

## Guide d'application pour les époxies

### 1.0 Viscosité / Rhéologie



Ce guide est un outil pédagogique conçu pour aider les utilisateurs de colle à acquérir une compréhension plus approfondie des adhésifs par des tests définissant ses propriétés. Ce guide est la résultante des efforts combinés de plusieurs départements d'Epoxy Technology, Inc. notamment: la Qualité, la recherche et le développement, le service technique, le service des formulations spécifiques, la fabrication et les services des ventes et du marketing.

Bien que nous ayons fondé notre guide sur les plus récentes données et tests disponibles, les progrès des méthodes d'essai et des matériaux sont en constante évolution.

Merci d'utiliser cet ouvrage seulement comme un guide général et de suivre dans tous les cas les recommandations répertoriées sur des fiches techniques ainsi que toutes les instructions techniques supplémentaires fournies avec votre produit de collage.

Nous espérons que les informations contenues dans ce guide vous seront utiles dans le choix du meilleur adhésif pour votre application.

Pour toutes assistances supplémentaires nécessaires, merci de contacter nos experts applications chez John P. Kummer AG, [info@jpkummer.ch](mailto:info@jpkummer.ch); Tél : 041 748 10 80.

## Viscosité / Rhéologie

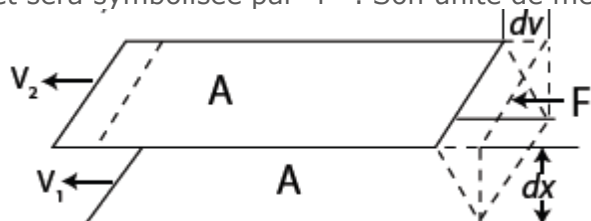
La viscosité est un terme et une valeur utilisée pour décrire le frottement interne d'un fluide. Le degré de frottement est observé lorsqu'une force est appliquée au matériau. Plus il y a de friction détectée, plus il est nécessaire d'appliquer une force pour déplacer le matériau ou pour le "cisailer". Le cisaillement se produit lorsque le fluide est effectivement déplacé. Une faible viscosité de produit comme l'eau nécessite moins de force que l'écoulement d'un matériau à forte viscosité, comme le beurre d'arachide. La force nécessaire pour cisailer un matériau peut être mesurée et reproduite en utilisant un viscosimètre ex : Brookfield®. Un type de viscosimètre cône/plan est présenté sur la figure 1.

Le viscosimètre à cône/plan, mesure précisément le couple mis en place par la résistance d'un fluide, en sandwich entre un cône rotatif et un plan fixe. Le couple est directement proportionnelle à la contrainte de cisaillement dans le matériau, il peut facilement être converti en centipoises (mPa.) par le biais des constantes géométriques connus du cône, de la vitesse de rotation, et de la contrainte du couple lié (ou à partir de diagrammes de gamme pré-calculées). La partie appelée plan est la coupelle d'échantillon (représenté dans la figure 1) qui maintient le fluide et reste stationnaire. Elle est à double enveloppe de telle sorte que la température constante est maintenue tout au long du test. La coupelle est verrouillée sur le viscosimètre de sorte que le matériau vienne en contact avec le cône.



Newton définit la viscosité par le modèle de la figure 2 ci-dessous. Deux plans parallèles de fluide de surface égale "A" sont séparés par une distance "dx", se déplaçant dans la même direction, mais à des vitesses différentes ( $V_1$  et  $V_2$ ). Il suppose que la force nécessaire à maintenir cette différence de vitesse est proportionnelle à la différence de la vitesse dans le liquide. Aussi appelé le gradient de vitesse. Pour exprimer cela, Newton a déclaré que " $\eta$ " est une constante pour un

matériau donné et qui est appelé "viscosité." Le gradient de vitesse,  $dv / dx$ , est une mesure de la variation de vitesse où les deux couches se déplacent l'une par rapport à l'autre. Cette description explique le cisaillement d'un liquide passant à travers et est dénommé "contrainte de cisaillement (S)" qui est rapporté dans la deuxième réciproque» ( $\text{sec}^{-1}$ ). Le terme  $F / A$  indique la force par unité de surface nécessaire pour produire l'action de cisaillement. Elle est dénommée «vitesse de cisaillement» et sera symbolisée par "  $F$  ". Son unité de mesure est " dynes par centimètre carré "( $\text{dynes}/\text{cm}^2$ ).



