l'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} et l'adhésif structural pour plastiques DP8010 bleu Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} sur le HDPE après diverses simulations d'intempéries.

Grâce à leur forte capacité d'adhésion aux polyoléfines non traités, à leur facilité d'utilisation (en cartouche Duo-pak avec une buse de mélange) et des caractéristiques environnementales avantageuses, l'adhésif structural pour plastiques DP8005 Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} et l'adhésif structural pour plastiques DP8010 bleu Scotch-Weld^{MC} 3M^{MC} sont parvenus avec succès à coller des plastiques à faible énergie de surface dans une multitude de situations. Les applications traditionnelles sont les suivantes: collage de pièces moulées ou thermoformées pour les bordures intérieures et extérieures, récipients à liquide, panneaux décoratifs, et coutures et accessoires des appareils et des articles de sport, et d'équipement de protection, et boîtiers pour câbles de composants électroniques.

Adhésifs thermofusibles

Les adhésifs thermofusibles peuvent également être utilisés pour coller des pièces légères de thermoplastique. Ces adhésifs ont l'avantage de rapidement adhérer, offrant un court délai de manipulation, ce qui accélère la production. Ces adhésifs offrent une forte résistance à la chaleur avec une relativement bonne résistance et un faible taux de déformation. Ces produits apportent des avantages aux fabricants qui peuvent remplacer des méthodes précédentes de liaison robuste afin d'accélérer la vitesse de production de produits comme les affichages PLV; les planches d'échantillons et les présentations sur table; les kiosques d'exposants; les inserts en mousse pour transporter des caisses; le collage de tissu ou de panneaux à de la mousse; et

le collage de plastique moulé renforcé à des tissus ou des bordures de meubles ou d'intérieur d'automobiles.

Adhésifs autocollants:

Les adhésifs autocollants représentent une catégorie unique d'adhésifs, car ils ne sèchent pas et ne subissent pas de changement dans leur composition chimique lorsqu'ils sont appliqués. Les adhésifs autocollants sont des matériaux viscoélastiques qui ont à la fois des propriétés visqueuses (fluide) et élastiques (résistance). Lorsque l'adhésif est posé sur le substrat, généralement sous forme de ruban, et qu'une pression est appliquée, l'adhésif entre immédiatement en contact avec la surface et offre une adhésion initiale. Il continue de s'étaler sur la surface pour obtenir un meilleur contact et offrir une meilleure résistance au fil du temps. Un des avantages des bandes autocollantes réside dans le fait que la liaison est immédiate, aucune pince de serrage ou temps de séchage nécessaire. Ils sont également les seuls à pouvoir être posés sur un seul des substrats à la fois. La bande peut être appliquée au premier substrat un jour puis au second le même jour, le jour suivant ou plusieurs semaines plus tard. Cette particularité permet une plus grande commodité et peut s'avérer utile dans beaucoup d'applications, y compris les procédés de lignes d'assemblage. En particulier, les adhésifs autocollants en acrylique offrent les meilleures propriétés d'adhésion et de performance pour beaucoup d'applications, mais ils n'adhèrent généralement pas aux plastiques à faible énergie de surface.

Une technologie relativement récente d'adhésifs autocollants en acrylique adhère désormais à un large éventail de plastiques à faible énergie de surface, tout en conservant une excellente résistance aux fortes températures, aux produits chimiques et au pelage. Cette technologie est disponible sous la forme d'un ruban de transfert adhésif et d'un ruban adhésif double-face. Elle peut être utilisée pour des applications de collage d'objets de poids léger à moyen, comme des plaques signalétiques à des pièces en plastique à faible énergie de surface ou le collage de moquette à des revêtements de sol en polypropylène.