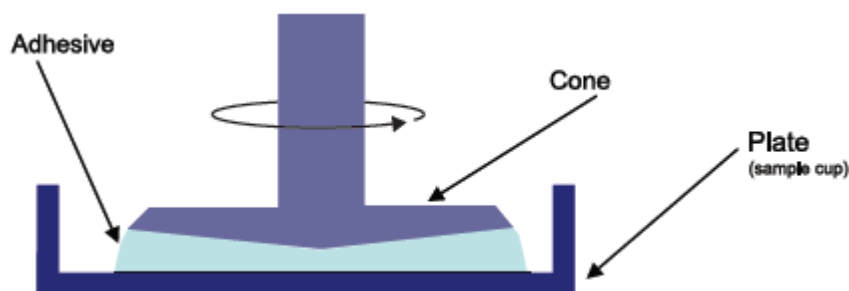
L'utilisation de ces termes simplifiés, la viscosité peut être définie mathématiquement par cette formule:

$$\eta = \text{viscosité} = F / S = \text{contrainte de cisaillement} / \text{taux de cisaillement}$$

La méthode d'essai ASTM D2393, "Méthode d'essai standard pour les matériaux à haut cisaillement utilisant un viscosimètre de type cône/plan» est basée sur la définition ci-dessus et est suivie pour les mesures de viscosité.

L'unité fondamentale de la viscosité est la poise est l'unité CGS de viscosité dynamique, de symbole P ou Po. Définie comme la viscosité d'un fluide pour lequel une contrainte tangentielle d'une dyne par  $\text{cm}^2$  permet de maintenir une vitesse de 1  $\text{cm}/\text{s}$  entre deux plans parallèles séparés par 1  $\text{cm}$  de ce liquide, une poise vaut une dyne-seconde par centimètre carré ou un dixième de poiseuille (c'est-à-dire 0,1  $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ). En d'autres termes, le double de la force déplace le fluide deux fois plus vite. Ceci est vrai pour les fluides newtoniens seulement. La poise est souvent utilisée avec le préfixe centi, pour donner la centipoise, de symbole cP : 1 cP = 1  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ . La viscosité de l'eau à 20 °C est ainsi d'une centipoise.

Ce qui suit est une vue schématique (figure 3) d'un viscosimètre cône/plan en action :



Le type de flux décrit ci-dessus est vrai pour les fluides newtoniens seulement. Les graphiques suivants montrent comment ce type de produit se comporte. La figure 4 montre la relation linéaire entre la vitesse de cisaillement (F) et la contrainte de cisaillement (S). La figure 5 montre comment la viscosité reste constante (en supposant que la température est maintenue constante) avec différentes vitesses de cisaillement.

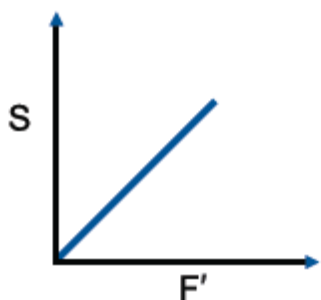


figure 4

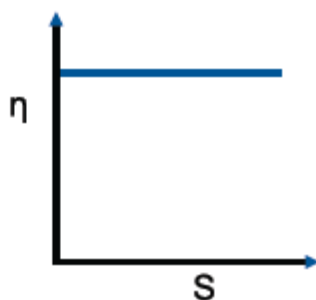


figure 5

Mais tous les fluides ne sont pas Newtonien dans leurs caractéristiques de débit. En fait, il existe plusieurs types de comportement de l'écoulement. Ces produits sont classés comme non-Newtonien. Il y a trois sous-groupes au sein de la classification non-Newtonien : les pseudoplastiques, les dilatants et les plastiques.

Fluide rhéofluidifiant ou pseudoplastique diminuent de viscosité lors d'une augmentation de la vitesse de cisaillement. . Les figures 6 et 7 représentent celle-ci :

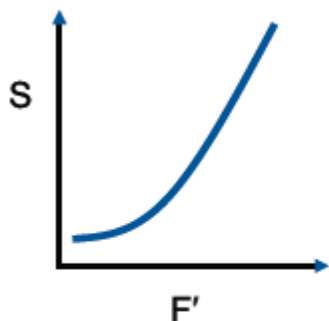


figure 6

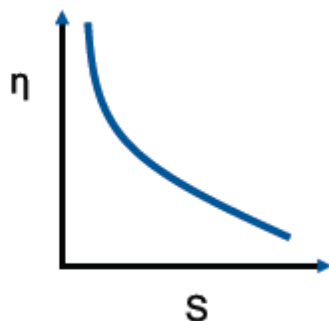


figure 7

Les fluides rhéoépaississant ou dilatants comme on le voit dans les figures 8 et 9 sont des produits dont la viscosité augmente lorsque la vitesse de cisaillement augmente. Ils sont également appelés épaississant et sont généralement considéré comme des solides non floculés tels que l'argile.

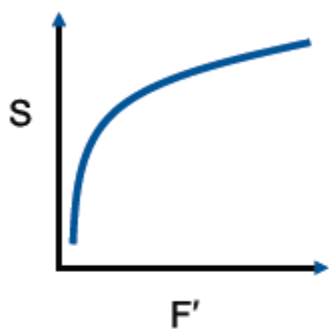


figure 8

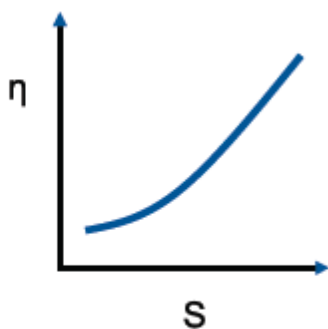


figure 9

Le troisième et dernier type d'écoulement est le plastique. Quand un matériau présente un comportement plastique similaire aux schémas 10 et 11 ci-dessous, il restera dans un état solide jusqu'à ce qu'une certaine quantité de force soit appliqué avant qu'il ne s'écoule. Le meilleur exemple est celui du ketchup.

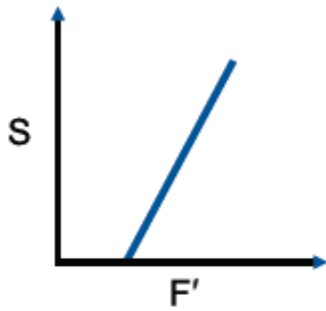


figure 10

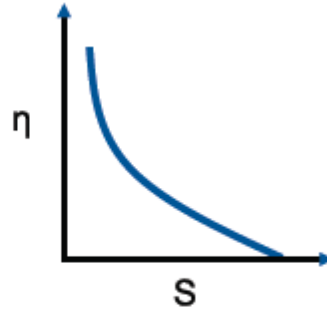


figure 11

Les résines époxydes peuvent présenter tout ou partie de ces comportements d'écoulement ce qui est important à considérer lors du choix de l'adhésif pour une application spécifique.

La thixotropie est un autre paramètre qui est liée à la viscosité et peut être mesurée à l'aide d'un viscosimètre. Un fluide thixotrope diminue sa viscosité avec le temps, tandis qu'il est soumis à un cisaillement constant comme le montre la figure 12. Ce type de comportement peut se produire en combinaison avec l'un des types d'écoulement ci-dessus.