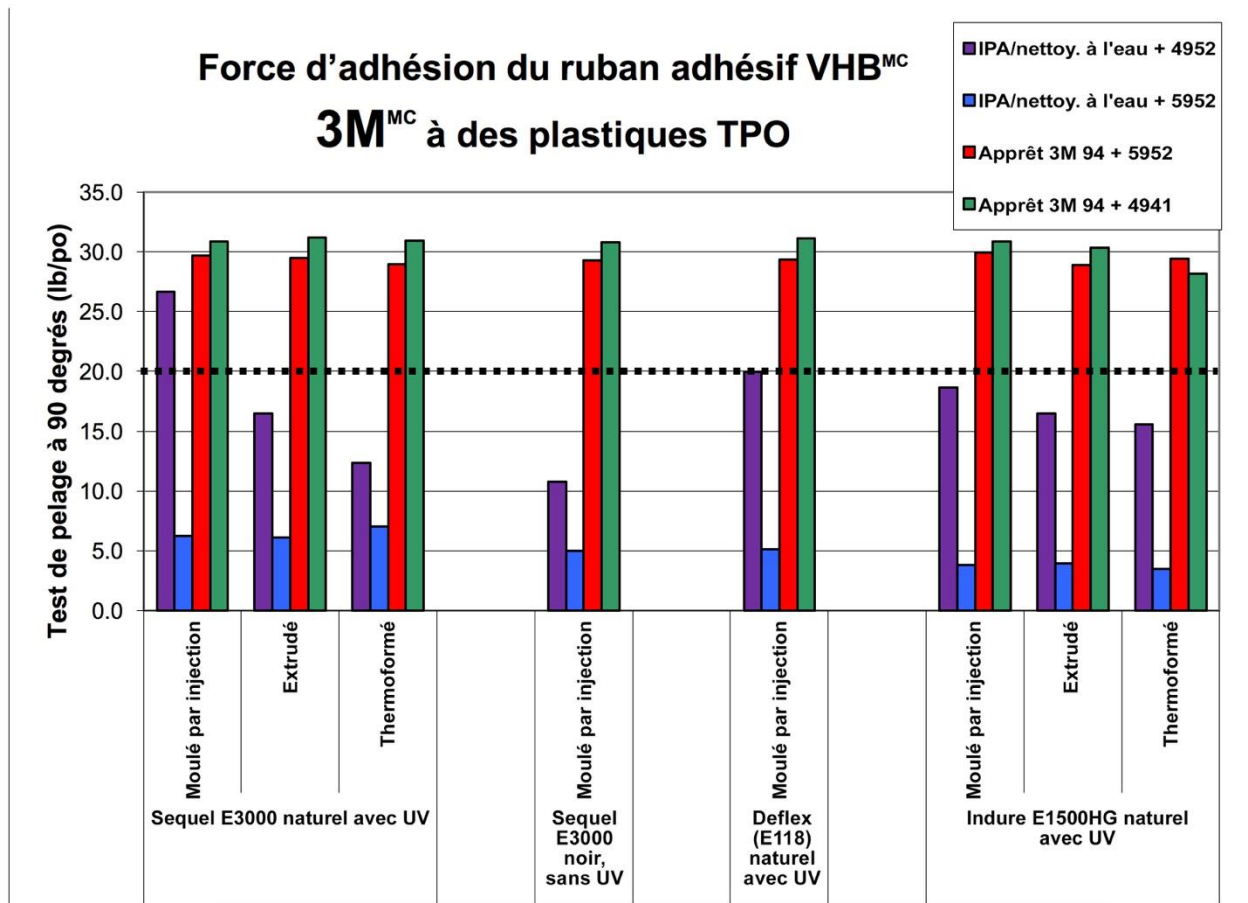
Les rubans adhésifs à très forte résistance sont disponibles et utilisés pour une multitude d'applications, autrefois possibles uniquement grâce aux fixations mécaniques ou aux adhésifs structuraux. Ces rubans sont composés de mousse acrylique et possèdent des propriétés viscoélastiques. La mousse absorbe l'énergie afin de fournir une excellente résistance et relâche les tensions pour protéger la liaison. Plutôt que de les empêcher, le ruban permet les mouvements entre les parties. Un fort taux d'adhésion entre le ruban adhésif et le substrat est nécessaire pour que la mousse permette un mouvement relatif des parties sans se décoller au niveau de l'interface entre le ruban et le substrat.

Alors que certains rubans sont disponibles pour le collage de pièces légères sur certains plastiques à faible énergie de surface (par ex. les rubans 4932 et 4952 VHB^{MC} 3M^{MC}), généralement les rubans en mousse acrylique n'offrent pas une résistance suffisante pour adhérer aux plastiques à faible énergie de surface sans que la surface ne soit modifiée au

préalable. Des apprêts faciles d'utilisation à poser au pinceau (par ex. l'apprêt 94 3M^{MC}) sont disponibles pour garantir une excellente adhérence du ruban au substrat pour certains plastiques à faible énergie de surface.

La résistance des rubans autocollants est généralement mesurée au moyen d'un test de pelage. Le graphique ci-dessous réunit les données des tests de pelage de plusieurs rubans adhésifs de la marque VHB^{MC} 3M^{MC} appliqués sur quatre types de TPO qui ont subi différentes méthodes de préparation de surface. Bien que la force de résistance des liaisons varie selon l'application, un niveau d'adhésion de 20 lb/po ou plus est généralement conseillé lors de ce test.

Les rubans adhésifs à forte résistance sont habituellement utilisés pour coller des panneaux à des cadres, des contreforts à des panneaux, et pour coller des revêtements décoratifs, des plaques et des baguettes.



Synthèse

Les nouvelles technologies de rubans adhésifs et d'adhésifs qui adhèrent aux plastiques à faible énergie de surface augmentent l'efficacité, réduisent les coûts et améliorent la flexibilité de conception lors de l'utilisation de ces plastiques populaires et versatiles pour la production de divers produits. Les applications sont les suivantes: collage de pare-chocs thermoformés à du métal; siège de véhicule, revêtements et accessoires; vide-poches, panneaux architecturaux; bois synthétique; signalisation; caisses de transport; équipements de protection, et bien d'autres.

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 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 dénegation de responsabilité: À moins qu'une garantie additionnelle ne soit spécifiquement énoncée sur l'emballage ou la documentation applicable 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 IMPLICITE DE QUALITÉ MARCHANDE OU D'ADAPTATION À UN USAGE PARTICULIER, OU TOUTE GARANTIE OU CONDITION IMPLICITE 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 du 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

3M Canada
P.O. 5757
London, ON N6A 4T1
1-800-3M HELPS
www.3M.ca/dessolutionsd'assemblage

3M, Scotch-Weld^{MC}, VHB et EPX^{MC} sont des marques déposées
de 3M.

Utilisé sous licence au Canada. © 2017, 3M. Tous droits
réservés. BA-17-23135 170307972