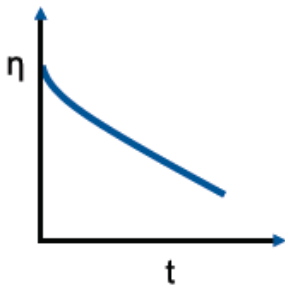


figure 12

Quand on parle de thixotropie, souvent nous nous référons à l'index thixotropique (TI). Il s'agit d'une valeur défini en prenant le rapport de deux lectures distinctes à des vitesses différentes sur un viscosimètre. Par exemple, si un matériau produit une lecture de 15.000 cps à 1 tour/minute (RPM) et 10.000 cps à 10 tours/minute, l'indice thixotropique est égal à 15000/10000 soit 1,5.

Habituellement, le TI est calculé à partir de viscosités mesurées en RPM qui ont un facteur de 10 comme intervalle (soit entre 1 et 10 RPM ou entre 10 et 100 RPM). Ce nombre est également un élément clé dans le choix du bon type de matériel pour une technique particulière de dépose.

Tout ce qui précède la terminologie et les définitions sont également appelés "paramètres rhéologiques". La rhéologie est définie comme la science de la déformation et l'écoulement des matériaux. Le comportement de l'écoulement est important dans de nombreux procédés industriels et le succès ou l'échec d'une application est largement basé sur ces propriétés pour un adhésif spécifique. Revêtements, plastiques moulés, colles, les soins cosmétiques, crèmes de soins, encres, ciment, pâtes à braser et les médicaments sont des exemples de gamme de produits disponibles dans le commerce dont la viabilité dépend de la présence d'une rhéologie appropriée. Pour tous les matériaux ci-dessus, les propriétés rhéologiques nécessaires doivent être examinées avant leur fabrication et leur utilisation.

Le graphique suivant (figure 13) montre comment un utilisateur peut équilibrer la viscosité et la thixotropie afin de déterminer la meilleure méthode pour une colle donnée :

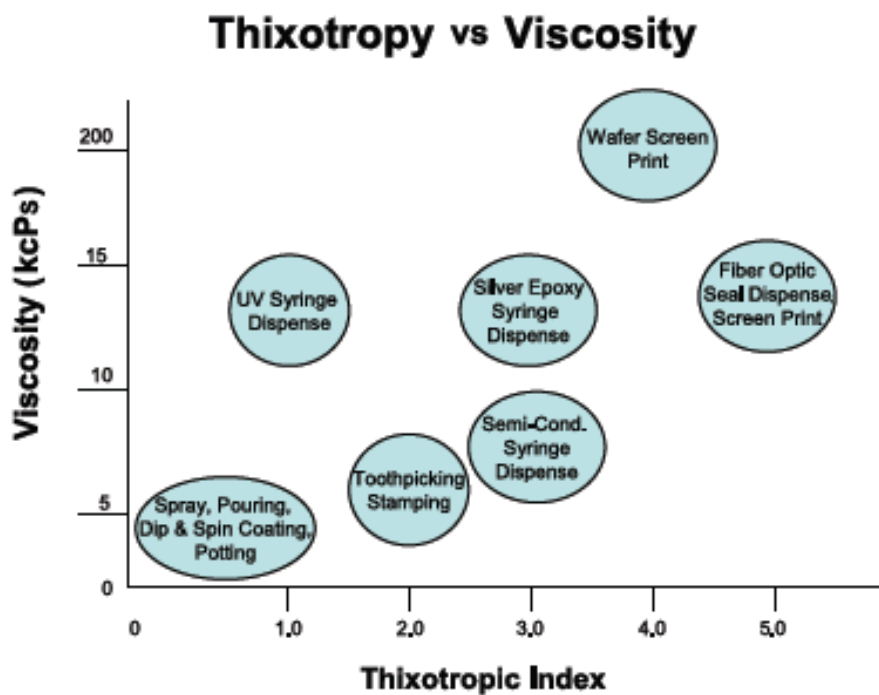


figure 13

John P. Kummer AG, Riedstr. 1, 6330 Cham, Suisse – 041 748 10 80 ; info@jpkummer.ch